Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Campus Francisco Beltrão

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS FRANCISCO BELTRÃO

ANAIS DO VII WCTI

Página do evento:

https://wcti.fb.utfpr.edu.br

Universidade Tenológica Federal do Paraná - UTFPR
Rua Gelindo João Folador, nº 2000
Bairro Novo Horizonte
CEP 85602-863
Francisco Beltrão - Paraná - Brasil
Fone: (46) 3520-2600

Anais do VII WCTI

ISSN 2594-4541

Francisco Beltrão, 2023.

Organização do Anais

Anaís Andrea Neis de Oliveira

Camila Nicola Boeri Di Domenico

Maiquiel Schmidt de Oliveira

Thalita Grando Rauen

Vilmar Steffen

Wellton Costa de Oliveira

SUMÁRIO

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA **1**

REVISÃO DE SOFTWARES LIVRES E DE CÓDIGO ABERTO DE VISÃO COMPUTACIONAL PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO 2

ECONOMIA: PROJEÇÃO DE INVESTIMENTOS ISENTOS DE IMPOSTO RENDA 12

USO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS PARA A SIMULAÇÃO DAS CURVAS DE RESFRIAMENTO DA ÁGUA E DA GLICERINA 22

UMA ANÁLISE DO CRESCIMENTO POPULACIONAL PARA O ESTADO DO PARANÁ 31

COMPARAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE TITULAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁCIDO CÍTRICO EM POLPAS DE GRAVIOLA 39

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS **49**

DESAFIOS E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NA REFORMA AGRÁRIA: UM ESTADO DA ARTE 50

PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS NO TRATAMENTO DOS POLUENTES EMERGENTES METILPARABENO, BENZOFENONA E OCTOCRILENO: UMA REVISÃO 60

AGROQUÍMICOS E SEUS EFEITOS CITOTÓXICOS E MUTAGÊNICOS EM BIOINDICADORES: UMA REVISÃO 70

UTILIZAÇÃO DA LAVANDA PARA FINS MEDICINAIS: UMA REVISÃO 79

POLUENTES EMERGENTES: UMA REVISÃO DA AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE METILPARABENO, OCTOCRILENO E BENZOFENONA EM BIOINDICADORES. 86

CULTIVO SUBMERSO DO FUNGO *Hericium erinaceus* PARA PRODUÇÃO DE BIOMASSA MICELIAL E EXOPOLISSACARÍDEO 96

MELAÇO DE SOJA COMO UM POTENCIAL SUBSTRATO PARA A PRODUÇÃO BIOTECNOLÓGICA DE (1→6)-β-D-GLUCANA MICROBIANA 106

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA EM COMPOSTO DE RESÍDUOS DE HORTIFRUTI. 116

AVALIAÇÃO DA BIOMASSA E EXOPOLISSACARÍDEO PRODUZIDOS PELO FUNGO *Lasiodiplodia theobromae* MMPI. 125

ÓLEOS ESSENCIAIS COMO INIBIDORES DE *Staphylococcus aureus* 135

ENGENHARIAS 142

PIRÓLISE DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA 143

QUALIDADE DE FONTES DE ABASTECIMENTO DE UMA PROPRIEDADE RURAL EM FRANCISCO BELTRÃO 153

ESTUDO DE ENERGIA UTILIZANDO CÉLULAS FOTOVOLTAICAS 163

CHUMBO EM ATIVIDADE COM SOLDA MIG 173

AVALIAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE NA PRODUÇÃO DE MASSA FOLHADA: IMPACTO NA QUALIDADE E SEGURANÇA ALIMENTAR 183

EVENTOS DE IMPACTO NA REGIÃO DA CABEÇA: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL VIA MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS 192

NANOPARTÍCULAS E A ABRANGÊNCIA DOS SEUS IMPACTOS: REVISÃO SOBRE A AMPLITUDE DE SEUS AVANÇOS E A EXISTÊNCIA DE LACUNAS 201

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DE SNACKS UTILIZANDO A METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA 211

ANÁLISE DE TENSÕES NORMAIS MÁXIMAS NO PLANO: COMPARAÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO DE MOHR E NUMÉRICO COM MATLAB 221

EXPERIMENTO DIDÁTICO PARA DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE UMA BARRA METÁLICA. 230

COMO UM PROVÁVEL COMPORTAMENTO CAÓTICO INTERFERE EM SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ENERGIA DE VIBRAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM DESLOCAMENTO HUMANO 240

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE EXTRATOS DE *CURCUMA LONGA* E APLICAÇÃO NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DA MANTEIGA 250

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE EXTRATOS DAS FOLHAS DE PITANGUEIRA (*Eugenia uniflora L.*) E AVALIAÇÃO NA PREVENÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA 260

AVALIAÇÃO DO PROVÁVEL COMPORTAMENTO CAÓTICO EM MÁQUINAS VIBRACIONAIS PARA SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ENERGIA 270

USO DO MAPA DE PREFERÊNCIA E DO MÉTODO JUST-ABOUT-RIGHT EM ANÁLISE DE ACEITAÇÃO DE PÃO UTILIZANDO DOIS TIPOS DE FERMENTO NATURAL 280

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NO ESGOTO SANITÁRIO APÓS TRATAMENTO COM FOTO-OZONIZAÇÃO 288

REVISÃO TEÓRICA: ESTUDO DA LIGNINA COMO SUBSTITUTO PARCIAL NA SÍNTESE DE ADESIVOS FENÓLICOS 298

FOTOOZONIZAÇÃO NO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO: UM ESTUDO DE CASO 308

MODELAGEM DA CINÉTICA QUÍMICA DAS REAÇÕES DE DECOMPOSIÇÃO UTILIZANDO EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS 316

ANÁLISE DE METAIS NO MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO (MP_{10}) NA ÁREA URBANA DA CIDADE DE FRANCISCO BELTRÃO – PR 325

INVESTIGAÇAO DO POTENCIAL DO USO DE CHÁS PARA A PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA COMO ALTERNATIVA AO MEIO HS 335

MAXIMIZANDO A EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE MASSA FOLHADA: FLUXOGRAMA INDUSTRIAL 342

IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA SOLUÇÃO DE BALANÇOS DE MASSA BICOMPONENTES EM SISTEMAS HOMOGÊNEOS 351

VOLUME DE ÁGUA DE CHUVA GERADO NOS TELHADOS DOS BLOCOS G, Q, R DA UTFPR-FB PELO TEMPO DE PRECIPITAÇÃO . 361

AVALIAÇÃO DE TRATAMENTO COM CARVÃO ATIVADO PARA ÁGUA DE ÁREA RURAL CONTAMINADA COM AGROQUÍMICOS 371

CIÊNCIAS DA SAÚDE 381

MONITORAMENTO DA COVID-19 NA COMUNIDADE ACADÊMICA DA UTFPR CAMPUS DOIS VIZINHOS ATRAVÉS DE DIAGNÓSTICO MOLECULAR POR RT-qPCR 382

CAPACIDADE ANTIOXIDANTE, TEOR DE POLIFENÓIS TOTAIS E FLAVONOIDES DE GRÃOS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS 390

PERFIL DE CONSUMO DE ALIMENTOS FUNCIONAIS POR MULHERES ATENDIDAS EM UM AMBULATÓRIO DE NUTRIÇÃO 399

CIÊNCIAS AGRÁRIAS 408

HEMILAMINECTOMIA TORACOLOMBAR EM CÃO COM DOENÇA DO DISCO INTERVERTEBRAL HANSEN TIPO I: RELATO DE CASO 409

ELETROENCEFALOGRAFIA EM CÃES: REVISÃO DE LITERATURA 419

*micro*RNAS DA VIA DE SINALIZAÇÃO DA INSULINA ENVOLVIDOS NA MANIFESTAÇÃO DE WHITE STRIPING EM FRANGOS DE CORTE AOS 28 DIAS DE IDADE. 429

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO QUÍMICA E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE SORVETE DE GUABIJÚ 439

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE JABUTICABAS TRATADAS COM ÁCIDO SALICÍLICO E ARMAZENADAS SOB TEMPERATURA AMBIENTE E REFRIGERAÇÃO 449

USO DE SUBSTRATO COMPOSTADO DE CAMA DE AVIÁRIO NO DESENVOLVIMENTO DE Ilex paraguariensis 458

ESTUDO COMPARATIVO DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE COM UTILIZAÇÃO DE NANOCARBONO 467

ABORDAGEM GERAL DA HÉRNIA PERINEAL EM CÃES: REVISÃO DE LITERATURA 475

INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO DO MEIO E FORMA DE ARMAZENAMENTO NO DESEMPENHO DE SOURDOUGHS 485

INFUSÕES DE CHÁ MATE COM ADIÇÃO DE PITANGAS E JABUTICABAS DESIDRATADAS 495

MALHAS DE SOMBREAMENTO NA CLASSIFICAÇÃO COMERCIAL DE FRUTAS DE MORANGO CULTIVAR RANDOCE EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO 503

MALHAS DE SOMBREAMENTO NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO QUÍMICA DE FRUTAS DE MORANGO CULTIVAR BELLA EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO 513

EFICIÊNCIA DA SECAGEM SOLAR NA REDUÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DE FOLHAS DE OSMARIM (*Helichrysum italicum G.Don f.*) E MANJERONA (*Origanum majorana L.*) 523

ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES MODELOS DE SECADORES SOLARES NA SECAGEM DE FRUTAS E HORTALIÇAS: UM ESTUDO COMPARATIVO 533

ANÁLISE ANTIFÚNGICA IN VITRO: ADAPTAÇÕES EM FUNÇÃO DO USO DO CARVACROL 543

ANALISE ANTIFÚNGICA IN VIVO: BUSCA DE PROTOCOLO ADEQUADO PARA MINI TOMATE COM COBERTURA COMESTÍVEL ATIVA 553

INTERAÇÃO COM A COMUNIDADE: ATIVIDADES COM OS CLUBES DE MÃES 563

AVALIAÇÃO DA CARGA ORGÂNICA DE DEJETOS SUÍNOS EM DIFERENTES FASES DE PRODUÇÃO: ESTUDO EM ESCALA REAL . . 572

USO DE NADES PARA EXTRAÇÃO SUSTENTÁVEL E PROSPECÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS RICAS EM COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS . . 582

SEVERIDADE DE ANTRACNOSE EM GENÓTIPOS CRIOULOS DE FEIJÃO EM FRANCISCO BELTRÃO – PR (SUDOESTE DO PARANÁ) . 590

MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROCESSO DE SECAGEM SOLAR DE ABACAXI 600

EFEITO DE CULTURA DE CÉLULAS DE *Rhodotorula spp.* NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE 610

IDENTIFICAÇÃO DE MICRORGANISMOS ASSOCIADOS À SEMENTES DE LINHAÇA. 618

VARIABILIDADE DE GENÓTIPOS CRIOULOS DE FEIJÃO PARA A SEVERIDADE DE MANCHA ANGULAR 627

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE WHEY PROTEIN, COM VISTAS A IDENTIFICAÇÃO DE FRAUDES 637

SOLVENTES EUTÉTICOS PROFUNDOS PARA RECUPERAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS DE FOLHAS DE JABUTICABEIRA 647

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS DE AMIDO E RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS. . . . 654

CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS 664

REPRESENTATIVIDADE FEMININA NA REVOLTA DOS POSSEIROS DE 1957 NO SUDOESTE DO PARANÁ 665

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL: RELAÇÕES TEÓRICO-CONCEITUAIS . 675

CIÊNCIAS HUMANAS 684

GUERRA DO CONTESTADO: UMA PROPOSTA DE JOGO DIGITAL PARA O ENSINO DE HISTÓRIA 685

A IMPORTÂNCIA DO ENSINO DE HISTÓRIA E CULTURA AFROBRASILEIRA E INDÍGENA NO ENSINO SUPERIOR. 695

LINGÜÍSTICA, LETRAS E ARTES 705

SINFONIA DIGITAL: O USO DE SOFTWARES COMO FERRAMENTAS AUXILIARES NA COMPOSIÇÃO MUSICAL E ARRANJO 706

O HOJE COMO EPISÓDIO DE BLACK MIRROR: 715

UM ESTUDO DA PERSONAGEM NO CONTO *O TAPETE VOADOR*, DE CRISTIANE SOBRAL, SOB A PERSPECTIVA DO FEMINISMO DECOLONIAL 725

EXTENSÃO 735

GIECT: ARTICULANDO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO 736

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING EM UMA EMPRESA DO RAMO DE NUTRIÇÃO ANIMAL 746

INFORMÁTICA APLICADA PARA ESTUDANTES DAS ESCOLAS PÚBLICAS ATRAVÉS DE ATIVIDADES DE EXTENSÃO 756

DIAGNÓSTICO DAS AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES RURAIS DO SUDOESTE DO PARANÁ: ASPECTOS PRELIMINARES 766

UMA JORNADA CIENTÍFICA PELO TEMPO: UMA AÇÃO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA PARA PROMOVER EQUIDADE DE GÊNERO NAS CIÊNCIAS 776

O PAPEL DA UNIVERSIDADE NA EDUCAÇÃO SANITÁRIA: PROJETO DE EXTENSÃO SOBRE DRENAGEM URBANA 786

PROJETO DE EXTENSÃO - OBTENÇÃO DE ÁLCOOL DE LIMPEZA A PARTIR DE BEBIDAS ALCOÓLICAS APREENDIDAS E DOADAS PELA RECEITA FEDERAL 794

OFERTA DE AULAS PREPARATÓRIAS À PROVA DO ENEM NA UTFPR-FB: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA DO ANO DE 2023 804

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA 814

MUSEU DAS GRANDES NOVIDADES: A PRESERVAÇÃO DA MEMÓRIA DA EVOLUÇÃO DA COMPUTAÇÃO 815

CONTRIBUIÇÕES DA EDUCAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DOS ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO 825

SISTEMA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA . . 835

ANÁLISE DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ENERGIA DE VIBRAÇÃO CARACTERIZANDO UM PROVÁVEL COMPORTAMENTO CAÓTICO: ESTUDO DE CASO EM UM TRANSPORTE PÚBLICO URBANO 845

ÁREA 1

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

REVISÃO DE SOFTWARES LIVRES E DE CÓDIGO ABERTO DE VISÃO COMPUTACIONAL PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Rogério P. dos SANTOS [1], **Samuel Nelson Melegari de SOUZA**[1]

[1]Departamento de pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *Campus Cascavel* – Paraná - BR

E-mails:rogerio.dosantos@ifpr.edu.br, samuel.souza@unioeste.br

Resumo: *A utilização de drones na agricultura de precisão tem se mostrado promissora, proporcionando um apoio fundamental para as práticas agrícolas. Entre as tecnologias-chave que impulsionam essa abordagem, destaca-se a visão computacional, que permite a análise e interpretação de imagens e vídeos capturadas por drones. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão dos softwares de visão computacional de código aberto, aplicados a drones na área da agricultura de precisão. A metodologia empregada abrangeu fontes de pesquisa como Google Acadêmico, GitHub e GitLab, sendo definidos critérios precisos de seleção. Nove estudos pertinentes foram identificados que exploram a aplicação de software de código aberto em drones agrícolas, permitindo uma comparação desses recursos. Os resultados destacam a disponibilidade limitada de soluções de código aberto, apesar das vantagens que esses softwares oferecem, como customização de algoritmos e engajamento da comunidade. Esta análise reforça a urgência de mais iniciativas para criar ferramentas colaborativas para o progresso contínuo da agricultura de precisão.*

Palavras-chave: *Agricultura de precisão; drones; softwares livres; visão computacional.*

INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão, impulsionada pelo uso de drones, transformou a maneira como os agricultores monitoram suas fazendas. Essas aeronaves não tripuladas possibilitam a coleta de dados essenciais sobre solo, saúde das plantas e topografia. No entanto, apesar do rápido crescimento dos serviços de drones comerciais, as limitações operacionais ainda precisam ser superadas. A baixa autonomia de decisão e a necessidade de operadores experientes são alguns desafios. Superar essas limitações nos permite detectar problemas precocemente, otimizar as práticas agrícolas e aumentar a eficiência da produção (HONG et al., 2021).

As tecnologias de visão computacional podem ser implementadas em drones para automatizar as tarefas agrícolas, como monitoramento de plantações, detecção de doenças ou pragas, mapeamento de áreas de irrigação e aplicação precisa de insumos. Um conjunto

de dados de imagens agrícolas é essencial para treinar e aprimorar os algoritmos utilizados pelos drones, permitindo assim melhorar o desempenho na detecção e análise de elementos relevantes no campo (LU; YOUNG, 2020).

De acordo com Kaur e Chahal (2022), algoritmos de visão computacional de código aberto são cruciais para o avanço das aplicações na agricultura de precisão. Ao contrário do software proprietário, o software livre e de código aberto oferece vantagens significativas, como a capacidade de personalizar e melhorar continuamente por meio da colaboração da comunidade de desenvolvedores. A utilização de software de código aberto nesse contexto é especialmente benéfica, pois permite a disseminação de tecnologias mais acessíveis e eficientes. Além da redução de custos, promove a inovação e a melhoria constante dos sistemas.

Neste sentido, o objetivo deste estudo consiste em uma revisão de sistemas de visão computacional e de código aberto destinados à utilização em drones, no contexto da agricultura de precisão. O método empregado engloba a exploração de fontes de informação como Google Acadêmico (ESCAMILLA et al., 2022), GitHub e GitLab (EXTERMAN, 2021), com a definição de critérios para a seleção e exclusão. Foram identificadas nove investigações pertinentes, todas elas voltadas para a exploração da implementação de softwares de código aberto em drones utilizados na agricultura. Isso nos permitiu efetuar a comparação de funcionalidades dessas soluções. Os resultados evidenciam a escassez de opções disponíveis no âmbito dos softwares de código aberto, apesar das vantagens intrínsecas, como a possibilidade de ajustar algoritmos de acordo com necessidades específicas e o envolvimento ativo da comunidade.

Portanto, para alcançar o propósito do estudo, será apresentada a fundamentação teórica, seguido pela descrição da metodologia utilizada na revisão. A seção de resultados e discussão apresenta os principais trabalhos encontrados nesta revisão. Por fim, às considerações finais do estudo, bem como as referências bibliográficas utilizadas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Inteligência Artificial abrange o estudo e o desenvolvimento de sistemas capazes de realizar tarefas que normalmente requerem a inteligência humana. O Machine Learning é uma área da Inteligência Artificial que se concentra no desenvolvimento de algoritmos e modelos que permitem que os sistemas aprendam com os dados sem serem explicitamente programados. As Redes Neurais são modelos computacionais inspirados no funcionamento do cérebro humano. Eles são compostos por unidades interconectadas, chamadas neurônios,

que processam e transmitem informações. Por fim, Deep Learning é um subcampo do Machine Learning que usa redes neurais artificiais profundas para extrair representações de dados complexas e hierárquicas (AGGARWAL et al., 2022).

De acordo com Foster (2022), as RNNs (Recurrent Neural Networks)são projetadas para processar dados sequenciais, enfatizando a ordem e a dependência temporal. Usado em processamento de linguagem natural, análise de séries temporais e geração de texto. As GANs (Generative Adversarial Networks), consistem em redes neurais concorrentes geradora e discriminadora que competem em um jogo de soma zero. Amplamente utilizado na geração de amostras realistas, como imagens, voz e síntese de música. Já as MLPs (Multilayer Perceptrons) são redes neurais com várias camadas de neurônios, incluindo a camada de entrada, camadas ocultas e camada de saída. Comumente usado em problemas de classificação e regressão. As ResNets (redes residuais) possuem variantes de CNNs que introduzem conexões residuais para melhorar o fluxo de informações e evitar a degradação do desempenho à medida que a rede se torna mais profunda. Amplamente utilizado em tarefas de visão computacional, como classificação de imagens e detecção de objetos. As CNNs (Convolutional Neural Networks) são projetadas para processar dados de grade, como imagens, capturando recursos locais e hierárquicos. Amplamente utilizado em tarefas de visão computacional, como classificação de imagens, detecção de objetos e segmentação semântica. Por fim, temos as VAEs (Variational Autoencoders), que são modelos generativos que aprendem uma representação latente de dados de entrada, válidos para modelar distribuições complexas. Empregado em tarefas de imagem, reconstrução de dados e compressão de informações. E os modelos de Difusão onde simulam a geração iterativa de dados, onde cada etapa depende das ações anteriores. Usado em tarefas de imagem e preenchimento de lacunas em dados ausentes.

METODOLOGIA

Nesta seção, serão apresentados detalhes de como o estudo foi conduzido, incluindo as fontes de informação utilizadas, a estratégia de pesquisa adotada, os critérios de elegibilidade e o procedimento para selecionar os estudos incluídos. Também serão descritos os itens de dados coletados e como os artigos foram selecionados para análise.

Fontes de informação: para o propósito desta revisão, usamos Google Acadêmico, GitHub e GitLab como fontes eletrônicas de dados, conforme mostrado na Tabela 1, com as respectivas URLs. A pesquisa mais recente foi realizada em Junho de 2023. O Google Acadêmico é um mecanismo de busca gratuito e acessível que organiza uma variedade de formatos de publicações acadêmicas científicas e é atualmente o banco de dados mais

abrangente de artigos científicos (MARTÍN-MARTÍN et al., 2021). Já o GitHub e o GitLab são repositórios de software de código aberto, pesquisáveis e publicamente disponíveis. O GitHub atualmente é um repositório de código mais utilizado (EXTERMAN, 2021) e também é amplamente utilizado em publicações acadêmicas (ESCAMILLA et al., 2022), seguido pelo GitLab (EXTERMAN, 2021).

Tabela 1 - Fontes de informação usadas nesta revisão e suas respectivas URLs.

Fonte	URL
Google Acadêmico	https://scholar.google.com
GitHub	https://github.com
GitLab	https://gitlab.com

Fonte: Autoria própria (2023)

Estratégia de pesquisa: São definidas as strings de busca de acordo com as fontes de dados a serem pesquisadas, e os termos-chave correspondentes a cada uma das fontes de informação. Os termos-chave são junções definidas dentro da sequência de busca e separadas por aspas. A Tabela 2 apresenta a fonte de informação e as sequências de busca respectivas, incluídos os atributos de exclusão definidas no critério de elegibilidade e procedimentos de seleção. Neste sentido, na linha da base de dados do Google Acadêmico, foram adicionados atributos de exclusão, e, nas linhas das bases de dados do GitHub e do GitLab, as sequências de busca foram definidas e realizadas por tópicos separadas por aspas duplas.

Tabela 2 - Strings de pesquisa usadas para cada fonte de informação.

Fontes	String de busca por base e atributos de exclusão
Google Acadêmico	”open source” and drones ”Computer Vision” or ”uav” and ”precision agriculture” -simulators -games -farming -simulator -mobile
GitHub e GitLab	“precision-agriculture” ”uav-images” ”autonomous-drone” ”Computer Vision”

Fonte: Autoria própria (2023)

Critérios de Elegibilidade e Procedimento de Seleção: após definir a string de busca para cada fonte de informação, foi necessário estabelecer os critérios de inclusão e exclusão. Se um trabalho específico atender a esses critérios, é automaticamente selecionado. O cuidado foi tomado para mesclar possíveis entradas duplicadas.

Os seguintes critérios de inclusão foram considerados para esta revisão:

- Trabalhos focados em aplicação de visão computacional aplicadas aos drones e agricultura de precisão; Trabalhos compostos de software livre e de código aberto com o código-fonte completo publicamente disponível, preferencialmente em repositório

de software como GitHub, GitLab ou equivalente; Trabalhos publicados entre 2019 e 2023; O código-fonte deve ter sido atualizado pelo menos uma vez nos últimos 3 anos (antecedendo Junho de 2023).

A justificativa para selecionar trabalhos publicados desde 2019 baseia-se na disponibilidade e custo de sistemas aéreos não tripulados e tecnologias 4G, essenciais para a agricultura de precisão, que começaram a se tornar populares por volta daquele ano (PACE, 2022; ALKOBI, 2019). Com relação a trabalhos com código atualizado nos últimos 3 anos, este foi um intervalo de tempo selecionado empiricamente para excluir software obsoleto ou abandonado, uma ocorrência comum em projetos de código aberto (KAUR; CHAHAL, 2022). Por sua vez, três critérios de exclusão foram definidos, a saber:

- Aplicações não relacionadas a drones e agricultura de precisão; Aplicações de simulador de fazenda, jogos de simulação de fazenda; Outros jogos e sistema para smartphones.

Itens de Dados: Para cada trabalho selecionado, extraímos quatro itens de dados:

- Fonte e ano de publicação; Nome da aplicação; Interface(s) do usuário e Linguagem(s) de programação; Repositório do código-fonte.

Os repositórios de código-fonte para os trabalhos selecionados são encontrados diretamente nas buscas realizadas no GitHub e GitLab, ou no artigo de pesquisa associado encontrado no Google Acadêmico. O ano de publicação é retirado da data de publicação do artigo de pesquisa, ou, no caso de o trabalho não ter um artigo associado, o ano do primeiro commit no respectivo repositório de código-fonte.

A linguagem de programação em que uma aplicação é desenvolvida, embora seja principalmente de interesse dos desenvolvedores, é especialmente importante em software livre e de código aberto, que pode ser livremente modificado, melhorado e estendido. Desenvolvedores ou usuários com habilidades técnicas devem considerar preferencialmente o software desenvolvido em uma linguagem com a qual estejam familiarizados, especialmente se pretendem modificar o código-fonte e/ou implementar novos recursos. O software pode ser desenvolvido em mais de uma linguagem, e isso também deve ser considerado no processo de seleção, pois pode aumentar a complexidade do desenvolvimento.

Para fins de revisão, as linguagens de programação foram determinadas a partir do recurso ”Linguagens” do GitHub, que detalha as linguagens usadas em um projeto por porcentagem, ou, se essas informações eram insuficientes ou inexistentes, por meio da exploração manual do código-fonte. Consideramos apenas as linguagens usadas para desenvolver os

projetos, ignorando as linguagens usadas exclusivamente para documentação (por exemplo, HTML ou Markdown) ou para o processo de construção (por exemplo, scripts Bash ou Makefiles).

A interface do usuário define a maneira como o usuário final interage com o software em questão. Pode ser uma interface de frente, como uma interface gráfica ou de texto, ou uma interface de fundo, trabalhando como uma biblioteca ou como um plugin para outra ferramenta. A interface do usuário pode limitar o tipo de usuários finais de um determinado pacote. Por exemplo, as interfaces de texto, que permitem que uma ferramenta seja controlada por meio da linha de comando, assim como as bibliotecas, são tipicamente mais adequadas para desenvolvedores e/ou usuários com habilidades técnicas. Várias ferramentas oferecem mais de um tipo de interface, ampliando assim o escopo de usuários potenciais.

Seleção dos Trabalhos: A Tabela 3 apresenta a quantidade de trabalhos encontrados em suas respectivas bases eletrônicas. No total, foram identificados 306 artigos no Google Acadêmico e 29 projetos nos repositórios GitHub e GitLab, perfazendo um total de 335 trabalhos reconhecidos usando as strings de busca descritas na Subseção de estratégia de pesquisa. Após aplicar os critérios de filtragem, foram excluídos 297 artigos da base do Google Acadêmico e 29 do GitHub e GitLab, totalizando 326 trabalhos excluídos. Portanto, o cenário é apresentado com 09 trabalhos, correspondendo à proposta definida nos objetivos da pesquisa.

Tabela 3 - Número de trabalhos identificados com as strings de busca para cada fonte de informação, bem como número de trabalhos excluídos e incluídos após a aplicação dos critérios de filtragem. O valor em negrito corresponde ao número de trabalhos selecionados para esta revisão.

Info. fonte	Identificado	Excluídos	Incluídos
Google Acadêmico	306	297	09
GitHub	28	28	0
GitLab	1	1	0
Totals	335	326	**09**

Fonte: Autoria própria (2023)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisamos as obras mais relevantes, resumindo pelas características conforme Tabela 4 com itens, referência bibliográfica, nome abreviado, linguagem de programação e links para repositórios de código-fonte. A tabela fornece uma visão geral do trabalho, permitindo entender a abordagem e as tecnologias utilizadas nos estudos revisados. Além disso, é feita uma breve descrição do trabalho desenvolvido.

Tabela 4 - Tabela de Softwares de Navegação Autônoma para Drones

No	Fonte	Nome	Interface e Linguagem	Repositório
1	(OCA; FLORES, 2021)	The AgriQ	Textual/Python	github.com/LAPyR/NDVI-with-modified-Mobius-cameras
2	(STEWART et al., 2022)	Torchgeo	Biblioteca/Python	⟨github.com/microsoft/torchgeo⟩
3	(RIIHIAHO; ESKELINEN; PÖLÖNEN, 2021)	Desmiler	Textual/Python	⟨github.com/silmae/desmiler⟩
4	(KOTIS; SOULARIDIS, 2023)	Traj4Drones	Textual/Python	⟨github.com/KotisK/ReconTraj4Drones⟩
5	(CASAPIA et al., 2019)	Classificação UAV	Textual/R	⟨github.com/xime377/UAV-classification⟩
6	(GURGU; QUERALTA; WESTERLUND, 2022)	WildNav	Gráfica / Python	⟨github.com/TIERS/wildnav⟩
7	(KERN et al., 2020)	Open REALM	Biblioteca/ C++	⟨github.com/laxnpander/OpenREALM⟩
8	(LI et al., 2021)	See Cucumbers	Texto/ Python	⟨github.com/joanlyq/SeeCucumbers⟩
9	(YANG et al., 2020)	MoDaCS	Gráfica / Python	⟨github.com/TESTgroup-BNL/MoDaCS⟩

Fonte:Autoria própria (2023)

Segundo Oca e Flores (2021), Tabela 4, item [1], utiliza-se um sistema de espectro duplo para capturar imagens aéreas de culturas, combinando câmera Mobius modificada e software de código aberto. As etapas incluem retificação da imagem, georreferenciação, reconstrução ortomosaica, calibração da refletância e cálculo de índices de vegetação.

No trabalho Stewart (2022), Tabela 4, item [2], utiliza métodos de aprendizado profundo (deep learning) e a biblioteca TorchGeo para integrar dados geoespaciais no contexto do PyTorch. A abordagem busca facilitar a aplicação de deep learning em tarefas de sensoriamento remoto, com modelos pré-treinados para imagens multiespectrais e recursos para carregamento e transformação de dados.

Os autores Riihiaho e Eskelinen (2021), Tabela 4, item [3], desenvolveram um soft-

ware de código aberto para corrigir a erros espectrais, conhecida como ”smile” e o desalinhamento chamado de ”tilt” em uma imagem hiperespectral. Os resultados mostraram que é possível corrigir essas distorções sem a necessidade de um laboratório óptico.

O trabalho de Kotis (2023), Tabela 4, item [4] apresenta uma estrutura para reconstrução, modelagem e enriquecimento de trajetórias semânticas de drones. Através do uso de dados georreferenciados e ferramentas de análise, é possível obter informações contextuais significativas sobre o movimento dos drones.

No estudo de Casapia (2019), Tabela 4, item [5], foi desenvolvido um fluxo de trabalho de classificação baseado em objetos para imagens de Veículo Aéreo Não-Tripulado de alta resolução. A abordagem combinou processamento de imagem e funcionalidades de SIG para identificar e delinear as copas das palmeiras na floresta tropical.

O trabalho de Guru e Queralta (2022), Tabela 4, item [6], apresenta um algoritmo de localização baseado em visão computacional para drones em ambientes naturais. Utilizamos recursos de deep learning para calcular as coordenadas geográficas do Veículo Aéreo Não-Tripulado, correspondendo características visuais de fotografias RGB capturadas pela câmera do drone a seções de um mapa pré-construído de imagens de satélite georreferenciadas.

O trabalho de Kern (2020), Tabela 4, item [7], apresenta o OpenREALM é um framework para Drones que permite mapeamento em tempo real. Com uma câmera conectada ao Drone, ele cria mosaicos de alta resolução e informações 3D precisas. O mapeamento pode ser feito em terrenos planos ou complexos, usando a posição global do drone para georreferenciar os dados.

Segundo Li (2021), Tabela 4, item [8], esses detectores de objetos têm sido amplamente usados em diversas áreas, e um estudo piloto com o YOLOv3 mostra o potencial dessa abordagem. Com a georreferência das imagens, a detecção automatizada pode agilizar a análise de distribuição e possibilitar pontos valiosos ao combinar dados com outros mapeamentos.

O trabalho de Yang (2020), Tabela 4, item [9], apresenta desenvolvimento do Osprey, um drone econômico que fornece imagens e medições hiperespectrais das copas de vegetação. Isso permite um mapeamento preciso dos tipos de plantas e revela informações detalhadas sobre as propriedades do vegetal.

Os trabalhos encontrados demonstram a relevância e avanços no uso de drones e sensoriamento remoto para estudar a vegetação e ecossistemas terrestres. As diferentes abordagens, como detecção automatizada de objetos, mapeamento preciso de copas de vegetação

e correção de erros espectrais, destacam a flexibilidade e adaptabilidade dessas tecnologias. Essas ferramentas oferecem vantagens significativas para análises ambientais mais eficientes e precisas, tornando-se importantes aliadas em pesquisas científicas e tomadas de decisão em diversos campos, desde a agricultura de precisão até a conservação ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão realizada sobre softwares livres e de código aberto de visão computacional voltados para drones na agricultura de precisão revelou uma seleção de nove trabalhos de destaque. Os trabalhos identificados oferecem recursos essenciais, como processamento de imagens, detecção de objetos, segmentação de culturas e análise de saúde das plantas. Essas funcionalidades são de extrema importância para otimizar as práticas agrícolas. No entanto, é importante destacar que se observou a falta de trabalhos que disponibilizam os códigos-fonte dos softwares em plataformas de acesso aberto. Essa ausência pode dificultar a replicação e o aprofundamento das pesquisas, prejudicando a transparência e a confiabilidade dos resultados obtidos. Outro ponto relevante é que alguns dos trabalhos revisados apresentaram falta de atualizações adequadas em seus códigos ao longo do tempo. A rápida evolução da tecnologia exige a constante adaptação dos softwares para garantir sua eficácia e relevância contínuas. Além disso, a natureza aberta dessas ferramentas possibilita a colaboração e o aprimoramento contínuo, impulsionando o avanço da agricultura de precisão e tornando essas tecnologias acessíveis a mais agricultores. Portanto, futuras pesquisas e desenvolvimentos nessa área devem incentivar a disponibilização dos códigos-fonte para ampliar a disseminação do conhecimento e fomentar a colaboração entre os pesquisadores.

REFERÊNCIAS

AGGARWAL, K. et al. Has the future started? the current growth of artificial intelligence, machine learning, and deep learning. *Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics*, v. 3, n. 1, p. 115–123, 2022.

ALKOBI, J. *The Evolution of Drones: From Military to Hobby & Commercial*. 2019. Percepto: ⟨https://percepto.co/the-evolution-of-drones-from-military-to-hobby-commercial/⟩. Accessed on March 5, 2023.

CASAPIA, X. T. et al. Identifying and quantifying the abundance of economically important palms in tropical moist forest using uav imagery. *Remote Sensing*, MDPI, v. 12, n. 1, p. 9, 2019.

ESCAMILLA, E. et al. The rise of github in scholarly publications. In: SILVELLO, G. et al. (Ed.). *Linking Theory and Practice of Digital Libraries: Proceedings of the 26th International Conference on Theory and Practice of Digital Libraries*. [S.l.]: Springer International Publishing, 2022. (TPDL 2022), p. 187–200.

EXTERMAN, D. *GitLab vs GitHub – A 2022 Comparison*. 2021. Incredibuild: ⟨https://www.incredibuild.com/blog/gitlab-vs-github-comparison⟩. Accessed on March 7, 2023.

GURGU, M.-M.; QUERALTA, J. P.; WESTERLUND, T. Vision-based gnss-free localization for uavs in the wild. In: *2022 7th International Conference on Mechanical Engineering and Robotics Research (ICMERR)*. [S.l.: s.n.], 2022. p. 7–12.

HONG, Y. et al. Autonomous mission of multi-uav for optimal area coverage. *Sensors*, MDPI, v. 21, n. 7, p. 2482, 2021.

KAUR, R.; CHAHAL, K. K. Exploring factors affecting developer abandonment of open source software projects. *Journal of Software: Evolution and Process*, Wiley Online Library, v. 34, n. 9, p. e2484, 2022.

KERN, A. et al. Openrealm: Real-time mapping for unmanned aerial vehicles. In: *2020 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*. [S.l.: s.n.], 2020. p. 902–911.

KOTIS, K.; SOULARIDIS, A. Recontraj4drones: A framework for the reconstruction and semantic modeling of uavs' trajectories on movingpandas. *Applied Sciences*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 13, n. 1, p. 670, 2023.

LI, J. Y. Q. et al. Seecucumbers: Using deep learning and drone imagery to detect sea cucumbers on coral reef flats. *Drones*, v. 5, n. 2, 2021. ISSN 2504-446X. Disponível em: ⟨https://www.mdpi.com/2504-446X/5/2/28⟩.

LU, Y.; YOUNG, S. A survey of public datasets for computer vision tasks in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, Elsevier, v. 178, p. 105760, 2020.

MARTÍN-MARTÍN, A. et al. Google scholar, microsoft academic, scopus, dimensions, web of science, and opencitations' coci: a multidisciplinary comparison of coverage via citations. *Scientometrics*, Springer, v. 126, p. 871–906, 2021.

OCA, A. M. de; FLORES, G. The agriq: A low-cost unmanned aerial system for precision agriculture. *Expert Systems with Applications*, Elsevier, v. 182, p. 115163, 2021.

PACE, L. *4G: History, Origin, and More*. 2022. History-Computer: ⟨https://history-computer.com/4g-guide/⟩. Accessed on March 5, 2023.

RIIHIAHO, K. A.; ESKELINEN, M. A.; PÖLÖNEN, I. A do-it-yourself hyperspectral imager brought to practice with open-source python. *Sensors*, MDPI, v. 21, n. 4, p. 1072, 2021.

STEWART, A. J. et al. Torchgeo: deep learning with geospatial data. In: *Proceedings of the 30th International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. [S.l.: s.n.], 2022. p. 1–12.

YANG, D. et al. A multi-sensor unoccupied aerial system improves characterization of vegetation composition and canopy properties in the arctic tundra. *Remote Sensing*, MDPI, v. 12, n. 16, p. 2638, 2020.

ECONOMIA: PROJEÇÃO DE INVESTIMENTOS ISENTOS DE IMPOSTO RENDA

Liara Yumi HIRAKAWA[1], Jeanne De Baldi PORTES[1], Maiquiel Schmidt De OLIVEIRA[2]

[1] Acadêmica de Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Física, Estatística e Matemática (DAFEM)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: liara@alunos.utfpr.edu.br, jeanneportes@alunos.utfpr.edu.br, msoliveira@utfpr.edu.br

Resumo: *brasileiros buscam novas formas de investir para gerarem diferentes fontes de renda e existem diversas possibilidades que são apresentadas aos investidores que desejam poupar, seja em renda fixa ou variável. Com isso, o objetivo deste trabalho é analisar duas modalidades de investimentos, comparando-as em relação a banco público e privado. Os investimentos analisados são Letras de Crédito do Agronegócio (LCA) e Caderneta de Poupança, pois os juros são fixos e são isentos de impostos. Para isso, considerou-se realizar uma projeção dos investimentos através de Equações Diferenciais Ordinárias, o que possibilita ao investidor um conhecimento sobre onde seria melhor aplicar seu dinheiro. Os resultados mostraram que é mais rentável aplicar em LCA, pois o mesmo apresentou um rendimento 245% a mais em comparação a poupança, porém a poupança tem mais flexibilidade no investimento.*

Palavras-chave: *investimento; renda fixa; modelagem; projeção.*

INTRODUÇÃO

O Sistema Financeiro Nacional é formado por um conjunto de instituições financeiras públicas e privadas, instrumentos financeiros e pelo seu órgão normativo máximo denominado Conselho Monetário Nacional (CMN). Juntamente com o Banco Central do Brasil (Bacen), o CMN é responsável pelo funcionamento do mercado financeiro e de suas instituições, fiscalizando e regulamentando suas atividades (DIAS, 2016).

Bancos Públicos são instituições criadas pelo Estado, da qual o mesmo administra, o retorno financeiro não é o único objetivo da organização, focam também em atender as

necessidades da sociedade (LARA; LIMA; NOGUEIRA, 2018). Os bancos privados são instituições financeiras bancárias, com carteira comercial, com altos ativos, seu capital votante é composto por pessoas físicas ou jurídicas residentes no país, atendendo ao público por meio da rede de agências bancárias (GUEDES, 2021).

Dias (2016), afirma que no mercado de investimento os poupadores se tornam investidores, ao adquirirem os títulos emitidos pelos agentes financeiros que podem se dar por financiamentos de títulos de renda variável ou títulos de renda fixa emitidos pelas empresas ou pelo governo, onde os mesmos são beneficiados pelo recebimento de juros e/ou dividendos de acordo com o dinheiro investido. Há diversos fatores que levam uma pessoa a começar a investir, o que pode ser caracterizado genericamente como um sacrifício hoje, a fim de obter uma série de benefícios futuros (BRUNI, 2017).

O mercado financeiro traz ao investidor uma série de possibilidades distintas de investimento de renda fixa e variável. Investimentos de renda variável são aqueles em que o investidor não conhece inicialmente as condições de remuneração do título. Não há uma taxa pré-fixada ou referenciada em algum indexador (BRASIL, 2022).

O investimento em ativos de renda fixa é uma modalidade onde as condições de rentabilidade dos títulos são definidas no ato da negociação e podem ser classificadas como pré-fixadas, que é quando o rendimento já é conhecido com antecedência, já se sabe a rentabilidade que irá obter no final da aplicação. A pós-fixada, quando o rendimento depende de algum tipo de índice, como por exemplo: Taxa Selic, taxa de depósito interbancário (DI), variação do índice de preços ao consumidor amplo (IPCA) ou índice geral de preços do mercado (IGPM) acrescido de um percentual (CETIP, 2016). Os impostos que são cobrados em investimentos de renda fixa é o Imposto Sobre Operações Financeiras (IOF) e o Imposto de Renda. O IOF é cobrado somente em aplicações inferiores a 30 dias (LOVATO, 2011).

Existem no mercado diversos tipos de investimentos em Renda Fixa como a Caderneta de poupança, títulos privados que são eles: Certificado de Depósitos Bancários (CDB), Recibo de Depósito Bancário (RDB), Letras de Crédito (LC), Certificado de Recebíveis Imobiliários (CRI), Certificado de Recebíveis Agrícolas (CRA), Letras

Hipotecárias, Debêntures, Notas Promissórias e Fundos de Investimentos de Renda Fixa (FI) e títulos públicos (BALTHAZAR; MORGADO; CABELLO, 2018).

De acordo com um relatório de 2020 da Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais- ANBIMA, dentre os brasileiros que investem 29% são em caderneta de poupança, 5% em fundos de investimentos, 5% em títulos privados, 5% em títulos públicos via tesouro direto e 3% em ações na bolsa de valores. Diante disso será explanado Letras de Crédito do Agronegócio (LCA) um investimento em títulos públicos e a caderneta de poupança.

Segundo o artigo 26 da Lei Nº 11.076, de 30 de dezembro de 2004, estabelece Letras de Crédito do Agronegócio (LCA) como um título de crédito nominativo, de livre negociação, representativo de promessa de pagamento em dinheiro e constitui título executivo extrajudicial (BRASIL, 2004a). É um título que capta recursos exclusivamente para atividades do agronegócio, e de baixo risco já que, o que pode ameaçar o investidor é a suposta falência da instituição financeira que emitiu o título, entretanto, o inventor ainda é protegido pela Fundo Garantidor de Créditos (FGC), possui isenção de imposto de renda, e rentabilidade superior à poupança, sua liquidez (velocidade em transformar o título em dinheiro) é imediata ao término do tempo de aplicação, pois é de conhecimento o tempo que será aplicado o valor, o resgate antes do vencimento implica na perda da rentabilidade contratada, além de, se retirado antes de 30 dias a cobrança de IOF (MELO; POLIDORIO, 2018).

A Caderneta de Poupança foi criada com o objetivo de adquirir fundo para financiamento de habitações populares, infraestrutura e saneamento básico. Sendo um investimento muito comum entre os brasileiros, oferecendo uma garantia de rentabilidade mensal (taxa referencial mais de 0,5% de juros ao mês), não recorrência de Imposto de Renda sobre os rendimentos, não há tributação de Imposto sobre Operações Financeiras (IOF) para os resgates antes de 30 dias, pode ser feito pequenos depósitos em qualquer data, a remuneração é realizada a cada mês completado e possui liquidez diária (LOVATO, 2011). Segundo a Lei Nº 12.703 de 07 de agosto de 2012, informa que o rendimento da caderneta de poupança é igual para todas as instituições, pois a taxa é pré-estabelecida pelo Banco Central do Brasil, portanto não difere em instituição pública e privada.

A escolha do tipo de investimento vai de acordo com o perfil do investidor, que se norteia em variáveis que definem quanto ele aceita ou não fazer uma aplicação de risco e quanto tem disponível para poupar. Esse perfil é muito dinâmico pois é estabelecido de acordo com a realidade do investidor, muitos bancos realizam essas análises por meio de questionários antes da primeira aplicação realizada. É de suma importância o conhecimento do perfil do investidor no mercado financeiro, pois assim é possível traçar o plano ideal e montar uma carteira de investimentos adequada a cada perfil (CADORE, 2007).

Nesse cenário, a modelagem matemática pode auxiliar os investidores a terem uma projeção do retorno dos valores investidos em aplicações em renda fixa. Há modelos matemáticos que são capazes de calcular o rendimento de um investimento, esses modelos geralmente têm como objetivo entender o que está querendo ser calculado, sendo o mais completo possível, para que o resultado possa ser tão preciso quanto o valor real. São muito abordados nas áreas de Cálculo Diferencial e Integral e Equações Diferenciais. (SODRÉ, 2017).

Alguns autores já vêm estudando acerca de investimentos financeiros: fundos de investimentos com aplicação em renda fixa (Mota et al., 2019), Investimentos em renda fixa e Renda Variável (Melo et al., 2018), Análise de desempenho de fundos de investimentos de renda fixa e renda variável (TRINDADE & MALAQUIAS, 2015), Alternativas de Investimentos em Renda Fixa no Brasil: Comparação entre um Banco de Investimento e um Banco de Varejo (BALTHAZAR; MORGADO; CABELLO, 2018). Porém, não foi encontrado na literatura estudos comparando os dois investimentos de renda fixa considerados nessa análise.

Com o objetivo de contribuir e dar continuidade às essas pesquisas, será realizado uma projeção por Equações Diferenciais Ordinárias, analisando investimento em Letras de Crédito do Agronegócio (LCA) e Caderneta de Poupança, onde são aplicações de renda fixa isentos de impostos de renda e IOF.

METODOLOGIA

A Equação Diferencial Ordinária (EDO) é geralmente utilizada quando se quer modelar um problema e com ela é possível fazer uma projeção, com sua taxa de variação ao longo do tempo ou de uma outra variável independente, e pode ser aplicada em diversas áreas que tenha um crescimento ou decrescimento de algo. Em um investimento há um valor que é aplicado e nele pode haver uma variação crescente ou decrescente, em um determinado período, e com uma EDO é possível ter uma suposição aproximada do valor final deste investimento (ZILL; CULLEN, 2006).

Supomos que um montante S_0 de dinheiro será depositada em um banco que paga uma taxa anual de juros r, capitalizados continuamente. Pode-se então escrever uma EDO de primeira ordem que descreve o crescimento do investimento feito (FREITAS, 2019).

Segundo Freitas (2019), a taxa de variação do valor do investimento S é representada pela equação:

$$\frac{dS}{dT} = r.S \tag{1}$$

Onde aplicando métodos matemáticos para obtenção de uma EDO obtém-se a fórmula 2, que é a solução geral, onde r é constante e representa a taxa de rendimento anual r, $S(t)$ é o montante e $k = e^c$ é uma constante positiva.

$$S(t) = e^{rt}.k \tag{2}$$

Se tem o valor inicial investido, é obtido a seguinte equação:

$$S(t) = So.e^{rt} \tag{3}$$

Afirma que, onde t é qualquer instante, e essa grandeza é proporcional à taxa na qual o investimento cresce, isto é, é igual à taxa de juros vezes o valor atual do investimento $S(t)$.

Diante disso será feita uma comparação do LCA e da poupança, entre as duas instituições, sendo uma pública X e a outra privada Y, utilizando um investimento de R$10.000,00 durante 6 anos que serão analisados de 2 em 2 anos e comparados os riscos e rentabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para essa análise, foram coletados os dados apresentados na Tabela 1. A taxa DI do dia em que considerou-se a aplicação era de 13,65%, o que representa 100% do Certificado de Depósito Interbancário (CDI) e os cálculos do rendimento anual foram feitos utilizando essa taxa.

Tabela 1- Dados LCA pós fixada sem resgate e da poupança

	Banco público X LCA	**Banco privado Y LCA**	**Poupança**
Liquidez	2 anos	2 anos	Diária
Data da aplicação*	03/06/2023	03/06/2023	03/06/2023
CDI**	90,50%	91,00%	-
Rendimento	12,35% a.a	12,42% a.a	6,17% a.a

*data em que foram coletados os dados
**Certificado de Depósito Interbancário (13,65% a.a)
Fonte: Autoria própria (2023)

No investimento em LCA há vários tipos de liquidez, como diária, de 6 meses, 1 ano, entre outros. O escolhido para o trabalho é com liquidez de 2 anos.

Como a projeção é de 6 anos, levando em consideração que a SELIC não se altere, vai ser aplicado o investimento em LCA três vezes para que atinja o tempo necessário, já que a liquidez das LCAs é de 2 anos. Como a poupança é um investimento de liquidez diária não vai ser preciso que seja reaplicado.

Utilizando a equação 3 e substituindo S_0= 10.000, com r fixo para cada caso:

- Caso I: r = 0,1235 (banco público X) - LCA;
- Caso II: r = 0,1242 (banco privado Y) - LCA;
- Caso III: r = 0,0617 (banco público X/ privado Y) - poupança;

Variando os valores de t em t_0 = 0 (1ª aplicação), t_1 = 2 (2ª aplicação), t_2 = 4 (3ª aplicação) e t_3 = 6 (resgate total) obtêm-se os seguintes resultados:

Tabela 2 - Dados LCA pós fixada sem resgate e da poupança

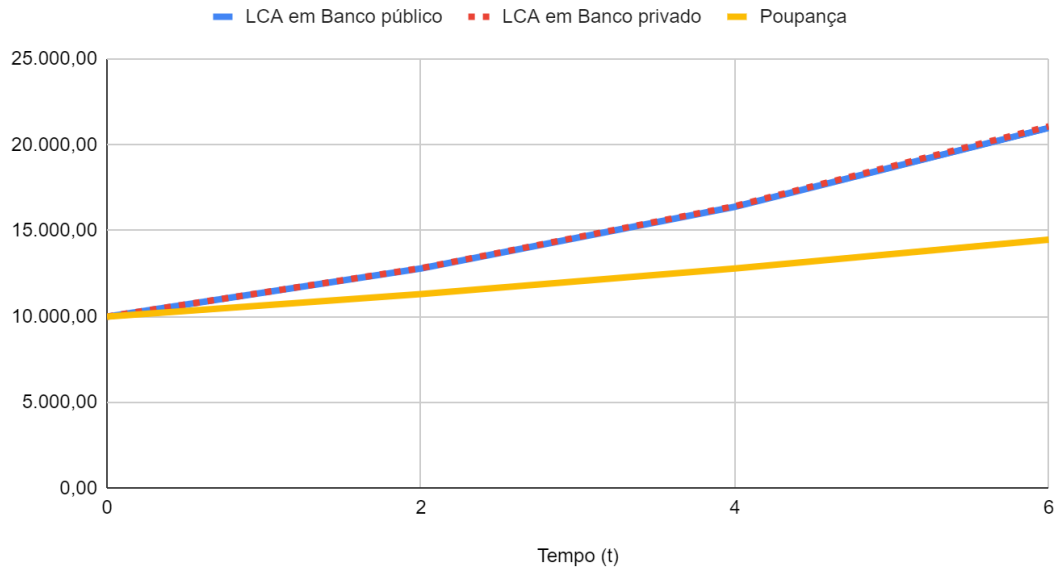
Tempo (t)	Banco público X LCA (R$)	Banco privado Y LCA (R$)	Poupança (R$)
t_0	10.000,00	10.000,00	10.000,00
t_1	12.802,62	12.820,11	11.313,37
t_2	16.390,72	16.435,52	12.799,23
t_3	20.984,42	21.070,52	14.480,24

Fonte: Autoria própria (2023)

A partir desses dados, percebe-se que o rendimento em LCA (dos dois bancos considerados), banco público X com 90,50% do CDI e banco privado Y com 91% do CDI, é muito próximo. Há uma diferença pequena de R$86,10 no rendimento total e ambos renderam aproximadamente R$11.000,00. Já na poupança, foi obtido um rendimento, após 6 anos, de R$4.480,24, o que representa menos da metade do rendimento da LCA, sendo que o investimento em LCA rendeu aproximadamente 245% a mais que a poupança.

O gráfico a seguir mostra o comportamento dos rendimentos:

Figura 1: Rendimentos dos investimentos durante 6 anos



Fonte: Autoria própria (2023)

É notado, na Figura 1, que os investimentos de LCA nos dois bancos crescem em uma exponencial muito parecida, sendo possível visualizar isso no gráfico já que as curvas se sobrepõem.

Na poupança, existe mais flexibilidade quando o dinheiro é investido, tendo em vista que sua liquidez é diária e seu rendimento é isento da taxa de IOF, para resgates antes dos primeiros 30 dias e que é possível aplicar e resgatar quando houver a necessidade. Isso é difícil de ocorrer em qualquer outro investimento que tem sua liquidez fixada, ou seja, não se pode aplicar mais vezes no mesmo investimento, teria que investir novamente e se quiser resgatar o dinheiro antes do vencimento de sua liquidez, tem chance de haver perda total do investimento ou até mesmo um desconto no valor nominal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E DIRECIONAMENTOS PARA ESTUDOS FUTUROS

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a poupança é um investimento que tem um retorno muito baixo quando comparado com a LCA. Por mais que a poupança tenha sua flexibilidade, há outros investimentos, com características parecidas, que têm um rendimento maior. Com isso, deve ser avaliada a necessidade e o perfil de cada investidor, já que há casos, como o que foi apresentado, que teria que ser reaplicado o investimento na LCA.

Em relação aos investimentos em LCA (para o banco público e privado considerados), seria interessante analisar os bancos onde estariam sendo realizados os investimentos, visto que apresentaram resultados próximos. Contudo, devem-se ponderar os riscos e as oportunidades relacionados a eles, pois há fatores que influenciam na rentabilidade dos investimentos.

Algumas sugestões para estudos futuros são: realizar novas projeções utilizando EDOs para calcular investimentos com desconto de IR e/ou IOF e verificar o comportamento deste método em comparação a investimentos isentos de IR e/ou IOF com liquidez maior ou menor da que foi utilizada neste trabalho, comparando bancos públicos e privados.

Ao realizar essas comparações, podemos concluir que houve uma limitação, onde em LCA não há possibilidade de adicionar novos valores ao investimento já realizado. Já na poupança, é possível fazer aportes e resgates diariamente.

REFERÊNCIAS

ANBIMA-Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais (online) Disponível em:<https://www.anbima.com.br/pt_br/especial/raio-x-do-investidor-2021.htm> .Acesso em: 17 jun. 2023.

BALTHAZAR, Mario S. P; MORGADO, Paulo H. H.; CABELLO, Otávio G. Alternativas de Investimentos em Renda Fixa no Brasil: Comparação entre um Banco de Investimento e um Banco de Varejo. Revista Evidenciação Contábil & Finanças, v. 6, n. 2, p. 36–57, 2018. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6636743>. Acesso em: 17 jun. 2023.

BRASIL. Governo Federal. Portal do Governo Brasileiro, 2022. Disponível em: https:<//www.gov.br/investidor/pt-br/investir/antes-de-investir/entenda-as-caracteristicas-dos-investimentos>. Acesso em: 10 mai. 2023.

BRUNI, Adriano L. Série Desvendando as Finanças - As Decisões de Investimentos. Grupo GEN, 2017. E-book. ISBN 9788597012910.

BRASIL. Lei no 11.076, de 30 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Certificado de Depósito Agropecuário – CDA. Diário Oficial da União República Federativa do Brasil. Brasília, 30 de dez. de 2004a.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Secretaria de Acompanhamento Econômico. LEI Nº 12.703 DE 07 DE AGOSTO DE 2012. Rio de Janeiro: Ministério da Fazenda, 08 agosto 2012. Disponível em: https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12703&ano=2012&ato=63egXRq1kMVpWT17d Acesso em: 12 de junho de 2023.

CADORE, Rosmari Bertolo. Perfil do investidor diante do portfólio de possibilidades para investimentos financeiros no Banco do Brasil agência de Xaxim S.C. Ufrgs.br, 2007. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/14196>. Acesso em: 17 jun. 2023.

CETIP. Renda Fixa. 2014. Disponível em: <http://www.cetip.com.br/renda-fixa/o-que-erenda-fixa>. Acesso em:03 de junho de 2023
DIAS, Hellen L. S., As alternativas de investimento em renda fixa para pessoa física: uma análise de risco e retorno do tesouro direto, o CDI e a caderneta de poupança entre 2002 e 2015. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Sócio-Econômico. Economia., 2016. Disponível em: https:<//repositorio.ufsc.br/handle/123456789/167544>. Acesso em: 03 de junho de 2023

FREITAS, Elisandra Konflanz. Equações Diferenciais Ordinárias Lineares de Primeira Ordem: aplicações na Economia. 79 pag. Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil Nov, 2019. Disponível em:

<https://imef.furg.br/images/stories/Monografias/Matematica_aplicada/2019/2019-2Elisandra Freitas.pdf>

GUEDES, Henrique C., A evolução dos bancos privados no Brasil (TCC) - Departamento de Gestão e Negócios da Universidade de Taubaté, Taubaté - SP, 2021. Disponível em:< http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/5101/1/Henrique%20Guedes.pdf.> Acesso em: 08 de junho de 2023

LARA, Jhonathan A. de; LIMA, Verônica R. S.; NOGUEIRA, Yasmin C. . Bancos públicos: vantagens e desvantagens de sua existência. Brasília, DF, 6 de dezembro de 2018. JusBrasil. Disponível em:<https://www.jusbrasil.com.br/artigos/bancos-publicos-vantagens-e-desvantagens-de-sua-existencia/451671611>. Acesso em: 08 junho de 2023

LOVATO, B. N. Finanças pessoais: investimentos de renda fixa e renda variável. - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio Econômico, Curso de Ciências Contábeis., 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/121011> Acesso em: 4 jun. 2023.

MELO, Ítalo F. de, POLIDORIO, Gilson R. S.; Investimento em renda fixa e Renda Variável. ETIC - ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - ISSN 21-76-8498, v. 14, n. 14, 2018. Disponível em: <http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/7110>. Acesso em: 03 de junho de 2023.

MOTA, C. T. da; NESPOLO, D.; FACHINELLI, A. C. FUNDOS DE INVESTIMENTO: APLICAÇÕES EM RENDA FIXA. Revista Inteligência Competitiva, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 22–34, 2019. DOI: 10.24883/IberoamericanIC.v9i3.327. Disponível em: <https://iberoamericanic.org/rev/article/view/327>. Acesso em: 10 maio. 2023.

SODRÉ, Ulysses. Modelos matemáticos. Londrina: UEL, 2007

TRINDADE, João A. S.; MALAQUIAS, Rodrigo F. . Análise de desempenho de fundos de investimentos de renda fixa e renda variável. RAGC, v. 3, n. 5, 2015. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/ragc/article/view/546>. Acesso em: 17 jun. 2023.

ZILL, D. G.; CULLEN, M. R. Equações Diferenciais. Vol. 1. 3ª ed. São Paulo: Pearson, 2006.

USO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS PARA A SIMULAÇÃO DAS CURVAS DE RESFRIAMENTO DA ÁGUA E DA GLICERINA

Eduarda Cristina Brancher GARLET[1], Lais Akemi DAVELLI[1], Víctor Eduardo Lara BORTOLI[1], Maiquiel Schmidt de OLIVEIRA[2], Camila Nicola Boeri Di DOMENICO[2], Ronaldo Folmann SANTOS[3].

[1]Acadêmicos do Curso de Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Física, Estatística e Matemática - DAFEM
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[3] Coordenação de Estação Experimental - COEXP
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: eduardagarlet@alunos.utfpr.edu.br, laisakemi@alunos.utfpr.edu.br, victorbortoli@alunos.utfpr.edu.br, msoliveira@utfpr.edu.br, camiladomenico@professores.utfpr.edu.br, coexp-fb@utfpr.edu.br.

Resumo: *A Lei de Resfriamento de Newton demonstra que a variação da temperatura de um corpo é proporcional à diferença entre sua temperatura e a do ambiente em que está inserido. Nesse sentido, é possível aplicar Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) de Primeira Ordem para solucionar problemas que envolvam a Lei. As substâncias escolhidas para o estudo foram a água e a glicerina, posto que a água é uma substância pura e a glicerina possui grande versatilidade na indústria. Assim sendo, o objetivo do presente trabalho foi realizar experimentos e modelar as curvas de resfriamento da água e da glicerina, a fim de verificar a veracidade e aplicabilidade da Lei de resfriamento. Para tanto, efetuou-se o resfriamento das duas substâncias em laboratório. Então, os valores foram tabulados e utilizados para encontrar a EDO que descreve cada um dos fenômenos, para posteriormente efetuar a comparação entre os dados experimentais e os modelados. O erro médio obtido para a água foi de 3,88%, já o da glicerina foi igual a 3,64%. Os coeficientes de correlação obtidos foram de 0,99448 para a água, e 0,99958 para a glicerina, indicando consistência entre a modelagem e os dados experimentais. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a Lei de Resfriamento de Newton é universalizada, dado que tanto a modelagem da água, quanto a da glicerina, respeitaram a curva obtida experimentalmente.*

Palavras-chave: *Lei de Resfriamento de Newton; Modelagem matemática; Água; Glicerina.*

INTRODUÇÃO

Desde a sua criação, as Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) têm desempenhado papel fundamental no avanço do entendimento de uma variedade de fenômenos cotidianos, que podem ser descritos por meio de diferentes modelos matemáticos, como a Lei de Resfriamento de Newton.

Bassanezi e Ferreira Júnior (1988) citam que a Lei de resfriamento de Newton estabelece que a variação da temperatura de um corpo ou substância é proporcional à diferença entre sua temperatura e a do ambiente. Através dessa lei, como menciona Coelho (2014), é possível descobrir a temperatura da substância em um determinado intervalo de tempo ou quanto tempo demora para a matéria atingir a temperatura de interesse.

Além disso, é importante mencionar que, conforme a Lei, se um corpo de temperatura inicial (TC) definida é inserido em um ambiente com temperatura constante (TM), TC tenderá ao valor de TM. Portanto, caso a temperatura do corpo seja maior que a do ambiente, o corpo estará em processo de resfriamento, caso contrário, se sua temperatura for menor que a do ambiente, o corpo aquecerá (RODRIGUES, 2019).

Ter conhecimento da curva de resfriamento de uma substância é fundamental, pois através dela é possível calcular seu calor específico, definido por Halliday *et al*. (2013) como a capacidade térmica por unidade de massa do material de que o objeto é feito.

A água (H_2O), foi escolhida em função de ser uma substância pura, de fácil obtenção e que sofre pouca interferência externa e interna, durante o resfriamento (RODRIGUES, 2019). Já a glicerina ($C_3H_8O_3$) é um composto orgânico amplamente utilizado nas indústrias e possui diversas aplicações, tal como a fabricação de cápsulas na indústria farmacêutica (ALVARO, 2022). Com isso, foram comparados os resultados obtidos experimentalmente, através do resfriamento da água e da glicerina em laboratório, com os cálculos realizados pela Lei de resfriamento de Newton e com resultados de outros trabalhos (para o caso da água), a fim de comprovar a universalidade dessa Lei, uma vez que pode ser aplicada a diversas substâncias.

Nesse sentido, esse estudo visa realizar a modelagem matemática, através de EDOs, das curvas de resfriamento da água e da glicerina.

Alguns estudos já foram realizados utilizando os conceitos de resfriamento de Newton (EDO), tais como: resfriamento do café (Teixera *et al*., 2017), modelagem matemática da conservação de temperaturas de líquidos em uma garrafa térmica com ampola de vidro (Matos *et al*., 2017), processo de aquecimento da água (Romano *et al*., 2017) e mode-lagem matemática da Lei de resfriamento de Newton da água (Andreis *et al*., 2020). Não foram encontrados estudos associados à modelagem do resfriamento da glicerina.

METODOLOGIA

Parte experimental

Para a realização dos experimentos, os materiais utilizados foram: duas chapas de aquecimento, dois béqueres de 250 mL, glicerina, água destilada, dois termômetros e uma chapa de madeira. A chapa de madeira foi utilizada para auxiliar no controle da temperatura ambiente durante o resfriamento, ou seja, para o meio não influenciar na temperatura ambiente. A prática foi conduzida no laboratório de Físico-química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Francisco Beltrão, sendo o experimento realizado em triplicata.

Figura 1 – Materiais utilizados

Fonte: Autoria própria (2023)

Inicialmente, foi aferida a temperatura do ambiente, que estava em 24 ºC. Em seguida, adicionaram-se 200 mL de água destilada em um béquer, posicionando-o na chapa de aquecimento, acompanhado de o termômetro para aferição da temperatura do sistema, o mesmo processo foi feito para a glicerina, em outra chapa de aquecimento. Posteriormente, a água foi aquecida até atingir 94 ºC e a glicerina até 75 ºC, simultaneamente. Então, os

sistemas foram deixados em repouso até atingir a temperatura ambiente, sobre uma chapa de madeira.

A temperatura de ambos os sistemas foi registrada a cada 15 minutos, e os valores foram dispostos em uma planilha no Microsoft Excel®, para posterior análise.

Modelagem matemática

Compararam-se os resultados obtidos experimentalmente, através do resfriamento da água e da glicerina em laboratório, com os cálculos realizados pela Lei de resfriamento de Newton e com resultados de outros trabalhos (para o caso da água), a fim de comprovar a utilidade dessa Lei, uma vez que pode ser aplicada a diversas substâncias.

A modelagem dos dados foi realizada utilizando EDOs de primeira ordem, mais especificamente pela Lei de resfriamento de Newton, apresentada pela Equação 1:

$$\frac{dT}{dt} = -k\,(T - Tm) \text{ sujeito a } T_{(0)} = T_0 \qquad (1)$$

Onde: $\frac{dT}{dt}$ é a variação da temperatura em relação ao tempo, k é a constante de proporcionalidade e T-Tm é a diferença entre a temperatura do corpo e a temperatura ambiente. Ainda, é possível observar que, para a variação de temperatura no resfriamento, o valor da constante k é negativo.

Essa equação diferencial pode ser solucionada pelo método de equações separáveis, resultando na Equação 2:

$$T_{(t)} = ce^{-kt} + Tm \qquad (2)$$

Ao aplicar a condição inicial $T_{(0)} = T_0$, é gerada a solução apresentada na Equação 3:

$$T_{(t)} = (T_0 - T_m)\,e^{kt} + T_m \qquad (3)$$

Para posterior comparação entre os dados obtidos pela modelagem e pelo experimento, calculou-se o erro relativo, em porcentagem, seguindo a Equação 4:

$$E_r = \frac{|Modelagem - Experimental|}{Modelagem} \times 100 \qquad (4)$$

Com a finalidade de verificar a adequação da modelagem, além do erro relativo médio, calcularam-se os coeficientes de correlação obtidos, através da fórmula descrita por Montgomery *et al*. (2015) e expressa na Equação 5:

$$r = \frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_i y_j - (\sum_{i=1}^{n} x_i)(\sum_{i=1}^{n} y_j)}{(\sqrt{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2})(\sqrt{n\sum_{j=1}^{n} y_j{}^2 - (\sum_{j=1}^{n} y_j)^2})} \quad (5)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ambos os experimentos, encontrou-se o valor da constante *k* substituindo os valores experimentais na solução particular. Inicialmente, foi calculado um valor de *k* para cada intervalo de tempo (15-30, 15-45, 15-60 minutos,…). Em seguida, calculou-se uma média aritmética entre os valores de *k* e o valor médio foi aplicado.

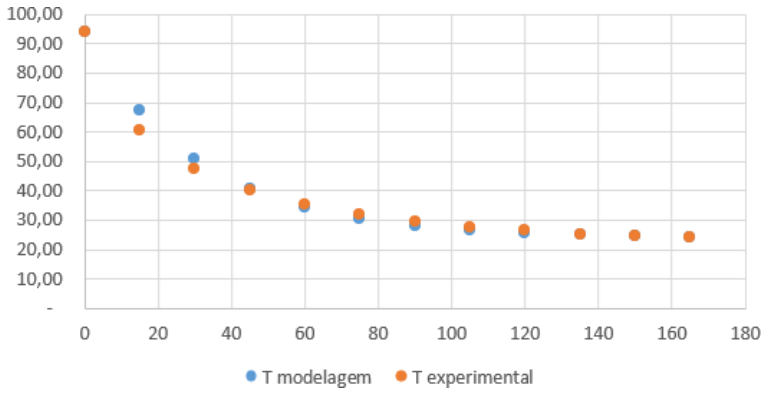
Dessa forma, para o cálculo da modelagem da água, considerou-se k = -0,0317, T_0 = 94ºC, T_m = 24ºC e $T_{(t)}$ = 60,67ºC. Os valores experimentais e os obtidos com a modelagem matemática estão contidos na Tabela 1, e o gráfico associado a eles está na Figura 2.

Tabela 1 – Valores experimentais e modelados para a água

Tempo	T experimental	T modelagem
0	94,00	94,00
15	60,67	67,53
30	47,33	51,07
45	40,00	40,83
60	35,50	34,47
75	32,00	30,51
90	29,67	28,05
105	27,83	26,52
120	26,67	25,57
135	25,33	24,97
150	24,50	24,61
165	24,00	24,38

Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 2 – Gráfico para o resfriamento da água



Fonte: Autoria própria (2023)

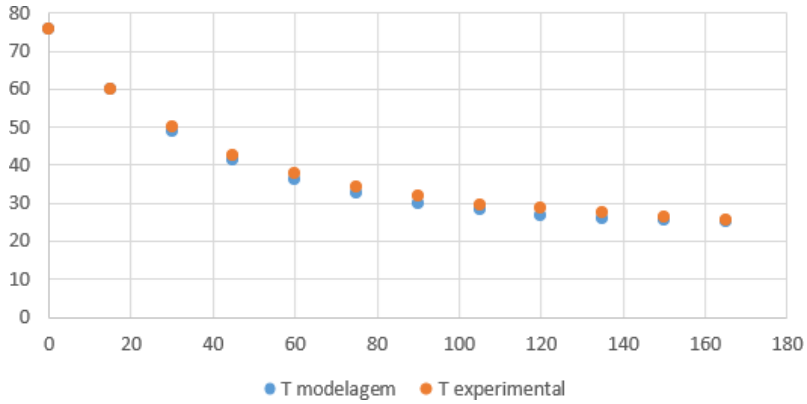
Os cálculos para a glicerina foram efetuados da mesma forma que o da água. Sendo assim, para essa substância considerou-se a média dos *k* igual a -0,0213, T_0 = 75,67ºC, T_m = 24ºC e $T_{(t)}$ = 60ºC. Na Tabela 2 estão os valores obtidos experimentalmente e os obtidos através da modelagem. A partir dela, construiu-se o gráfico da Figura 3.

Tabela 2 - Valores experimentais e modelados para glicerina

Tempo	T experimental	T modelagem
0	75,67	75,67
15	60	36,18
30	50,17	39,43
45	42,67	42,48
60	37,67	44,85
75	34,17	46,68
90	32	47,90
105	29,67	49,28
120	28,67	49,90
135	27,5	50,64
150	26,33	51,40
165	25,67	51,84

Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 3 – Gráfico para o resfriamento da glicerina



Fonte: Autoria própria (2023)

No caso do cálculo da modelagem para a água, foi obtido um erro médio de 3,88%. Já para a glicerina, foi obtido um erro médio de 3,64%. Ambos os valores são menores do que a média dos valores encontrados por Furtado (2022), que obteve erro relativo de, em média, 4,9% para o resfriamento da água.

Os coeficientes de correlação obtidos foram de 0,99448 para a água e 0,99958 para a glicerina. Nesse sentido, Costa Neto (2002) pontua que o valor do coeficiente de correlação varia entre -1 e 1, sendo que quanto mais próximo o valor estiver das extremidades, maior a correlação existente entre os dados analisados. Assim, a partir dos valores obtidos pelas simulações, pode-se afirmar que o ajuste foi satisfatório.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a Lei de resfriamento de Newton foi adequada para realizar a modelagem matemática, tanto da água quanto da glicerina, visto que os resultados simulados pela EDO ajustaram-se aos dados experimentais de forma satisfatória. Além disso, uma vez aquecidas, ambas as substâncias tendem a atingir a temperatura ambiente, o que condiz com o princípio da lei.

É possível citar como uma das limitações do trabalho o fato de que o sistema não foi isolado termicamente, sendo assim, esteve suscetível à interferência de fatores externos

(pequenas variações de temperatura do meio ambiente), o que pode ter impactado no erro relativo médio.

Sugestões para trabalhos futuros incluem a busca por justificativas técnicas para comparação entre as substâncias utilizadas, uma vez que ambas levaram tempos diferentes para igualarem-se à temperatura ambiente. Além disso, poderiam ser testadas outras mode - lagens matemáticas, que considerassem a variação da temperatura ambiente. Também, se - ria possível aumentar ou diminuir os intervalos de tempo entre as medições, para analisar o comportamento das curvas.

REFERÊNCIAS

ALVARO, Julie. *Glicerina: o que é, para que serve, propriedades*. 2023. Disponível em: https://www.quimica.com.br/glicerina-o-que-e-para-que-serve-propriedades/. Acesso em: 21 maio 2023.

ANDREIS, Greice da Silva Lorenzzetti; LORENÇO, Franciele. MODELAGEM MATEMÁTICA DA LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON APLICADA NO ENSINO MÉDIO. *Cadernos de Educação Básica*, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 132, 22 abr. 2020. Imperial Editora. http://dx.doi.org/10.33025/ceb.v4i2.2763. Disponível em: https://portalespiral.cp2.g12.br/index.php/cadernos/article/view/2763. Acesso em: 15 jun. 2023.

BASSANEZI, Rodney Carlos; FERREIRA JUNIOR, Wilson Castro. *Equações Diferenciais com Aplicações*. São Paulo: Harbra, 1988. 585 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rodney-Bassanezi/publication/258030060_Equacoes_Diferenciais_com_Aplicacoes/links/0c960526a84babd222000000/Equacoes-Diferenciais-com-Aplicacoes.pdf. Acesso em: 28 abr. 2023.

COELHO, Pedro. *Lei de Newton para aquecimento e resfriamento*. engquimicasantossp, 15 dez. 2014. Disponível em: https://www.engquimicasantossp.com.br/2014/12/lei- de-newton-para-aquecimento-e.html. Acesso em: 01 maio 2023.

COSTA NETO, Pedro Luiz de Oliveira. *Estatística*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2002. 281 p.

FURTADO, Thiago Rodrigues. *Modelo de resfriamento de Newton: Uma aplicação de Equações Diferenciais Ordinárias de primeira ordem*. 2022. 44 f. TCC (Doutorado) - Curso de Licenciatura em Matemática, Universidade Federal do Tocantins, Arraias, 2022. Disponível em: http://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/4649/1/TCC%20-%20Monografia%20Matem%c3%a1tica%20-%20Thiago.pdf. Acesso em: 15 jun. 2022.

HALLIDAY, David *et al*. *Fundamentos de física*: gravitação, ondas e termodinâmica. 9. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2013. 296 p.

MATOS, Dionatan Breskovit de *et al*. Modelagem matemática da conservação de temperaturas de líquidos em uma garrafa térmica com ampola de vidro: uma aplicação da lei de resfriamento de Newton. In: IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 4., 2017, Santo Ângelo. *Anais [...]*. Santo Ângelo: [S.I], 2017. Disponível em: https://san.uri.br/sites/anais/ciecitec/2017/resumos/comunicacao/trabalho_2826.pdf. Aces- so em: 15 jun. 2023.

MONTGOMERY, Douglas *et al*. *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. Rio de Janeiro: Ltc, 2015. 521 p.

RODRIGUES, Wesley Muniz Domingos. Lei do resfriamento de Newton: modelagem matemática e ensino-aprendizagem. In: ENCONTRO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 15., 2019, Londrina. *Comunicações Científicas*. Londrina: [S.I], 2019. Disponível em: http://www.sbemparana.com.br/eventos/index.php/EPREM/XV_EPREM/paper/viewFile/1262/803. Acesso em: 01 maio 2023.

ROMANO, Rafael *et al*. Processo de aquecimento da água: estudo experimental e simulação matemática por meio de equação diferencial ordinária. In: WORKSHOP DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 4., 2017, Francisco Beltrão. *Anais [...]*. Francisco Beltrão: [S.I], 2017. p. 346-348. Disponível em: https://wcti.fb.utfpr.edu.br/anais/anaiswcti2017.pdf. Acesso em: 13 jun. 2023.

TEIXERA, Karla *et al*. Resfriamento do café: estudo experimental e simulação matemática através de equação diferencial ordinária. In: WORKSHOP DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 4., 2017, Francisco Beltrão. *Anais [...]*. Francisco Beltrão: [S.I], 2017. p.73-76. Disponível em: https://wcti.fb.utfpr.edu.br/anais/anaiswcti2017.pdf. Acesso em: 13 jun. 2023.

ZILL, Dennis G. *Equações diferenciais com aplicações em modelagem*. 3. ed., v. 10, São Paulo: Cengage Learning, 2016.

UMA ANÁLISE DO CRESCIMENTO POPULACIONAL PARA O ESTADO DO PARANÁ

Víctor Eduardo Lara BORTOLI[1], Luiz Sérgio Feitoza GARBRECHT[1], Eduarda Cristina Brancher GARLET[1], Maiquiel Schmidt de OLIVEIRA[2]

[1]Acadêmicos do Curso de Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Física, Estatística e Matemática - DAFEM
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: victorbortoli@alunos.utfpr.edu.br, luizgarbrecht@alunos.utfpr.edu.br, eduardagarlet@alunos.utfpr.edu.br, msoliveira@utfpr.edu.br

Resumo: *O crescimento populacional de uma localidade influencia diretamente em vários aspectos sociais, econômicos e logísticos. Com isso, o objetivo desse estudo é analisar a dinâmica populacional do Estado do Paraná. Para isso, foi utilizado o modelo de crescimento populacional de Malthus que representa uma EDO de primeira ordem. Foi possível modelar o crescimento desse Estado e projetar essa população para os anos de 2022, 2025, 2030, 2040 e 2050. A partir disso, obteve-se um fator de correlação de 0,9955, considerado alto, inclusive quando comparados com outras pesquisas semelhantes. Da mesma forma, a estimativa apresenta um baixo erro relativo médio em comparação com os dados de censos do IBGE. Portanto, conclui-se que o crescimento populacional no Estado do Paraná segue a teoria da dinâmica populacional de Malthus.*

Palavras-chave: *Dinâmica populacional; Equações diferenciais ordinárias; Teoria de Malthus; Modelo de crescimento exponencial.*

INTRODUÇÃO

Em 1798, o economista e demógrafo Thomas Robert Malthus (1766-1834) publicou seus ensaios a respeito da dinâmica populacional, alegando que o crescimento populacional respeitava uma progressão geométrica, enquanto os meios de subsistência cresciam de acordo com uma progressão aritmética (FERNANDES, 2019).

Dada a análise de Malthus, surgiu a preocupação a respeito do controle populacional. Isso se deve ao fato que o crescimento populacional chegaria a um ponto em que não seria possível sustentar seus habitantes com os meios produzidos, resultando na fome e na miséria.

Essa discussão de caráter político evoluiu para teorias mais radicais, como o ideário neomalthusiano, que partiu das observações de Willian Vogt (1902-1968), um ecologista e ornitólogo. Ele defendia que o controle populacional poderia ser aplicado a partir da não utilização de medidas sanitárias, nem de conhecimentos médicos para salvar a vida de populações mais pobres, as quais, deviam ser deixadas morrer à míngua (MENDONÇA, 2014).

Na área matemática, o modelo clássico de Malthus, também conhecido como "Modelo de Crescimento Exponencial", consiste em uma modelagem de uma equação diferencial ordinária (EDO) originando uma função derivável P em que a taxa populacional aumenta ao tamanho da população a partir de um instante t (ZILL, 2016; PUGENS *et al*., 2012). Logo, a partir de uma EDO é possível obter-se uma função exponencial que pode se comportar da mesma forma que o crescimento da população em determinada localidade.

Porém, na prática, os crescimentos populacionais não costumam obedecer a essas estimativas a longo prazo, já que existem fatores limitantes, os quais não são previstos no modelo malthusiano (FERNANDES, 2019). Apesar disso, para curtos períodos de tempo em algumas localidades essa teoria tem sido utilizada com bons resultados, como, por exemplo, os estudos de: Seti *et al*. (1999), Pugens *et al*. (2012), entre outros.

De acordo com Fernandes (2019), essa estimativa costuma ser mais precisa e eficiente em países em desenvolvimento ou em um curto espaço de tempo. Portanto, mesmo que de forma limitada, a aplicação da modelagem a partir do modelo clássico de Malthus é útil para realizar estimativas de crescimentos populacionais.

Alguns estudos envolvendo crescimento populacional já foram realizados por outros pesquisadores, que analisaram as populações de: Passo Fundo (RS) (SETI *et al*., 1999), Osório (RS) (PUGENS *et al*., 2012), Francisco Beltrão (PR) (DUARTE *et al*., 2017), São José dos Campos (SP) (DIAS; PESSOA, 2019) e do Estado de Minas Gerais (FERNANDES, 2019).

Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa é realizar a aplicação da EDO de primeira ordem do modelo clássico de Malthus em dados do crescimento populacional do Estado do Paraná, a fim de estimar um modelo que corresponda aos dados da dinâmica citada, observando se tal fenômeno respeita ou não a teoria Malthusiana.

METODOLOGIA

Para a realização desse estudo, os dados da população do Estado do Paraná foram coletados a partir dos censos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), partindo de contagens desde 1970. Os dados dos censos podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados populacionais do Estado do Paraná

Censo	População
1970	6.929.868
1980	7.629.392
1991	8.415.659
2000	9.564.643
2010	10.266.737

Fonte: IBGE (2023)

Para a realização dos cálculos, utilizou-se a modelagem clássica de Malthus. A equação é descrita por Zill (2016) como (Equação 1):

$$\frac{dP}{dt} = kP \tag{1}$$

onde: $\frac{dP}{dt}$ se refere a taxa de variação da população em relação ao tempo; sendo P a população e t o tempo; e k se trata da constante de proporcionalidade, calculada a partir de uma situação controle em relação a uma situação inicial.

A relação da população em função do tempo, pode ser observada por meio da resolução da EDO, o qual resulta na Equação 2:

$$P_{(t)} = P_0 e^{kt} \quad (2)$$

onde: P_0 é a população inicial e $P_{(t)}$ é a população no instante t.

Para descobrir o valor da constante de proporcionalidade k, é necessário definir uma população inicial (P_0 em $t = 0$) e em relação a uma segunda população controle.

Com a constante de proporcionalidade definida, é possível construir uma função de caráter exponencial, a qual será comparada com os demais dados tabelados a fim de alcançar o valor de k mais próximo da realidade. O erro médio foi calculado a partir da média dos erros relativos que é dada pela Equação 3, descrita por Freitas, Corrêa e Vaz (2019):

$$ER = \left| \frac{x_v - x_i}{x_v} 100 \right| \quad (3)$$

no qual, *ER* significa erro relativo, x_v é o valor considerado como verdadeiro e x_i valor considerado como aproximado.

Com o intuito de verificar a adequação da modelagem, foi calculado o coeficiente de correlação r utilizando o Microsoft Excel®. Montgomery *et al.* (2015) descreve o cálculo para r como:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i \, (x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}} \quad (4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de calcular a constante de proporcionalidade que melhor se encaixava no modelo que ocorria a partir do ano de 1970, foram analisadas todas as possibilidades de combinações entre a população inicial e a população controle, e os resultados foram comparados com os dados reais.

Utilizando o Microsoft Excel®, o *software* foi programado com o cálculo da constante de proporcionalidade para auxiliar os cálculos. A combinação com melhor

desempenho (menor erro médio relativo) foi a que utilizava as populações de 1970 (t = 0) e 1980 (t = 10), de forma que:

$$P_{(0)} = 6929868 \quad (5)$$

$$P_{(10)} = 7629392 \quad (6)$$

$$k = 0{,}009616739 \quad (7)$$

A partir dessa constante de proporcionalidade, foram realizados os cálculos da população de acordo com o modelo de Malthus. Posteriormente, foram feitas comparações entre os dados simulados e os valores reais para os anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010, calculando seus erros relativos. Também, foram realizadas projeções para os anos de 2022, 2025, 2030, 2040 e 2050 como é possível analisar na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados obtidos pelo modelo de Malthus e pelo IBGE

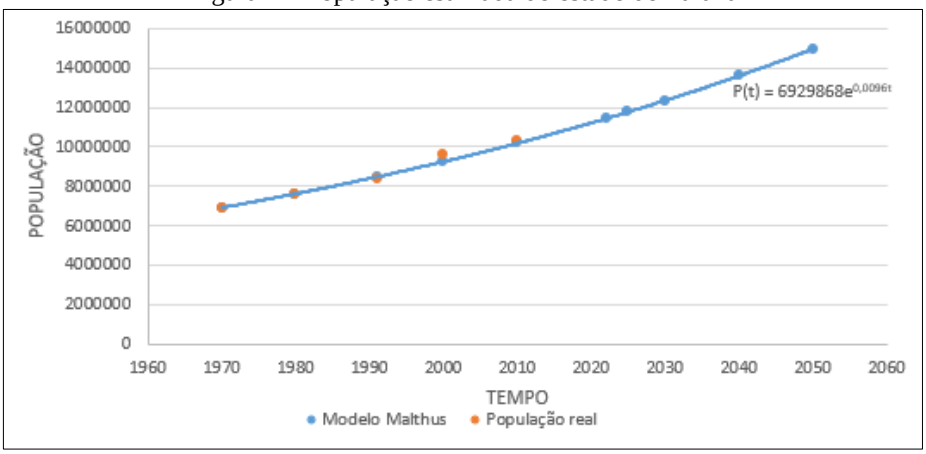
Ano	***t***	**Modelo Malthus**	**População real**	**Erro**
1970	0	6.929.868	6.929.868	0,00%
1980	10	7.629.392	7.629.392	0,00%
1991	21	8.480.694,01	8.415.659	0,77%
2000	30	9.247.404,70	9.564.643	3,32%
2010	40	10.180.868,59	10.266.737	0,84%
2022	52	11.426.225,55	-	-
2025	55	11.760.675,92	-	-
2030	60	12.339.988,83	-	-
2040	70	13.585.628,48	-	-
2050	80	14.957.007,15	-	-

Fonte: Autoria própria (2023)

Os dados do censo de 2022 ainda não foram divulgados oficialmente pelo site do IBGE, não sendo possível a comparação entre a população desse ano e a estimativa.

A partir dos valores calculados em comparação com a população real, a Figura 1 ilustra a relação entre as populações.

Figura 1 – População estimada do estado do Paraná



Fonte: Autoria própria (2023)

Com isso, é possível observar que o modelo de Malthus não apresentou variações significativas quando comparado com os dados reais, possuindo um erro médio relativo de 1,64% (considerando apenas os anos de 1991, 2000 e 2010), o que pode ser considerado relativamente baixo. Esse valor se aproxima dos erros calculados por Duarte *et al*. (2017) em suas análises, de 1,15% e 2,5%, julgados pelos pesquisadores como bons para as suas estimativas.

Para analisar a relação entre os dados de forma mais precisa, foi calculado, com auxílio do Excel®, o fator de correlação (r^2). Trata-se de um coeficiente de correlação de duas variáveis aleatórias (MONTGOMERY; RUNGER, 2015), variando de -1 a 1, sendo os extremos os coeficientes com maior correlação.

O valor para r^2 obtido foi de 0,995505, mostrando que os dados possuem uma associação não só graficamente, mas também estatisticamente. Em sua pesquisa, Fernandes (2019) alcançou um fator de correlação de 0,99126, enquanto Duarte *et al*. (2017) alcançaram uma modelagem cujo coeficiente igualou-se a 1. Portanto, percebe-se que o coeficiente de correlação calculado condiz com algumas pesquisas semelhantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com isso, é possível concluir que o crescimento populacional no estado do Paraná comportou-se de forma a respeitar a teoria malthusiana. Sendo assim, é viável a realização de uma estimativa da dinâmica populacional por meio dessa teoria.

Podem-se citar algumas limitações para o estudo. A primeira é que os dados do censo do IBGE de 2022 não foram divulgados até o dia da conclusão desse artigo, impossibilitando a comparação com dados mais atuais. Além disso, alguns fatores externos não são considerados por esse modelo, pois ele leva em consideração somente a população ao longo do tempo (varáveis *P* e *t*).

Para estudos futuros, podem ser considerados outros modelos para o estudo da dinâmica populacional, como por exemplo, o modelo de Verhurst. Ele sugere que a população alcance um ponto de estabilização, decorrente de um fator de inibição. Esse modelo pode ter melhor ajuste em algumas populações, sendo uma sugestão de análise para futuras pesquisas nessa área.

REFERÊNCIAS

DIAS, V. M.; PESSOA, R. S. Estudo da Dinâmica de Crescimento Populacional da Cidade de São José dos Campos – SP. *In:* ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 2016, São José dos Campos. *Artigo (Anais)* [...] São José dos Campos: Univap, 2016.

DUARTE, Andriele da Mota *et al*. Projeção para o crescimento populacional no município de Francisco Beltrão/PR utilizando equações diferenciais ordinárias. *Ágora Revista Eletrônica*. n. 24, p. 10-21, jun. 2017.

FERNANDES, Karoline Sanches. *Modelagem Fuzzy para o crescimento populacional do estado de Minas Gerais*. Monografia (Bacharel em Ciências Atuariais) - Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Alfenas. Varginha, p. 29. 2019.

FREITAS, Raphael O.; CORRÊA, Rejane I L.; VAZ, Patrícia M S. *Cálculo Numérico*. Porto Alegre: SAGAH, 2019.

IBGE - *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Censo demográfico. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/pt/inicio.html. Acessado em: 9 jun. 2023.

MENDONÇA, Marina Gusmão de. Josué de Castro e o combate ao neomalthusianismo. *História Econômica & História de Empresas*, v. 17, n. 2, p. 353-375, 2014.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

PUGENS, Bruna Pagani *et al*. Modelos matemáticos que descrevem o crescimento populacional: aplicados e contextualizados aos dados do município de Osório. *Revista Modelos*. Osório, v. 2, n. 2, p. 42-51, ago. 2012.

SETI, Betine Diehl *et al*. Estudo da dinâmica populacional usando os modelos de Malthus e Verhulst: uma aplicação à população de Passo Fundo. *Revista Teoria e Evidência Econômica*. Passo Fundo, v. 12, n. 7, p. 137-143, maio 1999.

ZILL, Dennis G. *Equações diferenciais com aplicação em modelagem*. 3. ed., v. 10, São Paulo: Cengage Learning, 2016.

COMPARAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE TITULAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁCIDO CÍTRICO EM POLPAS DE GRAVIOLA

Clara Cristina ANSOLIN[1], Gabriela Cassim RISSI[1], Kleberson Luis MENEZES[1], Alexandre Engel VISENTIN[2], Eduarda Cristina Brancher GARLET[2], Lucas Henrique CORRENTE[2], Renato HALLAL[3], Alessandra MACHADO-LUNKES[4]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento de Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[3] Departamento Acadêmico Física, Estatística e Matemática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[4] Departamento Acadêmico de Química e Ciências Biológicas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

E-mails: claraansolin@alunos.utfpr.edu.br, gabrielacassimrissi@alunos.utfpr.edu.br, klebersonmenezes@alunos.utfpr.edu.br, alexandrevisentin@alunos.utfpr.edu.br, eduardagarlet@alunos.utfpr.edu.br, lucascorrente.2022@alunos.utfpr.edu.br, renatohallal@utfpr.edu.br, amachado@utfpr.edu.br.

Resumo: *A graviola é uma fruta rica em ácido cítrico e com vistas a aumentar sua vida útil, o processamento da fruta em polpa é uma das formas de aumentar seu aproveitamento. O objetivo do estudo foi determinar o teor de ácido cítrico em polpas de graviola através da acidez titulável utilizando a técnica de titulação potenciométrica e titulação clássica. Foram analisadas três polpas de graviola de marcas diferentes vendidas em supermercados na cidade de Francisco Beltrão - PR. A acidez da polpa da graviola é um parâmetro importante para o controle de qualidade para alimentos processados, podendo ser determinada tanto pela titulação clássica quanto a potenciométrica. Os resultados obtidos indicaram que a acidez total expressa em ácido cítrico de todas as amostras está dentro dos parâmetros exigidos pela legislação. A correlação entre maior acidez total e menor pH foi condizente para todas as amostras estudadas. As polpas analisadas apresentaram em média 0,738 e 0,741 g de ácido cítrico/100 g de polpa na titulação clássica e titulação potenciométrica, respectivamente. Os valores de acidez total encontrada estão em conformidade com a legislação vigente, independentemente do método de titulação empregado.*

Palavras-chave: *Titulação potenciométrica; Titulação clássica; Ácido cítrico e Polpa de graviola.*

INTRODUÇÃO

A graviola (*Annona muricata L.*), possui grande aplicação na fabricação de sucos, polpas, sorvetes, compotas, geleias e doces. Pertencente à família *Annonacea,* é considerada a fruta mais tropical das anonáceas. No Brasil é amplamente cultivada nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste (JUNQUEIRA *et al.*, 1996), e em diversos países da América, África e Ásia (RAMOS *et al.*, 2001).

A polpa de graviola é composta por 12% de açúcar, tendo como maioria a glicose e em menor quantidade a frutose, também é relatado que possuem substâncias químicas como flavonoides, taninos, compostos nitrogenados, potássio e citrato (ENWEANI *et al.*, 2004; TIENCHEU *et al.*, 2021). Possuindo uma textura suculenta, aromática, ligeiramente ácida e uma coloração branca, o que torna difícil o método da titulação clássica, desta forma faz-se necessário utilizar o método da titulação potenciométrica.

O ácido cítrico, também conhecido como citrato de hidrogênio e nome oficial ácido 2-hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico é um ácido orgânico tricarboxílico fraco de fórmula química C_6H_8O. Está presente na maioria das frutas, principalmente nas cítricas, como é o caso da graviola. A acidez dos alimentos indica seu estado de conservação e também auxilia no controle da qualidade do produto, verificando se o mesmo se encontra dentro dos padrões estabelecidos pela legislação (GARSKE, 2018).

O teor de acidez dos alimentos pode ser determinado a partir da acidez titulável ou através do potencial hidrogeniônico (IAL, 2008). A acidez titulável está relacionada com a concentração total de ácido no alimento, já o pH mede a acidez em termos de íons H^+ presentes na amostra. A acidez titulável pode ser determinada através do método de titulação clássica ou pelo método de titulação potenciométrica. A titulação clássica utiliza um indicador de cor para determinar o ponto final da titulação, amostras reais em geral são coloridas, túrbidas ou fluorescentes, podendo mascarar o ponto final da titulação (VOGEL *et al.*, 2002).

A comparação dos resultados obtidos através de diferentes métodos de titulação, é importante para analisar a confiabilidade dos dados, pois ambos os métodos utilizam a titulométrica como base, porém os resultados são expressos de maneiras distintas. Na titulação potenciométrica o indicador é medido em função do volume de titulante adicionado

e o ponto de equivalência é observado a partir da mudança do potencial expresso no gráfico da titulação. Já na titulação clássica é utilizado compostos orgânicos conhecidos como indicadores que mudam de coloração dentro de uma zona de transição, indicando a viragem do pH (OSAWA *et al.*, 2006).

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo determinar a concentração de ácido cítrico em polpas de graviola industrializadas empregando diferentes métodos de titulação.

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

Diversas teorias de ácido-base descrevem o comportamento destas substâncias, mas a mais utilizada é a descrita por Bronsted-Lowry, a qual diz que ácidos são aqueles que possuem capacidade de doar prótons (H+) e bases são aqueles que possuem a capacidade de receber os prótons (HARRIS, 2012). Uma ferramenta utilizada para a representação gráfica dessa teoria, é a curva de titulação, onde está curva representa a variação do pH em função da concentração do titulante que foi adicionado na solução (MARTINS *et al.*, 2010).

Tendo como exemplo na curva de titulação de ácido fraco com base forte, especificamente o perfil deste estudo, a curva de titulação é dividida em quatro partes. Na primeira parte, antes da adição da base, temos uma solução composta por apenas ácido fraco, onde o pH é determinado pelo ácido. Na segunda parte, antes do ponto de equivalência, a solução é tampão, ou seja, composta por uma mistura entre ácido fraco e base forte e pode ter seu pH calculado por meio da equação de Henderson-Hasselbalch. Na terceira parte, no ponto de equivalência, a quantidade de base forte presente na solução é suficiente para reagir com todo o ácido fraco, tendo o pH determinado pela hidrólise do sal. Na quarta parte, após o ponto de equivalência, o pH será determinado pelo excesso de base forte presente na solução (HARRIS, 2012).

A titulação potenciométrica consegue determinar o ponto final da titulação sem a utilização de reveladores, usando a variação do potencial ou pH em torno do ponto estequiométrico do analito (DIAS *et al.*, 2016). Desta forma, é construído um gráfico das leituras de pH x volume do titulante nomeado de curva de titulação que assume um formato de sigmoide tendo na região central, o ponto de equivalência (VOGEL *et al.*, 2002). É

possível identificar o ponto de equivalência dos dados de uma titulação a partir do uso de métodos numéricos. Especificamente, utilizando os conceitos de derivada primeira e de derivada segunda, uma vez que no ponto estequiométrico encontra-se o ponto de inflexão da curva, onde ela muda de concavidade (SILVA, 2016).

A derivada primeira indica a inclinação da reta e é uma taxa que relaciona a mudança do potencial com a mudança do volume ($\Delta E/\Delta V$). Neste caso o ponto de equivalência da curva será onde ela apresenta o coeficiente angular máximo (HARRIS, 2012).

No método da segunda derivada ($\Delta^2E/\Delta V^2$), o gráfico relaciona a taxa de variação da primeira derivada com o volume médio resultante de volumes sucessivos. O ponto de equivalência é encontrado quando a reta cruza o gráfico no eixo das abcissas e passa pelo zero de forma precisa. O ponto onde a segunda derivada torna-se zero corresponde ao máximo da primeira derivada e ao ponto final (SKOOG *et al.*, 2015).

METODOLOGIA

Realizaram-se as análises no Laboratório de Química Analítica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão - PR, para três polpas de graviola *(Annona muricata L.)* de marcas diferentes vendidas em supermercados na cidade de Francisco Beltrão - PR. Identificaram-se as amostras como A, B e C.

Determinou-se a concentração de ácido cítrico pela acidez total das amostras empregando a técnica da titulação de neutralização, método clássico da Química Analítica (SKOOG *et al.*, 2015). Utilizou-se como titulante uma base forte, NaOH, previamente padronizada com hidrogenoftalato de potássio ($KHC_8H_4O_4$). Para todas as amostras pesaram-se aproximadamente 20 g da polpa de graviola, adicionaram-se 50 mL de água destilada e duas gotas do indicador fenolftaleína 0,5% (m/v). Em seguida, titulou-se a polpa de graviola com a solução padrão de NaOH 0,0850 mol L^{-1} até o ponto de equivalência do indicador na coloração levemente rosa. Expressou-se a acidez em 1 g de ácido cítrico para cada 100 g da amostra como valor médio entre as três replicatas da titulação.

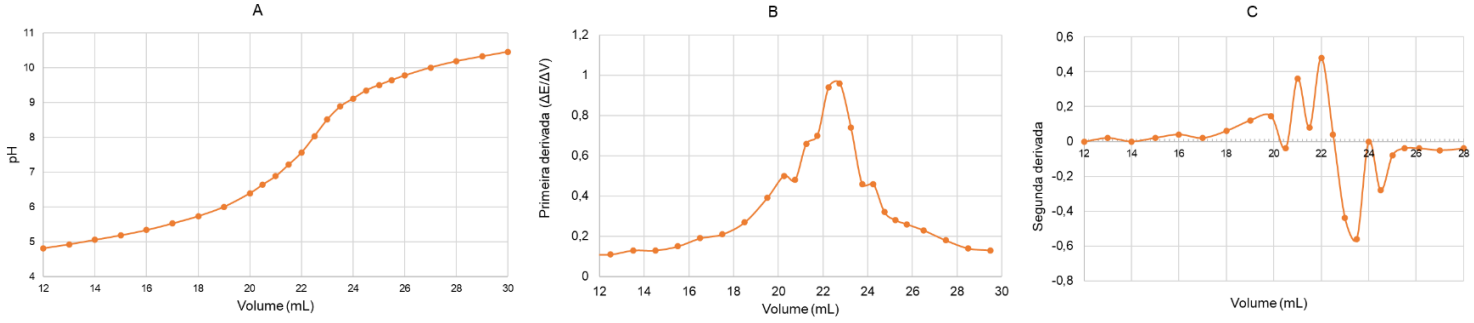
Para o método da titulação potenciométrica, utilizou-se a solução padronizada de NaOH 0,0850 mol L^{-1}, um pHmetro de bancada da marca MYLABOR (modelo PA210) e um agitador magnético acoplado ao sistema. Leu-se o pH inicial da amostra e em seguida

adicionou-se o titulante de 1,00 em 1,00 mL até o pH da amostra estar próximo de 7, e 0,50 em 0,50 mL até o pH 11,00, o qual foi o limite máximo de procedência da análise. Anotou-se o pH a cada volume de NaOH gasto na titulação e plotou-se o gráfico com as curvas de titulação da primeira e segunda derivada para determinação do ponto de equivalência através de métodos gráficos. Expressou-se a acidez em 1 g de ácido cítrico para cada 100 g da amostra como valor médio entre os resultados da das curvas de primeira e segunda derivada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

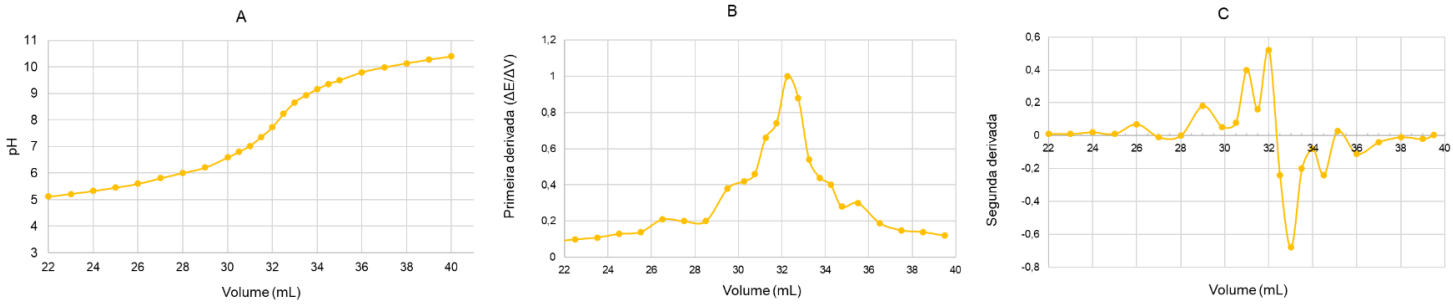
Efetuando-se os cálculos dos dados obtidos de pH por volume de NaOH 0,0850 mol L^{-1} construiu-se a primeira derivada numérica da curva de titulação e segunda derivada que tem valor zero no ponto onde o coeficiente angular da primeira derivada é o máximo e que corresponde ao ponto de equivalência (VOGEL *et al*., 2002). Assim, a partir do volume de NaOH 0,0850 mol L^{-1} no ponto de equivalência calculou-se a concentração de ácido cítrico presente na amostra A (Figura 1). O mesmo processo foi realizado para as amostras B e C, e as curvas obtidas estão apresentadas nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

Figura 1 – Titulação potenciométrica da amostra A. Curva de titulação (A); Curva da primeira derivada (B); Curva da segunda derivada (C)



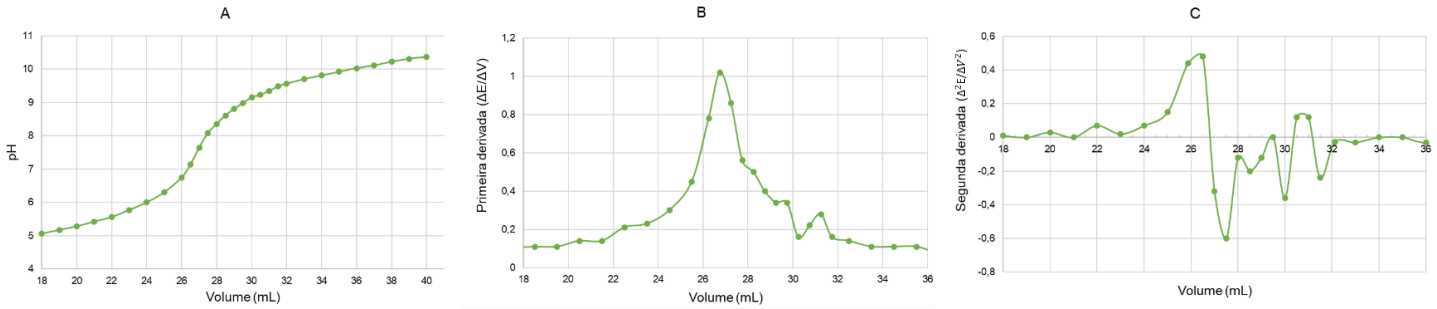
Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 2 – Titulação potenciométrica da amostra B. Curva de titulação (A); Curva da primeiraderivada (B); Curva da segunda derivada (C)



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 3 – Titulação potenciométrica da amostra C. Curva de titulação (A); Curva da primeiraderivada (B); Curva da segunda derivada (C)



Fonte: Autoria própria (2023)

Nos gráficos A, apresenta-se a curva de titulação completa de todas as amostras estudadas, sendo que o ponto de equivalência é o ponto de inflexão da curva de titulação (FERREIRA; RIBEIRO, 2011). Entretanto, tem-se uma imprecisão quando a inflexão na curva for pouca definida, como é o caso das amostras do presente estudo. Com vistas a minimizar este fato, utilizaram-se os cálculos da primeira e segunda derivada da curva de titulação de cada amostra. Os perfis dos gráficos foram condizentes com o esperado para este tipo de curva (FERREIRA; RIBEIRO, 2011). Pode-se destacar que o gráfico resultante da primeira derivada é uma curva que possui um pico que determina o ponto final de titulação ou ponto de inflexão, entretanto essa localização do pico no gráfico tem uma incerteza, pois é determinado através da extrapolação dos dados experimentais (Figuras 1B, 2B e 3B), (DIAS *et al.*, 2016). Assim, é importante definir o ponto de equivalência a partir do cálculo

da segunda derivada (Figuras 1C, 2C e 3C) que relaciona a taxa de variação da primeira derivada (DIAS *et al*., 2016).

O ácido cítrico é um ácido orgânico tricarboxílico presente na maioria das frutas, sobretudo em cítricos. A acidez do ácido cítrico é devida aos três grupos carboxilas -COOH que podem perder um próton em soluções, entretanto as curvas de titulação apresentam apenas uma desprotonação (Figuras 1A, 2A e 3A). Os compostos contendo dois ou mais grupos funcionais ácidos, exibem diversos pontos de equivalência durante uma titulação, desde que haja uma diferença notável entre suas forças como ácidos (SKOOG *et al.*, 2015). Sendo assim, o fato das demais desprotonações não aparecerem na curva de titulação pode estar diretamente ligado aos valores da constante de dissociação serem baixos e não possuírem ponto inflexão definido, pois a variação de pH é pouco pronunciada.

Com vistas a comparar as dificuldades e potencialidades dos métodos de titulação para amostras turvas e/ou opacas como o caso da polpa de graviola, repetiu-se o experimento usando como indicador do ponto final de titulação uma solução de fenolftaleína (Titulação clássica). De fato, pode-se considerar que a titulação clássica é um método simples, porém pode apresentar erros devido à observação da coloração do ponto de viragem da titulação e variação brusca do pH com adição de hidróxido de sódio. Já as titulações potenciométricas fornecem dados que são mais confiáveis que aqueles gerados por titulações que empregam indicadores químicos e são úteis com soluções coloridas ou turvas, que o ponto final está mascarado (SKOOG *et al*., 2015). A Tabela 1 apresenta os resultados de acidez das três amostras analisadas de polpa de graviola empregando dois diferentes métodos de titulação.

Tabela 1 – Valores médios ± desvio padrão das concentrações de ácido cítrico (g de ácido/ 100 g de amostra) obtidos a partir dos diferentes métodos empregados com seu respectivo valor de pH

Amostra	Titulação clássica	Titulação potenciométrica	pH
	Concentração média de ácido cítrico(g/100g de polpa)		
A	0,600 ± 0,002	0,613 ± 0,000	3,62
B	0,887 ± 0,002	0,880 ± 0,001	3,40
C	0,727 ± 0,002	0,729 ± 0,001	3,55

Fonte: Autoria própria (2023)

Os resultados de acidez das amostras deste trabalho foram semelhantes àqueles comercializados no estado de Roraima cujos valores variaram de 0,67 a 1,02 g de ácido em 100 g^{-1} de amostra de polpa de graviola (NASCIMENTO *et al.*, 2012). Já em comparação com os resultados de amostra do estado do Maranhão, o valor médio deste trabalho foi inferior ao relatado (1,14 g de ácido/ 100 g de amostra de polpa de graviola) (LEAL; REIS; LUZ, 2013). Alguns fatores como variedade da graviola, estágio de maturação no momento da colheita, condições climáticas e de cultivo, processamento e tempo de armazenamento podem influenciar diretamente na composição química e consequentemente na acidez das polpas analisadas (FILGUEIRAS *et al.*, 2002).

Todas as amostras estão em conformidade com os parâmetros exigidos pela legislação, pois de acordo com a IN nº 37, de 1º de outubro de 2018 (BRASIL, 2018) a composição mínima recomendada de acidez total expressa em ácido cítrico nas polpas de graviola é de 0,60 g/100 g.

As amostras A e C encontram-se de acordo com o exigido pela legislação (BRASIL, 2018), a qual determina pH mínimo de 3,5 para polpas de graviola. A amostra B não atingiu o pH requerido. SANTOS *et al.*, (2014) explica que fatores climáticos e de produção podem influenciar a variação de pH das frutas utilizadas para a fabricação das polpas, assim como a presença de outros ácidos orgânicos.

A acidez total ou titulável expressa a soma do volume de todos os ácidos presentes na polpa, entretanto ela foi expressa em gramas por litro (g /L) de ácido cítrico, pois ele é oprincipal ácido presente. Já o pH mede a acidez em termos de íons H^+ presentes na amostra.Ele é uma medida de quão fortes são os ácidos em relação a todos os outros compostos (SANTOS *et al.*, 2014), ou seja, a maior acidez deva estar correlacionada com o menor pH.Essa relação foi observada nos resultados obtidos e apresentados na Tabela 1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em média as polpas analisadas apresentaram 0,738 e 0,741 g de ácido cítrico/100 g de polpa na titulação clássica e titulação potenciométrica, respectivamente. O objetivo do trabalho foi comparar os diferentes métodos de titulação a fim de analisar o teor de ácido

cítrico, considerando a legislação vigente, os valores de acidez total encontrada estão em conformidade, independentemente do método de titulação empregado. Ambos os métodos apresentaram resultados satisfatórios, cada um com a sua limitação e possíveis erros analíticos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento. Instrução normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018. Estabelece os parâmetros analíticos de suco e de polpa de frutas e a listagem das frutas e demais quesitos complementares aos padrões de identidade. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília DF, Edição: 194, Seção I, out. 2018

DIAS, S. L. P. *et al. Química Analítica*. Grupo A, 2016. E-book. ISBN 9788582603918.

ENWEANI, I.; OBROKU, J.; ENAHORO, T.; OMOIFO, C. The biochemical analysis of soursop (*Annona muricata L.*) and sweetsop (*A.squamosa L.*) and their potential use as oral rehydration therapy. *Journal of Food Agriculture and Environment*, v. 22, n. 11, p. 39-43, 2004.

FERREIRA, R. Q.; RIBEIRO, J. *Química Analítica 2*. Vitória-ES: UFES-Núcleo de Educação Aberta e a Distância, p.112, 2011.

FILGUEIRAS, H. A. C. et al. Características da fruta para exportação. *In:* ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; RAMOS, V. H. V. (Ed.). Graviola: pós-colheita. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. *capítulo* 2, p. 15-21.

GARSKE, R. P. Determinação rápida e direta de acidez de alimentos semi-sólidos através de entalpimetria no infravermelho. 2012. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

HARRIS, D. C. *Análise Química Quantitativa*. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

IAL. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz - Métodos físico-químicos para análises de alimentos. São Paulo, 2008.

JUNQUEIRA, N. T. V. *et al.* Graviola para exportação: aspectos fitossanitários. Brasília: EMBRAPA, p. 67,1996.

LEAL, R. C.; REIS, V. B.; LUZ, D. A.; Avaliação de parâmetros fisico-químico de polpas congeladas de graviola comercializada em supermercados de São Luís - MA. *Caderno de Pesquisa*, São Luís, v. 20, n. 2, p. 76-80, 2013.

MARTINS, J. V.; SOUZA, A. P. R. de; SALLES, M. O.; SERRANO, S. H. P.

Determinação de ácido acético em amostra de vinagre adulterada com ácido clorídrico - um experimento integrado de titulação potenciométrica e condutométrica. *Química Nova*, v. 33, n. 3, p. 755–758, 2010.

NASCIMENTO, C. R.; NEVES, L. C.; GRÍGIO, M. L.; CAMPOS, A. J.; CHAGAS, E. A.; SOUZA, A. A. Avaliação da qualidade de polpas de frutos industrializadas e comercializadas no município de Boa Vista – RR. *Revista AgroAmbiente Online*, Boa Vista, v. 6, n. 3, p. 263-267, dez. 2012.

OSAWA, C. C.; GONÇALVES, L. A. G.; RAGAZZI, S.. Titulação potenciométrica aplicada na determinação de ácidos graxos livres de óleos e gorduras comestíveis. *Química Nova*, v. 29, n. 3, p. 593–599, 2006.

RAMOS, V. H. V.; PINTO, A. C. Q.; RODRIGUES, A. A. Introdução e importância socioeconômica. *In*: OLIVEIRA, M. A. S. (ed.*). Graviola. Produção: aspectos técnicos.* Embrapa Cerrados (Planaltina, DF) Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 9, 2001.

SANTOS, J. S.; SANTOS, M. L. P.; AZEVEDO, A. S. Validação de um método para determinação simultânea de quatro ácidos orgânicos por cromatografia líquida de alta eficiência em polpas de frutas congeladas. *Química Nova*, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 540-544, 2014.

SILVA, A. R. Método alternativo para a determinação do ponto de equivalência da curva obtida no processo de titulação. 2016. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Anápolis, 2016.

SKOOG, D. A. *Fundamentos de química analítica*. 9.ed. São Paulo: Cengage, Learning,p.950, 2015.

TIENCHEU, B.; EGBE, A.; ACHID, A.; TENYANG, N.; NGONGANG, E.; DJIKENG, F.; FOSSI, B. Nutritional, organoleptic and phytochemical properties of soursop (*Annona muricata*) pulp and juice after postharvest ripening. *European Journal of Nutrition and Food Safety*, v. 13, n. 1, p. 15-28, 2021.

VOGEL, A.; MENDHAM, J.; BARNES, D. J.; THOMAS, J. K. M.; DENNEY, R. C. *Análise Química Quantitativa*. Grupo GEN, 2002. E-book. ISBN 978-85-216- 2580-3.

ÁREA 2

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DESAFIOS E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NA REFORMA AGRÁRIA: UM ESTADO DA ARTE

Josiane Bielski LEONARDO1, Elizete GUIMARAES2, Anelize Queiroz AMARAL3

1Departamento de Educação: Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão – Paraná - Brasil
2 Departamento de Engenharia Ambiental: Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão– Paraná – Brasil
3 Departamento de Ciências Biológicas: Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos– Paraná – Brasil
E-mails: josianebielski@alunos.utfpr.edu.br; guimaraes@utfpr.edu.br ;anelizeamaral@utfpr.edu.br

Resumo: *A implantação de Reforma Agrária pode gerar impactos ambientais e desafios sociais à comunidade e biodiversidade em seu entorno. Essa é apenas uma realidade que retrata os problemas historicamente presentes na questão agrária do Brasil. Diante desse fato, este estudo objetivou apresentar os possíveis impactos socioambientais envolvidas no contexto de luta pela questão agrária. Para tal entendimento, buscou-se nesse trabalho o levantamento acerca do estado da arte em trabalhos científicos presentes no banco de dados da Capes sobre à questão agrária e ambiental. A partir dos aspectos observados é possível concluir que a má distribuição dos recursos e ineficiência de políticas públicas penalizam as áreas, socialmente e economicamente, causando a degradação ambiental e conflitos socioambientais.*

Palavras-chave: *Questão agrária; Questão ambiental; Impactos Ambientais; Assentamentos Rurais.*

INTRODUÇÃO

A raiz do problema agrário brasileiro se encontra diretamente relacionada a questão ambiental e impactos causados ao ambiente, pois, o processo de apropriação privada de terras no Brasil teve seu impulso econômico básico a partir da destruição da biodiversidade. Diante desse fato, a regra principal do desenvolvimento econômico do país era: degradar para itinerar, e infelizmente, esse era o modelo politicamente conservador no espaço rural brasileiro, que ainda reflete seus resultados na atualidade.

Intensificam-se os debates e conflitos entre os movimentos ambientais versus movimentos de luta pela terra a respeito de desenvolvimento sustentável. De um lado a urgência em recuperar e proteger o equilíbrio dos ecossistemas, reservas de biodiversidade e bens naturais. De outo, a constante luta pela terra, espaço para moradia e produção, advindas das carências acumuladas historicamente (ESTERCI; VALLE, 2003).

Esses conflitos existentes não são resolvidos pela inexistência de políticas, leis, regulamentos ambientais, mais, sim pela ineficácia da fiscalização e cumprimento das

mesmas, enquanto isso, o meio ambiente fica à mercê da degradação, do desmatamento, da gravidade dos problemas ocasionados no ambiente que interferem na saúde humana, e nos ecossistemas, colocando em risco todo o dinamismo de vida no planeta.

Verifica-se então a necessidade de intervir sobre consequências do processo de modernização da agricultura e das transformações causadas no ambiente, que historicamente se desenvolvem no Brasil, devido a predominância de um tipo de cultivo, uso intensivo dos solos e insumos, pelo aumento da erosão e pelas mudanças na drenagem do terreno. Surge a preocupação a respeito da produção de alimentos e da sustentabilidade a partir do uso de tecnologias menos impactantes ao meio ambiente, que é obtido por meio da introdução de medidas mitigatórias (FONTOURA; VERDUM,2010).

Por isso, como uma das condições para se fazer justiça social no Brasil, enfatiza-se a insistência em denunciar a concentração fundiária a democratização do acesso à terra no Brasil. Porém, se não for levada em conta a dimensão ecológica do problema agrário, isso não é o suficiente para garantir uma verdadeira transformação nas relações sociais e rurais (NASCIMENTO, 2009).

Nesse contexto, buscamos apresentar por meio deste trabalho, os possíveis impactos socioambientais da reforma agrária a partir de um levantamento acerca de pesquisas científicas presentes no banco de dados da Capes sobre à questão agrária e ambiental.

PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Para a realização dessa pesquisa e maior entendimento a respeito dos impactos socioambientais ocasionados pela ação humana diante da política pública de Reforma Agrária e constante luta dos movimentos sociais buscamos compreender o que outros pesquisadores têm discutido nesse campo de atuação.

Assim sendo, realizou-se um levantamento no Portal de Periódicos Capes/MEC (2020) no intuito de identificar produções científicas, tendo como critério de busca os seguintes termos: Reforma Agrária/ impacto (os) ambiental (is)e socioambientais, desmatamento ou desflorestamento. Utilizando-se de busca avançada, foram definidas na ferramenta de pesquisa: a data de publicação: (qualquer ano); o tipo de material: artigos, teses, dissertações e livros; o país que se refere os trabalhos (Brasil), bem como o idioma de publicação (português e inglês).

Foram selecionados trabalhos científicos que contém no resumo ou título os termos estabelecidos anteriormente (Reforma Agrária/ impacto (os) ambiental (is) e socioambientais, desmatamento ou desflorestamento). Após o levantamento desses dados, um olhar foi direcionado para esses trabalhos com o objetivo de compreender sobre o que tais pesquisas estão falando, ou seja, quais tem sido as questões de pesquisa acerca dos impactos socioambientais ocasionados pela luta de terras no Brasil.

Tal pesquisa se enquadra na abordagem de pesquisa qualitativa, um tipo de pesquisa capaz de identificar e analisar dados que não podem ser mensurados numericamente, pois privilegiam a compreensão de atitudes, comportamentos e perspectivas dos sujeitos da investigação, envolve uma abordagem interpretativa de mundo (LÜDKE; ANDRÉ ,2012). Foram utilizados também os procedimentos de análise de conteúdo estabelecidos por Lüdke; André, (2012), divididos em três etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados e interpretação

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando todas as combinações de palavras-chaves averiguadas na base de dados, obteve-se como resultado um total de 23 publicações cujas quais apresentam os termos selecionados nesta pesquisa em seu título ou resumo (quadro 1). Foram encontrados registros para todas as palavras-chave, sendo “Reforma agrária” e “impactos ambientais” a maior ocorrência de resultados (14), enquanto a combinação “Reforma Agrária/ desmatamento ou desflorestamento” apresentou a menor quantidade de publicações (09). Algumas publicações apareceram mais de uma vez na mesma busca, portanto foram desconsideradas. O quadro 1 apresenta o número de resultados para as palavras chaves e os anos de publicação.

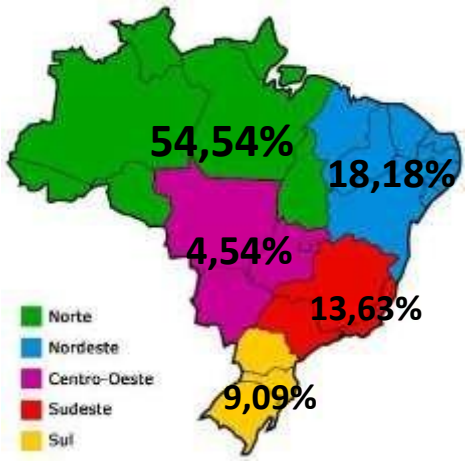
Quadro 1 - Quantificação dos documentos encontrados a partir dos termos utilizados na pesquisa no Portal de Periódicos da CAPES

Termo	Número de trabalhos encontrados	Período de publicação
Reforma Agrária/ impacto (os) ambiental (is) e socioambientais	14	Entre 2006 á 2019
Reforma Agrária/ desmatamento ou desflorestamento	09	Entre 2010 á 2018
Total	23	

"Fonte: Autoria própria (2023)"

Todos trabalhos apresentados no quadro referem-se a artigos científicos, não foram encontradas teses, dissertações ou livros correspondentes a essa temática, esses resultados enfatizam, portanto, a importância da realização de mais pesquisas e trabalhos sobre essa temática. Deste total, duas publicações foram desconsideradas por não apresentar relação direta com o objetivo da pesquisa. Verifica-se na tabela que as pesquisas se concentram entre o período do ano de 2006 há mais recentemente 2019. Em relação as regiões de publicação e realização das pesquisas, a figura 1 a seguir evidencia as localidades do nosso país que se colocam a pesquisar essa temática. A saber:

Figura 1-Distribuição geográfica das regiões e porcentagens de pesquisas acerca das temáticas Reforma Agrária e impactos socioambientais



"Fonte: Autoria própria (2023)"

Como observado, a maior porcentagem de pesquisas se encontra na região Norte, correspondendo a 54,54% do total dos artigos. Esse fato pode ser explicado por dois motivos, o primeiro, por ser a região onde se encontra a Floresta Amazônica, considerada a maior floresta tropical do mundo, devido seu valor global e com ampla e vasta biodiversidade, por isso, sua preservação é de interesse mundial (MARGULIS, 2003). Diversos estudos são desenvolvidos para verificar o desmatamento acarretado devido a reforma agrária na região amazônica, (CALANDINO; WEHRMANN; KOBLITZ, 2012). Outra explicação é o fato de que segundo o portal do INCRA (2017), é a maior região brasileira em concentração de assentamentos de Reforma Agrária, por isso maior também a taxa de estudos na área.

A partir da leitura do conteúdo abordado nessas pesquisas científicas é possível observar que parece haver um consenso entre diversos autores (CALANDINO; WEHRMANN; KOBLITZ, 2012; SAITO; et al.,2011; LEAL; MANIESI 2018, FATORELLI; MERTENS,2010; FARIAS; et.al,2018; LE TOURNEAU; BURSZTYN, 2010; BARRETO. et al, 2010; VAN DE STEEG; et al,2006; LEITE; SOBRAL; BARRETO, 2011) no que diz respeito

às problemáticas de desmatamento e impactos ambientais, relacionadas a participação de assentamentos de Reforma Agrária, principalmente na região norte.

A maioria das pesquisas concordam que em casos onde ocorrem impactos ambientais relacionados a assentamentos de Reforma Agrária os motivos não resultam da falta de uma consciência ambiental, mas partem da precariedade de suas condições de vida que também deriva de fatores políticos, históricos, e econômicos que os forçam a explorar intensivamente alguns recursos para garantir a sobrevivência.

Para Troian; Troian; Bonfim (2017, p. 119): "As famílias que participam do Programa Nacional de Reforma Agrária são oriundas de processos históricos de exclusão socioeconômicos e concentram enormes diversidades, como múltiplos modos de expressão e costumes". Lima; Lopes (2012, p.2300) destaque que "O fator histórico e cultural nem sempre é o gatilho para o desmatamento, e sim o crescimento de assentamentos sem estruturas pré-estabelecidas e sem apoio técnico pós-estabelecimento". Isso se deve ao fato de que geralmente não resultaram exclusivamente da iniciativa governamental, se devem aos movimentos sociais na luta pela implantação da política(SCHMIDT FILHO; MOUTINHO, 2008)

Dentre os principais danos ambientais que a Reforma agrária pode gerar de acordo com as pesquisas dos autores (CALANDINO; WEHRMANN; KOBLITZ, 2012; SAITO; et al.,2011; LEAL; MANIESI 2018, FATORELLI; MERTENS,2010; FARIAS; et.al,2018; LE TOURNEAU; BURSZTYN,2010; BARRETO. et al, 2010; VAN DE STEEG; et al,2006;LEITE;SOBRAL;BARRETO,2011) destacam-se: consequências socioambientais, desmatamento, exploração ilegal de madeira, prática predatória dos recursos naturais, exploração de reservas legais e áreas de preservação permanente, caça ilegal, falta de proteção de mata ciliar, queimadas, afugentamento da fauna e redução da flora, aumento na concentração de resíduos no solo.

Algumas dessas pesquisas, apontam para possíveis causas que contribuem para a tendência de impactos ambientais no âmbito dos assentamentos de Reforma Agrária, como: fatores de vulnerabilidade econômica, incertezas fundiárias, exploração madeireira em assentamentos fictícios, dificuldade de acesso a financiamentos e ausência de crédito , mínima infraestrutura, deficiências no sistema de gestão do território, a falta de assistência técnica etc, (CALANDINO; WEHRMANN; KOBLITZ, 2012; LEAL; MANIESI 2018,

FATORELLI; MERTENS,2010; FARIAS; et.al,2018; LE TOURNEAU; BURSZTYN,2010; SILVA;VIEIRA, 2016; SCHMIDT FILHO; MOUTINHO, 2008; LIMA;LOPES,2012).

Há, entretanto, em alguns artigos, divergências dos pesquisadores sobre o assunto, Diniz et al (2018), relata em sua pesquisa que as evidencias encontradas sobre o desmatamento na Amazônia não sustentam a hipótese de uma relação direta entre a política de assentamento, e explica o resultado considerando a baixa capacidade de intervenção desses agentes pobres sobre o uso e ocupação da terra e, portanto, incapazes de promover uma escala relevante sobre o desmatamento que provavelmente aconteça pela expansão da fronteira agropecuária. Morais et al, (2012), avaliando índices de impacto ambiental das sete propriedades no Mato Grosso, demonstra que não há comprometimento da qualidade ambiental por parte de nenhuma das atividades desenvolvidas nos assentamentos de Reforma Agrária estudados.

Fazendo uma análise de todos dos trabalhos selecionados observa-se diferentes resultados principalmente se comparado as regiões. Na região norte a maioria das pesquisas corroboram com a ideia de que a Reforma Agrária traz impactos ao meio ambiente, em contrapartida, em outras regiões, alguns autores trazem em suas pesquisas o oposto, há relatos que assentamentos de Reforma Agrária minimizam os problemas socioambientais, como menciona Troian; Troian; Bonfim (2017, p. 119) “Os projetos de assentamentos têm se tornado uma alternativa de desenvolvimento rural e uma possibilidade de minimizar problemas de cunho econômico, social e ambiental da sociedade brasileira”.

Os trabalhos desenvolvidos principalmente nas regiões Sul e Sudeste, citam a Reforma Agrária com base na agroecologia, como solução dos problemas ocasionados ao ambiente devidos a práticas de monocultivo. Para esses autores, a monocultura é a responsável na geração de impactos ambientais, em contrapartida a Reforma agrária a solução! A monocultura causa impactos ambientais pois contribui para a diminuição da biodiversidade, esgotamento, degradação e erosão do solo, uso abusivo de agrotóxicos, gera menos mão de obra e altos índices de pobreza (CLEMENTS,2012; DE SOUZA FIGUEROA; MOURA; NEVES, 2019; DA SILVA MELO,2017)

Assentamentos de Reforma agrária com base na agroecologia são tidos como estratégias para superar os impactos do monocultivo, a agroecologia é uma possibilidade de desenvolvimento sustentável, com princípios conservacionistas compatíveis com a agricultura familiar, resulta num impacto ambiental positivo para a capacidade produtiva do

solo, qualidade do produto, uso de insumos materiais, e diminuição da emissão de poluentes. (CLEMENTS,2012, BARRETO. et al, 2010; DE SOUZA FIGUEROA; MOURA; NEVES, 2019).

Como possíveis estratégias para minimizar os impactos socioambientais da Reforma agrária são citados: reforma agrária a partir de terras particulares já alteradas, infraestrutura que favoreça o escoamento da produção, assistência técnica adequada, recuperação de áreas desmatadas, promoção de políticas de reintegração, incentivos financeiros e fiscais, ampliação de direitos como acesso à moradia, alimentação, saúde, educação, governança ambiental, etc (CALANDINO; WEHRMANN; KOBLITZ, 2012; FATORELLI; MERTENS,2010; FARIAS; et.al,2018; LE TOURNEAU; BURSZTYN,2010; SILVA;VIEIRA, 2016; LEITE;SOBRAL;BARRETO,2011, TROIAN; TROIAN; BONFIM 2017; ANDRADE; NASCIMENTO,2016).

Finaliza-se a discussão destacando as contradições de resultados nas diferentes regiões brasileiras, como observado a queixa de impactos socioambientais relacionados a Reforma Agrária se concentra em maior quantidade no Norte do país, enquanto na região Sul enfatiza-se a contribuição de assentamentos agroecológicos para minimizar impactos da monocultura. Sendo assim, evidencia-se a ambiguidade do poder público em relação à Amazônia, onde mesmo tempo pretende preservar a região e usá-la para reforma agrária, portanto, é necessário realizar um esforço para reequilibrar territorialmente a reforma agrária, dando um enfoque maior ao sul do país (LE TOURNEAU; BURSZTYN,2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se nos trabalhos científicos encontrados que a questão agrária está intimamente ligada a questão ambiental, sendo que assentamentos de Reforma agrária podem contribuir tanto para a geração quanto para amenizar os impactos ambientais, destacando a importância do planejamento e da eficiência de políticas ambientais e melhor redistribuição territorial, enfatizando-se que no Norte há maior concentração de assentamentos e exploração de recursos naturais, enquanto no Sul, existe a necessidade da implantação como paliativo das atividades de monocultura.

É possível concluir que as políticas públicas e ações governamentais estabelecidas nas diferentes gestões no Brasil visam apenas minimizar os conflitos, nada se faz de concreto para resolver as injustiças socioambientais, culminando em mais desigualdades, sendo que

estas já se perpetuam por longos séculos, e aparentemente não tem prazo para acabar. O que se faz é o popular ditado brasileiro de “tapar o sol com a peneira” enquanto de fato as Leis e planos de Reforma Agrária e ambientais não forem revistas e exercidas na prática, não há expectativas de mudanças igualitárias para o Brasil.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. S; NASCIMENTO, M. J. Governança ambiental e ética:(des) envolvimento e sustentabilidade em áreas de assentamentos rurais no estado de Sergipe. Revista IberoAmericana de Ciências Ambientais, v. 7, n. 3, p. 189-198, 2016. Disponivel em: https://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2016.003.0015. Acesso em 01 de set de 2021

BARRETO, Hilton Felipe Marinho et al. Impactos ambientais do manejo agroecológico da caatinga no Rio Grande do Norte. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 45, n. 10, p. 1073-1081, 2010.Disponívelemhttps://www.scielo.br/j/pab/a/wj3m6P3tWTsYhxmmNPh84Rd/?format=pd f&lang=pt.Acesso em: 01 de set de 2021

CALANDINO, D; WEHRMANN, M; KOBLITZ, R. Contribuição dos assentamentos rurais no desmatamento da Amazônia. Desenvolvimento e Meio ambiente, v. 26, 2012. Disponível em:http://dx.doi.org/10.5380/dma.v26i0.26017. Acesso em 01 de set de 2020.

CLEMENTS.E.A. Agrarian reform, food sovereignty and the MST: socioenvironmental impacts of agrofuels production in the Pontal doParanapanema region of São Paulo state, Brazil. Revista Nera, n. 21, p. 8-32, 2013. Disponível em:https://doi.org/10.47946/rnera.v0i21.2139 Acesso em 01 de Set de 2021.

DA SILVA MELO, Thiago. A necessidade da Reforma Agrária na região do Contestado Catarinense. Revista NERA, v. 20, n. 35, 2017. Disponível em: https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera. Acesso em 25 de janeiro de 2021.

DE SOUZA FIGUEROA, L. S. et al. Sustentabilidade em pequenas propriedades: uma proposta educativa. Revista Monografias Ambientais, v. 18, n. 1, p. 4, 2019.Disponível em:https://doi.org/10.5902/2236130838364. Acesso em 21 de set de 2021

DINIZ, M. B.et al. Dinâmica de curto prazo do desmatamento da Amazônia Legal: análise do papel das políticas públicas no período de 2000 a 2010. Economia Aplicada, v. 22, n. 4, p. 177206, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.11606/1980-5330/ea141292 Acesso em 01 de setembro de 2020.

ESTERCI, N.; VALLE, R.S.T. Reforma Agrária e Meio Ambiente. São Paulo: Instituto Sócio Ambiental, 2003, 191p.

FARIAS, M. H. C. S et al. Impacto dos assentamentos rurais no desmatamento da Amazônia. Mercator(Fortaleza),v.17,2018.Disponívelhttps://www.scielo.br/j/mercator/a/vX44jWHVrCK VQXsYjZ9kk6k/?format=pdf&lang=pt Acesso em 01 de setembro de 2020

FATORELLI, L; MERTENS, F. Integração de políticas e governança ambiental: o caso do licenciamento rural no Brasil. Ambiente & Sociedade, v. 13, p. 401-415, 2010. Disponível em:
https://www.scielo.br/j/asoc/a/ =pdf Acesso em 01 de setembro de 2020

FONTOURA, L. F.M.; VERDUM, R. Questão agrária e legislação ambiental. PLAGEDER, 2010. Disponível em: http://www.ufrgs.br/tri/sead/publicacoes/ questao-agraria-e-legislacaoambiental-2010 Acesso em 01 de set de 2021

LE TOURNEAU, F; BURSZTYN, Ml. Assentamentos rurais na Amazônia: contradições entre a política agrária e a política ambiental. Ambiente & Sociedade, v. 13, p. 111-130, 2010.
Disponívelhttps://www.scielo.br/j/asoc/a/ThmrGwNdx4PG6gRz6Lq8P6H/?format=pdf&lang= pt Acesso em 01 de setembro de 2020.

LEAL, M; MANIESI, V. Dinâmica de desflorestamento nos assentamentos extrativistas do município de Humaitá, Amazonas. GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território, n. 14, p. 251, 2018. Disponível em: https://www.proquest.com/openview/7cAcesso em 01 de setembro de 2020.

LEITE, T.A.; SOBRAL, I.S; BARRETO, K. F. B. Avaliação dos impactos ambientais e sociais como subsídio para licenciamento ambiental do projeto de assentamento de reforma agrária Maria Bonita I, Poço Redondo/SE. Boletim Goiano de Geografia, v. 31, n. 2, p. 69-81, 2011. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/3371/337127156005.pdf. Acesso em 01 de setembro de 2020.

LIMA, K. K S. d; LOPES, P. F. . A qualidade sócioambiental em assentamentos rurais do Rio Grande do Norte, Brasil. Ciência Rural, v. 42, p. 2295-2300, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/JWxH3yyM9skRxpnNSBdVgqR/?format=pdf&lang=pt
Acesso em 01 de setembro de 2020.

LÜDKE, M. ANDRÉ, M. E. D.A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo:
E. P.U; 2012. Disponível em: https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/2431625/mod Qualitativas%20vf.pdf.Acesso em 21 de jul de 2021

MARGULIS, S. Causas do desmatamento da Amazônia brasileira. 2003.Disponível em: https://documents1.worldbank.org/curated/en/867711468743950302/pdf/277150PAPER0Po1a z1nia0Brasileira111.pdf. Acesso em 31 de agosto de 2021.

MORAIS, Marco Antonio Vieria et al. Impacto ambiental em assentamentos da reforma agrária no Mato Grosso. Floresta, v. 42, n. 3, p. 587-598, 2012. Disponível em:. http://dx.doi.org/10.5380/rf.v42i3.19462. Acesso em 30/ de agosto de 2021.

NASCIMENTO, H.M. Questão agrária, território e meio ambiente no Brasil: Os limites da transição para uma agricultura sustentável. Economía, sociedad y territorio, v. 9, n. 31, p. 723758, 2009. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid Acesso em 30/ de agosto de 2021.

SAITO, A et al. Efeitos da mudança de escala em padrões de desmatamento na Amazônia. Revista Brasileira de Cartografia, v. 63, n. 3, 2011.Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43749/23013 Acesso em 01 de setembro de 2020.

SCHMIDT FILHO; MOUTINHO, Lúcia Maria Góes. Recursos ambientais e dinâmica populacional no semi-árido Paraibano. Revista de Economia, v. 34, n. 2, 2008. Disponível em http://dx.doi.org/10.5380/re.v34i2.7905 Acesso em 31 de agosto de 2021

SILVA, V. C.S; VIEIRA, I. C. G. Barômetro da Sustentabilidade aplicado a assentamentos rurais do leste do Estado do Pará, Brasil. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 36, 2016. Disponível em http://dx.doi.org/10.5380/dma.v36i0.39957 Acesso em 31 de agosto de 2021 SITE: Blog do INCRA Goiás.

TROIAN A; TROIAN A; BONFIM, N.P.S. O Programa De Assessoria Técnica, Social E Ambiental Para Reforma Agrária;Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, janeiro/ junho 2016, p. 117 a 136.ISSN2354556.Disponívelemhttp://www.revistappr.com.br/artigos/publicados/OPrograma-de-Assessoria-Tecnica-Social-.pdf. Acesso em 01 de Set de 2021.

VAN DE STEEG, Jeannette Antoinette et al. Impactos ambientais da Reforma Agrária no Brasil de 1985 a 2001. Scientia Agricola, v. 63, n. 2, p. 176-183, 2006.Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000200010. Acesso em 01 de Set de 2021.

PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS NO TRATAMENTO DOS POLUENTES EMERGENTES METILPARABENO, BENZOFENONA E OCTOCRILENO: UMA REVISÃO

Daniela Caroline ANTES[1], Patricia Aline BRESSIANI[1],André Demetrio Brustolim BROETTO[1], Bruno Henrique DRUN[1], Kaylana Angela Ramos KRÜGER[1], Clisley Marielly Ribeiro LAMEIRA[1], Anna Karolina Gomes OLIVEIRA[1], Diego Espirito SANTO[1], Luciano José SOAVE[1], Daniela Fátima TAMANKIEVIES[1], Elisângela DÜSMAN [1,4], Ana Paula PERON[1,2], Ticiane Sauer POKRYWIECKI [1,3]

[1]Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil
2Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão – Campo Mourão – Paraná – Brasil
3Departamento Acadêmico de Engenharia Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão – Francisco Beltrão – Paraná – Brasil
4Departamento Acadêmico de Química e Ciências Biológicas Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão – Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

E-mails: danielaantes@alunos.utfpr.edu.br, pbressiani@alunos.utfpr.edu.br, andrebroetto@hotmail.com, brunodrun@alunos.utfpr.edu.br, kaylana.ang@gmail.com, clis.mary602@gmail.com, annoli@alunos.utfpr.edu.br, dsanto@alunos.utfpr.edu.br, soavelj@gmail.com, daniela.gba@hotmail.com, edusman@utfpr.edu.br, anpapegenpes@hotmail.com, ticiane@utfpr.edu.br

Resumo: Os poluentes emergentes são substâncias recentemente descobertas no meio ambiente em baixas concentrações e não regulamentadas, cujo residual tem efeitos negativos na saúde humana e no meio ambiente. As estações de tratamento de esgoto convencionais são ineficientes para removê-los, sendo necessárias técnicas terciárias, como os processos oxidativos avançados (POAs), que têm a função de mineralizar os compostos orgânicos com agentes de oxidação fortes. Há estudos sobre o uso de POAs no tratamento de poluentes emergentes, mas faltam pesquisas específicas sobre sua aplicação em metilparabeno, benzofenona e octocrileno, o que demonstra a importância de desenvolver trabalhos para abordar esta lacuna de conhecimento.

Palavras-chave: *Contaminantes; estações de tratamento de esgoto; técnicas terciárias; meio ambiente.*

INTRODUÇÃO

Os poluentes emergentes são substâncias não regulamentadas que foram introduzidas ou descobertas recentemente no ambiente, geralmente em baixas concentrações entre ng/L a µg/L (Patel *et al.*, 2020). O grupo inclui de medicamentos à artigos de higiene pessoal, e apesar de muitos dos seus efeitos permanecerem desconhecidos, impactos negativos foram observados em humanos (Lei *et al.*, 2015) e meio ambiente (Gavrilescu *et al.*, 2015).

Algumas substâncias como o conservante metilparabeno são amplamente conhecidas (Kim *et al.*, 2018), enquanto os filtros ultravioletas (UV) benzofenona e octocrileno, empregados sobretudo em protetores solares (Ramos *et al.*, 2016), têm ganhado destaque pelo aumento da temperatura global (Alfonso, Gesto, Sadoul, 2020).

A maior parte delas alcança o ambiente pela ineficiência dos métodos primários e secundários convencionais das estações de tratamento de esgoto (ETEs) (Gago-Ferrero, Díaz-Cruz, Barceló, 2012). Técnicas terciárias são estudadas, portanto, como os Processos Oxidativos Avançados (POAs), que fazem uso de agentes de oxidação fortes, como o radical hidroxila (OH), com intuito de converter os poluentes orgânicos em moléculas menores e mineralizadas (Garrido-Cardenas *et al.*, 2020).

O objetivo do artigo foi, a partir dos trabalhos mais citados nos últimos 10 anos, levantar o estado da arte da aplicação dos POAs na degradação dos poluentes emergentes metilparabeno, benzofenona e octocrileno.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os parabenos são ésteres alquílicos do ácido p-hidroxibenzóico com funções conservantes empregados em fármacos, alimentos e cosméticos. O metilparabeno ($C_8H_8O_3$) é o mais comum dado seu potencial antimicrobiano, baixo custo de produção, estabilidade em ampla faixa de pH e temperatura, e alta solubilidade em água comparado aos demais do grupo (Kim *et al.*, 2018). Apesar de biodegradável em condições aeróbicas, apresenta caráter pseudo-persistente pelo lançamento contínuo no ambiente (Cetinić *et al.*, 2022).

A benzofenona-3 ou oxibenzona ($C_{14}H_{12}O_3$) também é o mais utilizado dentre os filtros UV (Wnuk *et al.*, 2022), sendo capaz de absorver radiação em um amplo espectro, além de apresentar alta estabilidade à luz e lipofilicidade, inclusive com elevado coeficiente

de partição octanol-água (log K_{ow}>3), o que a torna um composto bioacumulativo em potencial (Domínguez-Morueco *et al.*, 2021).

O octocrileno ($C_{24}H_{27}NO_2$) é um segundo filtro UV que cobre a radiação UVB e parte da UVA, e por isso costuma ser aplicado em associação à outros filtros para estabilizá-los ou oferecer-lhes resistência à água (Scalia, Mezzena, 2009) dado seu comportamento hidrofóbico (log K_{ow}>6) (Margot *et al.*, 2015).

Os POAs foram propostos inicialmente ainda na década de 1980 para tratamentos de água potável. São definidos como processos de oxidação relacionados à geração de espécies reativas de oxigênio em quantidade suficiente para a produção de efluentes recuperados (Garrido-Cardenas *et al.*, 2020). Os radicais OH são capazes de atacar compostos orgânicos via abstração de hidrogênio, combinação ou adição de radicais e transferência de elétrons (Deng, Zhao, 2015).

Essas reações visam a obtenção de CO_2, H_2O e minerais, e podem ser configuradas de diferentes formas, incluindo processos de degradação fotoquímica com ozônio (O_3/UV) ou peróxido de hidrogênio (H_2O_2/UV); fotocatálise pela presença de dióxido de titânio (TiO_2/UV) ou Fe^{2+} (Foto-Fenton); e oxidação química, com somente ozônio (O_3), ozônio combinado ao peróxido (O_3/H_2O_2) e reações Fenton (Fe^{2+}/H_2O_2) (Poyatos *et al.*, 2010).

METODOLOGIA

Através da base de dados *Web of Science* da *Clarivate Analytics*, foram realizadas inicialmente buscas para todos os campos pelos termos “advanced oxidative processes” e “emerging pollutants”, utilizando o operador booleano “AND” e definindo o intervalo de publicação para 10 anos. Posteriormente, foram carregadas informações pertinentes desses artigos e aqueles do tipo avaliação de risco, caracterização de poluentes ou que não seguissem o escopo da pesquisa foram excluídos a partir do conteúdo do resumo.

Outras buscas foram realizadas na mesma base *Web of Science* com os termos “advanced oxidative processes” e cada poluente, “methylparaben”, “benzophenone” e “octocrylene”, e uma análise substituindo os processos oxidativos por “pollutant treatment”, sempre com operador booleano “AND”, conforme Tabela 1.

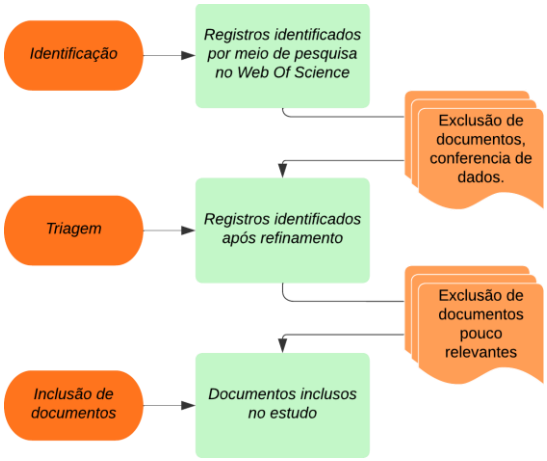
Tabela 1 – Resultados das buscas

Script	Campo	Texto	Operador	Campo	Texto	Período
1	Todos os campos	advanced oxidative processes	and	Todos os campos	emerging pollutants	últimos 10 anos
2	Todos os campos	advanced oxidative processes	and	Todos os campos	methylparaben	últimos 10 anos
3	Todos os campos	advanced oxidative processes	and	Todos os campos	benzophenone	últimos 10 anos
4	Todos os campos	advanced oxidative processes	and	Todos os campos	octocrylene	últimos 10 anos
5	Todos os campos	pollutant treatment	and	Todos os campos	methylparaben	últimos 10 anos
6	Todos os campos	pollutant treatment	and	Todos os campos	benzophenone	últimos 10 anos
7	Todos os campos	pollutant treatment	and	Todos os campos	octocrylene	últimos 10 anos

Fonte: Autoria própria (2023)

O *software* CiteSpace (Chen, 2010) foi aplicado na renderização dos dados para análise das tendências de produção dos trabalhos. Todos os artigos foram avaliados de acordo com a relevância do tema seguindo o fluxograma da Figura 1, de modo a incluir apenas os documentos relacionados ao tratamento dos poluentes.

Figura 1 – Resumo do fluxo de obtenção dos dados



Fonte: Autoria própria (2023)

Dos documentos inclusos, o *software* avaliou os mais relevantes e com maior número de citações, o que levou à seleção das cinco principais referências utilizadas por esses trabalhos. Alguns *scripts* não forneceram documentos em quantidade satisfatória, o que limitou a discussão a um número reduzido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro *script*, Nadour, Boukraa e Benaboura (2019) destacam os avanços no uso de membranas poliméricas de carbono e sua eficiência no tratamento de água contaminada com medicamentos farmacêuticos, ressaltando melhorias na estrutura e desempenho das membranas. Malato *et al.* (2009) abordam a aplicação da fotocatálise e do processo Foto-Fenton na degradação de contaminantes da água, enfatizando a eficiência desses processos e seu potencial para o tratamento de compostos persistentes. Miklos *et al.* (2018) destacam a necessidade de desenvolver tecnologias acessíveis para o tratamento sustentável de poluentes na água, discutindo diferentes POAs e ressaltando a influência das condições operacionais nos resultados. Marchetti e Azevedo (2020) abordam a presença de medicamentos veiculados pela água e a necessidade de desenvolver tecnologias eficientes para esse fim, destacando o uso da reação de Foto-Fenton. Aguilar-Pérez *et al.* (2021) discutem a presença de contaminantes emergentes, como antibióticos e produtos de higiene pessoal, nos meios aquáticos, e sugere o uso de nanopartículas metálicas como mitigadores de poluentes. Esses artigos oferecem uma visão abrangente e crítica das tecnologias no tratamento de água, abordando diferentes aspectos e desafios relacionados à remoção de contaminantes e melhoria da qualidade da água.

No segundo *script*, Dong e Rosario-Ortiz (2012) destacam a formação do radical hidroxila a partir da matéria orgânica efluente, demonstrando a importância desse radical como espécie reativa de oxigênio no processo de degradação de poluentes. Kuş, Bayari e Fausto (2013) concentram-se na caracterização estrutural e fotoquímica do metilparabeno, fornecendo *insights* sobre a existência de diferentes conformações e seus efeitos na fotoatividade do composto. A presença do metilparabeno em tumores de mama humanos e seus efeitos na pele expostos à luz solar são mencionados, ressaltando a importância de compreender os problemas causados pelo poluente. Yamamoto *et al.* (2011) aborda a permanência de sete parabenos em córregos urbanos, indicando a presença desses compostos em ambientes altamente afetados por esgoto doméstico. Os testes de toxicidade realizados em diferentes organismos aquáticos atestam a relação entre a hidrofobicidade dos parabenos e sua toxicidade, além de fornecer uma avaliação do risco ambiental associado às substâncias.

A análise do terceiro *script* apresenta dois estudos sobre o uso de processos oxidativos avançados com a benzofenona, mas que não tratam da substância como poluente. Kaimeng *et al*. (2020) discutem sobre a síntese da hidrazina, enquanto o trabalho de Morales e Ogale (2013) relata a processabilidade e propriedades de fibras de poliacrilonitrila, deixando claro a falta de estudos sobre o uso de POAs para a degradação da benzofenona.

Para o quarto *script* não foram encontrados artigos na base de dados, o que evidencia a falta de estudos sobre o uso das tecnologias de processos oxidativos avançados no tratamento do poluente octocrileno. Outros estudos para a degradação deste poluente são apresentados no sétimo *script*.

Baseado no quinto *script*, os parabenos são altamente absorvidos pela pele e podem entrar em circulação no organismo. Boberg *et al*. (2010) observaram que em estudos envolvendo animais, eles foram responsáveis pela disrupção endócrina, sendo necessárias novas pesquisas que relacionem as concentrações e seus efeitos sobre os humanos. González-Mariño *et al*. (2011) demonstraram que houve remoção acima de 90% dos parabenos e seus subprodutos a partir da estação de tratamento de água. No laboratório, em teste com lodo ativado, essa tendência de degradação foi confirmada, além de ter sido demonstrada uma meia-vida inferior a 10 horas para o n-butil-parabeno. Em estudo feito por Gmurek *et al*. (2015), a remoção total desses compostos se deu após duas horas de exposição à radiação UVC e seis minutos utilizando UVC e H_2O_2.

No sexto *script*, dentre os artigos encontrados que citavam o tratamento da benzofenona, pode-se destacar apenas o estudo de Gago-Ferrero *et al*. (2013), que aplicaram o processo oxidativo avançado de ozonização e oxidação por peróxido de hidrogênio na benzofenona-3. O que se observou foi a formação de subprodutos a partir da desmetilação e a ação dos radicais hidroxila, sendo que os subprodutos continuaram sendo prejudiciais ao meio, enfatizando a necessidade de mais estudos para remoção dos subprodutos formados pela sua oxidação.

No sétimo *script*, Biel-Maeso *et al*. (2019) trataram em seu estudo sobre a remoção de compostos presentes em produtos de uso pessoal, os quais aparecem em amostras de água de consumo e oferecem riscos a quem consome, incluindo filtros UV, fragrâncias e surfactantes. Eles utilizaram como amostras efluentes de águas residuais, lodo e água da

estação de tratamento, e dos 66 compostos alvo, 44% foram encontrados. Aqueles que obtiveram as maiores concentrações foram fragrâncias e produtos com filtros UV, e mesmo após tratamento, o octocrileno não foi eficientemente removido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que há um número considerável de estudos sobre o uso de POAs para o tratamento de poluentes emergentes, mas também destaca a ausência de trabalhos específicos sobre o uso dessas tecnologias para a degradação de metilparabeno, benzofenona e octocrileno. Além disso, os estudos analisados fornecem *insights* sobre a estrutura e desempenho de membranas poliméricas de carbonos, a cinética e toxicidade dos poluentes, a presença de substâncias em ambientes aquáticos e os riscos associados a elas. A pesquisa destaca a importância de se desenvolver tecnologias de tratamentos eficientes para lidar com poluentes emergentes e fornece informações relevantes sobre o uso de POAs na degradação dessas substâncias.

REFERÊNCIAS

AGUILAR-PÉREZ, K. M.; AVILÉS-CASTRILLO, J. I.; RUIZ-PULIDO, G.; MEDINA, D. I.; PARRA-SALDIVAR, R.; IQBAL, H. M. N. Nanoadsorbents in focus for the remediation of environmentally-related contaminants with rising toxicity concerns. *Science of The Total Environment*, v. 779, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146465. Acesso em: 14 jun. 2023.

ALFONSO, S.; GESTO, M.; SADOUL, B. Temperature increase and its effects on fish stress physiology in the context of global warming. *Journal of Fish Biology*, v. 98, n. 6, p. 1496-1508, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jfb.14599. Acesso em: 12 jun. 2023.

BIEL-MAESO, M.; CORADA-FERNÁNDEZ, C.; LARA-MARTÍN, P. A. Removal of personal care products (PCPs) in wastewater and sludge treatment and their occurrence in receiving soils. *Water Research*, v. 150, p. 129-139, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.11.045. Acesso em: 18 jun. 2023.

BOBERG, J.; TAXVIG, C.; CRISTIANSEN, S.; HASS, U. Possible endocrine disrupting effects of parabens and their metabolites. *Reproductive Toxicology*, v. 30, n. 2, p. 301-312, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2010.03.011. Acesso em: 18 jun. 2023.

CETINIĆ, K. A.; GRGIĆ, I.; PREVIŠIĆ, A.; ROŽMAN, M. The curious case of methylparaben: Anthropogenic contaminant or natural origin?. *Chemosphere*, v. 294, 133781, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133781. Acesso em: 12 jun. 2023.

CHEN, C. *System and method for automatically generating systematic reviews of a scientific field*. US Patent US20110295903A1. 2010.

DENG, Y.; ZHAO, R. Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Wastewater Treatment. *Current Pollution Reports*, v. 1, p. 167-176, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s40726-015-0015-z. Acesso em: 12 jun. 2023.
DOMÍNGUEZ-MORUECO, N.; MORENO-MERINO, L.; MOLINS-DELGADO, D.; DÍAZ-CRUZ, M. S.; AZNAR-ALEMANY, Ò.; ELJARRAT, E.; FARRÉ, M.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; ALDA, M. L. DE; SILVA, A.; VALSERO, J. J. D.; VALCÁRCEL, Y. Anthropogenic contaminants in freshwater from the northern Antarctic Peninsula region. *Ambio*, v. 50, p. 544-559, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13280-020-01404-x. Acesso em: 12 jun. 2023.

DONG, M. M.; ROSARIO-ORTIZ, F. L. Photochemical Formation of Hydroxyl Radical from Effluent Organic Matter. *Environmental Science & Technology*, v. 46, n. 7, p. 3788-3794, 2012. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es2043454. Acesso em: 14 jun. 2023.

GAGO-FERRERO, P.; DEMEESTERE, K.; SILVIA DÍAZ-CRUZ, M.; BARCELÓ, D. Ozonation and peroxone oxidation of benzophenone-3 in water: Effect of operational parameters and identification of intermediate products. *Science of The Total Environment*, v. 443, p. 209-217, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.006. Acesso em: 18 jun. 2023.

GAGO-FERRERO, P.; DÍAZ-CRUZ, M. S.; BARCELÓ, D. An overview of UV-absorbing compounds (organic UV filters) in aquatic biota. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 404, p. 2597-2610, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00216-012-6067-7. Acesso em: 12 jun. 2023.

GARRIDO-CARDENAS, J. A.; ESTEBAN-GARCÍA, B.; AGÜERA, A.; SÁNCHEZ-PÉREZ, J. A.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Wastewater Treatment by Advanced Oxidation Process and Their Worldwide Research Trends. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 1, 170, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijerph17010170. Acesso em: 12 jun. 2023.

GAVRILESCU, M.; DEMNEROVÁ, K.; AAMAND, J.; AGATHOS, S.; FAVA, F. Emerging pollutants in the environment: present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation. *New Biotechnology*, v. 32, n. 1, p. 147-156, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.nbt.2014.01.001. Acesso em: 12 jun. 2023.

GMUREK, M.; ROSSI, A. F.; MARTINS, R. C.; QUINTA-FERREIRA, R. M.; LEDAKOWICZ, S. Photodegradation of single and mixture of parabens – Kinetic, by-products identification and cost-efficiency analysis. *Chemical Engineering Journal*, v. 276, p. 303-314, 2015. Disponível em; https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.04.093. Acesso em: 18 jun. 2023.

GONZÁLEZ-MARIÑO, I.; QUINTANA, J. B.; RODRÍGUEZ, I.; CELA, R. Evaluation of the occurrence and biodegradation of parabens and halogenated by-products in wastewater by accurate-mass liquid chromatography-quadrupole-time-of-flight-mass spectrometry (LC-QTOF-MS). *Water Research*, v. 45, n. 20, p. 6770-6780, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.10.027. Acesso em: 18 jun. 2023.
KAIMENG, H.; SIYUAN, C.; CHANGJIU, X.; BIN, Z.; HONGYI, G.; XINXIN, P.; MIN, L.; YIBIN, L.; GE, W.; XINGTIAN, S. HKUST-1 derived Cu@CuOx/carbon catalyst for base-free aerobic oxidative coupling of benzophenone imine: high catalytic efficiency and excellent regeneration performance. *RSC Advances*, v. 10, n. 59, p. 36111-36118, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1039/D0RA06367C. Acesso em: 17 jun. 2023.

KIM, D.; CUI, R.; MOON, J.; KWAK, J. I.; KIM, S. W.; KIM, D.; AN, Y. Estimation of the soil hazardous concentration of methylparaben using a species sensitivity approach. *Environmental Pollution*, v. 242, p. 1002-1009, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.053. Acesso em: 12 jun. 2023.

KUŞ, N.; BAYARI, S. H.; FAUSTO, R. Methylparaben Isolated in Solid Argon: Structural Characterization and UV-Induced Conversion into Methylparaben Radical and Isomeric Ketenes. *The Journal of Physical Chemistry B*, v. 117, n. 3. p. 13543-13555, 2013. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jp408366x. Acesso em: 14 jun. 2023.

LEI, M.; ZHANG, L.; LEI, J.; ZONG, L.; LI, J.; WU, Z.; WANG, Z. Overview of Emerging Contaminants and Associated Human Health Effects. *BioMed Research International*, v. 2015, 404796, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1155/2015/404796. Acesso em: 12 jun. 2023.

MALATO, S.; FERNÁNDEZ-IBÁÑEZ, P.; MALDONADO, M. I.; BLANCO, J.; GERNJAK, W. Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: Recent overview and trends. *Catalysis Today*, v. 147. n. 1, p. 1-59, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cattod.2009.06.018. Acesso em: 14 jun. 2023.

MARCHETTI, M. D.; AZEVEDO, E. B. Degradation of NSAIDs by optimized photo-Fenton process using UV-LEDs at near-neutral pH. *Journal of Water Process Engineering*, v. 35, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101171. Acesso em: 14 jun. 2023.

MARGOT, J.; ROSSI, L.; BARRY, D. A.; HOLLIGER, C. A review of the fate of micropollutants in wastewater treatment plants. *WIREs Water*, v. 2, n. 5, p. 457-487, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1002/wat2.1090. Acesso em: 12 jun. 2023.

MIKLOS, D. B.; REMY, C.; JEKEL, M.; LINDEN, K. G.; DREWES, J. E.; HÜBNER, U. Evaluation of advanced oxidation processes for water and wastewater treatment – A critical review. *Water Research*, v. 139, p. 118-131, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.03.042. Acesso em: 14 jun. 2023.

MORALES, M. S.; OGALE, A. A. Wet-spun, photoinitiator-modified polyacrylonitrile precursor fibers: UV-assisted stabilization. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 130, n. 4, p. 2494-2503, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1002/app.39442. Acesso em: 17 jun. 2023.

NADOUR, M.; BOUKRAA, F.; BENABOURA, A. Removal of Diclofenac, Paracetamol and Metronidazole using a carbon-polymeric membrane. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 7, n. 3, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103080. Acesso em: 14 jun. 2023.

PATEL, N.; KHAN, M. Z. A.; SHAHANE, S.; RAI, D.; CHAUHAN, D.; KANT, C.; CHAUDHARY, V. K. Emerging Pollutants in Aquatic Environment: Source, Effect, and Challenges in Biomonitoring and Bioremediation – A review. *Pollution*, v. 6, n. 1, p. 99-113, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.22059/poll.2019.285116.646. Acesso em: 12 jun. 2023.

POYATOS, J. M.; MUÑIO, M. M.; ALMECIJA, M. C.; TORRES, J. C.; HONTORIA, E.; OSORIO, F. Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment: State of the Art. *Water, Air, and Soil Pollution*, v. 205, p. 187-204, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11270-009-0065-1. Acesso em: 12 jun. 2023.

RAMOS, S.; HOMEM, V.; ALVES, A.; SANTOS, L. A review of organic UV-filters in wastewater treatment plants. *Environment International*, v. 86, p. 24-44, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.004. Acesso em: 12 jun. 2023.

SCALIA, S.; MEZZENA, M. Incorporation in Lipid Microparticles of the UVA Filter, Butyl Methoxydibenzoylmethane Combined with the UVB Filter, Octocrylene: Effect on Photostability. *AAPS PharmSciTech*, v. 10, p. 384-390, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1208/s12249-009-9217-2. Acesso em: 12 jun. 2023.

WNUK, W.; MICHALSKA, K.; KRUPA, A.; PAWLAK, K. Benzophenone-3, a chemical UV-filter in cosmetics: is it really safe for children and pregnant women?. *Advances in Dermatology and Allergology*, v. 39, n. 1, p. 26-33, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.5114/ada.2022.113617. Acesso em: 12 jun. 2023.

YAMAMOTO, H.; TAMURA, I.; HIRATA, Y.; KATO, J.; KAGOTA, K.; KATSUKI, S.; YAMAMOTO, A.; KAGAMI, Y.; TATARAZAKO, N. Aquatic toxicity and ecological risk assessment of seven parabens: Individual and additive approach. *Science of The Total Environment*, v. 410-411, p. 102-111, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.09.040. Acesso em: 14 jun. 2023.

AGROQUÍMICOS E SEUS EFEITOS CITOTÓXICOS E MUTAGÊNICOS EM BIOINDICADORES: UMA REVISÃO

Clisley Marielly Ribeiro LAMEIRA[1], Daniela Caroline ANTES[1]

Gisele Redivo GONÇALVES[2], Iago Vinicios LIMA[2], Franciele Ani Caovilla FOLLADOR[3], Gisele ARRUDA[3], Eduardo Michel Vieira GOMES[4], Elisângela DÜSMAN[1,5]

[1]Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA),
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Acadêmico de Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[3] Centro de Ciências da Saúde
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[4] Departamento Acadêmico de Física, Estatística e Matemática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[5] Departamento Acadêmico de Química e Ciências Biológicas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

E-mails: clis.mary602@gmail.com, danielaantes@gmail.com, gisaredivo@gmail.com, iagolivre@gmail.com, francaovilla@hotmail.com, giselearrudabioq@gmail.com, eduardogomes@utfpr.edu.br, edusman@utfpr.edu.br

Resumo: *A agricultura é uma atividade que se destaca na economia brasileira. Assim, a utilização de agroquímicos desempenha um papel fundamental no aumento da produtividade agrícola, resultando em maiores colheitas em áreas cultivadas. Os testes de ecotoxicidade são importantes ferramentas que possibilitam avaliar e monitorar a magnitude dos impactos das substâncias químicas nos ecossistemas. Assim o objetivo do presente estudo foi fazer uma revisão sobre os testes de citotoxicidade e mutagenicidade, em diferentes bioindicadores, de alguns agroquímicos e pesticidas, como Diuron, Fusilade e Glifosato. Desta forma, dos 85 artigos foram encontrados na base de dados Web of Science, 16 foram utilizados, a partir dos critérios de inclusão e exclusão, com um intervalo de seleção dos últimos 10 anos. Pode-se notar que os efeitos negativos dos agroquímicos vem sendo relatados pela literatura há muito tempo, visto que podem se bioacumular e afetar os ecossistemas de muitas formas, como, alterando padrões comportamentais, de*

reprodução, declínio de populações. Desta forma, entender como os mesmos afetam a biota permite que estratégias sejam traçadas a fim de amenizar os efeitos tóxicos.

Palavras-chave: *Agricultura; agroquímicos; ecotoxicidade;*

INTRODUÇÃO

A agricultura responde por, aproximadamente, 24% do PIB brasileiro (CEPEA, 2022), tendo assim um papel importante na economia nacional. O aumento da produtividade agrícola se deu, principalmente, pelo desenvolvimento da tecnologia nas áreas de maquinários, fertilizantes e corretivos, melhorias genéticas e herbicidas e inseticidas.

Especificamente com relação ao controle de ervas daninhas na agricultura, nos primórdios da produção, eram utilizados meios mecânicos para seu manejo (LISBOA, 2021). Com o passar dos anos, o uso de outros meios de controle se fez necessário, assim, pesquisas para criação de herbicidas foram avançando. Durante a guerra do Vietnã, um herbicida se tornou muito popular, conhecido como o agente laranja, que continha em sua fórmula o ácido diclorofenoxiacético (2,4-D). Este foi utilizado como arma química pelos EUA durante o conflito, causando danos às florestas e, especialmente, à população local, que possui vestígios do herbicida até hoje em moradores das novas gerações, o que demonstra o quão danoso é fazer parte de um ciclo cumulativo inacabado.

No Brasil, na década de sessenta a utilização de “venenos” mais potentes foi necessária, dando início ao consumo dos agroquímicos no país. A demanda por eles foi tanta que diversos produtores começaram a importar estas mercadorias, dentre elas o glifosato, conhecido pelo nome comercial de Roundup (EMBRAPA, 2018).

O meio ambiente vem sendo prejudicado com o crescente número de inseticidas e pesticidas. Para se obter um maior controle da situação, pesquisas foram feitas e, se concluiu que para determinar o quanto um pesticida ou inseticida é prejudicial ao meio ambiente, faz-se o uso de bioindicadores. Bioindicadores são espécies que demonstram se ocorreram ou não transformações naquele local, por meio de atividades mitocondriais. Existem também outras maneiras de se monitorar os riscos à saúde, dentre elas estão: a avaliação da concentração de agentes químicos em amostras e também a medição de parâmetros

biológicos, chamados biomarcadores. Estes, indicam se a exposição a estes agrotóxicos tem sido intensa.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Definição e classificação dos agrotóxicos

Chini (2014) define que os agroquímicos são substâncias utilizadas na agricultura com o objetivo de minimizar o impacto das pragas nas plantações. Esses produtos podem conter elementos como metais pesados, nitratos e outros componentes que podem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente. No Brasil, o termo agrotóxico foi definido a partir da Constituição Federal de 1988, destacando produtos com toxicidade que podem ter efeitos adversos no meio ambiente e na saúde humana (FRANZ e LINK, 2011). De acordo com a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, define-se agroquímicos como agentes de processos biológicos, físicos e químicos, que são destinados ao uso nos distintos setores de produção, no armazenamento e melhoramento de produtos agrícolas (BRASIL, 1989).

Os agroquímicos classificam-se de acordo com classificação toxicológica conforme segue (ANVISA, 2019, p. 1):

> [...] Categoria 1 – Produto Extremamente Tóxico – faixa vermelha
> Categoria 2 – Produto Altamente Tóxico – faixa vermelha
> Categoria 3 – Produto Moderadamente Tóxico – faixa amarela
> Categoria 4 – Produto Pouco Tóxico – faixa azul
> Categoria 5 – Produto Improvável de Causar Dano Agudo – faixa azul

Uso de Agrotóxicos no Brasil e no mundo

O Brasil ocupa uma posição de destaque como um dos maiores consumidores de agroquímicos no mundo, juntamente com os Estados Unidos, China e Japão. (VASCONCELOS, 2018; FROTA e SIQUEIRA, 2021). Carneiro et al. (2015) observaram que no período de 2002 a 2012 o mercado global de agroquímicos registrou um crescimento de 93%. Nos últimos 10 anos, o mercado de agroquímicos no Brasil expandiu-se em impressionantes 190%, posicionando o país como o maior consumidor desde 2008 (LOPES e ALBUQUERQUE, 2018).

A utilização de agroquímicos desempenha um papel fundamental no aumento da produtividade agrícola, resultando em maiores colheitas em áreas cultivadas (VEIGA, 2007). Além dos benefícios para a produtividade, a indústria de agroquímicos impulsiona o mercado tanto a nível nacional quanto internacional. Estima-se que em 2017 as vendas de agrotóxicos tenham atingido US $8,9 bilhões, correspondendo a aproximadamente 16% do mercado global (SINDIVEG, 2017; AGROPAGES, 2018).

Dessa forma, embora existam problemas relacionados ao uso de agroquímicos e seus potenciais efeitos negativos na saúde humana e no meio ambiente, a indústria desempenha um papel significativo na movimentação do Produto Interno Bruto (PIB) de países como Brasil e Estados Unidos. Além disso, o uso de agroquímicos contribui para a redução da infestação de doenças e pragas em lavouras e plantações (SALMÓRIA et al., 2016).

Testes de ecotoxicidade

Os testes de toxicidade são realizados com o objetivo de determinar as relações entre dose e efeito, que têm como finalidade identificar alterações biológicas no organismo. Além disso, a dose-resposta indica a proporção de uma população ou indivíduo que apresenta um efeito específico, proporcionando uma base para a avaliação de riscos (MAGALHÃES e FERRÃO FILHO, 2008).

Os testes podem ser empregados para avaliar se uma fonte poluidora específica possui toxicidade para a biota, sendo úteis na monitorização dos ecossistemas para detectar impactos. Além disso, desempenham uma função reguladora ao determinar a permissão ou proibição do uso de determinado produto químico (MAGALHÃES e FERRÃO FILHO, 2008).

Os testes ecotoxicológicos apresentam como organismo-teste diferentes representantes, tanto de ambientes terrestres, como ambientes aquáticos, tais como, colêmbolos, minhocas, enquitreídeos, algas, poliquetas, microcrustáceos e peixes (CARVALHO et al., 2009). É recomendado que os organismos-teste sejam cultivados em

ambiente de laboratório, de preferência, para garantir que os ensaios de toxicidade não sejam afetados por condições adversas (ARENZON, 2011).

METODOLOGIA

O trabalho usou como fonte o indexador de artigos *Web of Science*, utilizando os seguintes termos na pesquisa "mutagenic, cytotoxicity, pesticides, in vitro, tadpoles, Diuron, Fusilade e Glyphosate", com resultados que estivessem em um intervalo de tempo nos últimos 10 anos.

Em seguida foram selecionados os artigos que estivessem dentro do tema proposto, excluindo artigos de revisão e que diferiam da temática. Para a seleção dos artigos mais relevantes e com mais relevância, foi utilizado o Software CiteSpace.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 85 artigos encontrados na base de dados (Tabela 1), 16 foram utilizados, a partir dos critérios de inclusão e exclusão, com um intervalo de seleção dos últimos 10 anos.

Tabela 1 – Quantitativos de artigos identificados para cada conjunto de palavras-chave na busca na base *Web of Science*

Indexador	Palavras-chave	Resultados	Período
Web of Science	Cytotoxicity in vitro glyphosate	50	Últimos 10 anos
Web of Science	Cytotoxicity in vitro Diuron	9	Últimos 10 anos
Web of Science	Cytotoxicity in vitro Fusilade	0	Últimos 10 anos
Web of Science	Mutagenic cytotoxic pesticides	18	Últimos 10 anos
Web of Science	Cytotoxicity pesticides tadpoles	4	Últimos 10 anos
Web of Science	Mutagenic pesticides tadpoles	4	Últimos 10 anos

Fonte: Autoria própria (2023)

O efeito dos agroquímicos sobre espécies que não são seu alvo primário, ainda carece de estudo, muitos destes mecanismos de ação ainda não foram evidenciados totalmente. Desta forma, pode-se citar o trabalho de Lajmanovich *et al.*, (2022), que utilizando girinos da espécie *Scinax squalirostris* expostos ao glifosato e ao glufosinato de amônio, além de microplásticos (polietileno), identificaram a ocorrência de ligação entre estes compostos, elevando a ecotoxicidade. Nos girinos, a exposição alterou as concentrações de

acelticolinesterase (AChE), carboxilesterase e da glutationa-s-transferase, sendo que a concentração de AChE é um elemento que confirma a ecotoxicidade.

O efeito citotóxico do glifosato *in vitro* é observado em estudos aplicados a organismos e linhagens celulares. Hao *et al.* (2019), utilizaram três diferentes linhagens de células humanas, fígado, pulmão e tecido nervoso, e confirmaram a citotoxicidade do glifosato para estas culturas de células. O efeito citotóxico do glifosato também foi observado na espécie *Danio rerio* (Peixe-zebra), levando a alterações reprodutivas, além da possibilidade de causarem outros efeitos tóxicos como disrupção da via de biossíntese esteroidogênica e estresse oxidativo (WEBSTER *et al.*, 2014).

Mesnage *et al.* (2012), usando células hepáticas embrionárias e linhagens celulares da placenta, verificaram que compostos adjuvantes do glifosato, dentre estes o POE-15, levou a necrose tecidual. Assim, sugerem mais trabalhos com todos os compostos presentes nas composições comerciais dos agroquímicos, pois estes agem de forma diferente do composto principal.

Comparando resultados de seu estudo *in vitro* e *in vivo* Alvarez-Moya *et al.* (2014), com o uso de glifosato e isopropilamina, observaram que os danos se apresentam em maior quantidade nas células *in vitro*, isso se deve a possível metabolização mais eficaz nas células *in vivo*. Entretanto, o glifosato foi genotóxico para todas as células e organismos testados. Já Kwaitkowska *et al.* (2017) observaram alterações epigenéticas, através da metilação, influenciando a expressão de oncogenes, inferindo desta forma uma possível correlação entre o agroquímico glifosato e neoplasias.

Quanto ao herbicida Diuron, Zhou *et al.* (2022) observaram o peixe *Oryzias melastigma*, exposto desde a fase embrionária até a fase adulta as concentrações de 0,5, 5, 50, 500 e 5000 ng/L deste agroquímico, apresentou alterações nos padrões reprodutivos, desde a mobilidade do esperma até a alteração entre os padrões de hormônios sexuais e expressão gênica. Além disso, o Diuron é agonista do receptor hidrocarboneto arílico (AhR), aumentando a expressão deste gene e, consequentemente, a produção de enzimas no fígado. Todas estas alterações metabólicas e comportamentais podem colocar estas espécies marinhas em risco.

Em ratos, a exposição das mitocôndrias do trato urotelial ao Diuron, levou a alteração de diversas moléculas envolvidas no funcionamento da organela, associando desta forma a relação entre o agroquímico e seu efeito na morte celular (LIMA *et al.*, 2022). Da Rocha et al. (2013), também utilizando trato urotelial de ratos, observou que os metabólitos do Diuron apresentaram efeitos citotóxicos, degeneração das células do tecido urotelial, necrose, esfoliação e por conseguinte a proliferação celular descontrolada que gera neoplasias nos animais.

Já Huovinen *et al.* (2015) utilizaram uma linhagem de células cancerígenas humanas a fim de testar a toxicidade do Diuron, como resultado se observou um aumento da expressão de oncogenes, demonstrando assim seu efeito citotóxico e possivelmente genotóxico também.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de agroquímicos na agricultura desempenha um papel significativo no aumento da produtividade, mas também pode ter impactos negativos nos ecossistemas. Os testes de ecotoxicidade são ferramentas cruciais para avaliar e monitorar os efeitos dessas substâncias químicas no meio ambiente. A literatura científica relata há muito tempo os efeitos adversos desses produtos, incluindo a bioacumulação e o impacto na biodiversidade e nos ciclos ecológicos. Compreender como os agroquímicos afetam a biota é essencial para traçar estratégias que minimizem os efeitos tóxicos e promovam práticas agrícolas mais sustentáveis. A busca contínua por alternativas mais seguras e a conscientização sobre os impactos ambientais desses produtos são fundamentais para garantir a saúde dos ecossistemas e a sustentabilidade da agricultura.

REFERÊNCIAS

AGROPAGES. Top 20 Brazilian agrochem companies in 2017: Mergers will increase market concentration in the future. Disponível em: <https://news.agropages.com/News/NewsDetail---28374.htm > Acessado dia 10 jun. 2023.

ALVAREZ-MOYA, C. *et al.* Comparison of the in vivo and in vitro genotoxicity of glyphosate isopropylamine salt in three different organisms. *Genetics and molecular biology*, v. 37, n. 1, p. 105–10, 2014.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Publicada reclassificação toxicológica de agrotóxicos. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos>. Acesso em: 18/06/2023.

ARENZON, A.; NETO, T. GERBER. W. Manual sobre Toxicidade em Efluentes Industriais. *Porto Alegre: CESPE/SENAI de Artes Gráficas Henrique D'ávila Bertaso*, 2011.

BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Institui o Código Civil. *Presidência da República Casa Civil***:** Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, DF, n. 8, p. 1-74, 11 dez. 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm. Acesso em: 10/06/2022.

CARNEIRO, F. F. *et al.* Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. *Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular*, 2015.

CARVALHO, A. E. F. *et al.* Avaliação ecotoxicológica de ecossistemas aquáticos da bacia hidrográfica do rio Itaqueri (Itirapina/Brotas, SP): uma análise espacial. *In:* Jornada Científica, Tecnológica e Cultural da UFSCar, 2009.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. "PIB do Agronegócio Brasileiro 2022". Março 2023 a.

CHINI, P. Uso de minhocas da espécie *Eisenia fetida*, como bioindicadoras em solos contaminados com agrotóxicos. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) Universidade do Sul de Santa Catarina, 2014

DA ROCHA, M. S. *et al.* Diuron metabolites and urothelial cytotoxicity: In vivo, in vitro and moleculares approaches. *Toxicology*, v. 314, n. 2–3, p. 238–246, 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. "Trajetória da agricultura brasileira". 2018 a.

FRANZ, A.; LINK, D. Um olhar sobre a utilização de agrotóxicos no município de Novo Barreiro/RS, através do projeto de educação ambiental, aplicado nas séries finais do ensino fundamental na Escola Municipal de Ensino Fundamental Zeferino Brasil. *Revista Monografias Ambientais***,** v. 4, n. 4, p. 672-695, 2011.

FROTA, M. T. B. A.; SIQUEIRA, C. E. Agrotóxicos: os venenos ocultos na nossa mesa. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 37, n. 2. 2021.

HAO, Y. *et al*. Evaluation of the cytotoxic effects of glyphosate herbicides in human liver, lung, and nerve. *Journal of environmental science and health. Part. B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*, v. 54, p. 1–8, 24 jun. 2019.

HUOVINEN, M. *et al.* Toxicity of diuron in human cancer cells. *Toxicology in vitro*, v. 29, n. 7, p. 1577–1586, 2015.

KWIATKOWSKA, M. *et al.* DNA damage and methylation induced by glyphosate in human peripheral blood mononuclear cells (in vitro study). *Food Chem Toxicol*. v. 105, p. 93–98, jul. 2017.

LAJMANOVICH, R. C, *et al*. Glyphosate and glufosinate ammonium, herbicides commonly used on genetically modified crops, and their interaction with microplastics: Ecotoxicity in anuran tadpoles. *Sci Total Environ*. v. 804, 2022.

LIMA, T. R. R. *et al.* Molecular signatures associated with diuron exposure on rat urothelial mitochondria. *Toxicology Mechanisms and Methods*, v. 32, n. 8, p. 628–635, 13 out. 2022.

LISBÔA, H.; MOURA, A. S.; TAROUCO, C. P.; *et al.* Plantas Daninhas. *São Paulo-SP: Grupo A*, 2021.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. DE. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. *Saúde em Debate*, v. 42, n. 117. p. 518–534, 2018.

MAGALHAES, D.; FERRÃO FILHO. A. S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. *Oecologia Brasiliensis*, v. 12, n.3, p.355-381, 2008.

MESNAGE, R. *et al.* Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits. *Food and Chemical Toxicology*, v. 84, p. 133–153, 2015.

REGISTRO DE AGROQUÍMICOS NO BRASIL – SINDIVEG. Disponível em:< https://sindiveg.org.br/registro-de-agroquimicos-no-brasil/> Acesso em: 10/06/2023.

SALMÓRIA. A. C. F. *et al*. Agrotóxicos: benefícios e malefícios para a produção e sociedade - Análise dos dados do CEPON - Centro de pesquisas oncológicas**.** Iniciação Científica- Instituto Federal Catarinense **-** Campus Araquari. 2016.

VASCONCELOS. Y. Agrotóxicos na berlinda. *pesquisa fapesp 271***.** 2018. Disponível em: < https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4983997/mod_resource/content/1/Vasconcelos_2018 _Agrot%C3%B3xicos%20na%20berlinda.pdf> Acesso dia: 10/06/2022.

VEIGA, M. M. Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 12, n.1, pag 145-152. 2007.

WEBSTER, T. M. U.; LAING, L. V.; FLORANCE, H.; SANTOS, E. M. Effects of Glyphosate and its Formulation, Roundup, on Reproduction in Zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Science & Technology*, v. 48, n. 2, p. 1271–1279, 2014.

ZHOU, Y. *et al.* Aryl hydrocarbon receptor agonist diuron and its metabolites cause reproductive disorders in male marine medaka (Oryzias melastigma). *Chemosphere*, v. 305, p. 135388, out. 2022.

UTILIZAÇÃO DA LAVANDA PARA FINS MEDICINAIS: UMA REVISÃO

Thais de Souza Visgueira LIMA[1], Maria Helene Giovanetti CANTERI[2], Irede Angela Lucini DALMOLIN[3], Elisângela DÜSMAN[2],

[1]Acadêmica de Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil
[2]Departamento Acadêmico de Química e Biologia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil
[3]Departamento Acadêmico de Engenharia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: thaissvl74@gmail.com, canteri@professores.utfpr.edu.br, irededalmolin@utfpr.edu.br, edusman@utfpr.edu.br

Resumo: *As plantas do gênero Lavandula sp., estão sendo amplamente utilizadas em diversos tratamentos devido às suas propriedades bioativas presente em suas folhas, flores e caules. Caracterizada como planta medicinal, seu uso é determinado como um tratamento natural, alternativo e/ou complementar aos tratamentos convencionais. Assim, o objetivo deste trabalho de revisão foi identificar os estudos relacionados a utilização da lavanda em diversos tratamentos. A revisão indica que a lavanda apresenta alto índice de antioxidantes, que podem ser usados em inúmeros tratamentos, em especial para a atividade antitumoral. A planta também mostrou efetividade quanto aos tratamentos alternativos aromáticos contra a ansiedade, insônia e até mesmo a depressão. Assim, destaca-se o efeito benéfico da lavanda para a saúde humana.*

Palavras-chave: *Plantas medicinais; Tratamento complementar; Compostos bioativos; Antioxidantes.*

INTRODUÇÃO

As plantas medicinais desempenham inúmeras atividades no tratamento de doenças devido à presença de seus princípios ativos, que podem variar de acordo com a espécie. Seus compostos têm apresentado grande potencial no desenvolvimento de medicamentos devido à eficácia do tratamento (SANTOS; SILVA; VASCONCELOS, 2021).

Plantas do gênero *Lavandula* sp. apresentam em seus extratos ampla atividade biológica que despertam o interesse farmacológico (HÉRAL *et al.*, 2021). A lavanda vem

sendo amplamente estudada, para aprofundar as ações de suas propriedades terapêuticas, dentre eles a *L. angustifolia* demonstrou diminuir os níveis de ansiedade após o uso de seu óleo essencial (GNATTA; DORNELLAS; SILVA, 2011).

Os compostos voláteis presentes na lavanda estão armazenados nos tecidos vegetais da planta e são emitidos após um estresse biótico ou abiótico (HÉRAL *et al*., 2021), como os compostos fenólicos (PATEIRO *et al*., 2021), que desempenham atividade antioxidante no organismo humano por meio do sequestro dos radicais livres. A presença dos radicais livres pode causar doenças vasculares, cardíacas e até cancerígenas (REFOSCO et al., 2019), assim, o extrato obtido da lavanda vem sendo amplamente usado para combater esses radicais no organismo humano (EL-ABDALI *et al*., 2022).

Sua aplicabilidade é realizada em atividades sedativas, antiinflamatórias, antioxidantes, antimicrobiana, além de demonstrarem efeitos potenciais anticancerígenos e antimutagênicos (HÉRAL *et al.*, 2021).

Desta maneira, o objetivo desse trabalho foi identificar os estudos relacionados à utilização da lavanda em tratamentos contra a ansiedade, depressão e sobre sua atividade antitumoral.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As plantas são utilizadas ao longo de muitos anos pela humanidade para fins medicinais, e vêm ganhando espaço na indústria farmacológica devido às suas propriedades terapêuticas. Com o avanço científico, as plantas medicinais tornaram-se um recurso alternativo e/ou complementar em diversos tratamentos de doenças (BORTOLUZZI; SCHIMITT; MAZUR, 2020). Além da prevenção, a utilização das plantas medicinais melhora a qualidade de vida do ser humano, são acessíveis e sustentáveis, pois minimizam a dependência do uso de remédios (ALCANTARA; JOAQUIM; SAMPAIO, 2015). Devido às suas propriedades fitoterápicas, atualmente as plantas medicinais contemplam uma grande gama de aplicações, sendo esta encorajada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (MATTOS *et al.*, 2018).

Em 2006, foi aprovado a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) no Brasil que contempla e direciona o uso das plantas em

tratamentos terapêuticos no Sistema Único de Saúde (SUS) de acordo com as recomendações da OMS (BRASIL, 2015). Para melhor eficácia do uso dessas plantas é necessário realizar a identificação correta de seus compostos, assim como preparação, manuseio e dose de aplicação (PEDROSO; ANDRADE; PIRES, 2021).

A lavanda, é uma planta pertencente à família *Lamiaceae* conhecida principalmente por seus compostos aromáticos. No Brasil, é comum encontrar seus arbustos na região Sul e Sudeste devido ao clima temperado, que é ideal para o cultivo das espécies *L. dentata* e *L. stoechas* (ADUMUCHIO; DESCHAMPS; MACHADO, 2017). Seu gênero, *Lavandula sp*. provém da bacia do Mediterrâneo que compõe 39 espécies, compostos por diversos metabólitos secundários derivados dos monoterpenos e sesquiterpenos (HÉRAL *et al*., 2021).

Desta maneira, estudos relacionados à *Lavandula sp*. tem demostrado um alto potencial quanto às propriedades bioativas em seu extrato, como as ações analgésicas, antiinflamatórias, sedativas, antioxidantes (OUESLATI *et al*., 2020), antifúngicas, antibacterianas (DAMMAK *et al*., 2019) e citotóxicas (JUSTUS *et al*., 2019). Assim, a extração de seus compostos pode ocorrer por hidrodestilação, destilação por arraste a vapor, extração com solventes orgânicos, extração por fluido supercrítico, entre outros (SERRANO; FIGUEIREDO, 2018).

METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica da planta do gênero *Lavandula* e sua aplicação no tratamento de doenças. A busca bibliográfica foi realizada pelos dados dispostos no Google Acadêmico, PubMed, Scielo e Scient Direct, em que artigos científicos foram selecionados de forma que abordassem as palavras chaves: “Plantas medicinais”, “fitoterapia”, “*Lavandula*”, “compostos fenólicos” e “antioxidantes”. As publicações foram selecionadas em diversos idiomas (espanhol, inglês e português) para ampliar o campo de pesquisa, desde que, o tema do trabalho fosse abordado para a importância do uso e estudo da lavanda para fins medicinas. Os critérios de seleção das publicações foram de acordo com o tema abordado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre as publicações selecionadas, foi possível averiguar que os efeitos dos compostos bioativos extraídos das flores da lavanda demonstraram atividades apoptóticas em algumas linhagens de células cancerosas (LÓPEZ-HORTAS *et al*., 2022), como demostrado na Tabela 1.

Segundo Fahmy *et al*., (2022) a presença dos componentes majoritários linalol e acetato de linalila da *L. officinalis* foram os responsáveis pela atividade antiproliferativa na linhagem tumoral pulmonar PC-3. Os autores Justus *et al*. (2019) também ressaltam que os componentes monoterpenos encontrados em seu extrato produzido foram os responsáveis pela atividade antiproliferativa, sendo que, neste caso a *L. dentata* obteve Eucaliptol como componente majoritário. Nos estudos realizados por Elansary *et al*. (2018), o monoterpenos presentes nos compostos voláteis foram capazes de desempenhar alta atividade antioxidante que auxiliaram no combate ao crescimento de células tumorais.

Tabela 1 – Aplicação da lavanda em linhagens celulares tumorais

Espécie de lavanda	**Linhagem celular**	**Tipo de linhagem**	**Autores**
L. angustifólia	HepG2	Hepática	Kovics *et al*. (2017)
L. dentata	Calu-3	Pulmonar	Justus *et al*. (2019)
L. atriplicifolia	LoVo	Sistema digestório	Oueslati *et al*. (2019)
L. stoechas	MDA-MB-231	Glândulas mamárias	Boukhatem *et al*. (2020)
L. officinalis	PC-3	Próstata	Fahmy *et al*. (2022)

Fonte: Autoria própria (2023)

Utilizada em tratamentos de forma alternativa e natural, a lavanda em 2021 foi adicionada ao Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira, indicando a capacidade da planta em aliviar a ansiedade e a insônia devido a sua composição química apresentar componentes como flavonoides (fenólicos) que causam o efeito ansiolítico (ROGÉRIO; RIBEIRO, 2021).

Em estudo realizado por Lima *et al*. (2021) os autores embasam os efeitos do uso do óleo essencial da *L. angustifolia* para o tratamento de ansiedade e depressão, por meio da aromaterapia, que consiste no uso de óleos essenciais que promovem a saúde e o bem-estar

do corpo, mente e emoção. A aromaterapia é utilizada com a inalação, banho e aplicação corporal do óleo. No aspecto de aplicação de uma terapia alternativa, os óleos essenciais demonstram efetividade em seu uso em sintomas leves de estresses pela inalação dos compostos voláteis, que causam o efeito ansiolíticos devido à interação destes compostos no sistema nervoso central do ser humano. Predominantemente, a lavanda pode reduzir o nível de ansiedade pela utilização da aromaterapia, procedimento alternativo e natural aos tratamentos convencionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos artigos selecionados, nota-se que as plantas medicinais apresentam alta gama de aplicação em tratamento de doenças. De maneira específica, a lavanda apresenta alto índice de antioxidantes que podem ser usados em inúmeros tratamentos, sendo que sua aplicação em células cancerígenas indica bons resultados de aplicação, visto que inibe o crescimento celular das células tumorais. Assim como, efetividade nos tratamentos alternativos aromáticos para aliviar os sintomas de ansiedade, insônia e até mesmo a depressão, apenas com a inalação de seus compostos voláteis.

REFERÊNCIAS

ADUMUCHIO, L. G.; DESCHAMPS, C.; MACHADO, M. P. Aspectos gerais sobre a cultura da lavanda (*Lavandula* spp.). *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 19, n. 4, p. 483-490, 2017.

ALCANTARA, R. G. L.; JOAQUIM, R. H. V. T.; SAMPAIO, S. F. Plantas medicinais: o conhecimento e uso popular. *Revista APS*, v. 18, n. 4, p. 470-482, 2015.

BORTOLUZZI, M. M.; SCHMITT, V.; MAZUR, C. E. Efeito fitoterápico de plantas medicinais sobre a ansiedade: uma breve revisão. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 1, p. 47, 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de atenção à saúde. Departamento de atenção básica. *Política nacional de práticas integrativas e complementares no SUS*: atitude de ampliação de acesso / Ministério da Saúde. Secretaria de atenção à saúde. Departamento de atenção básica. – 2. Ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

BOUKHATEM, M. N. *et al*. A new eucalyptol-rich lavender (*Lavandula stoechas* L.) essential oil: emerging potential for therapy against inflammation and cancer. *Molecules*, v. 25, 2020.

DAMMAK, I. *et al*. Evaluation of antifungal and anti-ochratoxigenic activities of *Salvia officinalis*, *Lavandula dentata* and *Laurus nobilis* essential oils and a major monoterpene constituent 1,8-cineole against *Aspergillus carbonarius*. *Industrial Crops & Products*, v. 128, p. 85-93, 2019.

EL-ABDALI, Y. *et al*. Lavandula dentata L.: Phytochemical analysis, antioxidant, antigugal and insecticidal activities of its essential oil. *Plant*, v. 11, n. 3, p. 311, 2022.

HÉRAL, B. *et al*. Phytochemicals from the genus Lavandula: a review. *Phytochemistry Reviews*, v. 20, p. 751-771, 2021.

ELANSARY, H. O. *et al*. Effective antioxidant, antimicrobial and anticancer activities of essential oil of horticultural aromatic crops in northern Egypt. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, v. 18, n. 1, p. 1-10, 2018.

FAHMY, M. A. *et al*. Evaluation of the anti-cancer/anti-mutagenic efficiency of *Lavandula officinalis* essential oil. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, v. 23, n. 4, p. 1215-1222, 2022.

GNATTA, J. R.; DORNELLAS, E. V.; SILVA, M. J. P. O uso da aromaterapia no alívio da ansiedade. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 24, n. 2, p. 257-263, 2011.

JUSTUS, B. *et al*. New insights into the mecanisms of French lavender essential oil on non-small cell lung cancer cell growth. *Industrial Crops & Products*, v. 136, p. 28-36, 2019.

KOVICS, K. *et al*. Antioxidant potential of essential oil from *Lavandula angustifolia* in *in vitro* and ex vivo cultured liver cells. *Neoplasma*, v. 64, n. 4, p. 485-493, 2017.

LIMA, F. C. C. *et al*. A utilização de óleos essenciais de *Lavandula angustifolia*, *Pelargonium graveolens* e *Citrus bergamia* in the fight against anxiety. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 4, p. 41031-41046, 2021.

LÓPEZ-HORTAS, L. *et al*. Supercritical fluid extraction as a suitable technology to recover bioactive compounds from flowers. *Journal of Supercritical Fluids*, v. 188, 2022.

MATTOS, G. *et al*. Plantas medicinais e fitoterápicos na atenção primária em saúde: percepção dos profissionais. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 23, p. 3735-3744, 2018.

OUESLATI, M. H. *et al*. Analysis of the chemical composition and in vitro cytotoxic activies of the essential oil of the aerial parts of *Lavandula atriplicifolia* Benth. *Journal of King Saud University – Science*, v. 32, p. 1476-1481, 2020.

PATEIRO, M. *et al*. Application of essential oils as antimicrobial agents against spoilage and pathogenic microorganism in meat products. *International Journal of Food Microbiology*, v. 337, 2021.

PEDROSO, R. S.; ANDRADE, G.; PIRES, R. H. Plantas medicinais: uma abordagem. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, v. 31, n. 2, 2021.

REFOSCO, E. K. *et al*. Compostos fenólicos na alimentação e seus benefícios para a saúde: Uma revisão da literatura. *Ciência Atual*, v. 13, n. 1, p. 2-9, 2019.

ROGÉRIO, L. V. F.; RBEIRO, J. C. Uso de plantas medicinais e medicamentos fitoterápicos em insônia: uma revisão bibliográfica. *Brazilian Journal of Health and Pharmacy*, v. 3, n. 2, p. 35-44, 2021.

SANTOS, R. S.; SILVA, S. S.; VASCONCELOS, T. C. Aplicação de plantas medicinais no tratamento da ansiedade: uma revisão da literatura. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 5, p. 52060-52074, 2021.

SERRANO, C.; FIGUEIREDO, A. C. Métodos de obtenção dos óleos essenciais e outros extratos. *A fileira das Plantas Aromáticas e o Desenvolvimento Local*, p. 83, 2018.

POLUENTES EMERGENTES: UMA REVISÃO DA AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE METILPARABENO, OCTOCRILENO E BENZOFENONA EM BIOINDICADORES

Anna Karolina Gomes OLIVEIRA[1], Clisley Marielly Ribeiro LAMEIRA[1], Patricia Aline BRESSIANI[1], André Demetrio Brustolim BROETTO[1], Bruno Henrique DRUN[1], Daniela Caroline ANTES[1], Daniela Fátima TAMANKIEVIES[1], Diego Espirito SANTO[1], Kaylana Angela Ramos KRÜGER[1], Luciano José SOAVE[1], Ana Paula PERON[1, 2], Ticiane Sauer POKRYWIECKI[1,3], Elisangela DÜSMAN[1,4]

[1]Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil
[2]Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Campo Mourão
Campo Mourão – Paraná – Brasil
[3]Deparmento Acadêmico de Engenharia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil
[4]Deparmento Acadêmico de Química e Ciências Biológicas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

E-mails: annoli@alunos.utfpr.edu.br, clis.mary602@gmail.com, pbressiani@alunos.utfpr.edu.br, andrebroetto@hotmail.com, brunodrun@alunos.utfpr.edu.br, danielaantes@alunos.utfpr.edu.br, daniela.gba@hotmail.com, dsanto@alunos.utfpr.edu.br, kaylana.ang@gmail.com, soavelj@gmail.com, anpapegenpes@hotmail.com, ticiane@utfpr.edu.br, edusman@utfpr.edu.br

Resumo: *Este trabalho é uma revisão da literatura que analisa diversos estudos relacionados à avaliação da toxicidade dos compostos metilparabeno, octocrileno e benzofenona. Esses compostos são considerados poluentes emergentes devido à sua capacidade de persistir e migrar em vários ambientes. A presença desses poluentes pode perturbar o equilíbrio ecológico e prejudicar a saúde dos organismos expostos, portanto, é necessário examinar os efeitos desses compostos em níveis celulares e em organismos vivos. Os bioindicadores são seres vivos utilizados para avaliar a qualidade ambiental e podem revelar, de forma gradual, os impactos causados pelos poluentes. Este trabalho destaca a importância de avaliar a toxicidade desses compostos utilizando bioindicadores de diferentes níveis tróficos, como larvas de peixe-zebra, mexilhões azuis, medaka japonesa, plantas de pepino e diferentes linhagens celulares. Esses bioindicadores foram expostos aos compostos químicos em testes agudos e crônicos, e os resultados indicaram efeitos adversos, como estresse oxidativo, genotoxicidade, apoptose, alterações reprodutivas, desregulação endócrina, diminuição da fotossíntese e respiração, além de danos nas células vegetais. Os resultados sugerem que o octocrileno, o metilparabeno e a*

benzofenona apresentam toxicidade em diferentes bioindicadores, tanto em estudos in vitro quanto in vivo.

Palavras-chave: *benzofenona; bioindicadores; metilparabeno; octocrileno.*

INTRODUÇÃO

A utilização de químicos na indústria de cosméticos tem sido uma prática comum nas últimas décadas. Novas substâncias foram incorporadas aos produtos, para melhoria da eficácia e durabilidade. No entanto, sua utilização não é isenta de riscos. Esse é o caso dos compostos orgânicos metilparabeno, octocrileno e benzofenona.

O metilparabeno é um conservante utilizado em cosméticos e produtos farmacêuticos, e o octocrileno e a benzofenona são utilizados em protetores solares e como filtro UV (ultravioleta) em cosméticos. Um dos aspectos considerados ao desenvolver formulações fotoprotetoras é o uso de combinações de filtros solares que proporcionem ampla proteção contra a radiação UV sem a necessidade de altas concentrações de filtros solares (SEIXAS E SERRA, 2014).

Poluentes emergentes são classificados como produtos químicos, naturais ou sintéticos que têm a tendência de persistir e migrar em várias matrizes ambientais, incluindo águas subterrâneas, superficiais, residuais, potável, esgoto, solo, sedimentos e fontes de alimentos (EBELE *et al*., 2017; EGBUNA *et al*., 2021).

Os poluentes emergentes podem causar desequilíbrio ecológico e afetar a saúde de organismos após exposição aguda ou crônica (TAHERAN *et al*., 2018). Por isso estudos têm sido realizados para avaliar sua toxicidade. Esses testes incluem estudos *in vitro*, em que as células são expostas aos compostos e estudos *in vivo*, que avaliam os efeitos em animais expostos aos compostos (MENG, YEUNG, CHAN, 2021).

Além disso, os bioindicadores são seres vivos utilizados para monitorar a qualidade ambiental. São utilizados para avaliar a toxicidade de compostos químicos através de alterações comportamentais, malformações, mudanças nas taxas de crescimento, reprodução, alimentação, alterações bioquímicas e fisiológicas (integridade da membrana

celular, transporte de íons, metabolismo celular e atividades enzimáticas) (ROSENBERG, 1993).

O objetivo desta pesquisa é apresentar os estudos já realizados sobre a toxicidade do metilparabeno, octocrileno e benzofenona, bem como a utilização de bioindicadores para avaliar os impactos de sua presença no meio ambiente. Serão apresentados os principais resultados encontrados em diferentes estudos, possibilitando uma visão completa e atualizada.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Poluentes Emergentes

Reis Filho *et al*. (2007) definem poluentes emergentes como um grupo específico de substâncias que possuem características particulares, com aumento exponencial de uso pela sociedade, com grande potencial de contaminação, independentemente de sua persistência no meio ambiente, pois possuem a capacidade de causar efeitos negativos significativos.

É importante ressaltar que os poluentes emergentes são compostos pertencentes a diversas classes químicas. Entre essas classes, destacam-se os fármacos, produtos de beleza, produtos químicos industriais, hormônios, esteróides e pesticidas são classes de compostos que podem ser considerados como poluentes emergentes (ABREU e BRANDÃO, 2013).

A presença desses poluentes é influenciada por uma série de fatores, incluindo a sua taxa de produção, hábitos de consumo, a taxa de excreção dos compostos, consumo per capita de água, a sua persistência ambiental, a tecnologia de tratamento de água e a eficiência dos processos de tratamento. É fundamental compreender e abordar esses fatores para minimizar a contaminação e proteger a qualidade da água, bem como a saúde e a sustentabilidade dos ecossistemas (JELIC *et al*., 2015).

Bioindicadores e Biomarcadores

A avaliação ambiental e dos contaminantes é feita através de bioindicadores, indicadores qualitativos que revelam os impactos progressivos de poluentes. Eles são sensíveis a perturbações em qualquer ambiente e desempenham um papel importante na avaliação da qualidade de um ecossistema e no monitoramento de suas mudanças (ASIF; MALIK; CHAUDHRY, 2018). A utilização dos bioindicadores permite uma avaliação integrada dos efeitos ecológicos resultantes de múltiplas fontes de poluição (PRESTE e VICENCI, 2019).

Entre os bioindicadores, destacam-se peixes, aves, insetos e plantas. A vigilância periódica de bioindicadores pode fornecer informações cruciais sobre a progressão dos impactos ambientais ao longo do tempo, garantindo uma tomada de decisões mais criteriosas quanto à administração ambiental (CESARINO e MELO, 2018).

Biomarcadores são definidos como a resposta de um organismo exposto a um contaminante (WALKER *et al*., 2004; ISLAS-FLORES *et al*., 2013). Sua aplicação permite confirmar a exposição de populações a agentes químicos específicos, além de estimar o risco envolvido (WEPENER, 2013).

Octocrileno

O octocrileno (OC), é um dos filtros orgânicos de proteção para a pele humana da radiação UVB e UVA (BERARDESCA *et al*., 2019; PAWLOWSKI *et a*l., 2019). Além disso, é comumente usado em produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais, como cremes, produtos para os lábios, maquiagem, sprays para cabelo (ECHA, 2021). O OC é encontrado em diversos ambientes aquáticos, como águas residuais, rios, lagos e oceanos (RAMOS *et al*., 2015). Também é encontrado em sedimentos, no solo e na cadeia alimentar (BERARDESCA *et al*., 2019).

Metilparabeno

O metilparabeno (MPB) é usado como conservante antimicrobiano em alimentos, cosméticos e medicamentos. Sua atividade acontece por meio da intervenção das ações das

mitocôndrias por meios da suspensão do transporte de substâncias. É considerado o menos tóxico entre as classes dos parabenos, sendo solubilizado em água rapidamente (SONI *et al*., 2002; SONI *et al*., 2005).

Benzofenona

A benzofenona (BF) é um filtro UV utilizado na proteção de queimaduras solares e ajuda a retardar a degradação induzida (TAO *et al*., 2022). A BF tornou-se amplamente utilizada, elevando sua presença no meio ambiente (MA *et al*., 2023), acumulando-se em águas residuais até em mg L^{-1}, sendo que não é possível remover este contaminante por técnicas de tratamento de águas convencionais (RAMOS *et al*., 2016; SCHNEIDER e LIM, 2019).

METODOLOGIA

Este trabalho foi constituído de uma revisão narrativa da literatura. Abordando estudos sobre o efeito dos poluentes emergentes octocrileno, metilparabeno e benzofenona, assim como a interação e mistura desses compostos em bioindicadores de diferentes níveis tróficos com testes *in vitro*, *in vivo*, agudos, crônicos e de investigação dos efeitos cumulativos. Para a seção 'Resultados e Discussão' foram selecionados artigos publicados no período de 2012 a 2023, com a utilização das palavras chave: *bioindicator, methylpaben, octocrylene, benzophenone, emerging pollutants, toxicity e bioaccumulation,* nas bases de dados Science Direct, Scopus, Scielo e Capes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Bioindicadores de diferentes níveis tróficos foram utilizados em estudos para avaliar a toxicidade do octocrileno. Ressaltando a importância da realização de estudos *in vitro* e *in vivo* Meng, Yeung e Chan (2021) investigaram o efeito do OC em larvas de peixe-zebra (*Danio rerio)* e em linhagem celular de fígado de peixe-zebra (ZFL). Em ambos os testes o OC mediou a biossíntese de estrógenos, indicando que pode ser um interferente endócrino no ambiente e também afetou a via antioxidante, podendo induzir

estresse oxidativo. Um resultado semelhante foi encontrado por Zhang *et al*. (2016), para o mesmo bioindicador.

A toxicidade do OC foi avaliada utilizando os mexilhões azuis (*Mytilus edulis*) como bioindicadores. Os dados mostraram que este pode se acumular nos tecidos e causar efeitos tóxicos como: estresse oxidativo, genotoxicidade, regulação positiva da apoptose e inflamação. Inclusive, o OC induziu estresse celular de maneira dependente da concentração (FALFUSHYNSKA *et al*., 2021).

Outro bioindicador aquático utilizado foi a medaka japonesa (*Oryzias latipes)*, onde observou-se que a exposição contínua ao OC induziu aumentos significativos no tempo para eclosão, das anormalidades morfológicas e da morte de embriões. Dessa forma, as respostas indicaram toxicidade reprodutiva e atividade estrogênica do OC (YAN *et al.*, 2020).

Boyd *et al*. (2021) utilizaram o invertebrado de água doce *Daphnia magna* para testes com o OC em concentrações ambientalmente realistas. O efeito mediano com exposição de 48 horas causou 50% de imobilização (próximo às concentrações ambientais). Já a exposição crônica a 7,5 µg/L de OC resultou em mortalidade completa em 7 dias.

Plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) foram utilizadas como bioindicador vegetal e, como consequência da exposição ao OC, houve diminuição da fotossíntese e respiração da planta sob tratamento de longo prazo. Gerou-se a superprodução de espécies reativas de oxigênio (ROS) e formação de produtos que danificam a estrutura e a função das células vegetais, causando patologias e potencialmente levando à redução do rendimento das culturas (ZHONG *et al*., 2020).

Chang *et al*. (2022) demonstraram que o OC reduziu significativamente a quebra da vesícula germinativa dos oócitos de camundongo, interrompeu a montagem do fuso e o alinhamento dos cromossomos, resultando em aneuploidia. Além disso, a função mitocondrial foi prejudicada, o que levou a uma superprodução de ROS e de subprodutos metabólicos tóxicos que podem desencadear patologias como o câncer e levar à apoptose.

Estudos avaliaram a toxicidade do metilparabeno em diferentes bioindicadores. Kim *et al*. (2018) observaram que a germinação das sementes de *Oriza sativa* L. (arroz) e *Vigna radiata* L. (feijão-mungo), quando expostas a concentrações de 100 a 400 mg de MPB por kg de solo, diminuíram significativamente.

Wróbel e Gregoraszczuk (2013) testaram em células de tumor e epiteliais de mama humana os compostos metilparabeno, butilparabeno e propilparabeno. Observou-se que os parabenos exercem efeitos diferentes na reprodução de células, dependentes da linhagem celular. Ademais, os resultados apresentados sugeriram que os parabenos também podem iniciar o processo de transformação em células cancerígenas.

O metilparabeno também pode apresentar capacidade de desregulação endócrina, como apresentado no estudo de Rattan, Zhou e Chiang (2017). Os resultados mostraram que o MPB provocou interrupções nas funções reprodutivas das mulheres, o que consequentemente pode gerar subfertilidade, infertilidade, anovulação, anormalidades no ciclo estral e menstrual, produção hormonal inadequada e envelhecimento reprodutivo precoce.

A toxicidade da benzofenona também já foi avaliada e comprovada em diferentes bioindicadores. Foi demonstrado que a BF ativa a peroxidase tireoidiana (TPO) em células de carcinoma folicular de tireoide humano (SONG *et al*., 2012). Além disso, a BF modificou a expressão gênica regulada pelo hormônio tireoidiano em linhagem celular de rato (LEE *et al.*, 2018). E, a BF também afetou diretamente a mobilidade das células espermáticas humanas *in vitro* (REHFELD *et al*., 2018).

A BF inibiu a maturação de oócitos de camundongo e o desenvolvimento para o estágio de blastocisto (JIN *et al*., 2020), estimulou a proliferação celular de células de câncer de ovário humano (PARK *et a*l., 2013; SHIN *et al*., 2016) e câncer de próstata humana (KIM *et al*., 2015).

Segundo Mustieles *et al*. (2023), a BF provoca possíveis efeitos de interrupção do hormônio tireoidiano, efeitos inibitórios na defesa imunológica e mobilidade espermática. Os efeitos da exposição ao BF através da água potável (50 nM), por 28 dias, afetou a maturação meiótica, o desenvolvimento do embrião e a qualidade do oócito em

camundongos fêmeas. Além disso, a porcentagem de embriões de camundongos que atingiram o estágio de blastocisto foi significativamente menor (JIN *et al*., 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os poluentes emergentes representam uma preocupação significativa devido ao seu potencial de causar uma variedade de efeitos adversos à saúde humana. Embora haja poucos estudos disponíveis sobre esses compostos químicos na literatura, suas propriedades indicam que alguns efeitos adversos são: possibilidade de dificultar a reprodução, provocar mutações genéticas e atuar como desreguladores endócrinos.

Além disso, os poluentes emergentes têm sido associados à incidência de distúrbios graves, incluindo defeitos congênitos, alterações comportamentais, deficiência imunológica, alterações hormonais, câncer e alterações no sistema reprodutor. Essa gama de impactos negativos ressalta a necessidade urgente de pesquisas adicionais e medidas de controle para mitigar os efeitos nocivos dessas substâncias, assim como avaliar a toxicidade desses compostos atuando em conjunto, visto que no meio ambiente não serão apresentados de forma isolada.

REFERÊNCIAS

ABREU, F. G. de; BRANDÃO, J. L. B. Impactos e desafios futuros no monitoramento dos contaminantes emergentes. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.

ASIF, N.; MALIK, M; CHAUDHRY, F. N. A review of environmental pollution bioindicators. Pollution, v. 4, n. 1, p. 111-118, 2018.

BERARDESCA, E. *et al.* Review of the safety of octocrylene used as an ultraviolet filter in cosmetics. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, v. 33, p. 25-33, 2019.

BOYD, A. *et al*. A burning issue: The effect of organic ultraviolet filter exposure on the behaviour and physiology of *Daphnia magna*. *Science of the Total Environment*, v. 750, p. 141707, 2021.

CESARINO, L.; MELO, J.F. Bioindicadores ambientais: conceitos e aplicações. *Sociedade & Natureza,* v. 30, n. 2, p. 309-318. 2018.

CHANG, H. *et al*. Octocrylene exposure impairs mouse oocyte quality by inducing spindle defects and mitochondria dysfunction. *Toxicology*, v. 479, p. 153306, 2022.

EBELE, A., ABOU-ELWAFA ABDALLAH, M., HARRAD, S. Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment, *Emerging Contaminants,* v. 3, p. 1–16, 2017.

EGBUNA, C. *et al*. Emerging pollutants in Nigeria: A systematic review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 85, p. 103638, 2021.
FALFUSHYNSKA, H. *et al*. Biomarker-based assessment of sublethal toxicity of organic UV filters (ensulizole and octocrylene) in a sentinel marine bivalve *Mytilus edulis*. *Science of The Total Environment,* v. 798, p. 149171, 2021.
ISLAS-FLORES, Hariz *et al*. Diclofenac-induced oxidative stress in brain, liver, gill and blood of common carp (Cyprinus carpio). *Ecotoxicology and environmental safety*, v. 92, p. 32-38, 2013.
JELIC, A. *et al*. Impact of in-sewer transformation on 43 pharmaceuticals in a pressurized sewer under anaerobic conditions. *Water Research*, v. 68, 2015, p. 98-108.
JIN, L. *et al*. Melatonin protects against oxybenzone-induced deterioration of mouse oocytes during maturation. *Aging*, v. 13, n. 2, p. 2727-2749, 2020.
KIM, S.H. *et al.* Growth and migration of LNCaP prostate cancer cells are promoted by triclosan and benzophenone-1 via an androgen receptor signaling pathway. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 39, n. 2, p. 568-576, 2015.
KIM, D. *et al*. Estimation of the soil hazardous concentration of methylparaben using a species sensitivity approach. *Environ Pollut.,* v. 242, p. 1002-1009, 2018.
LEE, J. *et al*. Thyroid Hormone-Disrupting Potentials of Major Benzophenones in Two Cell Lines (GH3 and FRTL-5) and Embryo-Larval Zebrafish. *Environmental Science & Technology*, v. 52, n. 15, p. 8858-8865, 2018.
MA, J. *et al*. Safety of benzophenone-type UV filters: A mini review focusing on carcinogenicity, reproductive and developmental toxicity. *Chemosphere,* p. 138455, 2023.
MENG, Q., YEUNG, K., CHAN, K. M. Toxic effects of octocrylene on zebrafish larvae and liver cell line (ZFL), *Aquatic Toxicology*, v. 236, p. 105843, 2021.
MUSTIELES, V. *et al*. Benzophenone-3: comprehensive review of the toxicological and human evidence with meta-analysis of human biomonitoring studies. *Environment International,* v. 173, p. 107739, 2023.
PARK, M.A. *et al*. Benzophenone-1 stimulated the growth of BG-1 ovarian cancer cells by cell cycle regulation via an estrogen receptor alpha-mediated signaling pathway in cellular and xenograft mouse models. *Toxicology,* v. 305, p. 41-48, 2013.
PAWLOWSKI, S. *et al*. Evaluation of the bioaccumulation of octocrylene after dietary and aqueous exposure. *Science of The Total Environment,* v. 672, p. 669-679, 2019.
PRESTES, M. R; VINCENCI, K. L. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, v.2, n.4, p. 1473-1493, jul./set. 2019.
RAMOS, S. *et al*. A review of organic UV-filters in wastewater treatment plants. *Environment International,* v. 86, p. 24-44, 2016.
RATTAN, S. *et al*. Exposure to endocrine disruptors during adulthood: consequences for female fertility. *Journal of Endocrinology*, v. 233, n. 3, p. R109-R129, 2017.
REHFELD, A. *et al*. EDC IMPACT: chemical uv filters can affect human sperm function in a progesterone-like manner. *Endocrine Connections,* v. 7, n. 1, p. 16-25, 2018.
ROSENBERG, DM., RESH, VH. Freshwater Biomonitoring and benthic macroinvertebrates. *NewYork: Chapman & Hall,* 1993.

SEIXAS, V., SERRA, O. Stability of Sunscreens Containing CePO4: Proposal for a New Inorganic UV Filter. *Molecules,* v. 19, p. 9907-9925, 2014.
SCHNEIDER, S.L.; LIM, H.W. Review of environmental effects of oxybenzone and other sunscreen active ingredients. *Journal of The American Academy of Dermatology*, v. 80, n. 1, p. 266-271, 2019.
SHIN, S. *et al*. Effect of benzophenone-1 and octylphenol on the regulation of epithelial-mesenchymal transition via an estrogen receptor-dependent pathway in estrogen receptor expressing ovarian cancer cells. *Food and Chemical Toxicology*, v. 93, p. 58-65, 2016.
SONG, M. *et al*. Changes in thyroid peroxidase activity in response to various chemicals. *Journal of Environmental Monitoring*, v. 14, n. 8, p. 2121, 2012.
TAHERAN, M. *et al*. Emerging contaminants: here today, there tomorrow!. *Environmental nanotechnology, monitoring & management*, v. 10, p. 122-126, 2018.
SONI, M. G., TAYLOR, S. L. GREENBERG, N. A., BURDOCK, G. A.Avaliação dos aspectos de saúde do metilparabeno: uma revisão da literatura publicada. *Toxicologia Alimentar e Química* , v. 40, n. 10, pág. 1335-1373, 2002.
SONI, M.G.; CARABIN, I.G.; BURDOCK, G.A. Safety assessment of esters of p-hydroxybenzoic acid (parabens). *Food and Chemical Toxicology,* v. 43, n. 7, p. 985-1015, 2005.
TAO, Z. *et al*. Associations between benzophenone-3 and sex steroid hormones among United States adult men. *Reproductive Toxicology,* v. 114, p. 44-51, 2022.
WALKER, C., H., *et al*. Principles of ecotoxicology.2ª ed. Taylors & Francis. 2004.
WEPENER, V. Biomonitoramento ativo. *Enciclopédia de Ecotoxicologia Aquática* , p. 15-20, 2013.
WRÓBEL, A., GREGORASZCZUK E. Ł. Effects of single and repeated in vitro exposure of three forms of parabens, methyl-, butyl- and propylparabens on the proliferation and estradiol secretion in MCF-7 and MCF-10A cells. *Pharmacological Reports*, v. 65, n. 2, p. 484–493, 2013.
YAN, S. *et al*. Reproductive toxicity and estrogen activity in Japanese medaka (*Oryzias latipes*) exposed to environmentally relevant concentrations of octocrylene. *Environmental Pollution*, v. 261, p. 114104, 2020.
ZHANG, Q. Y. *et al*. Assessment of multiple hormone activities of a UV-filter (octocrylene) in zebrafish (*Danio rerio*). *Chemosphere*, v. 159, p. 433-441, 2016.
ZHONG, X. *et al*. Comparison of toxicological effects of oxybenzone, avobenzone, octocrylene, and octinoxate sunscreen ingredients on cucumber plants (*Cucumis sativus L.*). *Science of the total Environment*, v. 714, p.136879, 2020.

CULTIVO SUBMERSO DO FUNGO Hericium erinaceus PARA PRODUÇÃO DE BIOMASSA MICELIAL E EXOPOLISSACARÍDEO

Iago Montanhini GIL[1], Marcelo Luis Kuhn MARCHIORO[1], Vitor Seiji UEDA[1], Daiane MENEGUZZI[1], Celso Ferraz BETT[2], Mário Antônio Alves da CUNHA[1]

[1]Departamento Acadêmico de Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco
Pato Branco – Paraná – Brasil

[2]Centro Universitário de Pato Branco - UNIDEP
Pato Branco – Paraná - Brasil

E-mails: gil@alunos.utfpr.edu.br, marchioro82@gmail.com, vitorueda@alunos.utfpr.edu.br, daiameneguzzi@gmail.com, mcunha@utfpr.edu.br

Resumo: O presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de biomassa micelial e exopolissacarídeo (EPS) pelo fungo Hericium erinaceus (AT-BIO-301 cepa 107001) em diferentes meios de cultivo. Cultivos submersos usando os meios Mínimo de Vogel, Mineral Basal e Melaço de Cana-de-açúcar foram conduzidos em frascos agitados em incubadora shaker (20 ºC, 150 rpm por 144 horas). Os resultados demostraram que o fungo foi hábil em crescer em todos os meios de cultivo estudados, havendo maior crescimento micelial nos meios Mínimo de Vogel e Mineral Basal. Por outro lado, apenas o Meio Mineral Basal proporcionou a produção de exopolissacarídeo (EPS) pelo fungo (0,8 g/L). Elevado conteúdo de proteínas (15,2 g/L) e minerais (5,38 g/L) e reduzido conteúdo de lipídeos (0,2 g/L) foram encontrados na biomassa micelial produzida. Bandas de absorção na região do infravermelho (IV) típicas de carboidratos (3450 cm^{-1}, 3300 cm^{-1}, 2960 cm^{-1}, 2928 cm^{-1}, 2852 cm^{-1}, 1651 cm^{-1}, 1462 cm^{-1}, 844 cm^{-1}, 618 cm^{-1} e 543 cm^{-1}) foram encontradas na análise por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier. Os resultados da análise de IV sugerem que os monossacarídeos presentes no EPS possivelmente estejam unidos por ligações glicosídicas com configuração β. A produção do EPS pelo fungo estudado parece estar associada a composição do meio de cultivo, sendo necessário estudos mais detalhados para a elucidação de tal fenômeno.
Palavras-chave: Hericium erinaceus; Exopolissacarídeos; Fermentação Submersa; Biomassa.

INTRODUÇÃO

O Fungo basidiomiceto Hericium erinaceus, também conhecido como cogumelo Juba de Leão, cabeça de macaco, Yamabushitake ou barba branca (LI et al., 2018), tem recebido destaque em estudos na área de alimentos por sua versatilidade para inserção em produtos alimentícios e apresentar propriedades terapêuticas, as quais incluem benefícios ao sistema nervoso central, imunológico e gastrointestinal (MIZUNO, 1999). O fungo apresenta potencialidades biológicas como atividades antitumorais, anti-hiperglicêmicas, anti- oxidativas e neuroregenerativas, o que tem atraído a atenção no âmbito industrial (WANG; LUO; LIANG, 2004). A produção de moléculas bioativas como lactonas, esteroides, alcaloides, hericerinas, glicoproteínas, β-glucanas, α-glucanas tem sido reportada por HE et al., (2017) em diferentes meios de cultivos. Esses autores também relatam mais de trinta e cinco polissacarídeos isolados do corpo frutificado e micélio do fungo H. erinaceus.

O consumo frequente do cogumelo (corpo de frutificação) Hericium erinaceus pode promover diferentes benefícios à saúde (MIZUNO, 1999). Pesquisas têm associada a produção de substâncias bioativas semelhantes à indutores neurotróficos, os quais são aplicados em tratamentos de doenças neurodegenerativas como Alzheimer, Parkinson, esclerose múltipla, entre outras (LI et al., 2018).

Neste contexto, o trabalho propôs avaliar diferentes meios de cultivo do fungo Hericium erinaceus em cultura submersa, caracterizar a biomassa micelial obtida quanto a composição proximal, bem como avaliar o potencial de produção de exopolissacarídeo (EPS) pelo fungo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os cogumelos comestíveis têm sido considerados como um tipo de superalimento em função das diferentes funcionalidades biológicas. Neste contexto, o ser humano tem buscado uma vida saudável, incluindo uma alimentação mais adequada, com consumo de produtos menos industrializados. Como uma consequência da busca de uma vida saudável é nítido o crescimento regular da longevidade populacional (HAMZA et al., 2023).

A divulgação dos potenciais benefícios do cogumelo Juba de Leão (Hericium erinaceus) a saúde tem contribuído para o aumento de seu consumo. Relatos científicos demonstram que a suplementação dietética com extrato bruto de H. erinaceus melhorou significativamente a memória de reconhecimento em ratos. O extrato de cogumelo e seus

componentes ativos ampliam o tamanho dos cones de crescimento, importantes para as células cerebrais sentirem seu ambiente e estabelecerem novas conexões com outros neurônios (MARMOL et al., 2023).

Um estudo in vitro também constatou que o extrato desse cogumelo colaborou para diminuir os males gerados pela proteína beta-amiloide aos neurônios, um dos principais fatores da doença de Alzheimer. Tal descoberta mostrou que esse cogumelo pode ter eficácias antioxidantes e neuroprotetores em ratos (MARMOL et al., 2023).

Não é apenas para a memória que o cogumelo Juba de Leão é benéfico, há inúmeros outros benefícios, como potencial antibiótico, anti-flamatório, anti-senescente, antidiabético, nefroprotetor, anti-hiperlipidémico, cardioprotetor, anticarcinogênico e antifadiga, além de reforçar o sistema imunológico e ser hepatoprotetor. O Cogumelo Juba de Leão tem sido investigado por meio de estudos científicos como suporte à saúde geral do homem, como tratamento de inúmeros problemas voltados ao sistema nervoso e ao funcionamento cognitivo (LI et al., 2018).

METODOLOGIA Microorganismo e Matéria-prima

No presente estudo foi utilizado o fungo Hericium erinaceus AT-BIO-301 cepa 107001 comercializada pela companhia Tyholer Glückspilze, Áustria e fornecido por produtor local de cogumelos. Foram utilizados reagentes com grau de pureza adequados em cada ensaio experimental.

Isolamento do Fungo

Uma pequena porção do corpo de frutificação (basidioma/basidiocarpo) do fungo foi inoculado em placas de Petri contendo meio Ágar Batata Dextrose (BDA). As placas foram cultivadas a 20 ºC por 4 dias em incubadora orbital (shaker) com refrigeração. Repiques sucessivos para meio novo foram conduzidos de forma a ser obtida uma cultura pura (Figura

1).

Figura 1 - Micélio do fungo Hericium erinaceus cultivado em meio BDA

Fonte: Autoria própria (2023).

Preparo do inóculo e cultivo submerso

Micélio fúngico cultivado em meio BDA foi transferido para frascos Erlenmeyer com Meio Mínimo de Vogel e glicose. Os frascos foram agitados em shaker a 20 ºC e 150 rpm por 144 horas. O micélio foi separado por centrifugação, lavado e homogeneizado em água esterilizada (Perkin Elmer, Walthan, USA). Os cultivos submersos em Meio Mínimo de

Vogel (MMV), Meio Mineral Basal (MMB) e Meio a Base de Caldo de Cana-de-açúcar (MBC) foram conduzidos para avaliar o crescimento micelial e possível produção de exopolissacarídeo pelo fungo. As fermentações foram conduzidas em frascos Erlenmeyer de 250 mL, contendo 100 mL do meio em estudo e 10 mL de inóculo padronizado (DO: 0,40,5 em 550 nm). Os Meios Mínimo de Vogel e Mineral Basal foram suplementados com 10 % (v/v) de solução de glicose 200 g/L. O meio à base de melaço de cana-de-açúcar foi obtido pela diluição do melaço pré-clarificado até concentração de açúcares totais em torno de 20 g/L. Os frascos foram incubados em incubadora orbital à 20 ºC por 144 horas sob agitação de 150 rpm. No final do processo a biomassa micelial foi separada por centrifugação (1500 x g, 30 minutos) do caldo fermentado. A presença de expolissacarídeo (EPS) foi indicada pela precipitação da macromolécula. O EPS foi seco à 70 ºC até massa constante e quantificada gravimetricamente.

O Meio Mínimo de Vogel (VOGEL, 1956) foi preparado pela diluição 1:10 do meio concentrado. O Meio Mineral Basal foi constituído de 2 g/L de KH_2PO_4, 2 g/L de $MgSO_4.7H_2O$ e 2 g/L de Peptona. Após seleção do meio mais adequado para o crescimento micelial e produção de exopolissacarideo pelo fungo estudado foram conduzidas

fermentações submersas com objetivo de avaliar o perfil cinético do consumo do substrato, crescimento micelial e produção de EPS.

Protocolos Analíticos

A biomassa micelial obtida nas fermentações foi lavada, seca a 70 ºC e quantificada gravimetricamente. O sobrenadante das fermentações foi combinado com etanol, refrigerado para precipitar o EPS, que foi filtrado, seco a 70 ºC e quantificado gravimetricamente. O consumo de substrato nas fermentações foi estimado através da determinação do conteúdo de açúcares totais (AT) nos caldos fermentados (DUBOIS et al., 1956). As leituras de cada ponto foram realizadas em espectrofotômetro a 490 nm.

Para caracterização da biomassa micelial foram realizadas análises físico-químicas da umidade (secagem a 105 ºC), resíduo mineral (incineração à 550 ºC), lipídeos (Soxhlet) e proteínas (Kjeldahl) (AOAC, 2016).

No estudo cinético do cultivo submerso do fungo no meio selecionado foram determinados os parâmetros fermentativos Fator de conversão de substrato em biomassa (rendimento) (Yx/s); Fator de conversão do substrato em exopolissacarídeo (rendimento) ($Y_{P/S}$); Produtividade volumétrica em biomassa micelial (Qx); Produtividade volumétrica de exopolissacarídeo (Q_P); Percentual do consumo do substrato (Y_C); Taxa total do consumo de substrato (Q_s) como descrito por Cunha et al. (2012). O espectro de Infravermelho com transformada de Fourier da amostra de EPS produzido, foi obtido em espectrofotômetro Frontier (Perkin Elmer, USA) na faixa de região de 4000 a 400 cm^{-1}, com resolução de 4 cm^{-1}, com 32 varreduras. Foi utilizado a técnica de discos de KBr.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fungo Hericium erinaceus cresceu em todos os meios de cultivo, destacando os Meios Mínimo de Vogel (MMV) e Mineral Basal (MMB), com produções de 9,95 g/L e 9,86 g/L de biomassa micelial, respectivamente. Em contrapartida, a menor produção de biomassa micelial foi observada em Meio a base de Melaço de Cana-de-açúcar (MMC: 6,92 g/L). Interessante destacar que foi observado produção de exopolissacarídeo somente no meio

MMB, sendo verificado um rendimento de EPS de 0,04 g/g (Tabela 1). Este comportamento sugere que a composição do meio de cultivo além de ter influência no crescimento micelial influencia diretamente a produção de exopolissacarídeo. Diferentes

trabalhos reportam que a composição do meio de fato tem grande influência tanto no crescimento miscelial fúngico, quanto na produção de exopolissacarídeo. Fonseca et al., (2020) verificou que tanto a fontes de carbono e nitrogênio presentes no meio influenciaram a produção de um exopolissacarídeo pelo fungo Neodeightonia phoenicum CMIB-151. Esses autores também relataram que não observaram uma correlação direta entre crescimento micelial e produção de EPS.

Tabela 1 - Perfil cinético do cultivo do Hericium erinaceus nos diferentes meios de cultivo

Parâmetros fermentativos	Meios de cultivo	MMV	MMB	MMC
P_x (g/L)		$9,95^a$	$9,86^a$	$6,92^b$
P_F (g/L)		0,00	0,8	0,00
$Y_{P/S}$ (g/g)		$0,00^b$	$0,04^a$	$0,00^b$
$Y_{X/S}$ (g/g)		$0,52^a$	$0,51^a$	$0,46^b$
Q_x (g/Lh^{-1})		$0,07^a$	$0,07^a$	$0,05^b$
Q_P (g/Lh^{-1})		ND	0,006	ND
Q_s (g/Lh^{-1})		$0,13^a$	$0,13^a$	$0,10^b$
Y_c (%)		$95,1^a$	$91,4^b$	$93,6^a$

MMV: Meio Mínimo de Vogel; MMB: Meio Mineral Basal; MMC: Meio básico de Melaço de Cana-de-Açúcar. P_x: Produção de biomassa micelial; P_F: produção e exopolissacarídeo $Y_{x/s}$: Fator de conversão de substrato em biomassa; $Y_{p/s}$: Fator de conversão do substrato em exopolissacarídeo; Q_x: Produtividade volumétrica em biomassa micelial; Q_P: Produtividade volumétrica de exopolissacarídeo Y_c: Percentual do consumo do substrato; Q_s: Taxa total do consumo de substrato. Letras iguais na mesma linha indicam que não há diferença estatística ao nível de 95 % ($p < 0,05$).

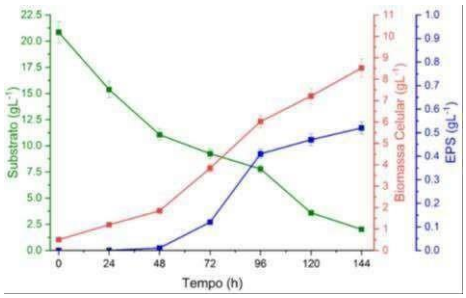
Fonte: Autoria própria (2023).

Similarmente ao observado com o crescimento micelial, os maiores rendimentos em biomassa micelial ($Y_{x/s}$) foram verificados nos meios MMV (0,52 g/g) e MMB (0,51 g/g). Maior produtividade volumétrica em biomassa micelial (Q_x) também foi encontrada em tais meios (0,7 g/Lh^{-1}). Em relação ao consumo do substrato (fonte de carbono) a partir do parâmetro Y_c descrito na Tabela 1, observa-se que o fungo foi eficiente na assimilação dos açúcares independentemente do meio de cultivo. Consumos superiores a 90 % do conteúdo inicial de açúcares totais foram encontrados em todos os meios. Este

comportamento indica que o fungo é hábil em consumir tanto glicose como sacarose, visto que glicose é o açúcar presente nos meios MMV e MMB e a sacarose é o principal açúcar presente no MMC.

O perfil fermentativo da produção de biomassa micelial e exopolissacarídeo pelo H. erinaceus cultivado em MMB é mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Perfil fermentativo da produção de biomassa e EPS em Meio Mineral Basal.



Fonte: Autoria própria (2023).

Observa-se rápida assimilação dos substratos, sendo verificado um consumo de 44,3 % nas primeiras 48 horas de cultivo. A assimilação do substrato continuou efetiva até o final do processo fermentativo em 144 horas, quando foi verificado um consumo de 90,4 %. Observando as curvas de crescimento micelial e produção de EPS parece haver certa correlação entre crescimento da biomassa e biossíntese do EPS. Um perfil quase linear de crescimento celular é observado ao longo do cultivo com máxima produção de biomassa celular em 144 horas (8,52 g/L). Em relação a produção e exopolissacarídeo, não foi observada a produção nas primeiras 24 horas de cultivo. Apenas um pequeno de acúmulo de EPS (0,01 g/L) no meio foi verificado após 48 horas de cultivo. A produção de EPS ocorre, de fato, após 48 horas, com máxima produção sendo verificada em 144 horas (0,52 g/L). Este comportamento possivelmente pode ser justificado em função da composição do meio de cultivo. Muitos fungos passam a produzir exopolissacarídeos em condições de menor disponibilidade de nitrogênio ou mesmo de limitação. Considerando o efetivo de crescimento celular e o consumo de substrato nas primeiras 48 horas, de fato a partir de 48 horas poderia ter ocorrido certa limitação de nitrogênio no meio.

A composição proximal da biomassa micelial obtida no Meio Mineral Basal (meio selecionado) está descrita na Tabela 2. Elevado conteúdo de umidade (47,36 g/ 100 g) foi

encontrado na amostra liofilizada. Este elevado conteúdo sugere elevada higroscopicidade da biomassa. Apreciável conteúdo de proteína (15,20 g/ 100 g) e baixo conteúdo de lipídeo (2,0 g/ 100 g) também foi verificado. Conteúdos de até 25,45 % de proteína e 6,44 % de lipídeos tem sido descrito no corpo de frutificação do fungo H. erinaceus. LIU et al. (2022).

A biomassa micelial também mostrou ser rica em componentes minerais sendo verificado um conteúdo de 5,38 g/ 100g.

Tabela 2 - Composição proximal da biomassa micelial do Hericium erinaceus em Meio Mineral Basal

Parâmetros	Resultados obtidos
Umidade (g/ 100 g)	47,36 ± 0,31
Proteínas (g/ 100 g)	15,20 ± 0,17
Lipídeos (g/ 100 g)	2,0 ± 28,8
Resíduo mineral (g/ 100 g)	5,38 ± 0,28
Carboidratos totais (g/ 100 g)	30,06 ± 0,91

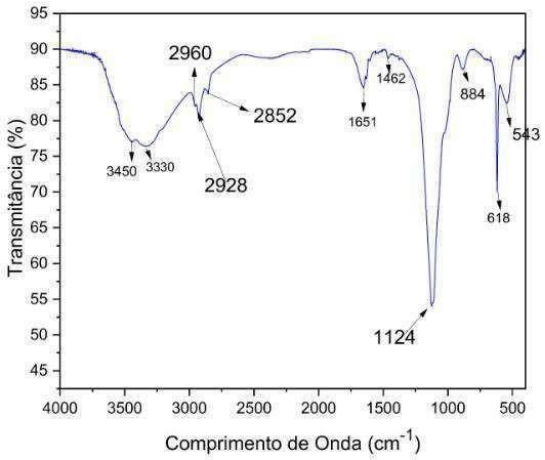
Fonte: Autoria Própria (2023).

Bandas de absorção típicas de polissacarídeo (EPS) na região entre 400 cm^{-1} e 4000 cm^{-1} foram observadas na amostra de EPS produzidas pelo fungo Hericium erinaceus (HOU et al., 2015) (Figura 3). A banda de forte intensidade nas regiões de 3330 cm^{-1} e 3450 cm^{-1} é designada à vibração de estiramento de grupo de hidroxila, grupo este característico em amostra de carboidratos (FONSECA et al., 2020) (ACOSTA et al., 2020).

As bandas de absorção nas regiões de 2928 cm^{-1} e 2852 cm^{-1} são atribuídas a estiramento simétrico e assimétrico de grupo metileno (C-H) (ACOSTA et al., 2020; HOU et al., 2015), respectivamente. A banda em 1651 cm^{-1} é atribuída a vibração de estiramento C=O e a banda 1462 cm^{-1} é causada pela vibração de estiramento C-H (ERMIŞ et al., 2020). A banda em 1651 cm^{-1} também pode estar associada à vibração de flexão do grupo hidroxila da água adsorvida no polissacarídeo (ACOSTA et al., 2020; HOU et al., 2015). Na região de 1124 cm^{-1} uma banda de alta intensidade é observada e sugere que a estrutura monomérica

(monossacarídeo) do EPS é constituída por um anel de piranose (vibração de estiramento C- O, e deformação C-O-H) (HOU et al., 2015). A absorção fraca na região de 884 cm^{-1} é atribuída à ligação glicosídica, possivelmente com configuração β (C-1-H(β)) (ACOSTA; et al., 2020). A banda em 618 cm^{-1} também pode estar associada à configuração beta, característica em subunidades de açúcar. A banda em 543 cm^{-1} é atribuída ao anel de piranose (C=O) e sua deformação assimétrica (MA et al., 2018).

Figura 3- Análise Infravermelho do exopolissacarídeo produzidos em Meio Mineral Basal



Fonte: Autoria própria (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diferentes meios de cultivo estudados demonstraram potencial para o cultivo submerso do fungo Hericium erinaceus (cepa 107001) O Meio Mínimo de Vogel e o Meio Mineral Basal contribuíram para maior crescimento celular comparado ao Meio de Melaço de Cana-de-açúcar. Produção de exopolissacarídeo também foi verificada, entretanto, apenas no Meio Mineral Basal. A biomassa micelial obtida apresentou elevado conteúdo de proteínas e minerais e um conteúdo relativamente baixo de lipídeos. A análise por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier mostrou bandas típicas de carboidratos na amostra e sugere que os monossacarídeos presentes no EPS possivelmente estejam unidos por ligações glicosídicas com configuração β. A produção do EPS pelo fungo estudado parece estar associada a composição do meio de cultivo, sendo necessário estudos mais detalhados para a elucidação de tal fenômeno.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, S. B. P. et al. Valorization of soybean molasses as fermentation substrate for the production of microbial exocellular β-glucan. Journal of Polymers and the Environment, v. 28, n. 8, p. 2149–2160, 2020.

CUNHA, M. A. A. et al. Lasiodiplodan, an exocellular (1→6)-β-d-glucan from Lasiodiplodia theobromae MMPI: Production on glucose, fermentation kinetics, rheology and antiproliferative activity. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, v. 39, n. 8, p. 1179–1188, 2012.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry, v. 28, n. 3, p. 350–356, 1956.

ERMIŞ, E. et al. Optimization of exopolysaccharide production of Lactobacillus brevis E25 using RSM and characterization. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, v. 24, n. 1, p. 151–160, 2020.

FONSECA, M. S. et al. Neodeightonia phoenicum CMIB-151: isolation, molecular identification, and production and characterization of an exopolysaccharide. Journal of Polymers and the Environment, v. 28, n. 7, p. 1954–1966, 2020.

HE, X. et al. Structures, biological activities, and industrial applications of the polysaccharides from Hericium erinaceus (Lion's Mane) mushroom: A review. International Journal of Biological Macromolecules, v. 97, p. 228–237, 2017.

HOU, Y.; DING, X.; HOU, W. Composition and antioxidant activity of water-soluble oligosaccharides from Hericium erinaceus. Molecular Medicine Reports, v. 11, n. 5, p. 3794- 3799, 2015.

LI, I-C. et al. Neurohealth properties of Hericium erinaceus mycelia enriched with erinacines. Behavioural Neurology, v. 2018, 2018.

MA, Y. et al. Assessment of polysaccharides from mycelia of genus Ganoderma by mid-infrared and near-infrared spectroscopy. Scientific Reports, v. 8, n. 1, 2018.

MARMOL, R. M. et al. Hericerin derivatives activates a pan-neurotrophic pathway in central hippocampal neurons converging to ERK1 /2 signaling enhancing spatial memory. Journal of Neurochemistry, v. 165, p. 791-808, 2023.

MIZUNO, T. Bioactive substances in Hericium erinaceus (Bull.: Fr.) Pers. (Yamabushitake), and its medicinal utilization. International Journal of Medicinal Mushrooms, v. 1, n. 2, p. 105–119, 1999.

VOGEL, H. J. A Convenient growth medium for Neurospora (Medium and). Microbial Genetic Bulletin, v. 13, p. 42–47, 1956.

WANG, Z.; LUO, D.; LIANG, Z. Structure of polysaccharides from the fruiting body of Hericium erinaceus Pers. Carbohydrate Polymers, v. 57, n. 3, p. 241–247, 20.

MELAÇO DE SOJA COMO SUBSTRATO PARA A PRODUÇÃO DE (1→6)-β-D-GLUCANA (LASIODIPLODANA)

Luana Malaquias BERTOLETI[1], Marcelo Luis Kuhn MARCHIORO[1], Mário Antônio Alves da CUNHA[1].

[1]Departamento Acadêmico de Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Pato Branco
Pato Branco – Paraná - Brasil

E-mails: lu_bertoleti@hotmail.com, marchioro82@gmail.com, mcunha@utfpr.edu.br.

Resumo: *Resumo: Em escala comercial as glucanas têm sido obtidas por extração da parede celular de leveduras como Saccharomyces cerevisae e cereais como aveia e cevada. No entanto, os processos de extração comumente apresentam custos operacionais elevados. Uma alternativa para reduzir custos poderia ser a produção de glucanas extracelulares usando meios de cultivo de baixo custo. Neste contexto, o presente trabalho propõe a produção de lasiodiplodana extracelular pelo fungo Lasiodiplodia theobromae MMPI, cultivado em meio submerso formulado a base de melaço de soja. A influência de diferentes concentrações de açúcares sobre o desempenho do bioprocesso foi estudada. Os produtos obtidos foram caracterizados por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (IV-TF), Análise Térmica (TG, DTG, DTA), Difração de raios-X (DRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Análise de IV-TF revelaram bandas típicas de polissacarídeos com configuração β-glicosídica;, micrografias de MEV revelaram amostras contendo área superficial com aspectos de filmes finos, translúcidos, contendo regiões com superfície lisa e com dobras ao longo de seu comprimento. A análise por difração de raios-x demonstrou que ambas as amostras apresentam estrutura tipicamente amorfa, mas contendo regiões com certa organização molecular. As análises termogravimétricas demostraram que as amostras de lasiodiplodana obtidas no meio à base de melaço de soja apresentam elevada estabilidade térmica. O melaço de soja demonstrou ser um bom substrato para o crescimento micelial e produção de lasiodiplodana pelo fungo estudado. Maiores concentrações de substrato promoveram melhor desempenho do bioprocesso, sendo obtido melhores rendimentos e produtividades volumétricas em lasiodiplodana e biomassa micelial.*

Palavras-chave: *β-glucanas. fermentação submersa. Exopolissacarídeo. subproduto da soja*

INTRODUÇÃO

Os principais produtos derivados da industrialização da soja são o óleo, proteína texturizada de soja (PTS) e o farelo de soja. No processo de extração da proteína de soja é gerado um coproduto de coloração marrom escuro denominado melaço de soja, o qual é rico

em carboidratos como glicose, frutose, sacarose, rafinose e estaquiose, sendo este ainda pouco explorado como substrato para produção de produtos de elevado valor agregado. Entre os bioprodutos de elevado valor de mercado há os exopolissacarídeos (EPS), que são polissacarídeos extracelulares produzidos por fungos e bactérias e excretados para o meio.

Os exopolissacarídeos são polissacarídeos extracelulares excretados para o meio, produzidos por fungos e bactérias, e têm sido reconhecidos como biomacromoléculas de elevado valor agregado.

Dentre os microrganismos produtores de EPS tem-se o ascomiceto *Lasiodiplodia theobromae MMPI*, o qual embora seja um fitopatógeno de muitas frutas tropicais, tem a capacidade de produzir uma glucana extracelular denominada lasiodiplodana. A lasiodiplodana é uma (1→6)-β-D-glucana, que apresenta algumas propriedades biológicas e tecnológicas, e sua produção a partir de subprodutos, resíduos ou coprodutos agroindustriais pode ser uma ferramenta estratégica sob o aspecto econômico.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo a produção de lasiodiplodana pelo fungo L. theobromae MMPI em fermentações submersas conduzidas em modo descontinuo e usando meio de cultivo a base de melaço de soja.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O melaço de soja é um coproduto gerado no processo de produção de concentrado proteico de soja (SIQUEIRA et al., 2008). Após a etapa de extração do óleo dos grãos previamente triturados, os flocos desengordurados (flocos brancos, também chamado de farelo de soja) são lavados com solução etanólica (70-90% v/v) para remoção de carboidratos polissacarídicos e proteínas (SARROUH et al., 2014). O material sólido lavado tem em torno de 65% (base seca) de proteínas e é chamado de concentrado proteico de soja (LONG; GIBBONS, 2013). O conteúdo de açúcar presente na soja é extraído pela solução hidroalcoólica e após a recuperação do etanol é obtido um melaço com teor de umidade de cerca de 50% (SARROUH et al., 2014).

O melaço de soja é constituído por 57,3% de carboidratos (massa seca), incluindo sacarose (28,4%), estaquiose (18,6%) e rafinose (9,68%), além de quantidades significativas de proteínas (9,44%) e lipídios (21,2%) (SIQUEIRA et al, 2008).. O melaço apresenta

composição química atrativa para uso como substrato em meios de cultivo para produção de produtos biotecnológicos de elevado valor de mercado.

Entre os produtos biotecnológicos com mercado emergente podem ser mencionadas as glucanas, as quais são empregadas como agentes texturizantes, gelificantes, emulsificantes e pré-bióticos na indústria de alimentos. Na indústria farmacêutica destaca-se por suas propriedades biológicas, como potencial anticarcinogênico, hipoglicemiante, hipocolesterolêmico e atividade imunomoduladora (KAGIMURA et al., 2015). As β-glucanas são carboidratos integrantes das paredes celulares de bactérias, fungos filamentosos, leveduras, algas, líquens e cereais como aveia e cevada ((RAHAR et al., 2011). São constituídas por estruturas altamente ordenadas compostas por cadeias constituídas por unidades de D-glucopiranose unidas por ligações glicosídicas com configuração β-anomérica (KAGIMURA et al., 2015).

METODOLOGIA

Matéria-prima, microrganismo: O melaço de soja foi cedido por uma empresa de Araguari, Minas Gerais. Para remoção de impurezas e melhor aproveitamento, o melaço de soja bruto foi submetido a um processo de clarificação (ACOSTA et al. 2020). O fungo *Lasiodiplodia theobromae* MMPI isolado de Pinha (*Annona squamosa*) e mantido em meio Ágar Sabouraud com cloranfenicol, por repiques sucessivos e sob refrigeração a 5 ºC.

Preparo do inóculo e produção da lasiodiplodana: O inóculo foi preparado e padronizado conforme descrito por Kagimura et al. (2015). Os cultivos foram conduzidos em frascos Erlenmeyer de 250 mL em incubadora orbital (shaker) a 28 ºC, 150 rpm por 96 horas. O meio de cultivo consistiu de melaço de soja clarificado com concentrações de açucares totais de 20 g L^{-1} e 40 g L^{-1}, e pH inicial de 5,5. O volume de inóculo padronizado foi de 10 mL e o volume de meio de 90 mL conforme descrito por Cunha et. al. (2012).

O crescimento celular e a produção do exopolissacarídeo foram monitorados ao longo da fermentação, sendo coletadas amostras a cada 24 horas de cultivos. O teor de açúcares totais foi determinado pelo método fenol sulfúrico. Os parâmetros fermentativos rendimento em lasiodiplodana e biomassa micelial, rendimento específico, produtividade volumétrica e consumo de substrato foram determinados conforme descrito por Cunha et. al. (2012).

Caracterização da lasiodiplodana: Micrografias com amplitudes de 60 X, 200 X, 800 X e 1500 X foram obtidas utilizando microscópio eletrônico de varredura de bancada modelo TM3000 (Hitachi, USA). Os espectros de infravermelho (FTIR) da lasiodiplodana foram gerados em espectrofotômetro Frontier (Perkin Elmer, USA) na região de 4000-400 cm-1, com 32 acumulações e resolução de 4 cm-1, usando o método ATR. O perfil difratométrico das amostras foi obtido em difratômetro de raio X modelo XDR-6000 (Shimadzu, USA) (Kagimura *et at* 2015). O perfil termogravimétrico foi obtido utilizando equipamento analisador térmico SDT Q600 (TA instruments, EUA). A perda de massa foi acompanhada entre 26 °C e 800 °C com taxa de aquecimento de 10 °C min^{-1} e ar sintético com fluxo de 50 ml min^{-1}.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros fermentativos do processo foram determinados para avaliação do desempenho do fungo *Lasiodiplodia theobromae* MMPI quanto à produção de EPS e crescimento celular nos cultivos com meio a base de melaço de soja contendo diferentes concentrações de açucares totais. Os respectivos resultados estão plotados nas tabelas 1.

Tabela 1 - Parâmetros fermentativos das fermentações conduzidas com 20 g L^{-1} de concentração inicial de açúcares totais.

Parâmetros fermentativos	72 horas*	96 horas*	72 horas&	96 horas&
P_F (g L^{-1})	0,36	0,28	0,56	0,80
P_X (g L^{-1})	2,46	3,02	10,72	10,32
$Y_{P/S}$ (g g^{-1})	0,02	0,01	0,02	0,02
$Y_{X/S}$ (g g^{-1})	0,14	0,16	0,34	0,29
Y_C (%)	89,17	93,79	79,85	88,85
Ye	0,15	0,09	0,05	0,08
Q_X (g $L.h^{-1}$)	0,03	0,03	0,15	0,11
Q_S (g $L.h^{-1}$)	0,25	0,2	0,44	0,37
Q_P (g $L.h^{-1}$)	0,01	0,003	0,01	0,01
Açucar total residual (g L^{-1})	2,17	1,24	8,06	4,46
pH	5,63	5,39	5,39	5,45

P_F: produção de lasiodiplodana, P_X: produção de biomassa micelial, $Y_{P/S}$: conversão dos açúcares em lasiodiplodana, $Y_{X/S}$: conversão dos açúcares em biomassa micelial, Ye: rendimento específico, Yc percentual de consumo de substrato, Q_P: produtividade volumétrica em lasiodiplodana, Q_X: produtividade volumétrica em biomassa celular, Q_S: taxa global de substrato consumido. Fermentações conduzidas em *20 g L^{-1} e &40 g L^{-1} de concentração inicial de açúcares totais.

Fonte: Autoria Própria (2019).

Como pode ser verificado na Tabela 1, nas fermentações onde foram empregadas concentrações iniciais de 20 g L^{-1} de substrato (açucares totais) o fungo foi capaz de produzir 0,28 g L^{-1} (P) de exopolissacarídeo, concomitantemente com 3,02 g L^{-1} de biomassa celular (P_X) em 96 horas de cultivo. Importante notar também que o fungo foi bastante efetivo no consumo de substrato, assimilando mais que 90% do conteúdo de açucares totais (Y_C 93.79%). Máximo rendimento em exopolissacarídeo ($Y_{P/S}$) foi verificado entre 24 e 72 horas de cultivo (0,02 g g^{-1}). Já em relação ao rendimento em biomassa micelial ($Y_{X/S}$), o máximo valor foi encontrado em 96 horas (0,16 g g^{-1}).

Em relação as fermentações usando 40 g L^{-1} de substrato, o fungo produziu um conteúdo três vezes superior de lasiodiplodana (0,8 gL^{-1}). Da mesma forma, o aumento da concentração inicial do substrato também contribuiu para maior crescimento micelial (10,32 g L^{-1}). O substrato foi efetivamente assimilado em 96h de cultivo, onde foi verificado consumo de 88,85% (Y_C) do substrato. Os maiores valores de rendimento em EPS ($Y_{P/S}$) foram encontrados entre 48 e 96 horas (0,02 g g^{-1}).

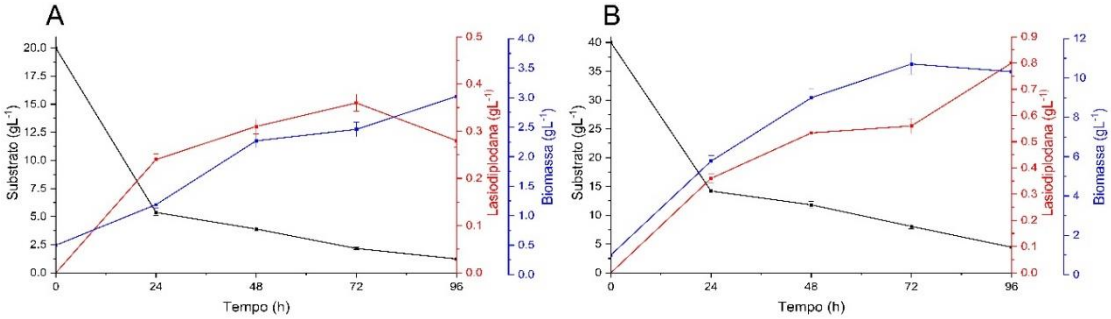
Produtividades volumétricas em biomassa micelial ($Y_{X/S}$) superiores foram encontradas ao longo da fermentação utilizando 40 g L^{-1} quando comparadas aos cultivos onde foram utilizados 20 g L^{-1} de concentração inicial de substrato. O valor máximo de $Y_{X/S}$ foi de 0,34 g g^{-1} em 72 horas de cultivo. Similarmente, o aumento da concentração inicial do substrato também contribuiu para maior assimilação dos açúcares do meio (Q_P).

Ao avaliar as fermentações conduzidas com 20 g L^{-1} e 40 g L^{-1} de substrato inicial, observa-se que de fato o aumento da concentração dos açúcares do meio contribuiu para melhor desempenho do processo. São verificados aumentos de rendimentos em EPS ($Y_{P/S}$) e em biomassa micelial e ($Y_{S/X}$). Entretanto, o desempenho do fungo em meio a base de melaço de soja é inferior ao verificado em meios com glicose ou sacarose (CUNHA et al. 2012; KAGIMURA et al. 2015).

Conforme pode ser observado na Figuras 1 o fungo *L. theobromae* MMPI mostrou elevado potencial de assimilação de substrato nas duas condições de cultivo (20 e 40 g L^{-1}), sendo observado consumo quase completo do substrato nos dois casos. Para a fermentação com meio de cultivo de 20 g L^{-1} a máxima produção de lasiodiplodana foi observado em 72 horas, havendo uma queda após esse período de tempo. Essa pequena redução no conteúdo

de lasiodiplodana após as 72 horas está associada a possível produção de (1→6)-β-D-glucanase, como já descrito por Cunha et al. (2012). Comportamento diferente em relação a produção de EPS, entre 72 e 96 horas, foi verificado nos cultivos com maior conteúdo inicial de substrato, sendo verificado um aumento de produção de EPS (43%) entre 72 horas (0,56 g L^{-1}) e 96 horas (0,8 g L^{-1}). Possivelmente maiores concentrações de substrato podem ter inibido a síntese e/ou a atividade catalítica da (1→6)-β-D-glucanase.

Figura 1 - Perfil da fermentação do melaço de soja com A) concentração de 20 g L^{-1} E B) concentração de 40 g L^{-1}.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Caracterização da lasiodiplodana por Microscopia Eletrônica de Varredura: Na figura 2 estão demostradas as micrografias da lasiodiplodana obtidas em meio com 20 g L^{-1} de substrato (LAS-20) e 40 g L^{-1} (Las-40), nas amplitudes de 60 X, 200 X, 800 X e 1500 X.

Figura 2 - Micrografias do exopolissacarídeo obtido em meio a base de melaço de soja.

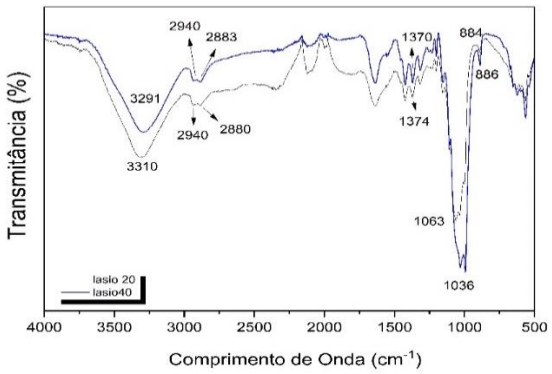
Lasio-20 em amplitudes de 20X (A), 200X (B), 800X (C) e 1500X (D). Lasio-40 em amplitudes de 20X (E), 200X (F), 800X (G), 1500X (H).
Fonte: Autoria Própria (2019).

As amostras apresentaram estruturas superficiais na forma de filmes finos com aspecto translúcido, com superfícies irregulares contendo regiões lisas e algumas regiões com

dobras ao longo de seu comprimento. Pequeno número de estruturas granulares também foram verificadas ao longo da área superficial do biopolímero. Importante notar que, aparentemente, a concentração do substrato não tem influência significativa na estrutura morfológica do exopolissacarídeo obtido. Morfologia similar foi verificada em exopolissacarídeo produzido por *Neodeightonia phoenicum*, em estudos realizados por Fonseca et al. (2019). Kagimura et al. (2015) verificaram a presença de estruturas granulares em micrografias do exopolissacarídeo lasiodiplodana (1 →6)-β-D-glucana) obtido em cultivo submerso em reator de tanque agitado.

Caracterização por Espectroscopia no Infravermelho (FTIR): Os espectros de FT-IR de Lasio-20 e Lasio-40 estão demostrados na Figura 3. Ambos os espectros foram semelhantes entre si, demostrando sinais típicos de polissacarídeos na região entre 4000 e 400 cm^{-1}. As bandas de forte intensidade em 3310 cm^{-1} (Lasio-20) e 3291 cm^{-1} (Lasio-40) são atribuídas às vibrações de alongamento de OH (CALEGARI et al., 2017). As bandas em 2940 cm^{-1} e 2883 cm^{-1} na amostra Lasio-40 e em 2940 cm^{-1} e 2880 cm^{-1} na Lasio-20 foram atribuídas ao estiramento C-H sp3.

Figura 3 - Espectro de infravermelho (FT-IR) da lasiodiplodana obtida a partir de 20 gL^{-1} (Lasio-20) e 40 gL^{-1} (Lasio-40) de substrato.



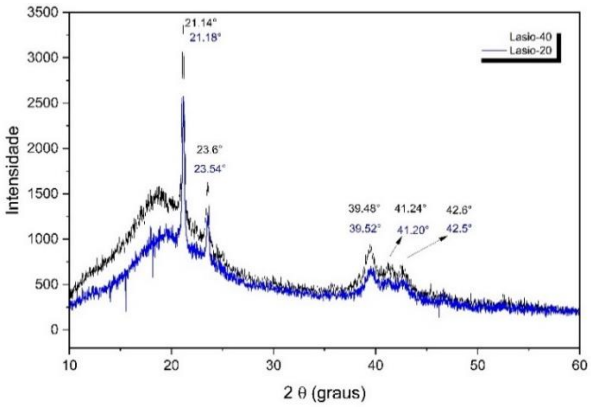
Fonte: Autoria Própria (2019).

As bandas de fraca intensidade em 1374 cm^{-1} (Lasio-20) e 1370 cm^{-1} (Lasio-40) foram atribuídas a vibrações de deformação de CH e OH típicas de carboidratos (ALZORQI et al., 2016). As bandas em 1063 cm^{-1} (Lasio-20) e 1036 cm^{-1} (Lasio-40) são atribuídas a vibração de alongamento C-O de anel piranose (CALEGARI et al., 2017) e as bandas em

884 cm^{-1} (Lasio-20) e 886 cm^{-1} (Lasio-40) foram atribuídas a configuração β-glicosidica (THEIS et al., 2019).

Caracterização por Difração de Raios-X: Na Figura 4 está representado o perfil difratométrico dos biopolímeros produzidos. Conforme pode ser verificado o difratograma obtido revela amostras com perfil característico de matriz amorfa, sem predominância de picos agudos. Observa-se dois picos mais pronunciados com valores próximos a 21º e 23º a 2 ϑ. Tais picos indicam que o polissacarídeo estudado apresenta regiões com certa orientação molecular. Resultados semelhantes foram observados nos estudos de Calegari (2017) e Theis (2017). Picos com menor intensidade foram observados em valores próximos a 39°, 41° e 42°.

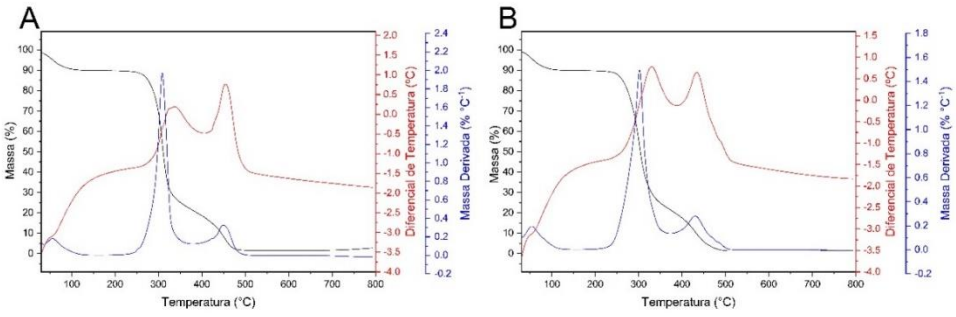
Figura 4 - Difratogramas das amostras de lasiodiplodana produzidas.



Fonte: Autoria própria (2023).

Caracterização por Análise térmica: Na Figura 5 estão apresentados os comportamentos térmicos das amostras de lasiodiplodana, através das curvas TG (termogravimétrica), DTG (termogravimetria derivada) e DTA (térmica diferencial).

Figura **5** - Termograma das amostras de lasiodiplodana A) Las-20 e B) Las-40.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Na Figura 5A estão representadas as curvas de perfil térmico da lasiodiplodana produzida na condição de 20 g L^{-1} de concentração inicial de substrato. Pela curva TG são observados três eventos de perda de massa. O primeiro evento ocorreu até 130 °C, sendo associada a perda de água de adsorção, e evidenciado pelo pico endotérmico com sutil curvatura em 58,8 °C na curva do DTA. Em seguida ocorre dois eventos consecutivos de perda de massa. O primeiro ocorreu até 327 °C, indicado pelo pico exotérmico em 335 °C e sendo atribuído a degradação da amostra. O seguinte e último evento de perda de massa ocorreu até 489 °C, sendo indicado pelo pico exotérmico em 455 °C na curva DTA e representando a oxidação final da amostra.

Perfil térmico similar foi observado nas amostras de Las-40 conforme verificado no termograma descrito na Figura 5B. Foram observados três eventos de perda de massa, onde o primeiro ocorreu até 115 °C, indicado por um pico endotérmico sutil na curva DTA indicado em 58 °C, e correspondendo a perda de água de hidratação. O segundo evento ocorreu até 319 °C, indicado pelo pico exotérmico em 330 °C na curva DTA e correspondendo a degradação da amostra. O último evento ocorreu até 495 °C, indicado pelo pico exotérmico em 455 °C (curva DTA) e correspondendo a oxidação final da amostra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Melaço de soja demonstrou ser um potencial substrato para o preparo de meio de cultivo de baixo custo para a produção de lasiodiplodana pelo fungo *L. theobromae* MMPI.

A concentração inicial de açúcares no meio de cultivo demostrou ter influência tanto sobre a produção e rendimento em lasiodiplodana, como sobre a produção de biomassa micelial. O uso de maiores concentrações de substrato promoveu incremento de três vezes na produção final do biopolimero, e melhorias no rendimento e produtividade em lasiodiplodana.

REFERÊNCIAS

ALZORQI, I.; SUDHEER, S.; et al. Ultrasonically extracted β - D - glucan from artificially cultivated mushroom, characteristic properties and antioxidant activity. *Ultrasonics Sonochemistry*, p. 3–5, 2016.

CALEGARI, G. C. ; SANTOS, V. A. Q. ; TEIXEIRA, S. D. ; BARBOSA-DEKKER, A. M. ; DEKKER, R. F. H.; CUNHA M. A. A. Sulfonation of (1→6)-β-D-Glucan (Lasiodiplodan) and its antioxidant and antimicrobial potential. *Journal Of Pharmacy And Pharmacology*, v. 5, p. 850-863, 2017.

CUNHA, M. A. A. DA; TURMINA, J. A.; IVANOV, R. C.; BARROSO, R. R.; MARQUES, P. T.; FONSECA, E. A. I.; FORTES, Z. B.; DEKKER, R. F. H.; KHAPER, N.; BARBOSA, A. M.. Lasiodiplodan, an exocellular (1→6)-β-D-glucan from Lasiodiplodia theobromae MMPI: Production on glucose, fermentation kinetics, rheology and anti-proliferative activity. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, v. 39, n. 8, p. 1179–1188, 2012.

CUNHA MAA, ALBORNOZ SL, QUEIROZ SANTOS VA *et al. Structure and biological functions of d-glucans and their applications*, 1st edn. John Fedor, Amsterdam. (2017).

KAGIMURA, F. Y.; DA CUNHA, M. A. A.; BARBOSA, A. M.; DEKKER, R. F. H.; MALFATTI, C. R. M. Biological activities of derivatized D-glucans: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 72, p. 588–598, 2015.

LONG, C. C.; GIBBONS, W. R. Conversion of soy molasses, soy solubles, and dried soybean carbohydrates into ethanol. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, v. 6, p 62–68, 2013.

MAGNANI, M.; CASTRO-GÓMES, R. J. H. β-glucana from Saccharomyces cerevisiae: constitution, bioactivity and obtaining. *Semina*, v.29, n.3, p.631-650, 2008.

RAHAR, S.; SWAMI, G.; NAGPAL, N.; NAGPAL, M. A.; SINGH, G. S. Preparation, characterization, and biological properties of β-glucans. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, v.2, p. 94-103, 2011.

SARROUH, B. F.; DOS SANTOS, J. C.; CUNHA, M. A. A.; BRANCO, R. F. Potential biomass resources for cellulosic ethanol production in Brazil: availability, feedstock analysis, feedstock composition, and conversion yields. *Biofuels in Brazil*. 1 ed., p. 97-123, 2014.

SIQUEIRA, P. F.; KARP, S. G.; CARVALHO, J. C., STURM, W.; RODRÍGUEZ-LEÓN, J. A.; THOLOZAN, J.; SINGHANIA, R. R.; PANDEY, A.; SOCCOL, C. R. Production of bio-ethanol from soybean molasse by Saccharomyces cerevisae at laboratory, pilot and industrial scales. *Bioresource Technology* v.99, p.8156-8163, 2008.

THEIS, T. V.; CALEGARI, G. C.; SANTOS, V. A. Q.; JUNIOR, H. E. Z.; BARBOSA, A. M.; DEKKER, R. F. H.; CUNHA, M. A. A. Exocellular (1 - 6)-β-D-Glucan Lasiodiplodan): Carboxymethylation, Thermal Behavior, Antioxidant and Antimicrobial Activity. *American Journal of Immunology*, v. 13, n. 1, p. 19–33, 2017.

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA EM COMPOSTO DE RESÍDUOS DE HORTIFRUTI

Kathlen Neres da CUNHA[1]; Fernanda, PELENTIER[1], Aline Beloque LOPES[1], Beatriz Maria Faust LOPES[1]; Claudia Eugênia Castro BRAVO[2].

1 Acadêmicas do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Professora do Departamento de Química e Ciências Biológicas da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

kathlenneres@alunos.utfpr.edu.br, pelentier@alunos.utfpr.edu.br, alinebeloque@alunos.utfpr.edu.br, beatrizmaria@alunos.utfpr.edu.br, claudiacastro@utfpr.edu.br

Resumo: *Resíduos provenientes da indústria de alimentos possuem concentração elevada de compostos orgânicos, que se forem descartados de maneira inadequada podem trazer prejuízo ao meio ambiente. A compostagem surge como uma alternativa eficaz para transformar esses resíduos em um composto de qualidade que traz benefícios ao meio ambiente além do benefício econômico. Desta forma, sabendo da importância que os microrganismos exercem no processo de transformação desses resíduos, este estudo, conduzido na composteira localizada no campus de Francisco Beltrão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, teve como objetivo verificar a quantidade de bactérias aeróbias mesofílicas presentes em compostos de hortifruti. Para tal, foi aplicada a técnica de inoculação por superfície, seguida pela contagem direta em placas de Petri. De acordo com as condições experimentais, os resultados mostraram que a contagem de bactérias aeróbias mesofílicas foi superior a 3 x* 10^7 UFC mL^{-1} *indicando uma quantidade elevada de bactérias, o que já era esperado pois sabe-se que o composto não é um produto inócuo. Recomenda-se para estudos futuros, o isolamento e identificação desses microrganismos para a identificação da sucessão microbiana, que pode trazer valiosas informações ao processo de compostagem como um todo.*

Palavras-chave: *Microrganismos; Compostagem; Qualidade.*

INTRODUÇÃO

A demanda de produtos, sobretudo os essenciais como de alimentação, tem aumentado cada vez mais, devido ao crescimento populacional e o econômico, o que faz com que os diferentes sistemas, aumentem ainda mais suas produções e por consequência

há a geração de grande quantidade de resíduos orgânicos. Entretanto, uma maneira de minimizar os impactos e agregar sustentabilidade é reciclar esses resíduos (VALENTE *et al.*, 2009). O manejo dos resíduos deve ser feito de forma adequada visando assim reduzir os impactos negativos ao meio ambiente (DOS SANTOS *et al.*, 2022).

A reciclagem de resíduos orgânicos pode não representar uma solução final para os problemas de escassez de alimentos ou de algum outro problema ambiental, mas tem grande valia na contribuição para reduzir os danos causados devido ao mal gerenciamento e disposição desordenada no meio ambiente, além de propiciar um meio nutritivo para solos exauridos pela ação indevida de fertilizantes químicos aplicados nos mesmos (LIMA, 2002).

No processo de compostagem há uma grande série de mudanças contínua das espécies de microrganismos que fazem presença durante o processo devido às mudanças que ocorrem no meio, tornando praticamente impossível identificar todos os tipos de microrganismos que participam, mas que há predominância de determinadas espécies de microrganismos e é a atividade metabólica desses presentes que determina a fase em que se encontra o processo de compostagem (MILLER,1992).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo verificar a quantidade de bactérias aeróbias mesofílicas presentes no composto oriundo de hortifruti aplicando a técnica de inoculação por superfície e contagem direta em placas de Petri.

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

A compostagem

Segundo Lima *et al*. (2016) a compostagem consiste em um conjunto de técnicas aplicadas para controle da decomposição de materiais orgânicos, cujo seu produto final, rico em material mineral e nutrientes, se obterá em menor tempo, pois a técnica aumenta a velocidade de estabilização da matéria orgânica.

Kiehl (2004), afirma que a compostagem é um processo de decomposição microbiana que se caracteriza em fases, na sua fase inicial encontram-se células microbianas em estado de latência, porém com uma intensa atividade metabólica.

A definição de compostagem pode variar de acordo com seu enfoque microbiológico ou ambiental. Mas todas ressaltam o caráter aeróbico e termofílico (SERRANO, 2020). Os agentes responsáveis pela decomposição da matéria orgânica no processo de compostagem são os microrganismos, que por se tratar de um processo bioquímico, a eficiência do processo depende da ação e da interação desses microrganismos, que por sua vez dependem de condições favoráveis, como, temperatura, umidade, aeração, pH, relação carbono/ nitrogênio (C/N), etc (BIDONE, 2001).

Microrganismos na compostagem

De acordo com Madigan *et al*. (2018), os microrganismos são organismos microscópicos, como bactérias, fungos, vírus e protozoários, que desempenham uma ampla variedade de funções ecológicas e biológicas, são encontrados em todos os ambientes do planeta, e apresentam grande importância na manutenção do equilíbrio ecológico e em processos biológicos essenciais. E na compostagem são eles os responsáveis pela transformação da matéria orgânica, seus processos são importantes para o conhecimento da ciclagem de nutrientes e da dinâmica da matéria orgânica (PEREIRA NETO, 2007).

São as bactérias as responsáveis pelo início da decomposição dos resíduos orgânicos, esse processo causa liberação de calor, consequentemente o aumento da temperatura, o que causa a morte dos microrganismos mesófilos, ocorrendo o desenvolvimento de bactérias e fungos termófilos. Os microrganismos mesófilos incorporam nitrogênio à massa da compostagem através da sua decomposição. As bactérias degradam os lipídeos e frações de hemicelulose, já a celulose e a lignina são decompostas pelos fungos, a atividade dos microrganismos, depende tanto do conteúdo de carbono utilizado como fonte de energia, quanto de nitrogênio para síntese de proteínas (PEREIRA *et al.*, 2022).

METODOLOGIA

Compostagem

A compostagem de resíduos de hortifruti em composteira foi monitorada no período de abril a junho de 2023. A composteira está localizada, em local aberto, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Francisco Beltrão - UTFPR-FB

Para a montagem da leira foram utilizados cenoura, batata doce, repolho, banana, melancia, tomate, manga, abóbora e mamão. A leira foi dimensionada em 70 cm de diâmetro e 70 cm de comprimento, e depois fez-se uma construção de camada de galhos para proporcionar a aeração da pilha. Em seguida foi adicionado uma camada de folhas secas e capins secos em torno de 10 cm, alternando com uma camada de 9,8 kg de resíduos orgânicos segmentados em pequenas dimensões com um tamanho em torno de 15 cm de resíduos até atingir 70 cm, e pôr fim a leira foi coberta com uma camada de folhas secas e capins secos conforme apresentado a Figura 1.

Figura 1 - Composteira de hortifruti.

Fonte: Autoria própria (2023).

O revolvimento para aeração da leira e a irrigação da pilha foram realizados manualmente, uma vez por semana.

Análise de bactérias aeróbias mesofílicas

Para realizar as análises de bactérias aeróbicas mesofílicas foram utilizados 25 gramas das amostras de composto e adicionadas em Erlenmeyer com 225mL de água

peptonada 0,1%. Foram homogeneizadas por 10 minutos (shaker), obtendo-se a primeira diluição decimal (10^{-1}). A partir da diluição decimal inicial, foram realizadas diluições decimais seriadas até 10^{-4}. O meio de cultura utilizado na inoculação das amostras foi o Ágar Padrão de Contagem (PCA). Foram inoculados 0,1 mL das diluições decimais seriadas, em triplicata, utilizando a técnica de inoculação por superfície com auxílio de alça de Drigalski, e incubadas a 37ºC por 48 horas. Após esse período procedeu-se à contagem de bactérias aeróbias mesofílicas (BRAVO, 2023).

Temperatura

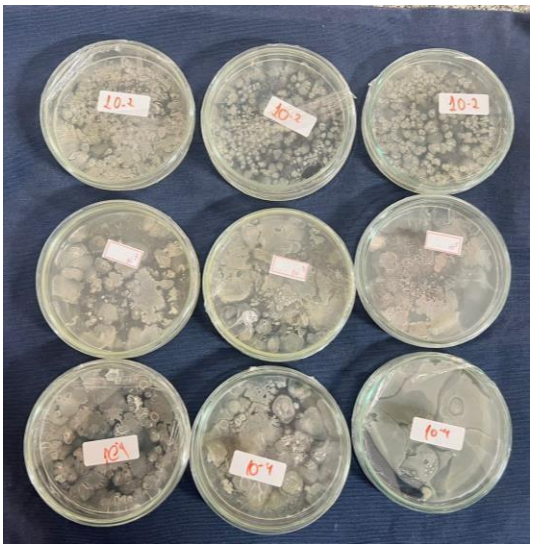
A temperatura da compostagem foi monitorada duas vezes na semana com auxílio de um termômetro. Para medir a temperatura colocou-se o termômetro no centro da composteira, assim esperando cinco minutos para estabilizar a temperatura, anotou-se o resultado e revirou -se a composteira. No dia seguinte foi realizado o mesmo procedimento. O monitoramento da temperatura foi realizado durante dois meses.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Contagem de bactérias aeróbias mesofilicas

De acordo com os resultados observados na Figura 2, verifica-se que a contagem desse grupo microbiano apresentou uma contagem média de $>3x10^{7}$, indicando uma contagem elevada no composto analisado.

Figura 2 - Bactérias aeróbias mesofílicas em meio de cultura PCA



Fonte: Autoria própria (2023).

De acordo com Awasthi *et al*. (2014) à medida que a compostagem de resíduos orgânicos progride, há uma seleção de microrganismos mais adaptados às condições específicas da compostagem, o que pode levar a uma diminuição na diversidade microbiana. Esses resultados sugerem que as condições de compostagem foram favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das bactérias aeróbias mesofílicas, que são conhecidas por serem ativas em temperaturas moderadas.

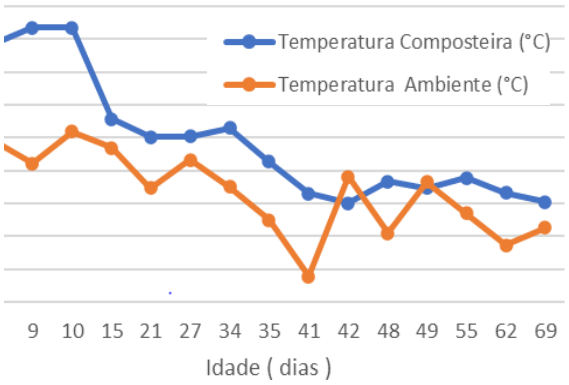
A alta contagem de bactérias aeróbias mesofílicas no composto analisado pode indicar um processo de compostagem bem-sucedido, no qual esses microrganismos desempenharam um papel importante na degradação da matéria orgânica. Para uma compreensão completa dos resultados, é importante avaliar outras populações microbianas, como fungos, leveduras e outras bactérias específicas, além das bactérias aeróbias mesofílicas. A análise da diversidade genética desses microrganismos fornecerá informações adicionais sobre a composição microbiana e as interações durante a compostagem de resíduos orgânicos de hortifruti, permitindo uma visão mais abrangente do processo (FRANKE-WHITTLE *et al*., 2014.

Temperatura

De acordo com os resultados de temperatura obtidos, o Gráfico (figura 3) mostra a variação desse parâmetro na composteira. A temperatura variou durante o processo, sendo

no início a fase mesofílica, os microrganismos mesófilos preferem temperaturas moderadas (20°C - 40°C), começam a degradar os resíduos orgânicos, após essa fase ocorre um aumento significativo na temperatura do composto, sendo caracterizada como fase termofílica, caracterizada por temperaturas mais altas, que ajudam a acelerar a decomposição, e por último temos a maturação, é nessa etapa que o composto começa a reduzir a sua temperatura gradualmente, ocorre a estabilização final, a decomposição completa da matéria orgânica e a formação final de um produto rico em nutrientes.

Figura 3 - Gráfico das temperaturas e dias



Fonte: Autoria própria (2023).

A compostagem passa por uma fase termofílica, em que a temperatura aumenta rapidamente devido a atividade microbiana intensa, essa elevação da temperatura é essencial para a degradação eficiente da matéria orgânica. A temperatura durante a compostagem é influenciada por fatores como o tipo de resíduo orgânico utilizado, a proporção de carbono e nitrogênio, a aeração e o manejo adequado do material. O controle adequado da temperatura ao longo do tempo é importante para a eliminação de patógenos. A manutenção de temperaturas adequadas ao longo do processo de compostagem é essencial para garantir a degradação eficiente dos resíduos e a produção de um composto estável e seguro para uso (BERNAL *et al*., 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, estima-se que a população de bactérias aeróbias mesofílicas foi maior de $3x10^7$, indicando a necessidade de fazer o plaqueamento de diluições decimais seriadas acima de 10^7 para possibilitar uma contagem microbiana precisa.

REFERÊNCIAS

AWASTHI, M. K., *et al*."*Microbial consortium–mediated reclamation of plant-microbial diversity for nutritional agriculture*." SpringerPlus, 3(1), 1-10 - 2014.
BERNAL, M. P., ALBURQUERQUE, J. A., & MORAL, R.;*Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment*. A review. Bioresource Technology, 100(22), 2009. 5444-5453.

BIDONE, F.R.A; *Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: Eliminação e valorização*. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES. Rio de Janeiro. Brasil - 2001.
BRAVO, C. E. C. *Roteiros de aulas Práticas Microbiologia Geral*. 2023.
DOS SANTOS, P. C. O. *et al*. *Utilização de microrganismos eficazes no processo de compostagem no cultivo de alface*. Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil - ISBN 978-65-5360-092-8 - Editora Científica Digital - www.editoracientifica.org - Vol. 3 - Ano 2022.
CANCELADO, S. V. *Avaliação da qualidade microbiológica de um composto produzido a partir de resíduos animais e vegetais***,** Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Câmpus de Jaboticabal, 2014.
FRANKE-WHITTLE, I. H., KNAPP, B. A., FUCHS, J., KAUFMANN, R., & INSAM, H. (2014). *Application of COMPOCHIP microarray to investigate the bacterial communities of different composts*. Microbial ecology, 67(4), 816-828.
KIEHL, E. J. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Acesso em: 10 jun. 2023.
LIMA, M.A. *Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios*. Cad. Ciência Tecnol; 2002. 19: 451-472.
LIMA, G. A. A.; DIAS, C. A. C.; LIMA, A. H.. *Compostagem de resíduos sólidos orgânicos como tema incentivador de educação ambiental*. Scientia Plena, v. 12, n. 6, 2016.
MADIGAN, M.T., *et al*. *Brock Biology of Microorganisms*. Pearson, 2018.
MILLER, F.C. *Composting as a process base don the control of ecologically selective factors*. In: Meeting, F.B. Soil Microb. Ecol., 1992. 18: 515- 543.
PEREIRA NETO, J.T. *Manual de compostagem: processo de baixo custo*. UFV. Viçosa; 81 p. 2007.

PEREIRA, V. R.; FIORE, F. A. *Fatores influenciadores da segregação de resíduos orgânicos na fonte geradora para a viabilização de sistemas de compostagem*. Eng Sanit Ambient, v.27, n.4, 2022, p. 643-652.
SERRANO, L.; PAULA, V. R.; RIBEIRO, J. B.; SILVA, M. R.; FREITAS, C.; OTENIO, M. H.; *A compostagem de carcaças de animais mortos elimina microrganismos patogênicos* - v.14, n.2, a502, p.1-11, Fev., 2020.
VALENTE, B. S. *et al*. *Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos*. Archivos de zootecnia, v. 58, n. 224, p. 59-85, 2009.

AVALIAÇÃO DA BIOMASSA E EXOPOLISSACARÍDEO PRODUZIDOS PELO FUNGO *Lasiodiplodia theobromae* MMPI

Marcelo Luis Kuhn MARCHIORO[1], Mário Antônio Alves da CUNHA[1].

[1]Departamento Acadêmico de Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Pato Branco
Pato Branco – Paraná - Brasil

E-mails: marchioro82@gmail.com, mcunha@utfpr.edu.br.

Resumo: *O crescimento da população mundial tem aumentado a demanda por fontes alimentares alternativas. Neste sentido, as single-cell proteins (SCP), proteínas produzidas a partir de algas, fungos e bactérias vêm ganhando destaque nos últimos anos. No presente estudo, o fungo ascomiceto Lasiodiplodia theobromae MMPI foi produzido em cultivo submerso usando meio sintético (sacarose) e meio a base de melaço de soja. A biomassa e o exopolissacarídeo (lasiodiplodana) obtidos foram caracterizados através de microscopia eletrônica de varredura (MEV), análise termogravimétrica (TG), espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e difratometria de raio-x (DRX). As micrografias indicaram que a composição do meio tem influência na morfologia tanto das amostras de biomassa quanto nas de lasiodiplodana. A análise termogravimétrica demonstrou que as amostras possuem elevada estabilidade térmica, e que a lasiodiplodana tem natureza essencialmente amorfa. Através das técnicas utilizadas foi possível caracterizar as amostras de biomassa e lasiodiplodana.*

Palavras-chave: *Micoproteína; Subproduto agroindustrial; Bioprospecção; Biotecnologia.*

INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial, a busca por fontes alternativas de alimentos vem aumentando exponencialmente. Alimentos ricos em proteínas produzidos a partir de algas, fungos (fungos filamentosos e leveduras) e bactérias, vem atraindo cada vez mais a atenção dos consumidores como uma alternativa a carne vermelha (SAR *et al*., 2022).

O termo proteínas de célula única (*single-cell proteins*), tem sido usado para designar alimentos de origem microbiana, que visam substituir alimentos de origem animal e vegetal ricos em proteínas.

Neste contexto, o presente trabalho buscou caracterizar através de microscopia eletrônica de varredura, espectroscopia na região do infra vermelho com transformada de Fourier, difratometria de raio-x e análise termogravimétrica a biomassa e o exopolissacarídeo (lasiodiplodana) do fungo ascomiceto *Lasiodiplodia theobromae* MMPI,

produzidos por cultivo submerso utilizando meio a base de sacarose (MSAC) e meio a base de melaço de soja (MMS).

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

Embora microrganismos sejam utilizados há séculos pelo homem na produção de alimentos e rações para animais, a tecnologia e a produção em larga escala de proteínas microbianas (single-cell proteins, SCP) como alimento foi desenvolvida nos últimos 100 anos, particularmente após a primeira guerra mundial. Considerando a grande variedade de microrganismos existentes, estudos visando a condição ideal para a produção de proteína microbiana têm sido conduzidos (REIHANI; KHOSRAVI-DARANI, 2019).

As micoproteínas (proteínas de origem fúngica) podem ser utilizadas como substitutas parciais ou até mesmo totais de alimentos proteicos de origem animal, como as carnes. São fontes saudáveis de aminoácidos essenciais, vitaminas, carboidratos e carotenos. Outro aspecto de grande relevância é a possibilidade de utilização de resíduos agroindustriais como substratos de baixo custo em sua produção, aliado a questões ambientais e possibilidade de produção controlada independente de clima e sazonalidade (HASHEMPOUR-BALTORK *et al*., 2020).

Estudos reportados na literatura cientifica mostram a produção de biomassa proteica (SCP) a partir de fungos filamentosos, empregando tanto processos de fermentação submersa, como fermentação semissólida e cultivo em superfície. Desses sistemas de fermentação, o sistema submerso pode levar a maiores rendimentos (HASHEMPOUR-BALTORK *et al*., 2020; SUMAN *et al*., 2015).

Um material oriundo do processamento agroindustrial que tem sido recentemente estudado como matéria-prima para a obtenção de produtos biotecnológicos é o melaço de soja. Esta biomassa é um coproduto gerado da produção de concentrado proteico de soja, mais especificamente na etapa de lavagem do farelo desengordurado com solução hidroalcoólica (etanol 60% v/v). O melaço de soja é rico em carboidratos, encerrando em sua composição, sacarose (≈ 28,4%), estaquiose (≈ 18,6%), rafinose (≈ 9,68), e menores proporções de glicose, galactose e frutose (CALDEIRÃO *et al*., 2016; SIQUEIRA *et al*., 2008). Além da alta concentração de açúcares, o melaço de soja contém nitrogênio orgânico

e outros macros e micronutrientes, o que favorece sua utilização como substrato para o crescimento microbiano e síntese de produtos biológicos (CHENG *et al*., 2017).

METODOLOGIA

O fungo *L. theobromae* MMPI foi cultivado em cultivo submerso seguindo metodologia descrita por Acosta *et al*., (2020). Melaço de soja (MMS) e sacarose (MSAC) foram utilizados como fonte de carbono e extrato de farelo de arroz como fonte de nitrogênio. As biomassas celulares geradas nos cultivos foram separadas do caldo fermentado, lavadas e liofilizadas para posteriores análises. Lasiodiplodana foi recuperada do caldo por precipitação com etanol, dialisada e então liofilizada (Acosta *et al*., 2020).

Microscopia eletrônica de varredura: Micrografias com amplitudes de 200x, 600x e 1000x foram obtidas utilizando microscópio eletrônico de varredura de bancada modelo TM3000 (Hitachi, USA).

Análise termogravimétrica: O comportamento térmico das amostras obtidas nos meios a base de MMS e MSAC foi analisado em um analisador térmico SDT Q600 (TA Instruments, New Castle, DE, EUA). As condições de análise foram: faixa de temperatura de 25 a 800 °C, taxa de aquecimento de 10 °C/min e vazão de ar sintético de 50 mL/min.

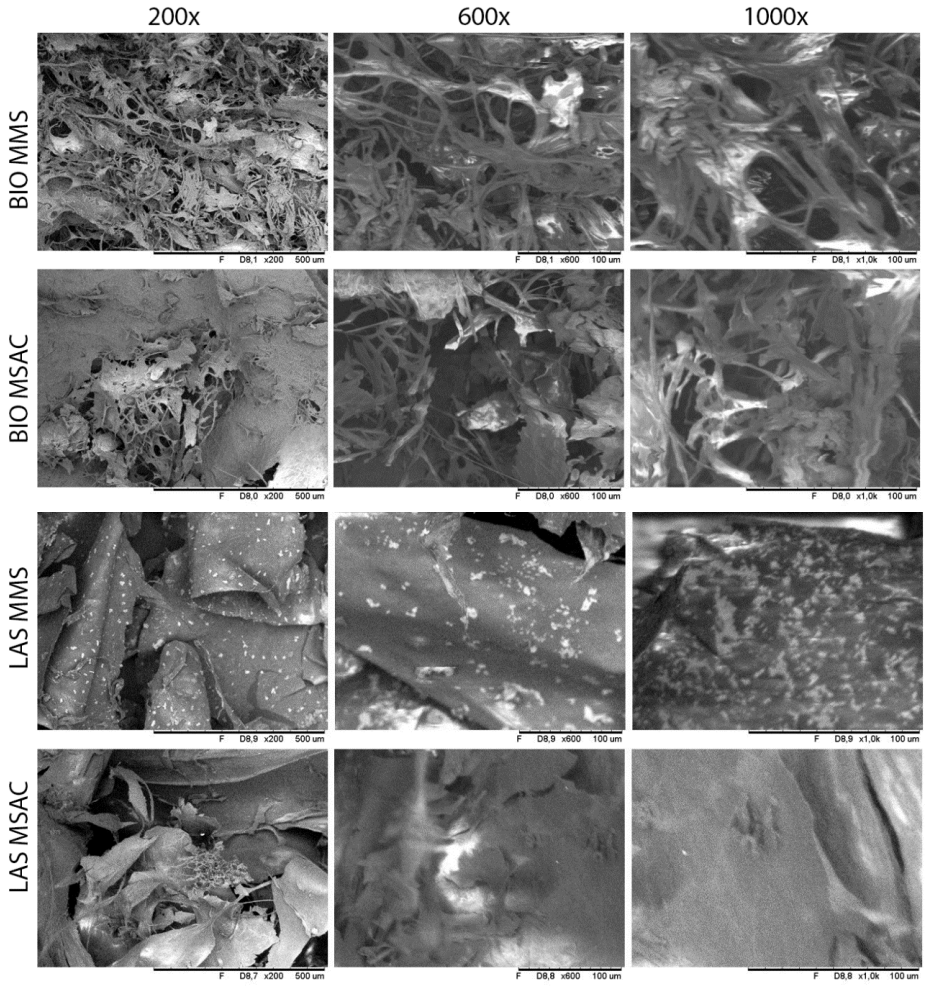
Espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier: Os espectros de infravermelho (FTIR) foram obtidos em espectrofotômetro Frontier (Perkin Elmer, USA) na região de 4000-400 cm^{-1}, com 32 acumulações e resolução de 0,5 cm^{-1}, usando o método ATR.

Difratometria de Raio-X: O perfil difratométrico das amostras foi obtido em difratômetro de raio X modelo XDR-6000 (Shimadzu, USA) com fonte de radiação de lâmpada de cobre (CuKα= 1,5418 Å), corrente de 30 mA e tensão de 40 kV, ângulo de varredura de 10° a 90° (2θ), velocidade de 0,5º/min e passo de 0,02 graus.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Microscopia eletrônica de varredura: As micrografias das amostras de biomassa micelial (BIO-MMS e BIO-MSAC) e de lasiodiplodana (LAS-MMS e LAS-MSAC) obtidas a partir dos cultivos do fungo *L. theobromae* MMPI nos meios MMS e MSAC estão apresentadas na Figura 1, com ampliações de 200, 600 e 1000 vezes.

Figura 1 - Micrografias das amostras de biomassa (BIO-MMS e BIO-MSAC) e lasiodiplodana (LAS-MMS e LAS-MSAC).



Fonte: Autoria própria (2023).

As micrografias BIO-MMS e BIO-MSAC (liofilizadas) mostram redes de hifas entrelaçadas as quais formam a estrutura tridimensional que constitui o micélio fúngico. As imagens de MEV sugerem que o micélio crescido no meio MMS apresenta uma rede de hifas mais contínua e emaranhada em comparação ao micélio crescido em meio MSAC. Parece haver um rompimento da estrutura fibrilar das hifas em algumas porções do micélio cultivado em meio MSAC. Outro aspecto que pode ser observado pela análise das imagens de MEV é a presença de material polimérico junto as hifas do micélio crescido em meio

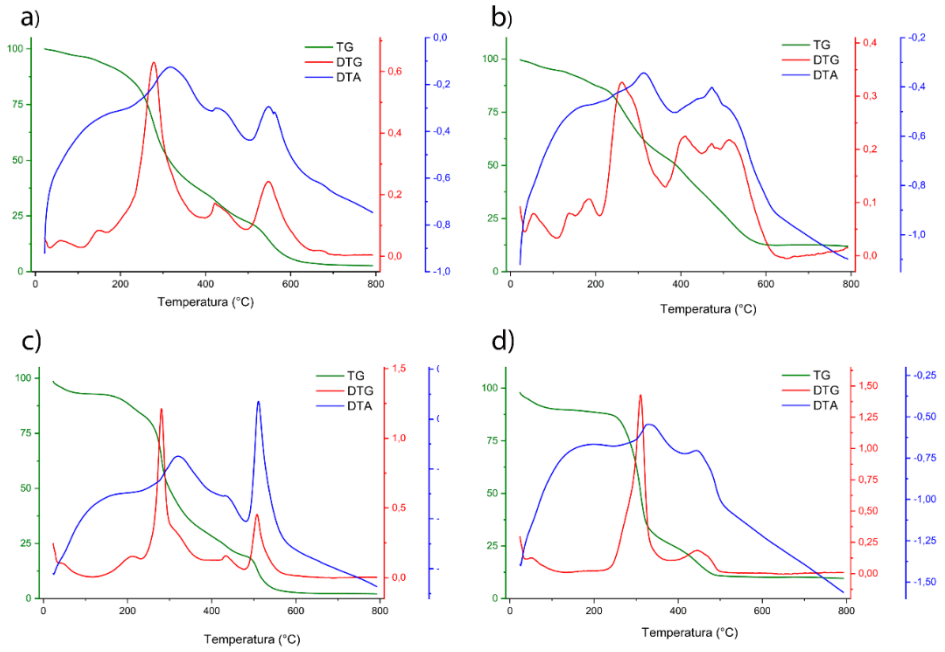
MSAC. Este material polimérico é atribuído a presença de lasiodiplodana a qual é produzida em grandes quantidades em meios a base de sacarose (CUNHA *et al*., 2012).

As micrografias das amostras de lasiodiplodana produzidas nos meios contendo melaço de soja (LAS-MMS) ou sacarose (LAS-SAC) indicam que a composição do meio interfere na estrutura morfológica do biopolímero. As imagens da amostra de lasiodiplodana produzida em meio MMS mostram uma superfície irregular contendo dobras ao longo da área superficial. Outro aspecto que chama a atenção, é a presença de pontos esbranquiçados ao longo da área superficial do biopolímero obtido em meio MMS. Tais manchas esbranquiçadas podem estar associadas a possível presença de íons inorgânicos como cálcio ou magnésio junto a estrutura do polissacarídeo. Estruturas macromoleculares ricas em hidroxilas podem formar redes tridimensionais por reticulação com íons bivalentes. Neste contexto o meio MMS contém sais minerais como cálcio e magnésio oriundos do melaço de soja (RODRIGUES *et al*., 2021). A amostra LAS-MSAC apresentou uma superfície um pouco mais irregular do que a amostra LAS-MMS, sendo verificadas áreas mais desuniformes com aspecto quebradiço.

Perfil térmico das amostras de biomassa e lasiodiplodana: Os perfis térmicos das amostras de biomassa e lasiodiplodana estão descritos na Figura 2 (curvas TGA e DTA). A biomassa celular produzida em meio MMS (Figura 2a) apresentou um primeiro estágio de perda de massa (11% de perda) entre 25 °C e 170 °C, com pico exotérmico em 50 °C (curva DTA). O segundo evento ocorreu entre 170 °C e 390 °C, com pico em 316 °C (curva DTA) e 54% de perda de massa. Posteriormente, entre 390 °C e 650 °C ocorreu dois eventos consecutivos de perda de massa (32%), com picos exotérmicos em 427 °C e 549 °C na DTA.

A biomassa micelial obtida em meio MSAC (Figura 2b) apresentou um primeiro estágio com três eventos consecutivos de perda de massa (14%) entre 25 °C e 210 °C, com pico endotérmico em 50 °C (DTA). O segundo estágio ocorreu entre 210 °C e 362 °C com perda de massa de 32%, com pico exotérmico em 314 °C (DTA). O terceiro estágio de perda de massa (42%) apresentou três eventos consecutivos entre 362 °C a 649 °C, apresentando pico exotérmico em 471 °C na DTA.

Figura 2 - Perfil térmico das biomassas miceliais (a e b) e da lasiodiplodana (c e d) produzidas em meio MMS e MSAC.



a) biomassa produzida em meio MMS; b) biomassa produzida em meio MSAC; c) lasiodiplodana produzida em meio MMS; d) lasiodiplodana produzida em meio MSAC.
Fonte: Autoria própria (2023).

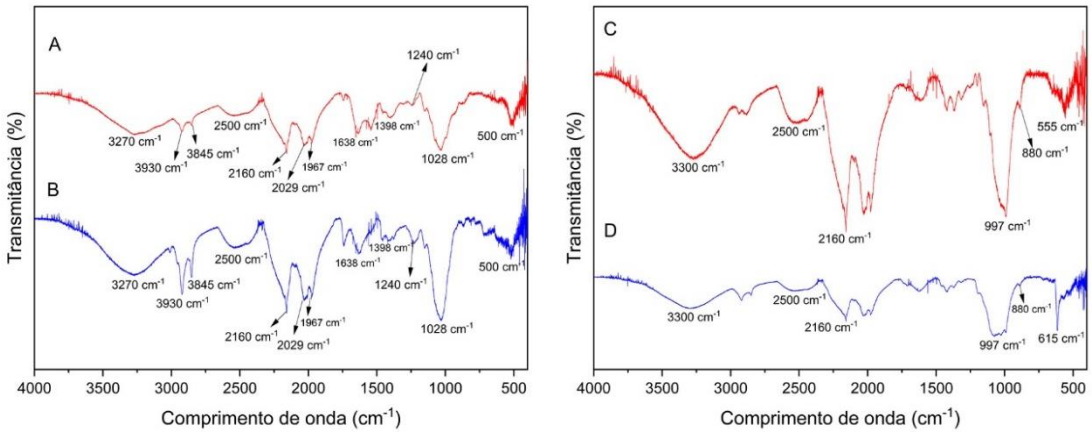
Lasiodiplodana produzida no meio MMS (Figura 2c) mostrou quatro estágios de perda de massa. O primeiro estágio ocorreu até 100°C com perda de massa de 8%, indicada por um pico endotérmico a 50,5°C na curva DTA. Esta perda de massa corresponde à eliminação da água de hidratação. Um segundo evento de perda de massa ocorreu entre 133°C e 377°C, resultando em uma redução de cerca de 60% na massa da amostra. Este evento é acompanhado por um pico exotérmico a 281°C (DTA), e corresponde à decomposição inicial da macromolécula. Em temperaturas mais altas, foram observados dois eventos consecutivos com perdas de massa entre 424°C e 600°C, indicados por dois picos exotérmicos em 435°C e 508°C (curvas DTA). A perda de massa com pico exotérmico a 435°C pode ser atribuída à degradação oxidativa, sendo que o último evento de perda de massa (pico exotérmico a 508°C) correspondeu à decomposição final (carbonização) da amostra.

A amostra de lasiodiplodana produzida em meio MSAC (Figura 2d) demonstrou 3 eventos de perda de massa. O primeiro indicado por um pico endotérmico em 45 °C (DTA)

que ocorreu até cerca de 120 °C, com perda de 11% de massa (eliminação de água de hidratação). Um segundo evento correspondente a decomposição inicial da molécula ocorreu entre 150 °C e 373 °C, com pico exotérmico em 332 °C. Nessa fase houve uma perda de 63% de massa. O último evento, correspondente a degradação final da molécula ocorreu de 373 °C a 510 °C, com pico exotérmico em 440 °C (DTA) e com perda de 16% de massa.

Espectroscopia na região do infravermelho médio com transformada de Fourier: Os perfis espectroscópicos das amostras de biomassa e lasiodiplodana produzidas nos meios MSAC e MMS estão apresentadas na Figura 4. Bandas de forte intensidade são verificadas nas regiões de 3270 cm^{-1} (Figuras 3A e 3B) e 3300 cm^{-1} (Figuras 3C e 3D) e atribuídas ao alongamento vibracional -OH (CALEGARI *et al*., 2017). As bandas na região de 2900 cm^{-1} são atribuídas ao alongamento sp3 do grupo metileno, comumente presentes em polissacarídeos. O aparecimento desta banda nas biomassas pode indicar a presença de polissacarídeos aderidos ao micélio fúngico (NISSOLA *et al*., 2021). As bandas de absorção na região de 2500 cm^{-1} são comumente atribuídas aos dímeros de COOH ligados ao hidrogênio ((NUZZO *et al*., 2020).

Figura 4 – perfil espectroscópico na região do infravermelho médio das amostras de da biomassa produzida em A) MSAC e B) MMS, e lasiodiplodana produzida em C) MSAC e D) MMS.



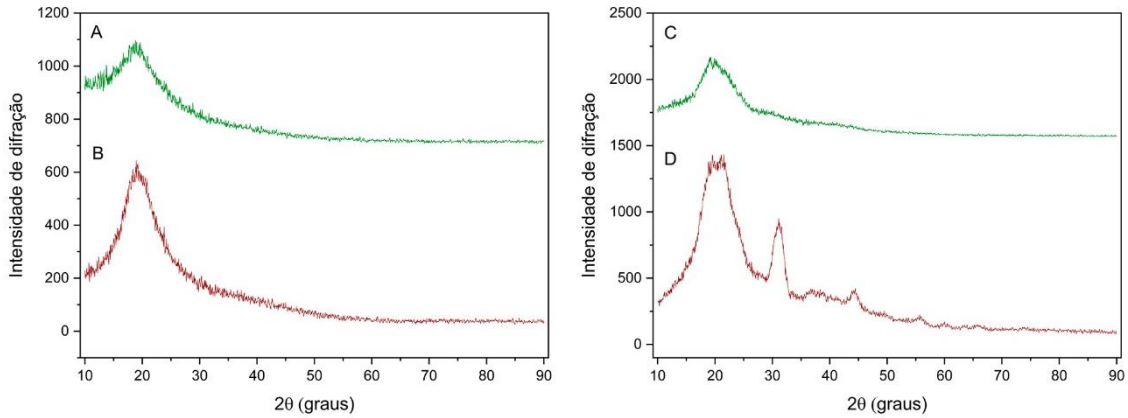
Fonte: Autoria própria (2023).

As bandas nas regiões de 2160 cm^{-1}, 2029 cm^{-1} e 1967 cm^{-1} podem ser associadas as ligações de dióxido de carbono (POPA; FETEA; SOCACIU, 2021). A banda em 1638 cm^{-1} pode ser atribuída à flexão O-H. Bandas em 1398 cm^{-1} são atribuídas às vibrações de alongamento simétricas e assimétricas dos grupos CH_3 (WANG *et al*., 2015) e em 1270 cm^{-1}

a vibração do alongamento da ligação C-O-C (TAN *et al*., 2021). A banda em 1029 cm^{-1} é atribuída à vibração de estiramento de C-O, que ocorre no anel piranose presente nos monômeros que compõem as glucanas. Na região de 880 cm^{-1} aparece uma banda de baixa intensidade que pode ser atribuída a configuração β, presente na ligação glicosídica da lasiodiplodana (LUNA *et al*., 2018).

Difratometria de Raio-X: Os perfis difratométricos das amostras obtidas nos meios MSAC e MMS estão apresentadas na Figura 4. Como pode ser observado nas Figuras 4A e 4B, as amostras de biomassa micelial demonstram um perfil essencialmente amorfo, com uma certa organização cristalina em 19º (2θ). Perfil semelhante foi descrito por Arunprasath *et al*., (2019) para o micélio de uma cepa do fungo *Lasiodiplodia* sp. Em contrapartida, as amostras de lasiodiplodana apresentaram diferenças em seus perfis difratométricos. A lasiodiplodana produzida em meio MSAC (Figura 4C) apresentou um único pico amplo em 20º (2θ), indicando um material de natureza amorfa.

Figura 4 - Difratogramas da biomassa produzida em A) MSAC e B) MMS, e lasiodiplodana produzida em C) MSAC e D) MMS.



Fonte: Autoria própria (2023).

A lasiodiplodana produzida em meio MMS (Figura 4D), apresentou três picos com maior intensidade, em 20º, 31º e 44° a 2θ, o que pode indicar que a amostra possui uma cristalinidade um pouco maior, mas ainda assim o material é essencialmente amorfo. Em seu trabalho, Luna *et al*., (2018) encontrou picos em 20.9°, 23.4° e 39.4° a 2θ, em amostra de lasiodiplodana produzida em meio sintético com glicose.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As micrografias de MEV demonstraram que a composição do meio de cultivo interfere na organização das hifas do micélio fúngico e na morfologia da lasiodiplodana. O análise termogravimétrica demonstrou que a biomassa e a lasiodiplodana produzidas em MSAC apresentaram maior estabilidade térmica que as produzidas em MMS.

Os espectros de infravermelho apresentaram bandas caracteristicas de micélios fúngico para as biomassas miceliais e de polissacarídeos para as amostras de lasiodiplodana. A difratometria de raio-x demonstrou que as amostras possuem natureza amorfa, com pouca organização cristalina, caracteristico desse tipo de material.

O uso de uma plataforma integrada de produção de biomassa celular e lasiodiplodana utilizando o fungo *L. theobromae* MMPI pode ser uma alternativa atrativa de biuoproecção do fungo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), a Fundação Araucária (Convênio 282/2022 - NAPI SUDOESTE 3793-1 13539-9).

REFERÊNCIAS

ACOSTA, S. B. P. *et al*. Valorization of Soybean Molasses as Fermentation Substrate for the Production of Microbial Exocellular β-Glucan. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 28, n. 8, p. 2149–2160, 2020.

ARUNPRASATH, T. *et al*. Biodegradation of triphenylmethane dye malachite green by a newly isolated fungus strain. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 17, n. December 2018, p. 672–679, 2019.

CALEGARI, G. C. *et al*. Sulfonation of (1→6)-β-D-Glucan (Lasiodiplodan) and Its Antioxidant and Antimicrobial Potential. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, v. 5, n. 12, p. 850–863, 2017.

CHENG, C. *et al*. Polymalic acid fermentation by Aureobasidium pullulans for malic acid production from soybean hull and soy molasses: Fermentation kinetics and economic analysis. *Bioresource Technology*, v. 223, p. 166–174, jan. 2017.

CUNHA, M. A. A. DA *et al*. Lasiodiplodan, an exocellular (1→6)-β-d-glucan from

Lasiodiplodia theobromae MMPI: Production on glucose, fermentation kinetics, rheology and anti-proliferative activity. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, v. 39, n. 8, p. 1179–1188, 8 ago. 2012.

HASHEMPOUR-BALTORK, F. *et al*. Mycoproteins as safe meat substitutes. *Journal of Cleaner Production*, v. 253, p. 119958, 20 abr. 2020.

NISSOLA, C. *et al*. Hydrogel containing (1 → 6)-β-D-glucan (lasiodiplodan) effectively promotes dermal wound healing. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 183, p. 316–330, 2021.

NUZZO, A. *et al*. Infrared spectra of soil organic matter under a primary vegetation sequence. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, v. 7, n. 1, p. 1–12, 2020.

POPA, R. M.; FETEA, F.; SOCACIU, C. Atr-ftir-mir spectrometry and pattern recognition of bioactive volatiles in oily versus microencapsulated food supplements: Authenticity, quality, and stability. *Molecules*, v. 26, n. 16, 2021.

REIHANI, S. F. S.; KHOSRAVI-DARANI, K. Influencing factors on single-cell protein production by submerged fermentation: A review. *Electronic Journal of Biotechnology*, v. 37, p. 34–40, 1 jan. 2019.

RODRIGUES, B. C. G. *et al*. Soybean molasses as feedstock for sustainable generation of biomethane using high-rate anaerobic reactor. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 9, n. 4, p. 105226, 1 ago. 2021.

SAR, T. *et al*. Demo-scale production of protein-rich fungal biomass from potato protein liquor for use as innovative food and feed products. *Food Bioscience*, v. 47, n. December 2021, p. 101637, 2022.

SUMAN, G. *et al*. Single Cell Protein Production: A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 4, n. 9, p. 251–262, 2015.

TAN, C. S. *et al*. Comparison of FTIR spectrum with chemometric and machine learning classifying analysis for differentiating guan-mutong a nephrotoxic and carcinogenic traditional chinese medicine with chuan-mutong. *Microchemical Journal*, v. 163, n. August 2020, p. 105835, 2021.

WANG, Y. *et al*. Fourier transform infrared spectroscopy analysis of the active components in serum of rats treated with Zuogui Pill. *Journal of Traditional Chinese Medical Sciences*, v. 2, n. 4, p. 264–269, 2015.

WILLIAM N. SANCHEZ LUNA *et al*. O-Acetylated (1→6)-β-D-Glucan (Lasiodiplodan): Chemical Derivatization, Characterization and Antioxidant Activity. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, v. 6, n. 4, p. 320–332, 8 abr. 2018.

ÓLEOS ESSENCIAIS COMO INIBIDORES DE *Staphylococcus aureus*

Maria Luiza Momoli [1]; Rebeca Bertoldo Nantes [1]; Ellen Porto PINTO [2]; Claudia Eugênia Castro BRAVO [3].

1 Acadêmicas do Curso de Engenharia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil
[2] Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil
[3]Departamento Acadêmico de Química e Ciências Biológicas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: marialuizamomoli@alunos.utfpr.edu.br, rnantes@alunos.utfpr.edu.br, ellenporto@utfpr.edu.br, claudiacastro@utfpr.edu.br

Resumo: *Óleos essenciais extraídos de plantas são compostos voláteis que possuem propriedades antimicrobianas. Neste trabalho avaliou-se a ação antibacteriana in vitro de óleos essenciais comerciais de hortelã-pimenta e laranja selvagem utilizando discos embebidos em óleos essenciais em meio de cultura Ágar Mueller Hinton frente a* Staphylococcus aureus*. De acordo com os resultados, tanto o óleo essencial de hortelã-pimenta quanto o óleo essencial de laranja-selvagem inibe totalmente o crescimento de* S. aureus *nas placas de Petri e crescimento de células viáveis em meio de cultura Baird Parker. Esse fato deve-se possivelmente em função da concentração dos óleos e por estes serem voláteis, inibindo completamente o desenvolvimento das bactérias. Sugere-se que sejam realizadas futuras pesquisas utilizando a metodologia para determinar a concentração mínima inibitória (CMI%v/v) para verificar a eficácia destes óleos essenciais em concentrações economicamente adequadas para o controle do desenvolvimento bacteriano.*

Palavras-chave: *Plantas medicinais; óleos essenciais; Staphylococcus aureus; ação antibacteriana*

INTRODUÇÃO

Staphylococcus aureus é uma bactéria patogênica comumente encontrada em humanos e animais, que pode causar múltiplas infecções e é conhecida por ter grande resistência a vários antibióticos. A doença é transmitida por alimentos (DTA), e é classificada no grupo de risco III pela *International Commission on Microbiological Specifications for Foods* (ICMSF, 2002).

As doenças causadas por *Staphylococcus aureus* levam de duas a quatro horas, após a ingestão do alimento para iniciar o período de incubação do surto, o qual pode durar de 30 minutos a oito horas. Podem ser classificadas em três categorias: i) lesões superficiais tais como a infecção de feridas, ii) toxicoses tais como intoxicação alimentar, síndrome da pele escaldada e síndrome do choque tóxico, e iii) condições sistêmicas e com risco de vida, como endocardite, osteomielite, pneumonia, abscesso cerebral, meningite e bacteremia, segundo Bien et al. (2011).

Sendo um patógeno versátil, o *Staphylococcus aureus* possui uma resistência antimicrobiana que foi responsável por consideráveis mortes e comorbidades em 1950 e se tornou um grande problema para hospitais em 1980, quando emergiram cepas resistentes a meticilina (MRSA) gerando uma séria preocupação de saúde pública pela dificuldade em tratar de forma eficaz as infecções (SCHLEIFER & BELL, 2009).

A busca por novos agentes antimicrobianos e estratégias terapêuticas é de extrema importância. Nesse contexto, devido às suas propriedades antimicrobianas naturais e de ampla disponibilidade, os óleos vegetais vêm gerando interesse como potenciais inibidores do *S. aureus*.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo verificar a ação de óleos essenciais comerciais como inibidores de *Staphylococcus aureus.*

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os óleos essenciais são extratos concentrados de plantas que possuem propriedades terapêuticas devido às suas moléculas voláteis. Essas moléculas podem atuar interferindo

na permeabilidade das membranas celulares dos microrganismos, afetando diretamente o metabolismo bacteriano e, consequentemente, inibindo o seu crescimento (SILVA, 2018).

O mecanismo de ação dos óleos essenciais contra o *Staphylococcus aureus* envolve diversos componentes bioativos que possuem propriedades antimicrobianas, o mentol e metona presentes no óleo hortelã-pimenta e o limoneno e linalol presente no óleo laranja selvagem podem interagir com a membrana celular causando danos a sua estrutura, neutralizam radicais livres gerados pela bactéria por conta do efeito antioxidante que enfraquece a resistência aumentando a vulnerabilidade e causando a morte da bactéria (SILVA, 2018).

Certas espécies microbianas desenvolveram resistência a certos tipos de drogas antifúngicas e antibacterianas, trazendo um desafio para a contenção do desenvolvimento acelerado de doenças (SILVA, 2018). Assim, faz-se necessário estudos sobre o uso de óleos essenciais como inibidores de micro-organismos patogênicos.

METODOLOGIA

Obtenção dos óleos essenciais

Foram testados os óleos essenciais comerciais de hortelã-pimenta *(*dōTERRA®) e laranja selvagem *(*dōTERRA®) obtidos no comércio local de Francisco Beltrão, Paraná.

Reativação do microrganismo

Utilizou-se uma linhagem de *S. aureus* pertencente à coleção de microrganismos do Laboratório de Microbiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão. Para reativar a cultura bacteriana, com auxílio de uma alça bacteriológica foram colhidas colônias bacterianas típicas e *S. aureus*, e transferidas de forma asséptica em 50 mL de caldo Infusão Cérebro e Coração (caldo BHI). Incubou-se em agitador orbital por 24 horas à 37ºC. Após esse período, foram realizadas diluições a fim de se obter uma turvação correspondente a 0,5 da escala nefelométrica de Mc Farland. A leitura comparativa dos tubos foi fazendo as leituras dos tubos, colocando-os contra um

texto impresso, de forma que a maior ou menor claridade das letras vistas através dos tubos indique maior ou menor turvação.

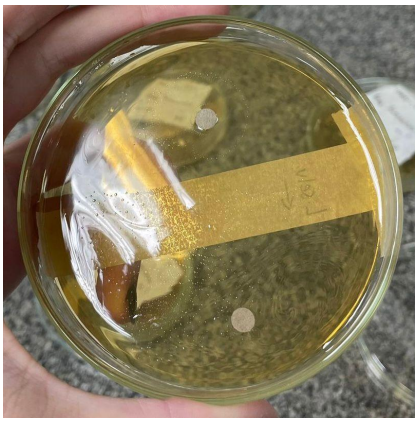
Testes de sensibilidade pela técnica de difusão em disco

Para o teste de sensibilidade foram preparadas placas de Petri com meio Mueller-Hinton Agar (MHA) e placas de Petri com meio de cultura Baird Parker (BP), este último para verificar a viabilidade celular. A inoculação no meio de cultura Mueller-Hinton Agar (MHA) foi feita utilizando a técnica de semeadura em superfície com auxílio de alça de Drigalski. Nas placas de Petri com ágar Baird Parker (BP), a inoculação foi feita em forma de estrias compostas na superfície do ágar. Após a inoculação das bactérias, os discos que ficaram submersos durante 30 minutos nos óleos essenciais comerciais, foram aplicados com auxílio de uma pinça estéril para evitar contaminação. Todos os discos foram pressionados suavemente para o contato total com a superfície do ágar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

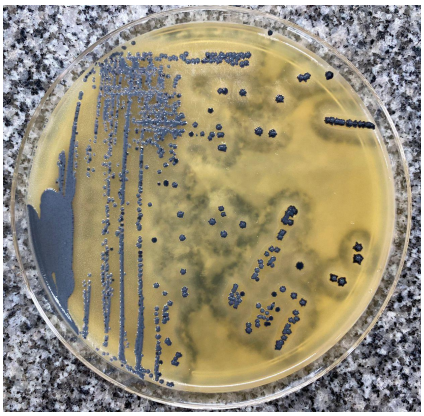
Os resultados deste estudo evidenciam a atividade antimicrobiana dos óleos essenciais quando testados contra *Staphylococcus aureus*, não havendo crescimento microbiano em nenhuma das placas com os extratos vegetais (Figura 1). Esta atividade pode ser atribuída à presença de compostos bioativos nos óleos essenciais, tais como terpenos, fenóis e aldeídos, que são conhecidos por suas propriedades antimicrobianas (BELUSSO, 2014). A presença destes compostos bioativos nos óleos essenciais pode interferir com as funções metabólicas e estruturais das células bacterianas, inibindo seu crescimento. No entanto, é importante destacar que a eficácia dos óleos essenciais pode variar dependendo do tipo de cepa bacteriana usada, bem como outros fatores, como a concentração usada e as condições de crescimento. É importante realizar estudos adicionais para determinar os mecanismos de ação dos compostos bioativos encontrados nos óleos essenciais e explorar sua atividade antibacteriana.

Figura 1 - Placa sem crescimento (meio de cultura Miller Hinton)



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 2 - Placa com crescimento (meio de cultura BP)



Fonte: Autoria própria (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, estudar os óleos vegetais como inibidores de microrganismos é importante pois ao entender a atividade antimicrobiana desses óleos, pode-se desenvolver estratégias para o controle de microrganismos patogênicos em alimentos, promovendo práticas mais sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, pela força que nos concedeu, guiando-nos em cada passo. Agradecemos aos nossos pais, pelo amor incondicional, apoio financeiro e incentivo constante ao longo dessa jornada educacional.

À nossa orientadora, Claudia Eugênia Castro Bravo, somos imensamente gratas por sua orientação sábia, paciência incansável e conhecimento que foram fundamentais para a conclusão deste artigo. Sua dedicação e comprometimento foram inestimáveis.

À UTFPR de Francisco Beltrão, agradecemos pela oportunidade de estudar e pela qualidade do ensino que recebemos aqui. Essa instituição contribuiu significativamente para o nosso crescimento acadêmico e pessoal.

Cada um de vocês desempenhou um papel fundamental na realização deste trabalho, e estamos profundamente gratas por tudo que fizeram por nós.

Por último, mas não menos importante, gostaríamos de agradecer uma à outra pela parceria e dedicação para que esse trabalho fosse realizado. “Um amigo fiel é uma poderosa proteção: quem o achou, descobriu um tesouro.” Eclesiastes em 6:14.

REFERÊNCIAS

ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods), 2002. Microrganisms in Foods 7. Microbiological Testing in Food Safety Manage-ment. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York (ISBN 0 306 47262 7).

GARRITY, G.M. & HOLT J.G., 2001. The road map to the Manual. In: BOONE, D.R. & CASTENHOLS, R.W. (eds.). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 2nd edition, Volume 1. New York, Springer. pp. 119-155.

BIEN, J., SOKOLOVA, O. & BOZKO, P., 2011. Characterization of Virulence Factors of Staphylococcus aureus: Novel Function of Known Virulence Factors That Are Implicated in Activation of Airway Epithelial Proin-flammatory Response. Journal of Pathogens [Online] 2011, 1-13. Disponivel em: http://www.hindawi.com/journals/jpath/2011/601905/ [Acesso em 21/06/2023.

SCHLEIFER, K & BELL, J.A., 2009. Genus I Staphylococcus Rosenbach 1884. In:

DeVOS, P., GARRITY, G.M., JONES, D. et al. (eds.). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 2nd edition, Volume 3. New York, Springer. pp. 392-421.

BELUSSO, Laísa Caroline Schossler. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais e associações com conservantes de alimentos. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SILVA, M. Óleo Essenciais: Caracterização, aplicações e métodos de extração. 2018.

SOUZA, Nadabia Almeida Borges de. Possíveis mecanismos de atividade antifúngica de óleos essenciais contra fungos patogênicos. 2010. 150 f. Tese (Doutorado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

BACHI, Alex. Avaliação antimicrobiana de óleos essenciais e sua capacidade antioxidante em ensaios in vitro. 2017. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.

ÁREA 3

ENGENHARIAS

PIRÓLISE DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Ivaldir José Tamagno JUNIOR[1], Michele Di DOMENICO[1]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: ivaldirjunior@alunos.utfpr.edu.br, micheled@utfpr.edu.br

Resumo: *Biomassas lignocelulósicas têm sido muito estudadas como substitutas aos combustíveis fosseis. A pirólise, processo termoquímico, trouxe enorme vantagens quanta à conversão dessas biomassas em energia. Neste artigo é proposto averiguar na literatura o estado da arte dos artigos que tratam do processo pirolítico de biomassas lignocelulósicas e entender os principais parâmetros do processo através de uma revisão sistemática da literatura. Esta revisão foi realizada a partir do software StArt, seguindo um protocolo de três etapas: planejamento, execução e sumarização. A partir desta revisão, inicialmente foram obtidos do banco de dados 542 artigos, e, ao final, restaram apenas 36 artigos, sendo àqueles excluídos os que não tratavam de biomassas lignocelulósicas, ou ainda, devido ao uso de processos de aquecimento por microondas. Os parâmetros identificados como os mais estudados foram a temperatura, o tempo de residência, a taxa de aquecimento e o tamanho de partícula. Dos 36 artigos, 34 estudaram o efeito da temperatura no processo de geração de produto, mostrando que esse parâmetro é um dos mais importantes para a pirólise. Ademais pode-se analisar como está a tendência das pesquisas na área da pirólise, as quais, atualmente, estão focadas em tipos de aquecimento não-convencionais, processos que envolvem diferentes biomassas ou processos catalisados.*

Palavras-chave: *Pirólise; Parâmetros operacionais; Biomassa lignocelulósica; Revisão sistemática*

INTRODUÇÃO

O processo de industrialização global foi impulsionado pelo uso de máquinas à vapor que utilizam a queima do carvão como combustível. Este processo foi de extrema importância para o mundo pois desenvolveu diversos campos como o de transporte e a agricultura. Contudo, durante o passar do tempo, se tornou danoso ao meio ambiente, principalmente pela emissão de grandes quantidades de CO_2 na atmosfera, intensificando o aquecimento global. Com o aumento populacional, e consequente aumento na demanda de

energia, foi necessária a busca por fontes mais limpas para substituir essas que já estavam consolidadas no mercado.

Atualmente, a matriz energética mundial ainda apresenta como principais fontes o petróleo e o carvão mineral, que são tidas como finitas e possuem altas concentrações de poluentes. As fontes renováveis de energia, como as biomassas, são as mais promissoras para substituir estas fontes fósseis. O caráter renovável das biomassas se deve à sua origem, uma vez que normalmente provêm de plantas, as quais são capazes de absorver o CO_2 emitindo pela queima da biomassa, gerando um ciclo do carbono neutro.

Para o aproveitamento da biomassa, existem algumas rotas de transformação, dentre elas as rotas termoquímicas, bioquímicas e físico-químicas. Das rotas termoquímicas tem-se a combustão, que consiste na queima da biomassa; a gaseificação que gera um gás de síntese rico em hidrogênio; e a pirólise, que apresenta capacidade maior de exploração da biomassa por gerar três produtos: o *biochar*, o bio-óleo e biogás. A pirólise, escopo deste trabalho, utiliza uma atmosfera inerte, normalmente nitrogênio, e temperaturas entre 350-700°C para converter os compostos da biomassa (celulose, hemicelulose e lignina) em seus produtos. Este processo pode ser classificado de acordo com os parâmetros de operação em pirólise rápida, lenta e *flash*. A pirólise de biomassa lignocelulósica é um processo de conversão que vem sendo estudado nos últimos 10 anos, sendo ainda recente e faltando muito desenvolvimento em termos de pesquisa e principalmente aplicação.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é selecionar os artigos da literatura a partir de uma revisão sistemática sobre a pirólise de biomassas lignocelulósicas. A seleção foi baseada em artigos que avaliam o efeito das características das biomassas e dos parâmetros operacionais do processo na composição dos produtos gerados, a fim de entender quantos, quais e porque os artigos selecionados são importantes para esta revisão.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A pirólise, dentre todos os processos termoquímicos, apresenta-se como o método mais eficaz para a produção de produtos com alto valor energético a partir e resíduos sólidos, além de ser a primeira etapa de outros processos de conversão como a gaseificação e a com-

bustão (PANG et al., 2021). Diversos parâmetros de operação são fundamentais para a classificação do processo de pirólise, entre eles, a taxa de aquecimento, o tempo de residência, o tamanho de partícula da matéria-prima e a faixa de temperatura.

Em termos genéricos, a pirólise ocorre em três etapas (BORÉL, 2018): 1) secagem, que ocorre até 150 °C, e tem como objetivo evaporar a umidade livre presente nas biomassas; 2) pirólise primária, que ocorre de 200-600 °C, e tem como objetivo liberar a água intrínseca e os gases com baixo peso molecular, como CO e CO_2 (também, ocorre a decomposição das estruturas básicas da matéria-prima); 3) pirólise secundária, que ocorre de 300-900 °C, gerando o carvão e alguns gases não condensáveis.

É possível de forma genérica representar a reação que ocorre no processo pirolítico pela Equação 1 (BASU, 2010):

$$C_nH_mO_p + Heat \implies \sum_{líquido} C_aH_bO_c + \sum_{gas} C_xH_yO_z + \sum_{sólido} C \qquad (1)$$

O foco principal dos processos de transformação térmica é gerar produtos com valor agregado e com alto potencial energético. Dessa a forma, a pirólise produz três produtos: o bio-óleo (líquido), o *biochar* (sólido) e o biogás (gasoso). Para a formação desses produtos é necessário entender a composição da biomassa, o tipo de pirólise utilizada e suas condições, e as reações que ocorrem no processo de degradação da matéria-prima.

As biomassas lignocelulósicas são aquelas que apresentam em sua composição básica cinco componentes, sendo quatro orgânicos (extrativos, lignina, hemicelulose e celulose) e um mineral (cinzas). Este tipo de biomassa tem sido uma alternativa à combustíveis fósseis por possuir uma estrutura complexa que pode gerar, dependendo do processo de conversão, produtos com valor agregado e potencial energético considerável (ZHOU et al., 2011).

O procedimento de uma revisão sistemática da literatura envolve identificar, avaliar e interpretar as pesquisas existentes sobre o assunto a ser estudado (Kitchenham, 2004). Estudos que contribuem para a revisão sistemática são chamados de estudos primários; já a revisão propriamente dita é considerada um derivativo desses estudos, chamada então, de estudo secundário. O procedimento adaptado por Kitchenham (2004) abrange três métodos de revisão existentes, muito usados no âmbito das pesquisas médicas, sendo eles: Manual do

revisor Cochrane, Diretrizes preparadas pelo Conselho Nacional de Saúde e Pesquisa Médica Australiano e Diretrizes do CRD para aqueles que realizam ou comissionam revisões. Atualmente, diversas áreas utilizam a revisão sistemática, pois a partir dela se identificam lacunas dos estudos existentes sobre um determinado assunto, de forma a realizar novos estudos primários.

METODOLOGIA

Para o procedimento da revisão sistemática foi utilizado o método adaptado por Biolchini et al. (2005) e Kitchenham (2004), o qual separa o processo de produção da revisão em três etapas:

1. Planejar/pensar no problema, encontrar os objetivos do estudo dentro dele e procurar materiais que estejam dentro do escopo desejado;
2. Filtrar os estudos encontrados e estabelecer critérios que determinem o quão próximo cada estudo está do seu trabalho;
3. Pegar os artigos selecionados nas etapas passadas e estabelecer uma relação entre eles para serem inseridos no texto dos resultados do trabalho.

Para essas três etapas, foi utilizado um *software* gratuito StArt, desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES), UFSCar (Universidade Federal de São Carlos). O uso deste *software* tem como objetivo sintetizar e organizar estas etapas, e, com isso, gerar material para a revisão sistemática.

Para iniciar a revisão sistemática foi realizada uma busca prévia sobre o tema deste trabalho em algumas bases de dados para definir os artigos-base. Estes artigos têm como principal objetivo identificar as palavras-chave que serão usadas para busca dos artigos da revisão sistemática. Esta etapa inicial é denominada de análise exploratória e antecede as etapas descritas no método apresentado.

Primeiramente foi realizada a etapa de planejamento, nela é necessário preencher o protocolo antes mesmo de ir a busca dos artigos que serão usados. O objetivo é parte fundamental e deve estar descrito de forma clara e concisa. Para este trabalho, como antes citado,

o objetivo é realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a pirólise de biomassas lignocelulósicas, avaliando o efeito das características das biomassas e dos parâmetros operacionais do processo na composição dos produtos gerados.

A partir deste objetivo, é necessário formular uma pergunta que identifique o que será buscado nos artigos. Para esta revisão, a questão levantada foi: Como as características das biomassas e os parâmetros de processo afetam o rendimento e a composição dos produtos gerados por pirólise?

Para a finalização do preenchimento do protocolo e consequentemente da primeira etapa da revisão sistemática, é necessário descrever quais são as bases de dados usadas para a pesquisa, e, para o caso desta revisão, utilizou-se o *Science Direct*. Outro fator importante é apresentar os critérios que gerarão a exclusão dos artigos. Os principais critérios estabelecidos dentro do *software* para a exclusão foram: biomassas não-lignocelulósicas, processos de co-pirólise, pirólise catalisada, pirólise fotocatalisada, pirólise com micro-ondas, artigos que não possuíam o foco no processo pirolítico, processos com biomassas pré-tratadas e foco na geração de adsorventes. Contudo, na seleção dos artigos na base de dados foi realizada mais uma restrição, a qual se refere a data de publicação, sendo que artigos anteriores a 2010 não foram considerados.

Para a etapa dois, etapa de seleção, foram reunidos os artigos da base de dados e foi realizado o tratamento destes seguindo os métodos de exclusão estabelecidos anteriormente. Durante a seleção, foi feita a extração de alguns dados para realizar um outro tipo de classificação destes artigos. Os critérios avaliados foram: biomassa usada no estudo, parâmetros avaliados, tipo de atmosfera de reação e tipo de reator. A partir da quantidade de parâmetros avaliados pelo artigo, aumentou-se a sua importância, gerando a seguinte classificação: muito baixo, baixo, alto e muito alto.

Para a última etapa, a etapa de sumarização, foi feito mais um processo de exclusão de artigos, nos quais, artigos avaliados como muito baixo e baixo no processo de extração foram desconsiderados.

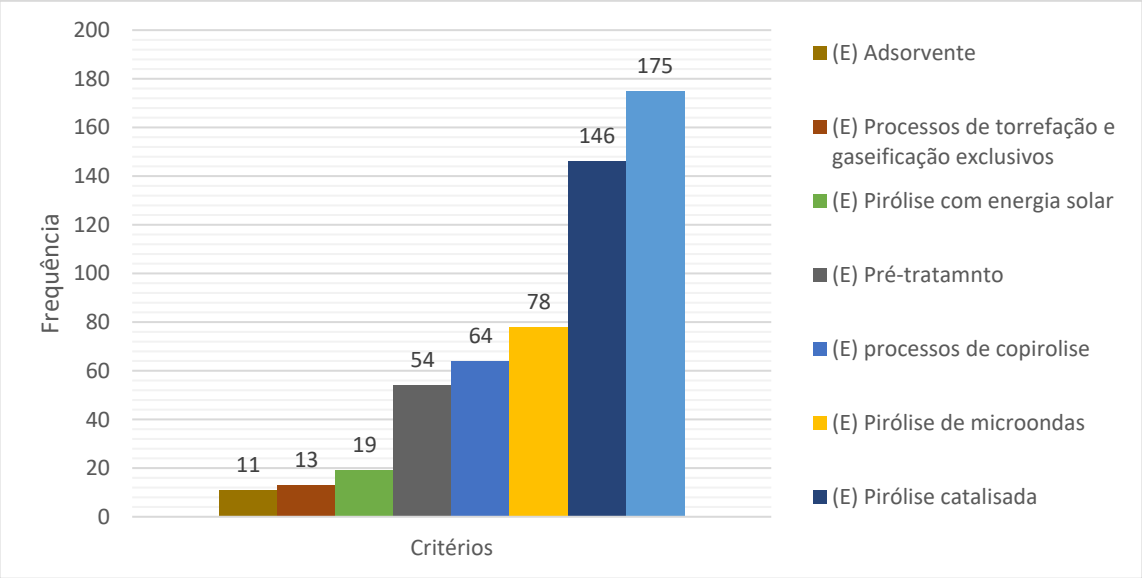
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a análise exploratória obteve-se quatro artigos-base: *Sugarcane bagasse pyrolysis: A review of operating conditions and products properties* (TOSCANO MIRANDA et al., 2021); *The influence of lignocellulose on biomass pyrolysis product distribution and economics via steady state process simulation* (PANG et al., 2021); *Pyrolysis of grape bagasse: Effect of pyrolysis conditions on the product yields and characterization of the liquid product* (DEMIRAL; AYAN, 2011); *Lignocellulosic biomass pyrolysis: A review of product properties and effects of pyrolysis parameters* (KAN; STREZOV; EVANS, 2016).

A partir destes artigos foi obtida a seguinte *string* que contém as palavras-chaves: *pyrolysis AND (bio-oil OR liquid) AND gas AND (biochar OR solid) AND yield*. Foi feita uma escolha mais ampla das palavras, pois notou-se que com o aumento das restrições ocorreu uma perda de alguns artigos que poderiam ser importantes para o conteúdo da revisão. Por este motivo, não foi especificado o tipo da biomassa.

Inicialmente, a partir da *string* obtida anteriormente, foram exportados para o *software* 542 artigos. Destes, durante a etapa de seleção, foram descartados 405 artigos pela leitura do título e do resumo, nos quais apresentavam algum critério de exclusão descrito no planejamento, restando 137 artigos. A partir disto foi possível construir o Gráfico 1 que representa os critérios que mais geraram exclusões no processo de seleção.

Gráfico 1 – Número de artigos excluídos por critério de exclusão estabelecido



Fonte: Autoria própria (2023)

A partir do Gráfico 1 foi possível observar que o uso de biomassa que não tem origem lignocelulósica foi o principal motivo de exclusão de artigos na etapa de seleção. É importante notar que, poderia ter sido usada uma palavra-chave que descrevesse o tipo de biomassa, porém, na leitura dos resumos e dos títulos, observou-se que poucos artigos traziam as palavras 'biomassa lignocelulósica'; a maioria só descrevia o nome específico (como madeira de eucalipto, *Parthenium hysterophorus,* resíduo de café*, Prosopis Juliflora,* etc.).

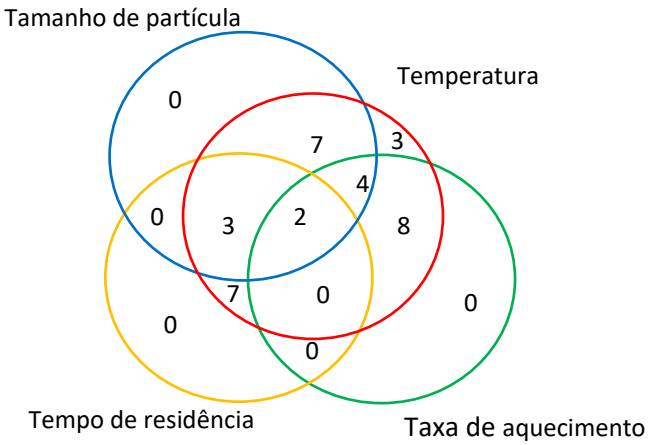
As pirólises catalisadas e com uso de micro-ondas apresentaram o segundo e terceiro lugar, respectivamente, em número de rejeição. Esta informação demonstra para onde os estudos com pirólise estão caminhando, ou seja, os estudos mais recentes têm buscado novas formas de aquecimento dos reatores pirolíticos, ou ainda, o uso de algum tipo de catalisador (adicionado ou não ao processo – como contaminante da biomassa). A presença de catalisadores geralmente possui foco na melhoria do processo e geração de uma quantidade maior de produtos, que também possuam uma qualidade maior.

Processos que sofrem algum tipo de pré-tratamento ou ainda que utilizam mais de uma biomassa (co-pirólise) são outra aposta recente para melhorar a quantidade e qualidade dos produtos gerados. Nesta revisão, não foram levados em consideração estes fatores, pois teve-se como o foco o funcionamento do processo, a sua otimização no modo mais básico de operação, para que após o seu entendimento desse, seja possível analisar as melhores oportunidades de melhoria do processo.

Na etapa de extração, dos 137 artigos selecionados, apenas 36 foram usados para a revisão sistemática. Isso porque no processo de leitura dos artigos notou-se que alguns critérios de exclusão definidos não estavam explícitos no título e/ou no resumo do artigo. Além disso, artigos que avaliavam apenas um parâmetro ou que realizavam o processo da pirólise em apenas uma condição acabaram sendo descartados. Isto se justifica pois o foco deste trabalho é entender como os parâmetros e as características das biomassas interferem na transformação térmica, dessa forma, estudos que avaliam mais parâmetros são mais vantajosos e completos para esta revisão.

Em uma análise dos principais fatores que afetam a pirólise, foram obtidos como principais parâmetros o tamanho de partícula, a temperatura, a taxa de aquecimento e o tempo de residência. Além disso, a vazão de gás inerte também apareceu nos artigos em estudo. A partir destas informações, construiu-se um Diagrama de Veen (Figura 1) para entender, dos parâmetros citados, quais foram os mais estudados e quais as combinações entre eles foram mais encontradas.

Figura 1 – Diagrama de Veen dos parâmetros obtidos na revisão sistemática da literatura



Fonte: Autoria própria (2023)

A partir da Figura 1 é possível analisar que de todos os artigos usados para a revisão, 34 deles tinham informações sobre como a temperatura afetava o processo da pirólise. A temperatura desempenha um papel muito importante, pois a pirólise é um processo termoquímico que utiliza calor para degradar a biomassa lignocelulósica, então a partir da análise deste parâmetro, pode-se obter a temperatura ótima de trabalho que gere o maior rendimento de produto.

Seguindo a Figura 1, verifica-se que os outros três parâmetros analisados estão presentes quase que nas mesmas proporções. A variação do tamanho de partícula foi avaliada em 16 artigos, a variação da razão de aquecimento em 14 artigos, e, o tempo de residência foi avaliado em 12 artigos no total. É também possível notar no Diagrama de Veen quais são

as combinações que mais apareceram nos artigos. Combinações com somente dois parâmetros, incluindo temperatura, foram as que tiveram maior quantidade de artigos.

Para as combinações com três parâmetros, foram encontrados 4 artigos que avaliam o tamanho de partícula, a temperatura e a taxa de aquecimento. Também, foram encontrados 3 artigos que avaliam o tamanho de partícula, a temperatura e o tempo de residência. Já combinações dos quatro parâmetros teve-se um resultado de 2 artigos somente.

A partir destes dados levantados na Figura 1 é possível verificar que todos os parâmetros destacados como importantes para o processo da pirólise estão corretos. É possível dar um destaque a temperatura e taxa de aquecimento como mais avaliados juntamente. Isso pode ser entendido, pois uma temperatura ótima gera o maior rendimento de produto e a taxa de aquecimento pode servir como fator de escolha para qual produto se deseja obter em maior quantidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método utilizado para a revisão sistemática obteve bons resultados em relação ao objetivo proposto. O uso do *software* gerou agilidade no processo de sistematização desta revisão, pois foi possível fazer a exclusão e a seleção dos artigos de forma rápida e simples. Além disso, o número de artigos obtidos foi satisfatório em relação tanto a quantidade quanto a qualidade das informações presentes. Um indicativo desse fator foi a semelhança entre os 36 artigos encontrados.

Com a análise dos artigos levantados na revisão sistemática da literatura proposta foi possível entender que os parâmetros que mais afetam a transformação termoquímica de pirólise são a temperatura, a taxa de aquecimento, o tempo de residência e o tamanho de partícula. A temperatura foi o parâmetro mais analisado em todos os estudos primários considerados. Isso demonstra a sua importância na otimização do processo da pirólise, pois a partir deste parâmetroa é possível conhecer a etapa que possui melhor rendimento para cada biomassa e que um gasto de energia para elevação em temperaturas mais altas pode ser desnecessário.

Além disso, foi possível analisar que existe uma tendência crescente a partir do ano de 2010 na pesquisa em algumas alterações no processo pirolítico, como o uso de outras

fontes de aquecimento, como o microondas, o uso de catalisadores para aumentar o rendimento ou até mesmo o uso de pré-tratamentos na biomassa. Esses fatores podem ser a aposta para otimizar o processo para que a pirólise tenha um valor mais baixo de instalação e que possa ser levada para uma escala industrial de forma mais econômica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Fundação Araucária pela bolsa de fomento para a pesquisa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

BORÉL, L. D. M. S. *Estudo de aplicação da pirólise rápida em leito de jorro para valorização de resíduos agroindustriais*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 14 dez. 2018.

DEMIRAL, I.; AYAN, E. A. Pyrolysis of grape bagasse: Effect of pyrolysis conditions on the product yields and characterization of the liquid product. *Bioresource Technology*, v. 102, n. 4, p. 3946–3951, fev. 2011.

KAN, T.; STREZOV, V.; EVANS, T. J. Lignocellulosic biomass pyrolysis: A review of product properties and effects of pyrolysis parameters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 57, p. 1126–1140, 1 maio 2016.

KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

PANG, Y. X. et al. The influence of lignocellulose on biomass pyrolysis product distribution and economics via steady state process simulation. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis,* v. 158, 1 set. 2021.

TOSCANO MIRANDA, N. et al. Sugarcane bagasse pyrolysis: A review of operating conditions and products properties. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 149, 1 out. 2021.

ZHOU, C. H. et al. Catalytic conversion of lignocellulosic biomass to fine chemicals and fuels. *Chemical Society Reviews*, v. 40, n. 11, p. 5588–5617, 17 out. 2011.

QUALIDADE DE FONTES DE ABASTECIMENTO DE UMA PROPRIEDADE RURAL EM FRANCISCO BELTRÃO

Bruno Henrique DRUN[1], Rodrigo LINGNAU[2], Ticiane Sauer POKRYWIECKI[3]

[1]Programa de Pós-Graduação em Engenhria Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Química e Ciências Biológicas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[3] Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: brunodrun@alunos.utfpr.edu.br, rodrigolingnau@gmail.com, ticiane@utfpr.edu.br

Resumo: *A água é um dos recursos naturais mais importantes para a sobrevivência dos seres vivos, porém apenas 2,5% de toda a água do planeta é doce e apta para o consumo humano, sendo que menos de 0,3% está disponível para o consumo. Na área rural brasileira, muitas propriedades não são atendidas pelo sistema de saneamento básico e o abastecimento de água ocorre através de poços rasos e nascentes, no entanto muitos estão contaminados. O objetivo do trabalho foi avaliar, caracterizar e monitorar a qualidade da água da nascente utilizada como fonte para abastecimento de uma propriedade rural em Francisco Beltrão - PR. As análises foram realizadas entre os meses de maio a outubro de 2022 e incluíram análises físico-químicas, microbiológicas e de toxicidade. As análises físico-químicas apresentaram variação em decorrência da chuva e do uso e manejo do solo no período analisado. Quanto às análises microbiológicas, verificou-se a presença de coliformes totais e termotolerantes, mas após o isolamento da área da nascente, a contaminação microbiológica reduziu até chegar a zero em outubro. Nos ensaios de toxicidade aguda com Artemia salina L., os resultados obtidos indicaram que a água não apresenta características inibidoras à sobrevivência do bioindicador. Com base nos resultados, ressalta-se a importância da adoção de um sistema de desinfecção da água utilizada para consumo humano e a realização de reformas nas estruturas de proteção e coleta de água, visando reduzir a possibilidade de contaminação da água e a transmissão de doenças de veiculação hídrica.*

Palavras-chave: *Agricultura familiar; nascentes; potabilidade.*

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural precioso para a sobrevivência de todos os seres vivos, pois é um dos seus principais constituintes (ALEMÃO, 2015). No entanto, apesar de ser abundante, cerca de 97,5% é salgada e imprópria para o consumo humano. Dos 2,5% de água doce restantes, a maior parte está nas geleiras, na atmosfera ou presa no subsolo (ANA, 2022), restando apenas 0,3% disponível para o consumo (SIQUEIRA; LIMA; SANTOS, 2022). O consumo de água doce aumentou cerca de seis vezes ao longo do último século e vem avançando a uma taxa de 1% ao ano (UNESCO, 2021). A poluição hídrica e a falta de preservação dos mananciais vêm agravando o estresse sobre os recursos hídricos (ALEMÃO, 2015).

Na maioria das propriedades da agricultura familiar brasileira o abastecimento ocorre através das fontes alternativas, como poços rasos e nascentes, devido às dificuldades logísticas e a falta de investimento público ao acesso da população rural ao saneamento básico e à água tratada (SCALIZE *et al*., 2014). Porém muitas dessas fontes apresentam baixa qualidade ou estão contaminadas, representando risco à saúde (COELHO *et al*., 2017).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar e monitorar, por meio dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e ensaios de toxicidade a qualidade da água de fontes utilizada no abastecimento de uma propriedade localizada na área rural de Francisco Beltrão - PR.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A região Sudoeste do Paraná situa-se na unidade hidrográfica do Baixo Iguaçu e na unidade aquífera Serra Geral do Sul, a qual é propícia para a constituição de um abundante sistema hidrográfico superficial, devido a água encontrar-se nas fissuras das rochas, culminando na abundância de córregos, ribeirões e nascentes (CAMPOS, 2009). No entanto, os mananciais dessa formação são extremamente frágeis ao desmatamento e mau uso do solo, resultando na redução ou desaparecimento destes (CAMPOS, 2009).

As nascentes são oriundas do afloramento natural do lençol freático, resultantes da infiltração no solo de parcelas das precipitações, dando origem a uma fonte de água

(RAGAZZAN & GRABASKI, 2009). Quando a água infiltra, ela passa por um processo natural de filtragem devido às várias camadas do solo que servem como barreira natural à contaminação física, química e microbiológica (SAMPAIO *et al*., 2019).

Embora a água que surge dos aquíferos subterrâneos e do lençol freático possa ser uma fonte alternativa e potável para o abastecimento na área rural, diversas causas podem causar sua contaminação por microorganismos patogênicos ou substâncias tóxicas. Por isso, é recomendado que passe por algum tratamento antes de ser consumida, visando garantir sua potabilidade (SAMPAIO *et al*., 2019).

A contaminação por bactérias prejudiciais à saúde e a redução da qualidade da água de fontes alternativas pode ocorrer devido a vedação inadequada dos sistemas de captação ou pela proximidade de fontes de contaminação com os corpos d'água, como as fossas negras, pastagens, áreas de travessia de animais, chiqueiros, esterqueiras e lavouras, pois a matéria orgânica, fertilizantes químicos, agrotóxicos e fezes podem ser carreados pelo escoamento superficial ou infiltrar no solo, contaminando tanto os mananciais subterrâneos quanto os superficiais (NUNES *et al.*, 2010).

Na área rural, infelizmente devido à falta de conhecimento sobre as doenças de veiculação hídrica e demais problemas relacionados à água contaminada, o conceito de qualidade é atribuído apenas pelo aspecto visual e paladar (NUNES *et al*., 2010), assim as fontes alternativas de abastecimento são utilizadas sem garantia de qualidade e potabilidade. No entanto, a limpeza e desinfecção dos reservatórios contribui significativamente para evitar o consumo de água contaminada (CAVALCANTE, 2014).

Para ser considerada potável e própria para o consumo, a água deve atender aos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e radioativos estabelecidos pelo padrão de potabilidade definido na legislação brasileira (RAGAZZAN & GRABASKI, 2009; BRASIL, 2014). As principais legislações que dispõem sobre os padrões de potabilidade são a Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005 e a Portaria GM/MS n° 888 de 04 de maio de 2021.

A Resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece as diretrizes ambientais para classificação dos corpos de água e seu enquadramento, além de definir as 22 condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL,2005). Já a Portaria GM/MS n° 888/21

alterou o anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS n° 05/2017, que define o padrão de potabilidade para água de consumo humano e estabelece cerca de 130 parâmetros para controle da potabilidade. A portaria também dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2021).

METODOLOGIA

O município de Francisco Beltrão está localizado na região sudoeste do estado do Paraná. Grande parte do município situa-se na bacia hidrográfica do Rio Chopim, um dos afluentes do Rio Iguaçu, assim as áreas de várzea ocupam boa parte do território (FRANCISCO BELTRÃO, 2017), com relevo caracterizado como levemente ondulado, com solos de boa aptidão agrícola. (EMBRAPA, 2018).

As amostras foram coletadas mensalmente, entre maio a outubro de 2022, com recipientes limpos e esterilizados, sendo encaminhadas logo após a coleta para a Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Francisco Beltrão. Foram realizadas as análises físico-químicas e microbiológicas de pH, condutividade elétrica, cor Pt-Co, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo, fosfato, nitrogênio, coliformes totais e coliformes termotolerantes, de acordo com os processos de amostragem descritos no "Standard Methods" (APHA, 2017), sendo que todas realizadas nos Laboratórios de Águas e Efluentes e de Microbiologia.

Para avaliar a toxicidade da nascente, foram realizados ensaios de ecotoxicidade com o bioindicador *Artemia salina* L., seguindo a metodologia proposta por Guerra (2001) com modificações baseadas na ABNT NBR 13373. A análise estatística foi realizada com os valores médios e desvios-padrões de mortalidade, utilizando o Teste de Tukey ao nível de significância de 5% (n=3), com auxílio do programa R Studio e Software R. As análises foram realizadas nos meses de agosto e outubro, que são os meses com a menor e maior precipitação acumulada, respectivamente, segundo o índice histórico de precipitação obtido da estação meteorológica de Francisco Beltrão, do Instituto de Desenvolvimento Rural do Estado do Paraná para o período de 1974 a 2020 (IDR-Paraná, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As coletas foram realizadas sempre na primeira quinzena de cada mês. Em maio, a coleta foi realizada após alguns dias de chuva. Em junho, após um período de estiagem. Em julho, ocorreram algumas precipitações pouco expressivas alguns dias antes da coleta. Já em agosto, a coleta ocorreu dois dias após precipitação de 150 mm. Por fim, nos meses de setembro e outubro, as coletas ocorreram em períodos com chuva regular. Quanto aos resultados obtidos, estes foram comparados com os valores máximos permitidos estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 e na Portaria GM/MS n° 888/2021 para água potável, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado dos parâmetros físico-químicos para a nascente.

Parâmetros		Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Portaria MS 888/2021	CONAMA 357/2005
pH		6,21	6,27	6,32	6,19	6,17	6,15	6,0 a 9,5	6,0 a 9,0
Condutividade (uS cm^{-1})		268,87	214,67	220,70	220,30	200,77	193,57	Não se aplica	Não se aplica
Cor (mg Pt-Co L^{-1})	pH normal	15,17	1,28	2,44	4,75	2,44	3,60	15	75
	pH 7,6	18,65	1,28	2,44	4,75	3,60	5,91		
Turbidez (UNT)		14,24	7,36	7,68	7,76	7,52	7,68	5	100
DQO (mgO_2 L^{-1})		5,09	2,84	0,00	0,00	2,57	3,46	Não se aplica	Não se aplica
DBO (mgO_2 L^{-1})		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Não se aplica	5 mg l^{-1} O2
Fósforo (mg L^{-1})		0,27	0,06	0,04	0,11	0,08	0,09	Não se aplica	até 0,03 mg L^{-1} (ambientes lênticos)
Fosfato (PO_4) (mg L^{-1})		0,83	0,17	0,34	0,34	0,24	0,27	Não se aplica	Não se aplica
Nitrogênio	%	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	Não se aplica	3,7 mg L^{-1} (pH ≤ 7,5); 2,0 mg L^{-1} (7,5 < pH ≤ 8,0); 1,0 mg L^{-1} (8,0< pH ≤ 8,5) e 0,5 mg L^{-1} (pH > 8,5)
	mg mL^{-1}	1,95	0,43	0,39	1,49	0,31	0,26		
	mg L^{-1}	19,48	4,32	3,87	14,93	3,08	2,59		
Coliformes totais (NMP/100ml)		12	9,2	9,2	12	3,6	0	Ausência em 100 mL	-
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)		16,1	6,9	>23	23	0	0		

Fonte: Autoria própria (2023)

Na semana da coleta das amostras, ocorreu uma precipitação com acumulados acima de 100 mm, contribuindo para a contaminação da água com nutrientes, restos

vegetais e partículas do solo, por meio da lixiviação, infiltração e, principalmente, pelo escoamento superficial, em que o reservatório de água utilizado para coleta de água diretamente no local da nascente foi atingido pela enxurrada. No momento da coleta da amostra, foram identificados restos vegetais e grande quantidade de solo dentro do reservatório.

Com exceção do pH e dos coliformes, os demais parâmetros apresentaram o valor mais expressivo no mês de maio. Isso pode ter relação com as atividades agrícolas e eventos de precipitação, pois entre final de abril e início de maio houve a correção do pH do solo e o plantio de lavouras de trigo e aveia em áreas a montante da nascente, com o revolvimento do solo.

No mês de agosto ocorreu o plantio das últimas áreas que estavam descobertas com a cultura da aveia, além da ocorrência de precipitações com volumes acumulados significativos ao longo do mês. Esses registros podem ter relação com os valores mais elevados dos parâmetros cor, turbidez, fósforo e nitrogênio, indicando a interferência entre o uso do solo e a precipitação com a qualidade da água.

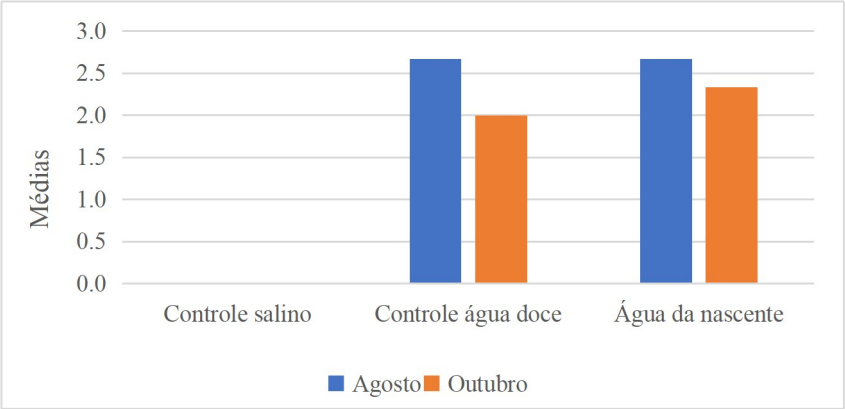
Em junho, o reservatório foi limpo e foram realizadas melhorias ao redor para evitar a contaminação por enxurradas. A área também foi isolada para o acesso de bovinos, que circulavam livremente a menos de dois metros da nascente, contribuindo para a contaminação biológica. Nas análises seguintes, verificou-se redução significativa dos valores dos parâmetros analisados, principalmente da cor e DQO. A DQO chegou a zero em julho e agosto, mas voltou a ser registrada em setembro, indicando necessidade de nova limpeza no local. Durante o monitoramento não foi registrado DBO na água, o que indica que a contaminação ocorreu principalmente por matéria inorgânica.

O pH manteve-se praticamente constante, com valores ligeiramente mais altos nos períodos de estiagem (junho e julho). Já a condutividade apresentou redução ao longo do monitoramento e a turbidez não variou significativamente após a melhoria na estrutura de captação, mesmo com a ocorrência de precipitações expressivas em agosto e outubro.

Quanto aos coliformes, mesmo após o isolamento da área em junho, a contaminação por coliformes termotolerantes seguiu até agosto e por coliformes totais até setembro de 2023. Indicando que a contaminação microbiológica da área necessitou um

período maior para ser eliminada, provavelmente devido a presença das fezes dos animais no entorno, servindo como foco de contaminação.

Figura 1 - Número médio de organismos mortos em cada tratamento.

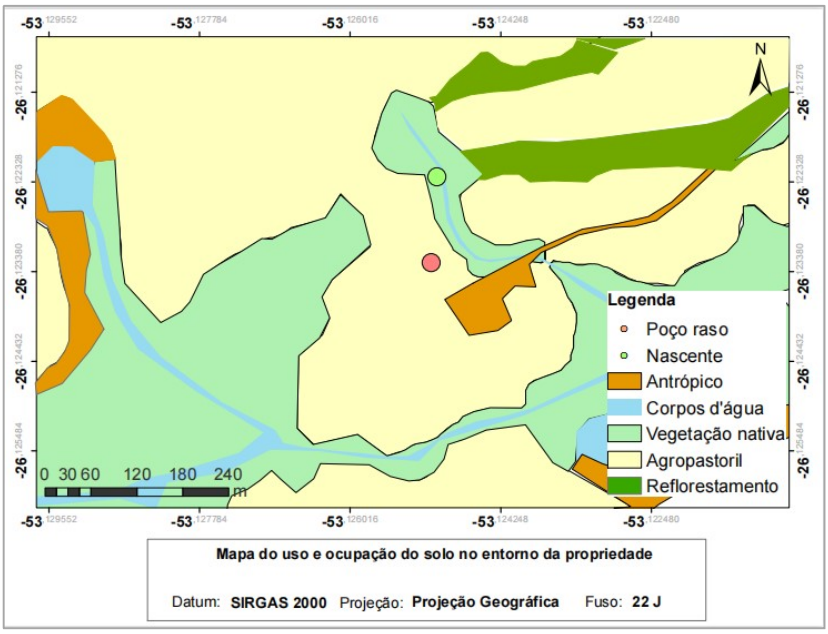


Fonte: Autoria própria (2023)

Para o teste de ecotoxicidade, em ambas as análises a mortalidade de indivíduos permaneceu praticamente inalterada, com uma leve queda na mortalidade média no tratamento controle com água doce e na amostra, no mês de outubro em relação ao mês de agosto, como pode ser observado na Figura 1. Considerando o teste de Tukey, com nível de significância de 5%, a mortalidade de organismos, não apresentou diferença significativa em relação ao tratamento controle positivo (água doce), somente em relação ao controle negativo (salino), indicando que a água não apresentou ação tóxica aguda ao bioindicador.

A pratica da agricultura e pecuária no entorno (Figura 2) pode contribuir para a degradação da qualidade da água e para sua contaminação, através da presença de nutrientes em excesso, substâncias tóxicas, contaminantes e organismos patogênicos. As áreas do sistema agropastoril localizadas acima da nascente também contribuem para a interferência na qualidade da água, pois como essas áreas estão situadas em cotas topográficas superiores e pertencem a mesma bacia de drenagem, a água que infiltra e que escoa superficialmente carrega consigo os poluentes, nutrientes e contaminantes presentes no solo, os quais podem atingir as fontes de abastecimento a jusante.

Figura 2 - Uso e ocupação do solo no entorno da área de estudo.



Fonte: Autoria própria (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do monitoramento da qualidade da água foi possível verificar a influência do uso, manejo e ocupação do solo no entorno sobre a qualidade da água, além da influência da precipitação e do escoamento superficial ao atingir o reservatório utilizado para coleta. No entanto após limpeza, melhorias na estrutura de proteção e isolamento do entorno, houve redução significativa da cor, turbidez, DQO e da contaminação por coliformes totais e termotolerantes.

A água da nascente não apresentou toxicidade aguda, não representando riscos a saúde após exposição e consumo. Também se constatou que a vazão apresenta influência direta com o regime de chuva, indicando a necessidade de planejar seu consumo em períodos de seca.

A água apresentou qualidade inferior a adequada para consumo, sendo que muitas outras propriedades rurais podem estar utilizando água contaminada para abastecimento, sem nenhum tratamento prévio, o que pode resultar na ocorrência de doenças de veiculação hídrica. Assim torna-se necessário estudar possíveis indicadores a serem adotados pelos

agricultores para avaliar a qualidade das fontes de abastecimento, os quais apresentem facilidade de aplicação e baixo custo.

REFERÊNCIAS

ALEMÃO, A. B.. *Proteção de Nascentes à Base de Solo Cimento*. 1. ed. Curitiba: Instituto Emater, 2015. 20 p.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). Água no mundo: Situação da Água no Mundo. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo. Acesso em: 18 abr. 2022.

APHA. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. *Standard methods for examination of water and wastewater*. 23.th. Washington: American Public Health Association, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 13373*: Ecotoxicologia aquática — Toxicidade crônica — Método de ensaio com Ceriodaphnia spp (Crustacea, Cladocera). Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS*. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/saude-ambiental/-/asset_publisher/G0cYh3ZvWCm9/content/manual-de-controle-da-qualidade-da-agua-para-tecnicos-que-trabalham-em-etas?inheritRedirect=false. Acesso em 16 abr. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. *Resolução n° 357 de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 18 mar. 2015. Disponível em: conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em 27 mai. 2022.

BRASIL. *Portaria de Consolidação GM/MS n. 888, de 04 de maio de 2021*. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Casa Civil. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562. Acesso em 14 abr. 2022.

CAMPOS, F. R. *Stress* hídrico no perímetro urbano em municípios da região Sudoeste do Paraná. *Revista Faz Ciência*, v. 11, n. 14, p. 75 - 96, Jul. / Dez. 2009.

CAVALCANTE, R. B. L. Ocorrência de *Escherichia coli* em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 9 n. 3, p. 550 - 558, jul. / set. 2014.

COELHO, S. C.; DUARTE, A. N.; AMARAL, L. S.; SANTOS, P. M.; SALLES, M. J.; SANTOS, J. A. A.; SOTERO-MARTINS, A. Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 12, n. 1, p. 156 - 167, jan. / fev. 2017.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Solos). *Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos*. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 356 p.

FRANCISCO BELTRÃO. Secretaria Municipal de Planejamento/ IPPUB. *Plano Diretor Municipal de Francisco Beltrão*. Francisco Beltrão. 2017. Disponível em: https://www.franciscobeltrao.pr.gov.br/o-municipio/plano-diretor/. Acesso em 20 abr. 2022.

GUERRA, R. Ecotoxicological and chemical evaluation of phenolic compounds in industrial effluents. *Chemosphere*, 8 ed. v. 44, p. 1737 - 1747, set. 2001.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ - IAPAR - EMATER (IDR - PARANÁ). *Dados Meteorológicos Históricos e Atuais*. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento 2022. Disponível em: Dados Meteorológicos Históricos e Atuais | Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (idrparana.pr.gov.br). Acesso em: 16 ago. 2022.

NUNES, A. P.; LOPES, L. G.; PINTO, F. R.; AMARAL, L. A. Qualidade da água subterrânea e percepção dos consumidores em propriedades rurais. *Revista Nucleus*, v. 7 n. 2, p. 95 - 104, out. 2010.

RAGAZZON, D.; GRABASKI, C. N. Qualidade da água na região rural de Francisco Beltrão, PR, pela utilização de banco de dados: 1995 a 2005. *Revista Faz Ciência*, v. 11 n. 13, p. 175 - 190, jan. / jun. 2009.

SAMPAIO, C. A. P.; IDE, G. M.; BATALHA, C. P.; PEREIRA, L. P.; BUENO, L. F. Análise técnica de água de fontes rurais. *Revista Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 24 n. 2, p. 213 - 217, mar. / abr. 2019.

SCALIZE, P. S.; BARROS, E. F. S.; SOARES, L. A.; HORA, K. E. R.; FERREIRA, N. C.; BAUMANN, L. R. F.. Avaliação da qualidade da água para abastecimento no assentamento de reforma agrária Canudos, Estado de Goiás. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 9 n. 4, p. 696 - 707, out. / dez. 2014.

SIQUEIRA, C. G.; LIMA, T. M.; SANTOS, M.. Potabilidade da água de poços artesianos em comunidades rurais do agreste sergipano. *Revista Águas Subterrâneas*, v. 35, n. 3, 9 p., 2022.

UNESCO WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP). *Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: o valor da água; fatos e dados*. Paris: UNESCO, 2021. 12 p.. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por. Acesso em 18 mar. 2022.

Estudo de energia utilizando células fotovoltaicas

Luana Oliveira LIMA[1], Andriele de Pra CARVALHO[2]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[2]Departamento Acadêmico de Humanidades
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: luanaoliveiralima@alunos.utfpr.edu.br, andrieled@utfpr.edu.br

Resumo: *O artigo consiste em contextualizar a geração de energia elétrica através de células fotovoltaicas. A célula solar, ou célula fotovoltaicas é um dispositivo elétrico responsável por converter a energia da luz do sol diretamente em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico. Para isso células são produzidas a partir de materiais semicondutores. A maior parte das grandes usinas fotovoltaicas e dos projetos de geração de energia distribuída instalados em residências e empresas no Brasil utiliza módulos fotovoltaicos com células de silício cristalino, em especial a do tipo policristalino. Em análise, avalia-se os próprios sistemas fotovoltaicos, e o potencial brasileiro referente aos preços e tarifas de energia elétrica e em razão das altas emissões de dióxido de carbono, que gera grande impacto socioambiental no planeta. A eficiência de uma célula fotovoltaica é o percentual de energia elétrica útil que é capaz de produzir a partir da energia solar que incide sobre ela. O cálculo de eficiência de células fotovoltaicas é feito em teste de laboratório com condições padronizadas que permitem a comparação entre os diferentes modelos de energia. Faz-se necessário, neste contexto, a utilização de tecnologias para o benefício da sociedade, tal como a energia através de células fotovoltaicas.*

Palavras-chave: *Células Fotovoltaicas; Energia elétrica; Custo-benefício; Eficiência solar*

INTRODUÇÃO

As células fotovoltaicas funcionam a partir do efeito fotovoltaico, fenômeno constatado pela primeira vez (1839), na França, pelo físico Alexandre Edmond Becquerel, que fazia experimentos com uma bateria composta por elétrodos de platina e cobre oxidado e imersa em solução eletrolítica ácida. Devido as suas semelhanças, o efeito fotovoltaico é comumente confundido com o efeito fotoelétrico, mas trata-se de processos diferentes, embora ambos sejam originados a partir dos fótons de luz presentes nas ondas eletromagnéticas da energia luminosa do sol.

Na atualidade a radiação solar é uma das mais importantes fontes de energia renovável, sobretudo na região espectral da luz infravermelha e visível, podendo ser convertida diretamente em calor. No entanto, em sua forma original, os materiais semicondutores tendem a permanecer neutros, pois os elétrons ejetados de um átomo são prontamente absorvidos por outro, o que é chamado de efeito de recombinação.

Dessa forma, para a fabricação de uma célula solar fotovoltaica de silício, o semicondutor é misturado com outros elementos químicos que modificam a sua estrutura original. Esse processo é chamado de dopagem. Com o uso de diferentes elementos é possível criar dois tipos distintos do mesmo material semicondutor, um dos átomos negativamente carregados (com excesso de elétrons) chamados Tipo-N, e outros (com falta de elétrons) chamados Tipo-P, para receberem e fótons de luz, os elétrons da camada negativa migram para a positiva, criando a corrente elétrica, que é chamada de energia fotovoltaica.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Células fotovoltaicas de silício cristalino;

O tipo de célula fotovoltaica mais comum utiliza em sua fabricação o silício cristalino (C-Si), também conhecido como silício de grau solar. O silício é o segundo elemento mais abundante na natureza, mas se apresenta na maior parte misturado a outros elementos. Sua maior concentração natural esta no quartzo, material que é processado para obter o silício purificado utilizado na fabricação de células fotovoltaicas.

Dessa forma, é possível termos geração elétrica pela fonte de energia solar mesmo em dias nublados ou chuvosos, embora a quantidade de luz recebida pela placa esteja diretamente ligada à sua produção.

Uma placa solar fotovoltaica é composta de várias células fotovoltaicas, unidade básica de geração da tecnologia e à qual é feita de um material semicondutor.

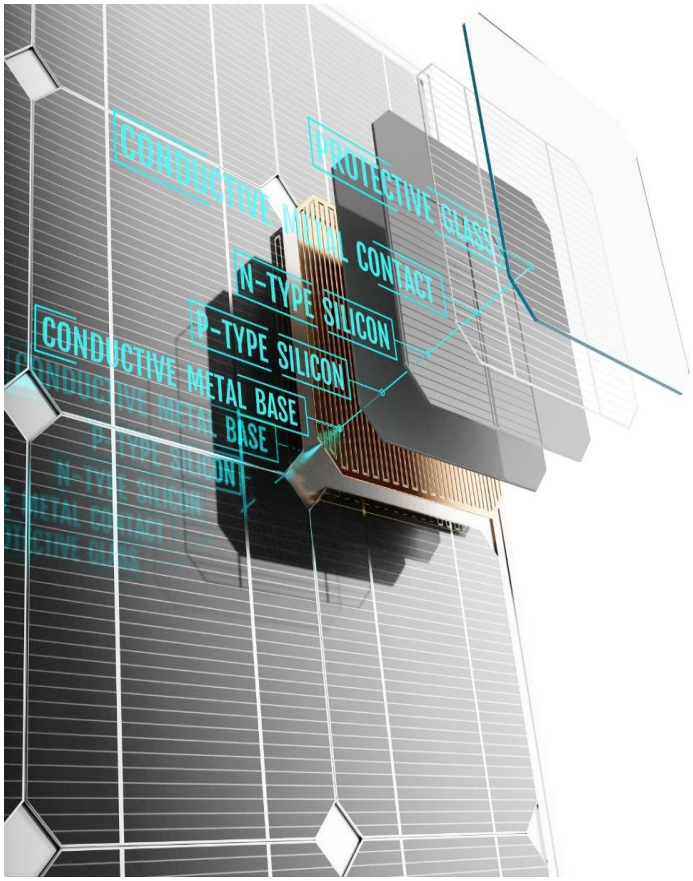
Esse crescimento acelerado é reflexo das inúmeras vantagens e benefícios que a tecnologia traz, sendo ela através da queda de valores em relação a energia, dentre outras vantagens da utilização da mesma. Essa tecnologia remonta aos anos 50 e foi desenvolvida pela empresa BellLaboratories, sendo depois utilizada em satélites espaciais nos anos 60.

As placas solares, junto com outros equipamentos, compõem os chamados sistemas fotovoltaicos, que hoje já abastecem milhões de estabelecimentos no mundo apenas com a energia do sol.

Entre todas as tecnologias para geração de energia renovável, a solar fotovoltaica é disparada a que mais cresceu nos últimos anos, com novos 94 Gigawatts (GW) instalados em 2018, segundo os dados da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, na sigla em inglês). instalada, sendo 486 Gigawatts mundiais, atrás apenas da fonte hídrica (1.172 GW) e eólica (564 GW).

Como resultado, hoje a energia solar já ocupa a terceira posição entre as fontes renováveis com maior capacidade aos consumidores, sendo a economia de até 95% na conta de luz a maior delas.

Figura 1 - Célula solar, unidade básica de geração na tecnologia fotovoltaica



Fonte: BlueSol(2021) unidade básica de geração de energia (2021)

Quando os fótons atingem a célula, eles reagem com os átomos de silício dopado e fazem com que os elétrons do lado negativo se desprendam. Esses elétrons não conseguem passar diretamente para o lado positivo, e vice-versa, devido a um campo elétrico que se cria nessa área de junção.

Assim, o único caminho para eles é através da fina grade que une as camadas e que cria a corrente elétrica que chamamos de energia solar fotovoltaica. Vemos, então, que o funcionamento de uma célula solar está diretamente ligado a quantidade de luz que chega até ela, mas nem toda a luz incidente é transformada em energia.

Isso acontece porque fótons possuem diferentes cargas de energia e apenas aqueles com cargas adequadas conseguem liberar os elétrons do semicondutor. Fótons com energia excedente ou inferior à necessária somam mais de 50% da luz que incide sobre uma célula fotovoltaica. Somando-se a outras perdas, como as provocadas por sombreamento dos contatos frontais e resistência em série, o percentual de luz aproveitado por uma célula solar.

METODOLOGIA

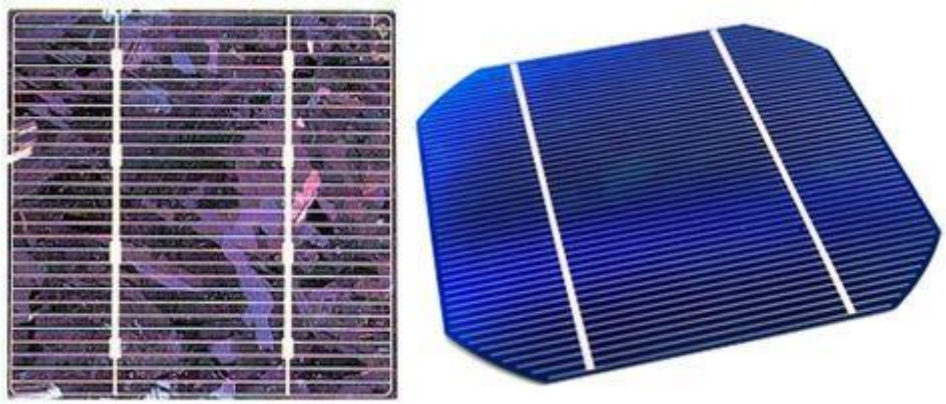
Células de silício são desenvolvidas desde os anos 50, quando sua eficiência era de apenas 6%, mas após anos de evolução nas técnicas de produção hoje superam as demais e dominam o mercado.

A maioria das grandes e micros usinas fotovoltaicas em funcionamento hoje no mundo utilizam painéis solares com células de silício cristalizado, principalmente do tipo policristalino. A areia e o quartzo são as formas mais abundantes na natureza para extração do silício, que precisa passar por complexos e processos de purificação. São dois tipos de células de silício cristalizado:

Silício Monocristalino (m-Si)

Feitas com uma forma mais pura do silício, as células monocristalinas possuem a maior eficiência na conversão elétrica das células fotovoltaicas onerosos, entre 15% e 18%, porém são mais caras devido aos processos necessários para extração do cristal puro de silício.

Figura 2 - *Células Fotovoltaicas de silício cristalizado – fonte: GreenPro/Suniva (www.suniva.com)*



Fonte: GreenPro/Suniva (www.suniva.com)(2018)

Silício Policristalino (p-Si)

Compostas, entre outros, por sulfato de Cádmio (CdS), células de CdTe possuem boa eficiência, até 16%, por utilizarem uma forma menos pura do silício, as células policristalinas são mais baratas, mas apresentam um grau de eficiência menor que as células monocristalinas, entre 13% e 15%.

Células Fotovoltaicas de Silício Policristalino

Isso garante uma alta eficiência na conversão elétrica, chegando a 20% em testes laboratoriais, porém sua baixa vida útil e degradação ao contato com umidade ainda são desafios a superar para a sua aplicação comercial. É importante não confundir a eficiência das células solares fotovoltaicas com a eficiência das placas solares que compõem um sistema fotovoltaico.

Placa solar (Painel Solar)

Uma única célula solar, obviamente, não consegue gerar as grandes quantidades de energia consumidas em uma casa ou empresa. Por isso é necessário conectar várias delas juntas para que se consiga alcançar maiores potências, o que é feito através das placas solares.

Uma placa solar, conhecida tecnicamente como módulo fotovoltaico, é um agrupamento de células fotovoltaicas ligadas em série e encapsuladas em várias camadas de proteção.

Figura 3 - Uma placa solar (módulo fotovoltaico)

Fonte: GreenPro/Suniva (www.suniva.com) (2014)

O processo de montagem do módulo fotovoltaico pode ser feito de maneira automática, através de maquinário especializado, ou por manufatura, porém sem uma alta produção em escala.

São várias camadas de proteção e isolamento necessárias para se encapsular um conjunto de células e que formam a estrutura de uma placa de energia solar, sendo:

Uma lâmina de vidro temperado;

Um material orgânico, como o EVA (etileno-vinil-acetato);

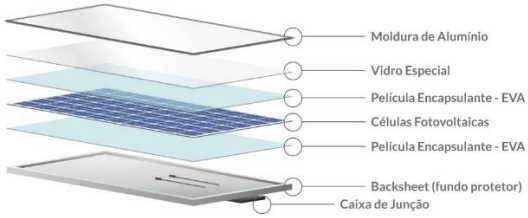
As células conectadas;

Mais uma lâmina de EVA (ou similar);

Uma cobertura, que pode ser vidro, tedlar, PVC, ou outros polímeros.

Por fim o conjunto será emoldurado (utilizando geralmente alumínio anodizado) e serão inseridas as caixas de conexão (cabos e conectores) para a ligação em série. Veja a composição de uma placa solar fotovoltaica na imagem abaixo:

Figura 4 - Uma placa solar (módulo fotovoltaico)



Fonte: Estudo de Placas Solares (2020)

A composição de uma placa solar fotovoltaica, bluesol(2012)

As placas solares fotovoltaicas passam por vários testes mecânicos, como:

Variação de temperatura entre -40°C até + 85°C;

Testes de isolamento sob umidade e congelamento;

Carga mecânica, resistência a granizo e torções;

Resistência de terminais etc.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Gerar a própria energia solar tem as suas vantagens e desvantagens, embora nesse caso as vantagens sejam muito superiores aos contras. A maior vantagem da tecnologia para o consumidor, disparado, é a economia obtida na conta de luz após a instalação de um micro ou minigerador. Um sistema solar fotovoltaico pode alimentar até 100% da energia consumida e, com isso, trazer para o seu consumidor uma economia de até 95% na conta de luz.

Economia na conta de luz: a maior vantagem da energia solar

Podemos ainda listar:

1) Rápido Retorno do Investimento

A aquisição de um sistema de energia solar representa um investimento que volta ao cliente na forma da economia obtida na conta de luz.

Um recente levantamento feito sobre esse **tempo de retorno, conhecido como payback**, mostra que, para instalações residenciais, esse prazo hoje fica entre 3 e 5 anos, dependendo da região.

2) Longa Vida Útil da Tecnologia

Em contrapartida, os equipamentos dos sistemas fotovoltaicos possuem uma vida útil de geração de, pelo menos, 25 anos para os módulos e de 15 ou mais para os inversores, prazo muito acima do playback.

3) Pouca Manutenção

Sistemas fotovoltaicos demandam pouca manutenção, sendo a limpeza dos módulos a mais necessária, porém apenas em lugares muito secos e com acúmulo de poeira.

A manutenção elétrica também é necessária, porém feita apenas uma ou duas vezes por ano, e garante a longa vida útil do sistema.

4) Resistência a Intempéries

Por ficarem expostas sobre os telhados e sujeitas às condições climáticas, as placas solares são fabricadas com as mais altas medidas de segurança, evitando danos ou riscos para o sistema e o imóvel.

Quanto às desvantagens, a maior objeção é com relação a compra da tecnologia, que se encontra inacessível para algumas camadas da população que não tem conhecimento sobre;

linhas de financiamento de energia solar a baixo custo.

É muito comum ouvir que a instalação de sistemas de energia solar fotovoltaica no Brasil é cara, quando ainda não se encontra formas de obtê-la.

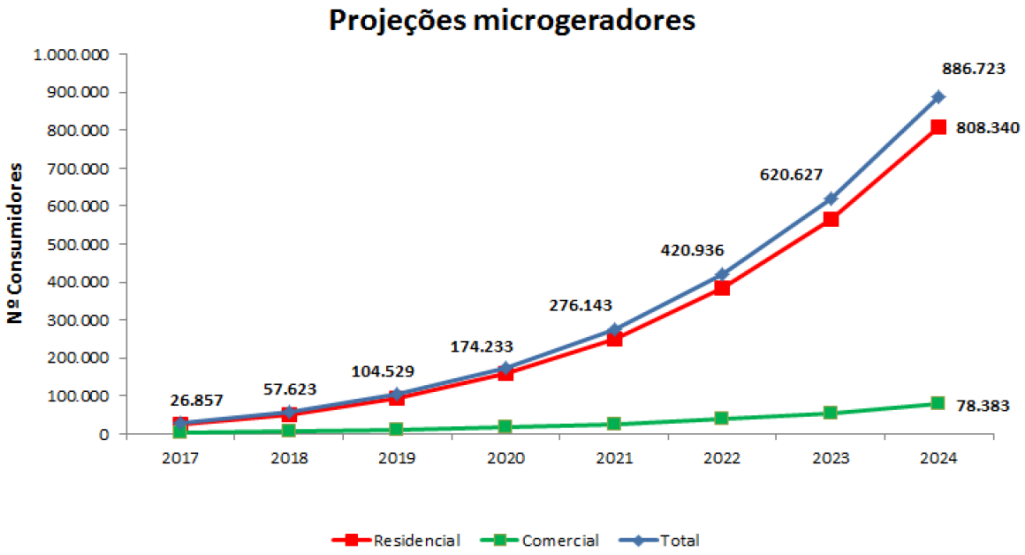
Isso ocasiona um certo descontentamento e frustração por parte daqueles que desejam não só economizar bastante dinheiro com a instalação de um sistema, também, participar desse movimento de empoderamento e revolução energética.

Para todos que acompanham o movimento acerca das fontes renováveis e da energia solar no Brasil, e se encontram nessa situação, é preciso saber comparar e observar o trajeto de novas tecnologias em seus processos de amadurecimento e massificação.

Normalmente, o crescimento de tecnologias com alto potencial de impacto social se dá paulatinamente e de forma gradual, penetrando primeiro em algumas camadas da sociedade, que abrem caminho para outras.

Mais importante, porém, do que o número absoluto, é a tendência clara de um crescimento acelerado da **energia solar no Brasil** evidenciado no gráfico abaixo, segundo dados oficiais.

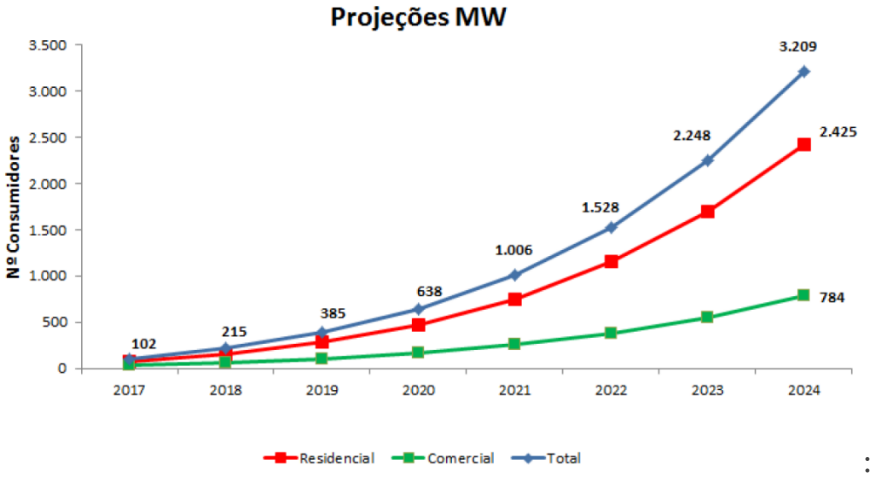
Figura 6- Projeções microgeradores



Fonte: Bluesol (2017)

Se a projeção se concretizar, logo em 2020 o Brasil terá cerca de 174 mil sistemas fotovoltaicos instalados, representando cerca de 0,21% do total de unidades consumidoras brasileiras passíveis de se adquirir sistemas em geração distribuída. Já em 2024, a projeção é de 886.700 sistemas fotovoltaicos.

Seguindo nessa tendência, a ANEEL preparou um gráfico com base na projeção anterior, estimando a quantidade de sistemas fotovoltaicos que serão instalados em três modalidades de unidades consumidoras: residencial, comercial e outros (rural, industrial, iluminação pública, serviço público).



Fonte: Bluesol (2017)

Do mesmo modo ao que temos hoje, a maioria dos sistemas serão instalados em unidades residenciais, cerca de 91% do total nacional contra somente 9% de sistemas comerciais em números absolutos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia solar constitui-se em opção promissora para complementar a geração de hidroeletricidade. Os sistemas fotovoltaicos podem gerar energia elétrica em qualquer espaço onde for possível instalar um painel fotovoltaico. Dessa forma, telhados e fachadas de prédios e residências podem gerar eletricidade em áreas urbanas, e usinas de eletricidade podem ser construídas próximas ou distantes dos centros de consumo. As condições climáticas e o espaço territorial brasileiro são extremamente favoráveis para o emprego da energia solar.

Dessa forma, quanto maior for a eficiência de uma célula solar fotovoltaica, mais energia ela será capaz de gerar.

Uma fonte limpa

Nenhuma emissão de gases de efeito estufa é liberada na atmosfera quando você usa painéis solares para gerar eletricidade. Como o sol fornece mais energia do que jamais precisaremos, a eletricidade da energia solar é uma fonte de energia muito importante na mudança para a produção de energia limpa.

Sem combustível para queimar

Após a instalação dos painéis solares, os custos operacionais são bastante baixos em comparação com outras formas de geração de energia. O combustível não é necessário, e isso significa que a energia solar pode criar grandes quantidades de eletricidade sem a incerteza e a despesa de garantir o fornecimento de combustível.

Energia solar e meio ambiente

Como uma fonte de energia renovável livre de CO2, o impacto ambiental da energia solar é significativamente menor do que outros métodos de geração de energia. O impacto está principalmente relacionado à produção e fornecimento de materiais e metais especiais necessários para produzir painéis solares.

REFERÊNCIAS

ANEEL – *Agência Nacional de Energia Elétrica*. Resolução Normativa 486, São Paulo 17 de abril de (2012) Disponível em https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html

BEN - *BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL*, Rio de Janeiro (2013) Disponível em https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html

EPE - *Empresa de Pesquisa Energética.* MME –Ministério de Minas e Energia. São Paulo (2014)

GRADELLA, V. MARCELO, energia solar fotovoltaica. Brasil, (2015) Disponível em https://www.crasp.gov.br/centro/conteudo/old/uploads/Artigo-Perspectivas-para-a-energia-solar-no-Brasil.pdf

CHUMBO EM ATIVIDADE COM SOLDA MIG

André Demetrio Brustolim BROETTO[1], Bruno Henrique DRUN[1], Davi Zacarias de SOUZA[2]

[1]Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil.

[2] Departamento de Química e Ciências Biológicas (DAQBI)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: andrebroetto@hotmail.com, brunodrun@alunos.utfpr.edu.br, daviz@utfpr.edu.br

Resumo: *A soldagem é um processo de união de materiais metálicos e não metálicos produzida por aquecimento até uma temperatura adequada. Os processos de soldagem por fusão são de relevância industrial, destacando-se a soldagem a arco com proteção gasosa (GMAW). No Brasil, os processos GMAW são conhecidos como MIG (Metal Inert Gas) e MAG (Metal Active Gas). Durante as atividades de soldagem as pessoas estão expostas a fumos metálicos que podem comprometer a sua integridade. Dessa forma, esses riscos estão relacionados aos problemas de saúde ocupacional. O estudo visa determinar a concentração de chumbo presente no processo de solda MIG de estruturas metálicas em empresa no estado do Paraná e comparar a sua concentração com os limites da NR 15 anexo 11 e da ACGIH (2023) e nível de ação da NR 9. A amostragem de material e a coleta de dados, seguiu a metodologia de amostragem e análises determinadas na NIOSH 7303 ICP – Espectrometria de Emissão Ótica por Plasma Indutivamente Acoplado. O resultado obtido na quantificação foi de MPT 0,052 mg/m³. Valor abaixo do limite de tolerância da NR 15 e acima do limite de tolerância da ACGIH e nível de ação da NR 9, sendo passível de riscos à saúde dos trabalhadores caso não se mantenham medidas de controle ou melhorias no processo. Deste modo se faz necessário realizar novas quantificações levando em consideração, a caracterização do processo, a qualidade e limpeza dos produtos, a periodicidade da atividade durante os dias, semanas e meses.*

Palavras-chave: *Exposição respiratória, saúde, metal pesado, higiene ocupacional*

INTRODUÇÃO

Os processos de soldagem são utilizados nos mais variados seguimentos, sendo aplicáveis desde a confecção de componentes eletrônicos, placas de comando, equipamentos, construção de grandes estruturas (metálicas e construção civil), navios,

aeronaves, veículos e na reforma, melhorias e adaptações de equipamentos ou materiais já existentes.

A definição de soldagem adotada pela Associação Americana de Soldagem (*American Welding Society* – AWS), é um processo de união de materiais metálicos e não metálicos produzida por aquecimento até uma temperatura adequada (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2011). Ou seja, a soldagem é utilizada para unir duas ou mais estruturas de metal, formando uma nova parte, onde se possa assegurar a continuidade do material e as propriedades químicas e mecânicas deste novo conjunto (MAGRINI, 1999).

Os processos de soldagem por fusão, onde a fonte de energia é o arco elétrico são de aplicação industrial, devido as reações do material fundido com os gases presentes na atmosfera. Há diferentes processos por fusão, dentre os quais pode-se destacar a soldagem a arco com proteção gasosa (*Gas Metal Arc Welding* – GMAW). No Brasil os processos GMAW são conhecidos como MIG (*Metal Inert Gas*) e MAG (*Metal Active Gas*) (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2011).

Na atualidade ocorre uma crescente utilização dos processos GMAW no ramo industrial por apresentarem capacidade produtiva, alta taxa de fusão e automatização dos processos. Entretanto, apresentam uma complexa correlação entre suas variáveis, uma de suas restrições ocorrem devido as limitadas ações metalúrgicas devido a quantidade de composições de arames disponíveis no mercado (SOUZA; FERRARESI, 2013).

Entre as diversas funções que podem causar danos a integridade dos trabalhadores estão os processos de soldagem, podendo ocorrer exposição a riscos químicos como os fumos (BARROS; MORAIS, 2017). Segundo Lyttle, 2019 (apud MACHADO, 1999, p. 117), nas atividades de solda ocorrem a vaporização e o derretimento do eletrodo consumível, formando partículas sólidas conhecidas como fumos metálicos. Esses fumos metálicos são gerados no decorrer das atividades e ficam dispersos no ar do ambiente, onde a possível exposição a esses agentes podem causar problemas na saúde das pessoas expostas a este local.

O risco químico é o perigo a que determinado indivíduo está exposto ao manipular produtos químicos que podem causar-lhe danos físicos ou prejudicar sua saúde. Os danos à saúde podem advir de exposições relacionadas ao contato de produtos químicos com a pele

e olhos, bem como a inalação de seus vapores, resultando em doenças respiratórias, do sistema nervoso, nos rins e fígado, e até mesmo alguns tipos de câncer Fiocruz (2004).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Dentre os riscos relacionados a atividade de solda, a exposição a fumos metálicos se destaca como sendo a mais nocivas a integridade das pessoas envolvidas a esse processo. Estudos epidemiológicos mostraram que muitos soldadores apresentam algum tipo de doença respiratória, onde os efeitos observados em atividades realizadas em tempo integral incluem bronquite, irritação das vias aéreas, alterações na função pulmonar e um possível aumento na incidência de câncer de pulmão (ANTONINI, 2003).

Vários agentes químicos que são passiveis de afetar a saúde humana, podem estar presentes nos processos de soldagem, como: zinco (Zn), níquel (Ni), manganês (Mn), cobre (Cu), alumínio (Al), ferro (Fe), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr). Vale destacar que parte das partículas geradas nesses processos provém do revestimento do metal, como tintas, óleos e camadas de outros metais, aumentando significativamente a geração de resíduos no ambiente conforme descrito por Gareis, 1994 (apud, BARROS, 2017, pg. 65).

A NR 1 tem como objetivo estabelecer as disposições gerais, o campo de aplicação, os termos e definições relativas à segurança e saúde no trabalho, trazendo as diretrizes e os requisitos para o gerenciamento de riscos e medidas de prevenção (Brasil, 1978a), ela estabelece as bases e princípios que orientam as demais Normas Regulamentadoras relacionadas à segurança e saúde no trabalho (FAGUNDES, 2023).

O item 1.5 (Gerenciamento de riscos ocupacionais) da NR 1, informa que as medidas a serem tomadas para prevenir e gerenciar os riscos ocupacionais, devem evitar que os trabalhadores sejam expostos a perigos e como proceder caso ocorra alguma exposição, garantindo assim a integridade de todos (Brasil, 1978a). A NR 1 exige a implementação de medidas de prevenção e gerenciamento dos riscos ocupacionais garantindo assim um ambiente seguro e saudável (FAGUNDES, 2023).

Os fumos metálicos estão dispersos no ar do ambiente em que é realizado o processo de solda, os trabalhadores ficam expostos a esses agentes, desse modo a NR 15 (Atividades e Operações Insalubres), apresenta em seu anexo 11, os limites de tolerância de agentes

químicos, válidos para jornadas de trabalho de até 48 horas por semana. Na coluna "VALOR TETO" estão assinalados os agentes químicos cujos limites de tolerância não podem ser ultrapassados em momento algum da jornada de trabalho (Brasil, 1978b).

A ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists) 2023*, os limites de tolerância (TLVs) que são as concentrações das substâncias químicas dispersas no ar e representam as condições que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente dia após dia, durante toda a vida laboral sem sofrer efeitos adversos a saúde.

Entre os limites de tolerância apresentados na ACGIH (2023), podemos citar o TLV-STEL, que é o limite de exposição média ponderada em 15 minutos, que não deve ser ultrapassado em nenhum momento da jornada de trabalho. O limite STEL (*Short Term Expourse Limit*) é um limite para exposições de curta duração que pode causar efeitos como irritação, lesão tissular crônica ou irreversível, narcose e efeitos rápidos (MAGALHÃES, 2020).

O limite TLV-TWA é a concentração média ponderada no tempo, para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais, a qual entende-se que a maioria dos trabalhadores possa estar repetidamente exposta, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos a saúde. Esse limite não visa proteger contra efeitos rápidos da população exposta, como no caso da sensibilização e irritação (TLV-STEL e TLV-C) (MAGALHÃES, 2020).

A NR 15 em seu anexo 11 traz como limite de tolerância para jornada de trabalho de até 48 horas por semana para o Pb o valor de 0,1 mg/m³ (Brasil, 1978b) e na ACGIH (2023) o limite de tolerância para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias é de de 0,05 mg/m³. Tanto na NR 15 como na ACGIH, não existem limites de tolerância para exposições de curta duração.

Segundo a Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos (LINACH), classifica o Pb no grupo 2B, agente possivelmente carcinogênico para humanos. Onde os agentes designados para esse grupo com base em evidências epidemiológicas e experimentais de carcinogenicidade e outros dados relevantes. O termo possivelmente carcinogênico não tem nenhum significado quantitativo e são utilizados como descritores de diferentes níveis de evidência de carcinogenicidade em humanos, com “provavelmente

carcinogênico" (2A) significando um maior nível de evidência que "possivelmente carcinogênico" (2B) (BRASIL, 2014).

Na Base do TLV da ACGIH (2023) traz para o Pb, as anotações de comprometimento do sistema nervoso central e do sistema nervoso periférico e efeitos hematológicos. Os TLVs são fundamentados em informações publicamente disponíveis, os danos à saúde considerados incluem aqueles que reduzem a expectativa de vida das pessoas expostas.

A Norma Regulamentadora 7 (NR 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO), estabelece as diretrizes e requisitos para o desenvolvimento do PCMSO. Com o objetivo de proteger e preservar a saúde dos empregados em relação aos riscos ocupacionais, em seu anexo I são apresentados indicadores biológicos de exposição com significado clínico, que evidenciam disfunções orgânicas e efeitos adversos a saúde. Nesse anexo, a substância chumbo (CAS 7439-92-1) está incluída, como indicador de monitoramento no sangue (Pb-S) e/ou ácido-delta-amino-levulínico na urina (ALA-U), necessários quando houver exposições acima dos níveis de ação determinados na NR 9 (Brasil, 1978c). Segundo a NR 9, o nível de ação é a metade do limite de tolerância da NR 15 (BRASIL, 1978d).

O referido estudo visa medir a concentração de chumbo (CAS 7439-92-1) a qual os trabalhadores estão expostos durante o processo de solda MIG de estruturas metálicas em empresa no estado do Paraná. A partir dos dados obtidos, comparar com os limites da NR 15 anexo 11 e da ACGIH (2023) e nível de ação da NR 9.

METODOLOGIA

A coleta de material (chumbo) e de dados levantados no posto de trabalho foram realizados segundo a metodologia de amostragem e análises determinadas na NIOSH 7303. As análises foram realizadas com a técnica de ICP – Espectrometria de Emissão Ótica por Plasma Indutivamente Acoplado (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 2003), utilizando amostrador tipo cassete de poliestireno de 37 mm de duas seções, com filtro de éster de celulose com porosidade de 0,8 µm, vazão de coleta devendo estar entre 1 e 4 L/min e volume de ar coletado entre 10 e 2.000 L.

O equipamento utilizado para análise laboratorial possui limite de quantificação de 0,25 µg (laboratório devidamente certificado de acordo com a legislação vigente), conforme a metodologia de coleta. O amostrador não possui nenhum cuidado específico para o seu envio, sendo considerado o transporte como estável. O local de coleta da amostra e das análises laboratoriais foram mantidos em sigilo devido a confidencialidade.

A amostra de ar foi coletada na altura da zona respiratória do trabalhador na realização da atividade, com bomba de sucção afixada ao trabalhador em sua linha de cintura, onde o amostrador de coleta foi acoplado à bomba por meio de uma mangueira de silicone. A bomba e demais equipamentos necessários para a quantificação, se encontram devidamente calibrados.

Foi utilizado para a coleta uma bomba gravimétrica, equipamento responsável pela aspiração de ar contaminado até o sistema de deposição do material (filtro). A bomba gravimétrica é um instrumento portátil e leve que fornece uma vazão de até 6 litros/minuto, possuindo sistema de controle de vazão constante (FUNDACENTRO, 2002).

Para a correta análise laboratorial se faz necessário encaminhar algumas informações para o laboratório junto com o amostrador do estudo, como a vazão de coleta (variação de volume x tempo), o tempo coleta e volume de ar coletado, umidade, pressão e temperatura, esses últimos parâmetros são necessários de acordo com a metodologia empregada para a análise (MAGALHÃES, 2020).

Dados da amostragem realizada: vazão de coleta, 1L/min, tempo de amostragem, 251 min, volume de ar coletado, 251L, temperatura, 21,5ºC, umidade, 64%, pressão, 723hpa. Após a realização da coleta em campo, foi encaminhado o amostrador junto com suas informações para a análise laboratorial. A coleta foi realizada em apenas um único dia, utilizando um amostrador (atendendo todas as recomendações e exigências da NIOSH 7303), o período de coleta de aproximadamente 4 horas contínuas (tempo de realização do processo de solda), não foi realizado coleta da jornada de trabalho total, ou seja, 8 horas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado obtido na quantificação foi de 0,10030 mg/m³, (251 min de coleta). Entretanto o LT da NR 15 é para MPT para jornada de até 48 horas semanais e a ACGIH

MPT para jornada de trabalho de 8 horas diárias, desse modo como a atividade não é realizada durante toda a jornada de trabalho, (não existe tempo pré-definido para a realização da tarefa), se faz necessário realizar o cálculo de MPT para 8 horas diárias para achar a real concentração. MPT da coleta realizada é de 0,052mg/m³.

O valor está abaixo do LT estabelecido na NR 15 (LT 0,1 mg/m³), e acima do limite TWA da ACGIH (2023) (TWA 0,05 mg/m³) e do nível de ação da NR 9 (0,05 mg/m³), demonstrando que o ambiente pode apresentar riscos à saúde dos trabalhadores que realizam a atividade de solda no ambiente analisado.

Deste modo para a efetiva proteção aos trabalhadores que estão expostos ao agente químico chumbo acima do LT ACGIH e do nível de ação da NR 9, se faz necessário manter as medidas para neutralizar a exposição ao referido agente.

Manter o monitoramento da saúde dos trabalhadores realizando o controle o chumbo no sangue (Pb-S) e/ou ácido delta amino levulínico na urina (ALA-U), conforme indicação do Médico do Trabalho responsável pelo monitoramento do PCMSO (Brasil, 1978c).

Os trabalhadores devem continuar a utilizar durante toda a jornada laboral na realização das atividades respirador adequado a proteção, o respirador/filtro mínimo é o P2 ou P3 (semifacial P2 ou P3 para particulados) (3M, 2020).

O respirador selecionado deve possuir Fator de Proteção Atribuído (FPA) adequado a exposição, esse fator é o nível mínimo de proteção respiratória que se espera alcançar no local de trabalho, usado durante todo o tempo que o usuário permanece na realização da atividade, para os respiradores P2 e P3 o FPA é de 10 (FUNDACENTRO, 2016).

O Fator de Proteção Mínimo Requerido (FPMR) é obtido dividindo-se a concentração do contaminante pelo TLV (3M, 2020), desse modo o FPMR para a área em estudo é de 1,04 em relação ao TWA da ACGIH, desse modo a seleção dos amostradores é a adequada a exposição do agente uma vez que o FPA é maior que o FPMR.

Deve-se manter o Programa de Proteção Respiratória (PPR) que é o processo para seleção, uso e manutenção dos respiradores com a finalidade de assegurar proteção adequada para o usuário, antes de se utilizar um respirador, é essencial que seja estabelecido o programa, devendo ser implantado, avaliado e atualizado sempre que necessário, de modo a

refletir as mudanças de condições do ambiente de trabalho que possam afetar o uso de respirador (FUNDACENTRO, 2016).

Outro ponto a ser analisado é a implantação de novas medidas de engenharia para o sistema de exaustão aumentar a sua eficácia na coleta dos fumos metálicos presentes no ambiente, se faz necessário nova quantificação do agente chumbo para comprovação da eficiência do sistema instalado e neutralização do "possível" risco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado obtido na quantificação ficou acima do limite TWA da ACGIH e do nível de ação da NR 9, demonstrando que existe a probabilidade de o ambiente analisado apresentar riscos à saúde dos trabalhadores que realizam solda.

Desse modo o referido estudo serve de base para novas análises mais detalhadas em ambientes que realizam processos de solda, uma vez que a quantificação foi realizada apenas em um ponto de trabalho com solda MIG em apenas uma atividade especifica durante sua realização em aproximadamente 4 horas (a amostra não foi coletada durante as 8 horas da jornada de trabalho).

O estudo não considerou a periodicidade da realização da atividade durante os dias, semanas ou meses, quais itens utilizados no processo de soldagem, sua qualidade e limpeza, indicadores esses que podem contribuir para novas análises, deve-se também realizar o monitoramento nos diversos segmentos e ramos de soldagem de metais afim de comprovar a real exposição a fumos metálicos, tanto chumbo como outros metais que podem estar presentes no ambiente e passíveis de acarretar em danos à saúde.

REFERÊNCIAS

3M. Guia de Seleção de Respiradores. 3M Ciência Aplicada à vida. 2020. Disponível em: https://multimedia.3m.com/mws/media/1829014O/3m-respirator-selection-guide-brazil.pdf?utm_medium=redirect&utm_source=short-url&utm_campaign=. Acesso em: 17 jun. 2023.

ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Limites de exposição ocupacional (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição (BEIs®). Tradução: Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais – ABHO, São Paulo – SP, 2023.

ANTONINI, J. M. Health effects of welding. *Crit Rev Toxicol,* v. 33 (1), p. 61 – 103, 2003. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12585507/. Acesso em: 16 jun. 2023.

BARROS, J. P. de A.; MORAIS, M. V. G. Identificação dos Riscos Químicos no Processo de Soldagem e suas Medidas de Proteção. *Nucleus Revista Científica da Fundação Educacional de Ituverava.* Itupeva, SP, v.14, n. 2, p. 63-76, 2017. Disponível em https://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/2693. Acesso em: 16 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 1: Disposições Gerais e Gerenciamentos de Riscos Ocupacionais. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil,* Brasília, DF, 06 jul. 1978a. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-01-atualizada-2022-1.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 07: Programa de controle médico de saúde ocupacional. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil,* Brasília, DF, 06 jul. 1978c. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-07-atualizada-2022-1.pdf Acesso em: 15 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 09: Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil,* Brasília, DF, 06 jul. 1978d. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-09-atualizada-2021-com-anexos-vibra-e-calor.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 15: atividades e operações insalubres. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil,* Brasília, DF, 06 jul. 1978b. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-15-atualizada-2022.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

BRASIL. Portaria Interministerial nº 9 de 7 de outubro de 2014. Pública a Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos (LINACH), como referência para formulação de políticas públicas, na forma do anexo a esta Portaria. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil,* Brasília, DF, 08 out. 2014. Disponível em: https://www.abho.org.br/wp-content/uploads/2014/10/Lista-de-Agentes.pdf Acesso em: 15 jun. 2023.

FAGUNDES, L. E. Segurança e Saúde no Trabalho Comentadas & Explicadas NR-01 a NR-38. 1 ed. Sr.SMS, 2023.

FIOCRUZ. Riscos Químicos, Conceitos. Fundação Oswaldo Cruz, 2004. Disponível em: http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/riscos_quimicos.html. Acesso em: 15 fev. 2023.

FUNDACENTRO. Norma de Higiene Ocupacional, Procedimento Técnico, Calibração de Bombas de Amostragem Individual pelo Método de Bolha de Sabão – NHO 07. *Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO*, São Paulo, SP, 2002. Disponível em: http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/C187BQUBSQU4RF4SMFG8AYG5D76526.pdf. Acesso em: 17 jun. 2023.

FUNDACENTRO. Programa de Proteção Respiratória, Recomendações, seleção e uso de respiradores. *Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO*, São Paulo, SP, 4 ed, 2016. Disponível em: http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/TVBBD65RVMUX25NF4DFJ7K8VKDIM2I.pdf. Acesso em: 17 jun. 2023.

MACHADO, M. W. K. A Engenharia de Produção na Contemporaneidade 4. v. 4. *Atena*, 2018.

MAGALHÃES, L. 101 Perguntas e Respostas sobre Agentes Químicos para a Higiene Ocupacional, um guia de cabeceira para não errar nas avaliações de campo. 2 ed. *Lux*, 2020.

MAGRINI, R. O. Segurança do Trabalho na Soldagem Oxiacetilênica. 2.ed. São Paulo: *FUNDACENTRO*, 1999. 72 p.

MARQUES, P. V.; MONDENESI, J.P. BRACARENSE, A. Q. Soldagem fundamentos e tecnologia. 3 ed, *Editora UFMG*, 2011.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. NIOSH Manual of Analytical Methos, NIOSH 7303, Elements by ICP (Hot Block/HCL/HNO3 Digestion). 4.ed. *National Institute for Occupational Safety And Health*, Whashington, D.C, 2003. Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7303.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

SOUZA, I. C.; FERRARESI, V. A. Análise Comparativa dos Processos de Soldagem GMAW e FCAW com Transferência Metálica por Curto-circuito na Posição Horizontal. *Soldag Insp*, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 268-280, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/si/a/b535rw6qw7bMpkhtbQyKYYd/?lang=pt. Acesso em: 16 jun. 2023.

AVALIAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE NA PRODUÇÃO DE MASSA FOLHADA: IMPACTO NA QUALIDADE E SEGURANÇA ALIMENTAR

Lucas Dalaqua RIBEIRO[1], Leonardo Aparecido Ferreira SOUZA[2], Claudia Eugênia Castro BRAVO[3], Ellen Porto PINTO[4]

[1] Discente do Curso de Engenharia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2 1] Discente do Curso de Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[3] Docente do Departamento de Acadêmico de Química e Ciências Biológicas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[4] Docente do Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: lucasr.1999@alunos.utfpr.edu.br, lsouza.2000@alunos.utfpr.edu.br, claudiacastro@utfpr.edu.br, ellenporto@utfpr.edu.br

Resumo: *A massa folhada é um produto de origem francesa apreciado globalmente, utilizado tanto na preparação de salgados como de doces. Seu nome deriva do seu método de produção, que envolve várias dobras de uma massa feita de farinha e água, intercalada com camadas de margarina. O sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), juntamente com as Boas Práticas de Fabricação (BPF), tem como objetivo proteger os consumidores contra doenças, lesões ou até mesmo riscos à vida decorrentes do consumo de alimentos. Este estudo concentra-se na avaliação dos perigos e pontos críticos de controle do processo de produção de massa folhada em uma indústria de massas alimentícias. A avaliação dos perigos e pontos críticos de controle ocorreu em conformidade com as normas ISO 22000 e do Codex Alimentarius. A identificação dos perigos e pontos críticos de controle foi realizada para todo o processo. Para classificar os riscos, utilizou-se a análise de severidade em relação à probabilidade de ocorrência. Foram identificados dois pontos de controle no processo: a etapa de peneiramento e a etapa de armazenamento e expedição. Além disso, um ponto crítico de controle foi identificado na etapa de embalagem, no equipamento de detector de metais. Procedimentos de monitoramento e correção foram estabelecidos para o ponto crítico de controle. Ao final da implementação do APPCC, foi possível verificar que todo o processo de produção de massa folhada foi mapeado de acordo com os padrões de qualidade exigidos pelas regulamentações vigentes.*

Palavras-chave: *APPCC; perigos; pontos críticos; massa folhada.*

INTRODUÇÃO

A massa folhada, amplamente consumida em todo o mundo e originária da França, é um ingrediente fundamental em diversos produtos, como croissants, mil-folhas, pastéis, tortas e outros salgados e doces. Seu processo de produção envolve a dobradura intercalada de camadas de massa e gordura, resultando na característica distintiva do produto final, que é o aspecto folheado (MATTIONI, 2010; SUAS, 2011; GALVEZ, 2014).

No atual cenário de competitividade entre as empresas, a qualidade dos produtos deixou de ser apenas uma vantagem e se tornou uma exigência mínima. Para atestar a segurança dos alimentos, as empresas buscam certificações, sendo que a norma ISO 22000 apresenta os requisitos necessários para a implementação do sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), composto por 7 princípios e 12 etapas de implantação (ABNT, 2019; RIBEIRO, 2022).

O sistema APPCC, em conjunto com as Boas Práticas de Fabricação (BPF), tem como objetivo garantir a segurança alimentar, oferecendo aos consumidores alimentos livres de riscos que possam comprometer sua saúde. Através da implantação do APPCC, é possível identificar e controlar os perigos biológicos, químicos e físicos, além de estabelecer procedimentos de monitoramento e ações corretivas no processo, a fim de preveni-los (RIBEIRO, 2022).

A implantação do APPCC no processo de produção de massa folhada traz diversas vantagens para a empresa. Além de assegurar a segurança do produto ao consumidor, essa abordagem atende aos aspectos legais e regulatórios. Ademais, ela pode resultar em redução de custos associados a perdas devido à falta de qualidade e proporcionar maior acesso a mercados nacionais e internacionais (RIBEIRO, 2022).

A partir deste contexto, o presente trabalho visa realizar uma avaliação de perigos e pontos críticos de controle no processo de produção da massa folhada de uma indústria de massas alimentícias do interior de São Paulo.

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

A massa folhada é um produto panificado de confeitaria amplamente consumido em todo o mundo, utilizado na preparação de uma variedade de doces e salgados. Sua composição consiste principalmente em farinha de trigo, gordura, água e sal, podendo opcionalmente conter fermento biológico ou químico em sua composição (MATTIONI, 2010; SUAS, 2011; GALVEZ, 2014).

A produção da massa folhada segue um processo com seis etapas, que serve como base para diversas técnicas de fermentação alternativa, resultando em perfis de sabor únicos e esquemas produtivos flexíveis (SUAS, 2011).

A primeira etapa é a mistura, que, quando bem realizada, resulta em uma massa folhada de excelente qualidade. Uma mistura aprimorada, diferente de uma mistura básica, proporcionará um volume melhor. Se o tempo de mistura for reduzido, será necessário um período de primeira fermentação mais longo para garantir a formação de uma estrutura de excelência antes da laminação (MATTIONI, 2010; SUAS, 2011).

A segunda etapa é a primeira fermentação, com duração média de 2 horas, utilizando duas zonas de temperatura. Essas zonas de temperatura têm o objetivo de permitir a fermentação da massa e, em seguida, seu resfriamento adequado, preparando-a para a fase de laminação (SUAS, 2011; ELEUTÉRIO; GALVES, 2014).

Após a primeira fermentação, ocorre a terceira etapa, chamada laminação. Nesse processo, camadas de massa e margarina ou manteiga são intercaladas para formar a massa folhada. É crucial que tanto a massa quanto a manteiga estejam frias nessa etapa e que a manteiga permaneça extensível (SUAS, 2011).

Durante a laminação, a massa passa por várias dobras para garantir uma textura folhada completa durante o cozimento. É necessário um período de descanso (fermentação intermediária) durante as dobras para garantir a qualidade final da massa folhada (SUAS, 2011; ELEUTÉRIO; GALVES, 2014).

A quarta etapa é a moldagem, que ocorre após a última dobra e após um período de descanso da massa de pelo menos 30 minutos em refrigeração. A massa deve ser aberta com a espessura adequada, em torno de 3 a 3,5 mm, para uma cocção correta (SUAS, 2011).

A etapa final antes da moldagem é a fermentação final, na qual a massa já possui o formato do produto final. Nessa etapa, o produto deve descansar em temperatura ambiente. O calor excessivo pode causar a fusão da margarina/manteiga, enquanto o excesso de umidade pode levar a uma quebra excessiva ou encolhimento da massa (SUAS, 2011).

Após a fermentação final, a última etapa é o cozimento, no qual a massa folhada deve ser assada em altas temperaturas para produzir vapor e obter um crescimento intenso no forno. O cozimento em temperaturas baixas pode resultar em ressecamento e coloração irregular da massa (SUAS, 2011; ELEUTÉRIO; GALVES, 2014).

Ao longo do processo produtivo, é importante identificar e eliminar três principais tipos de perigos: biológicos, químicos e físicos. Os perigos biológicos representam o maior risco para os consumidores, podendo causar doenças e, em casos extremos, até mesmo óbito. Geralmente, esses perigos estão naturalmente presentes nos alimentos e estão associados à manipulação inadequada de matérias-primas cruas (BAPTISTA, 2003; AFONSO, 2008).

Nessa categoria de perigos biológicos, estão incluídas bactérias, fungos, vírus, parasitas patogênicos e toxinas microbianas. A maioria dos perigos biológicos é controlada por meio de tratamento térmico, filtração, boas práticas de manipulação, higiene adequada e armazenamento correto (BAPTISTA, 2003; ANDRADE, 2018).

Os perigos químicos englobam uma ampla gama de substâncias. Eles podem estar naturalmente presentes nos alimentos ou serem introduzidos acidentalmente durante o processo de produção. Os principais constituintes desses perigos são aditivos alimentares utilizados em concentrações acima do permitido, pesticidas químicos, medicamentos, metais pesados, alérgenos, substâncias naturais de origem vegetal e produtos químicos gerados durante a fabricação, sanitizantes e lubrificantes (BAPTISTA, 2003; ANDRADE, 2018).

O consumo desses perigos químicos em quantidades elevadas pode causar doenças agudas graves. Em alguns casos, o consumo em pequenas quantidades ao longo do tempo pode levar a doenças crônicas, como o câncer (BAPTISTA, 2003; SALVARO, 2014).

Para controlar os perigos químicos, é necessário seguir as recomendações e limites estabelecidos pelas legislações, implementar programas de defesa e prevenção de fraudes alimentares, evitar a contaminação cruzada e, em alguns casos, isolar fisicamente produtos

alergênicos para evitar o contato com outros produtos (BAPTISTA, 2003; GERMANO; GERMANO, 2013).

Os perigos físicos são descritos como materiais estranhos ou "corpos estranhos". Eles incluem objetos ou qualquer matéria física que possa causar doença, incluindo traumas psicológicos e danos físicos de diferentes intensidades (AFONSO, 2008). Esses perigos podem causar uma má impressão da empresa junto aos consumidores. Alguns contaminantes físicos podem trazer consigo também perigos biológicos adicionais.

O APPCC, também conhecido como HACCP, é uma ferramenta para avaliar perigos e estabelecer sistemas de controle que priorizam a prevenção em vez de depender de testes nos produtos finais. Pode ser aplicado em toda a cadeia alimentar, desde a produção primária até o consumo final (FAO, 1997).

O APPCC foi desenvolvido em 1959 nos Estados Unidos, em uma parceria entre a Companhia Pillsbury e o exército americano, a pedido da National Aeronautics and Space Administration (Nasa), visando a obtenção de alimentos seguros para os astronautas durante as viagens espaciais (GERMANO; GERMANO, 2013).

No Brasil, a história do sistema APPCC começou em 26 de novembro de 1993, com a criação da Portaria nº 1.428 do Ministério da Saúde. Esse documento continha o regulamento técnico para inspeção sanitária de alimentos, diretrizes para o estabelecimento de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e prestação de serviços na área de alimentos (GERMANO; GERMANO, 2013; OLIVEIRA; STORTO, 2016).

METODOLOGIA

Para a avaliação dos pontos críticos de controle do sistema de produção de massa folhada, foi realizado um estudo de caso em uma empresa de produção de massa folhada situada no interior de São Paulo.

A avaliação dos pontos críticos de controle partiu-se da metodologia apresentada no *Codex alimentarius* (2012) com modificações. Inicialmente junto com a equipe de segurança alimentar da empresa foi realizado um estudo do processo de produção, onde realizou-se a análise e a identificação dos potenciais perigos relacionados com as etapas do processo, desde o recebimento da matéria-prima até o produto embalado.

Seguindo a metodologia apresentada no *Codex alimentarius* (2012) as seguintes etapas foram seguidas para definir a matriz de análise de perigos e pontos críticos de controle: definir as etapas do processo desde a matéria-prima até o produto final, aplicação das etapas na árvore decisória para classificar o risco em PC ou PCC, avaliar os risco de acordo com a severidade versus probabilidade de ocorrência, estabelecer os limites de aceitação no produto acabado de acordo com os requisitos regulamentares estabelecidos pelas legislações.

Para os limites de aceitação no produto acabado foram utilizadas as seguintes normas IN N° 88, de 26 de março de 2021, RDC Nº 331, de 23 de dezembro de 2019 e RDC Nº 623, de 9 março de 2022 (BRASIL, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o estudo do processo de produção de massa folhada, foram identificados os potenciais perigos relacionados com as etapas do processo, desde o recebimento da matéria-prima até o produto embalado.

Com base no fluxograma do processo de produção de massa folhada, foi levantado as seguintes etapas: recebimento e armazenamento dos ingredientes, peneiramento da farinha no silo, adição de ingredientes na masseira, agitação lenta, agitação rápida, divisão manual, abertura da massa, dobragem, laminação, descanso, corte final, acondicionamento, embalagem primária, detector de metais, peletização manual e armazenamento e distribuição.

Foi definido um ponto crítico de controle localizado na etapa de embalagem, e dois pontos de controle estando localizados na etapa de peneiramento e armazenamento. Na etapa de peneiramento o perigo potencial é o físico, podendo ser encontrado plásticos, madeira ou outra matéria estranha. Essa etapa do processo é considerada um ponto de controle, pois na avaliação de severidade x probabilidade de ocorrência obteve-se nota seis. Como justificativa para ser um ponto de controle foi utilizado uma análise racional considerando que há perigo caso essa etapa esteja deficiente a ponto de a peneira estar avariada. A medida de controle definida para essa etapa é a manutenção preventiva, limpeza periódica e análise visual da integridade da peneira.

Na etapa de armazenamento o ponto de controle encontrado foi a da temperatura de armazenamento, onde é estabelecido uma faixa de temperatura de 1 a 10°C, assim se a

temperatura estiver fora dos limites estabelecidos o produto pode perder suas características sensoriais, além do risco de desenvolvimento microbiológico em temperaturas maiores que 10°C.

O único ponto crítico de controle do processo encontra-se na etapa de embalagem, onde tem-se um detector de metais para prevenir que o produto final contenha um contaminante físico proveniente do arraste de metais oriundos do processo produtivo. Nesta etapa, o detector de metais age como uma barreira física expulsando metais ferrosos, não ferrosos e aço inox.

Para o processo de detector de metais foram indicadas as seguintes medidas de controle: os produtos são expulsos da esteira quando são detectados metais não ferrosos maiores que 2,5 mm, ferrosos maiores que 2,5 mm e aço inox maior que 4,0 mm; é realizado o monitoramento do operador a cada meia hora com amostra contendo os três principais metais; os produtos que são detectados ficam separados e somente o inspetor ou algum responsável da qualidade faz o repasse após os testes com corpos de provas, caso seja detectado metal, retira-se para a averiguação, caso seja sinal falso, é liberado para o empacotamento; os detectores de metais são calibrados anualmente.

A RDC n.º 623 de 2022, estabelece os seguintes padrões de materiais estranhos como limite de aceitação: metais com diâmetros iguais ou maiores que 2mm ou pontiagudos iguais ou maiores que 7mm; não ferroso: 2,5 mm; ferroso: 2,5 mm e inox: 2,0 mm (BRASIL, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do processo de produção de massa folhada permitiu a identificação dos potenciais perigos associados às diferentes etapas, desde o recebimento da matéria-prima até a embalagem do produto final. Foram estabelecidos pontos críticos de controle nas etapas de peneiramento, armazenamento e embalagem, visando mitigar os riscos identificados. Essas medidas de controle e conformidade com regulamentações são importantes para assegurar a qualidade e a segurança da massa folhada produzida, proporcionando confiança aos consumidores e atendendo aos requisitos legais. A implementação adequada desses controles contribui para a produção de um produto final livre de riscos e dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.

REFERÊNCIAS

AFONSO, A. Análise de perigos: segurança e qualidade alimentar. *Segurança e Qualidade Alimentar*, [*S.I.*], v. 5, n. 1, p. 26-28, nov. 2008. Disponível em: https://www.infoqualidade.net/SEQUALI/PDF-SEQUALI-05/Page%2026.pdf. Acesso em: 20 jun. 2023.

ANDRADE, D. F. *Gestão pela Qualidade. Belo Horizonte*: Editora Poisson, 2018. 3 v.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 22000**: Sistemas de gestão de segurança de alimentos - requisitos para qualquer organização na cadeia produtiva de alimentos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2019. 45 p.

BAPTISTA, P.; VENÂNCIO, A. Os perigos para a segurança alimentar no processamento de alimentos. *Guimarães: Forvisão*, 2003. 109 p. Disponível em: http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/33398/1/document_2748_1.pdf. Acesso em: 19 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC n. 46, de 03 de novembro de 2010**. Dispõe sobre limites máximos para aditivos excluídos da lista de "aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF)". Diário Oficial da União. Brasília. 2010. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/res0046_03_11_2010.html. Acesso em: 20 jun. 2023.

CODEX ALIMENTARIUS. *General principles of food hygiene*. 2012. Disponível em: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/. Acesso em: 18 jun. 2023.

ELEUTÉRIO, H.; GALVES, M. C. P. *Técnicas de Confeitaria*. São Paulo. Editora Saraiva, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). (ed.). *Food Safety Risk Analysis: part 1: an overview and framework manual. World Health Organization*, Roma, Provisional Edition, p. 1-86, maio 2005. Disponível em: http://www.fsc.go.jp/sonota/foodsafety_riskanalysis.pdf. Acesso em: 20 jun. 2023.

GALVES, M. C. P. *Técnicas de Panificação e Massa*. São Paulo: Saraiva, 2014. 137 p.

GERMANO, P. M.; GERMANO, M. I. (org.). *Sistema de Gestão: Qualidade e Segurança dos Alimentos*. Barueri: Manole, 2013. 579 p.

MATTIONI, B. **Aplicação de redes neurais na formulação de gorduras para massa folhada baseada em gorduras interesterificadas de soja e algodão**. 2010. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/93988/288115.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 jun. 2023.

OLIVEIRA, A. F. D.; STORTO, L. J. *Tópicos em Ciências e Tecnologia de Alimentos: Resultados de Pesquisas Acadêmicas*. São Paulo: Editora Blucher, 2016.

RIBEIRO, Lucas Dalaqua. **Implantação da análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) em processo de produção de massa folhada**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2022.

SALVARO, F. T. **Análise de Perigos e Pontos críticos de controle (APPCC), em uma indústria de beneficiamento de arroz.** 2014. 109 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014. Disponível em: http://repositorio.unesc.net/handle/1/4141. Acesso em: 20 jun. 2023.

SUAS, M. *Panificação e Viennoisserie: abordagem profissional*. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 442 p.

EVENTOS DE IMPACTO NA REGIÃO DA CABEÇA: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL VIA MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Ricardo Lessa AZEVEDO[1], Ameen TOPA[2], Marcílio ALVES[3]

[1]Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *Campus* de Cascavel
Paraná - Brasil

[2]Department of Maritime Technology
University Malaysia Terengannu
Kuala Terengannu - Malaysia

[3]Escola Politécnica
Universidade de São Paulo – *Campus* de São Paulo
São Paulo – Brasil

E-mails: ricardo.l.azevedo@gmail.com; ameen.topa@gmail.com; maralves@usp.br

Resumo: *Neste trabalho apresenta-se a análise numérica via Método dos Elementos Finitos de eventos de impacto atingindo a região da cabeça. Esta simulação faz parte de uma análise maior onde procurar-se-á investigar a resposta a esses eventos dinâmicos do conjunto cabeça+capacete de motocicleta. Para essa simulação foi usado o programa LS-DYNA e o modelo numérico do corpo humano GHBMC, para representação da região da cabeça e pescoço. Os resultados obtidos pela simulação foram comparados com um benchmark clássico da literatura.*

Palavras-chave: *Impacto Estrutural; Modelagem da cabeça e cérebro; Método dos Elementos Finitos ; LS-DYNA.*

INTRODUÇÃO

A principal motivação para este estudo é o elevado número de vidas perdidas anualmente no país em decorrência de acidentes com motocicletas. No ano de 2017, por exemplo, morreram no Brasil cerca de 40 mil pessoas em acidentes de trânsito, sendo a metade motociclistas, além de elevado número de pessoas incapacitadas. Tais acidentes resultam anualmente em perdas substanciais, representando um problema com consequências sociais e econômicas bastante sérias.

Lesões na região da cabeça ocasionadas por choques constituem um importante problema médico. Essas lesões não se restringem a acidentes de trânsito, podendo estar relacionadas com a prática de esportes (hóquei, equitação, futebol) ou com acidentes de trabalho (queda de ferramentas ou de materiais de construção). Dado o potencial de dano que esses eventos podem causar nessa região vital do corpo humano, torna-se importante conhecer os mecanismos governantes dos mesmos.

A consolidação do Método dos Elementos Finitos -MEF- (HUGHES, 2000) como ferramenta de análise numérica de problemas de Engenharia possibilitou o desenvolvimento de modelos numéricos para aproximação da geometria e do comportamento mecânico da região da cabeça. Assim, uma série de modelos de elementos finitos para o corpo humano, em especial a região da cabeça e cérebro, têm sido desenvolvidos para estimar o risco de lesões no cérebro em decorrência de eventos de impacto. Desde o modelo precurssor de 1977 devido a Nahum e colaboradores (NAHUM; SMITH; WARD, 1977), diversas propostas de modelagem numérica da anatomia do corpo humano têm sido propostas na literatura (KLEIVEN, 2002; HORGAN; GILCHRIST, 2003; FERNANDES et al., 2018).

A investigação do caráter oblíquo do impacto e o surgimento de componentes rotacionais de velocidade e aceleração têm sido abordada na iteratura (AARE; KLEIVEN; HALLDIN, 2004). Outros tópicos que têm merecido bastante destaque nos trabalhos são a simulação numérica dos testes de impacto em torres apropriadas (AIELLO; GALVANETTO; IANNUCCI, 2007) e a comparação da resposta ao impacto para situações com e sem a presença do capacete (LEVADNYI et al., 2018).

Em termos de contribuições mais recentes, pôde-se constatar o aprimoramento dos modelos computacionais e das técnicas experimentais. O aprimoramento dos modelos ocorreu tanto na parte geométrica como na obtenção de propriedades mecânicas. O trabalho de Post e colaboradores (POST et al., 2015) apresentou os patamares relacionados com lesão traumática do cérebro, considerando uma gama bastante ampla de localizações do ponto de impacto na superfície da cabeça. O estudo levou em conta a aceleração rotacional, devida à natureza oblíqua do impacto e concluiu que os pontos de impacto mais críticos são relacionados com o choque frontal e na região posterior da cabeça, para os quais são atingidos os maiores valores de Lesão Traumática do Cérebro TBI (do inglês, *Traumatic Brain Injury*).

Dixit e Liu (DIXIT; LIU, 2017) apresentaram em seu artigo uma extensa revisão bibliográfica sobre os mais diversos modelos de elementos finitos para simulação de lesão no cérebro. Mariotti e colaboradores (MARIOTTI et al., 2019) abordaram na forma de uma pequena revisão dos artigos mais recentes, o critério de lesão na cabeça HIC (do inglês, *Head Injury Criterion*) que pode ser relacionado com a severidade do evento de impacto

para cabeça e, mais especificamente, para o cérebro. Valores-limite para HIC são usualmente propostos pelas normas de segurança que regulamentam o assunto.

Meng (2019) apresentou, em sua Tese de Doutorado, um amplo estudo sobre testes de capacetes de motocicleta através de testes numéricos e experimentais para avaliação de eficácia daqueles dispositivos de proteção, além da análise das normas americanas e européias, onde algumas lacunas são encontradas, como a não consideração da influência da velocidade e aceleração rotacionais no cálculo dos critérios de lesão.

Germanetti e colaboradores (GERMANETTI et al., 2022) realizaram uma revisão sobre as principais métricas de avaliação de lesões no corpo humano, causadas por eventos de impacto. Uma importante contribuição deste trabalho foi compilar os limites toleráveis para as diversas métricas, considerando cabeça e cérebro, entre outras diversas partes do corpo.

Uma vez tendo sido feitas essas considerações, investigar o fenômeno de impacto no conjunto cabeça e cérebro para possibilitar uma análise futura da proteção possibilitada pelo uso do capacete é o que se buscou nesse trabalho. Do ponto de vista científico-tecnológico trata-se certamente de um problema de ciência de ponta, involvendo diversos tipos de não linearidade, relações constitutivas complexas e, portanto, simulação com software sofisticado.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desde o trabalho pioneiro de Holbourn (HOLBOURN, 1943), utilizando uma massa gelatinosa para representar o tecido cerebral, sabe-se que as consequências de um evento de impacto na região da cabeça podem incluir graus diversos de intensidade de lesões no cérebro.

Posteriormente, o trabalho precurssor de Nahum e co-autores (NAHUM; SMITH; WARD, 1977), com a utilização de cadáveres submetidos a impacto e medição de pressão intra-craniana e força de impacto e validação numérico-experimental, possibilitou um grande avanço nas investigações.

O Método dos Elementos Finitos, técnica de solução numérica de problemas governados por equações diferenciais parciais, foi desenvolvido no final da década de 1950 em aplicações de Engenharia Aeronáutica. Desde lá, tem sido aplicado com sucesso em diversas áreas de Engenharia, Física, Química e etc.

Ao longo do tempo foram implementados, por pesquisadores da área de impacto

no corpo humano, modelos numéricos para representar com grau progressivo de acurácia o próprio corpo. Essa fidelidade dos modelos passa por determinação de características geométricas e das propriedades mecânicas relevantes.

Os referidos modelos, que alimentam programas de simulação numérica sofisticados como Abaqus, Ansys e LS-DYNA, impulsionaram fortemente as investigações nesta linha de pesquisa. Além disto, ressalte-se o notável desenvolvimento verificado nos recursos de memória e processamento dos computadores, que têm permitido a abordagem de problemas cada vez mais complexos.

No presente trabalho foi adotado o software LS-DYNA (HALLQUIST, 2006) para as simulações e o modelo GHBMC(CONSORTIUM, 2019) do corpo humano para modelagem das características geométricas e mecânicas da região da cabeça e pescoço. É importante observar que experiências com cadáveres, como a mencionada e comparada aqui, foram interrompidas com o passar dos anos, mas os resultados obtidos nas pesquisas pioneiras ainda hoje são utilizados para validação de análises numérico-computacionais, como verificado na literatura. Tendo sido feito esse recorte do arcabouço teórico, na seção seguinte descrevem-se os procedimentos metodológicos seguidos para análise do problema em tela.

METODOLOGIA

Visando reproduzir o mais acuradamente possível o experimento original, foi selecionada a região da cabeça e pescoço do modelo GHBMC do corpo humano, para ser analisada no software LS-DYNA.

O artigo original de Nahum e co-autores apresenta algumas lacunas no tocante à caracterização do problema, principalmente no que diz respeito a dimensões e propriedades mecânicas do impactante. Este inconveniente também foi apontado por outros pesquisadore. A despeito disso, esse trabalho é frequentemente reproduzido nos artigos de análise numérica, o que o caracteriza efetivamente como um verdadeiro *benchmark*.

O modelo de elementos finitos para o conjunto cabeça e pescoço manteve as características originais do modelo GHBMC, com o emprego de elementos finitos quadrilaterais (4 nós) e hexariginal, o mesmo ocorrendo com os algoritmos de investigação de contato selecionados.

Com relação à malha do impactante, formada por uma camada de um material de enchimento e outra camada metálica, a mesma foi elaborada com hexaedros e a investigação do contato do impactante com a cabeça foi executada através da modalidade de contato CONTACT AUTOMATIC SURFACE TO SURFACE.

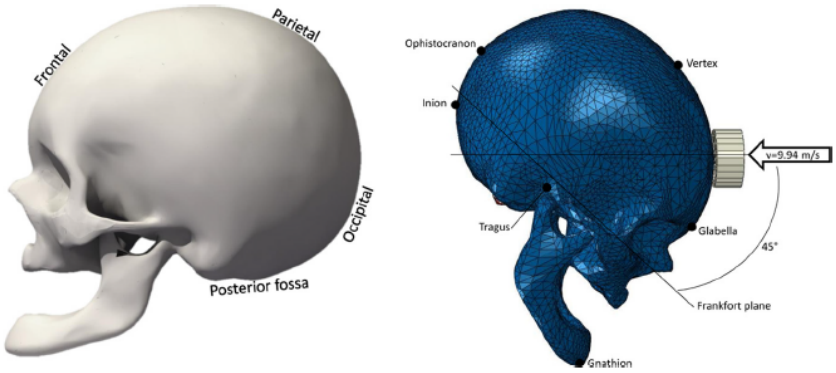
Em decorrência da duração bastante reduzida do evento de impacto (em torno de 10 ms) não foi necessário impor quaisquer condições de contorno ao problema. O processo de integração da equação de equilíbrio dinâmico é explícito e condicionalmente estável, ou seja, a estabilidade de tal processo depende da observância de um valor-limite de passo de tempo, calculado automaticamente pelo programa. Como esse passo de tempo é tipicamente da ordem do microssegundo, o tempo de processamento do programa é relativamente alto.

Reproduzindo uma das condições de impacto mencionadas no trabalho original, a velocidade de impacto foi mantida igual a 9,94 m/s. O ângulo de incidência do objeto impactante também foi mantido, assim como a massa do impactante, com valor igual a 5,89 kg.

A parte metálica do impactante foi modelada como material rígido, com módulo de elasticidade de 200 GPa, coeficiente de Poisson igual a 0,3 e massa específica de 5.460 kg/m^3. O enchimento for modelado como uma espuma sujeita à compactação, com módulo de elasticidade de 1,4x10^{-3} GPa, coeficiente de Poisson nulo e massa específica de 12,75 kg/m^3.

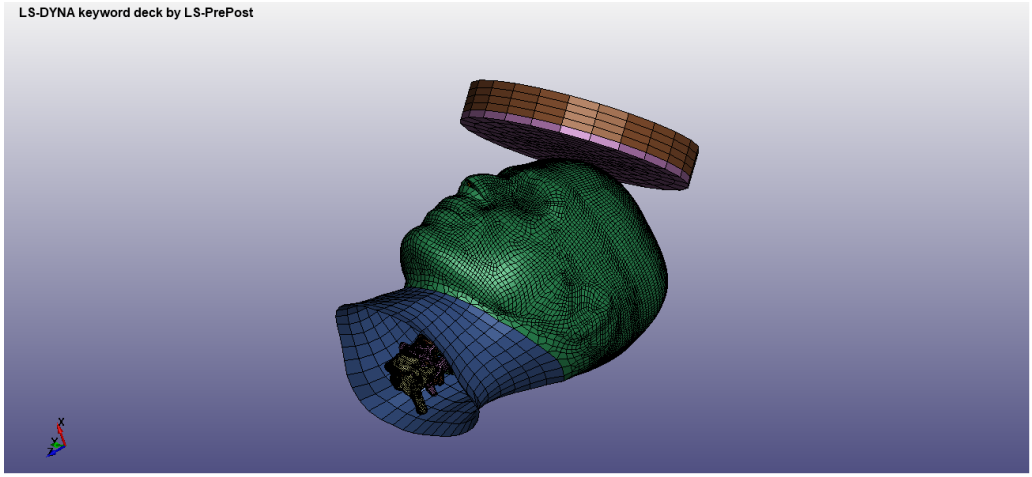
A Figura 1, a seguir, descreve as características básicas do problema analisado. Na Figura 2 apresenta-se uma visão mais detalhada das malhas utilizadas para o conjunto cabeça-pescoço e para o impactante. Foram empregados um total de 91.563 nós para cabeça+pescoço, com 5.632 elementos quadrilaterais e 32.223 hexaedros. Para o impactante foram utilizados 1014 nós e 780 hexaedros.

Figura 1 - Descrição do problema



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 2 - Modelo de elementos finitos

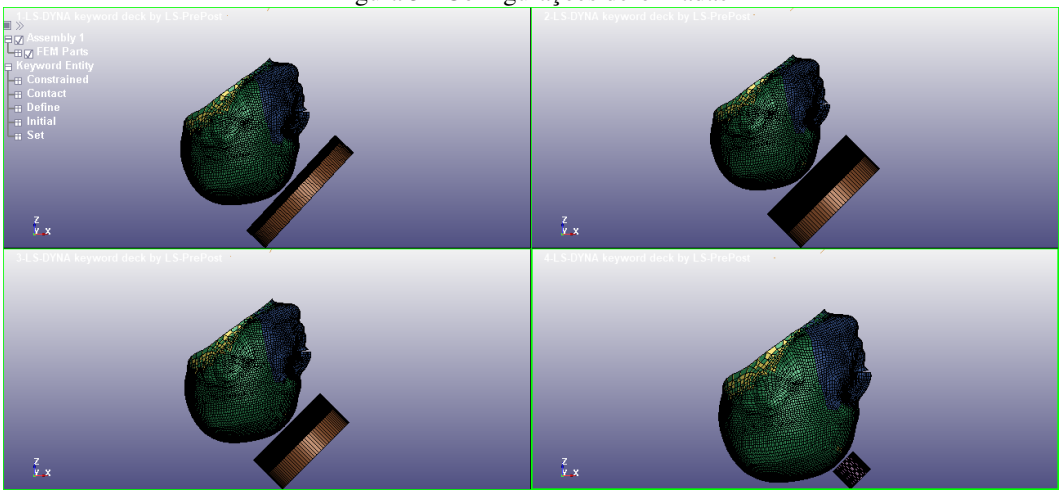


Fonte: Autoria própria (2023)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A execução da simulação citada nas seções anteriores conduziu aos resultados apresentados na presente seção. Como o trabalho original não fornece informações a respeito das dimensões do corpo impactante, foram realizadas diversas simulações com diferentes tamanhos deste objeto cilíndrico para verificar a influência deste parâmetro na resposta ao impacto. A Figura 3 apresenta diferentes configurações do impactante para quatro dessas simulações.

Figura 3 - Configurações deformadas

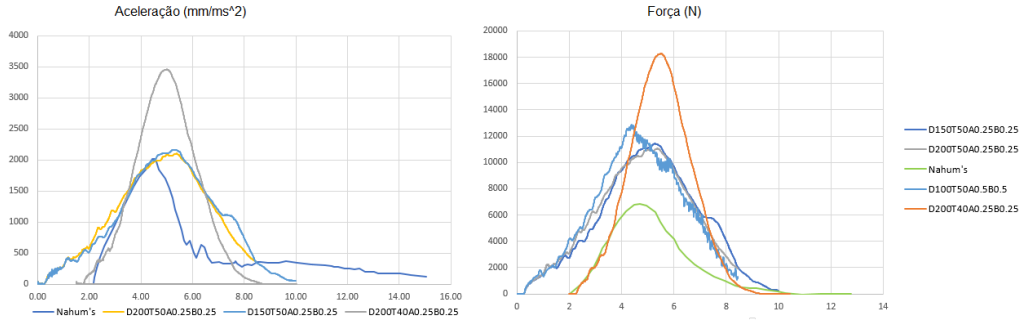


Fonte: Autoria própria (2023)

Curvas de resposta para aceleração e força de impacto foram obtidas para as diversas simulações. Na Figura 4 apresenta-se diversos resultados traduzidos por essas curvas, en-

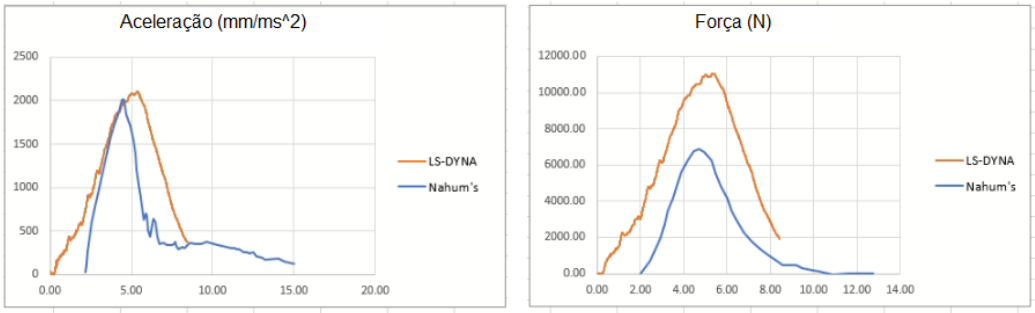
quanto que na Figura 5 seleciona-se os resultados mais próximos daqueles reportados pela referência.

Figura 4 - Resultados para aceleração (esq.) e força de impacto (dir.)



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 5 - Resultados selecionados para aceleração (esq.) e força de impacto (dir.)



Fonte: Autoria própria (2023)

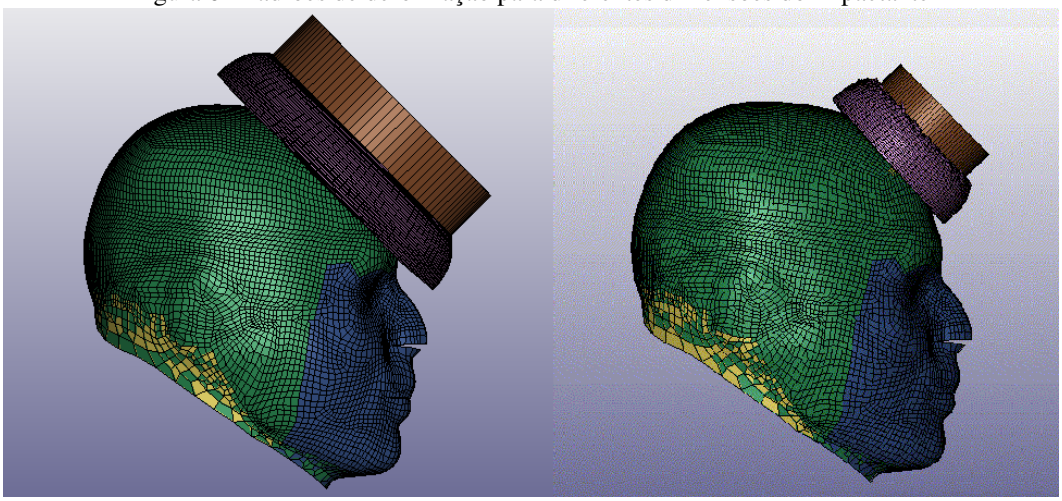
Pode-se observar que, à medida que diminui o diâmetro do impactante, diminui o período da resposta e aumenta a amplitude, acontecendo o inverso quando o diâmetro é aumentado de uma configuração para outra. Isto se dá em função de uma maior concentração do impacto na primeira situação. O padrão de deformação da camada de enchimento também é fortemente influenciado pelas suas dimensões, conforme indica a Figura 6.

De maneira, geral pode-se afirmar que a simulação conseguiu capturar as características mais importantes da resposta, levando-se em conta a já observada falta de algumas informações no trabalho original (NAHUM; SMITH; WARD, 1977).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com a presente análise, apesar da falta de algumas informações importantes na pesquisa aqui simulada, permitem concluir pela adequação do modelo GHBMC e sua implementação no código LS-DYNA.

Figura 6 - Padrões de deformação para diferentes dimensões do impactante



Fonte: Autoria própria (2023)

O trabalho permite formar uma base para simulações que se encontram atualmente em execução, nas quais a presença protetiva do capacete de motocicleta envolvendo a cabeça impactada é considerada. Uma ampliação imediata e relevante do escopo do trabalho seria a comparação de resposta da cabeça protegida pelo capacete com a resposta correspondente à situação sem essa proteção.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Empresa Elemance pela cessão do modelo do corpo humano GHBMC, indispensável para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AARE, M.; KLEIVEN, S.; HALLDIN, P. Injury tolerances for oblique impact helmet testing. *International Journal of Crashworthiness*, v. 9, p. 15–23, 2004.

AIELLO, M.; GALVANETTO, U.; IANNUCCI, L. Numerical simulations of motorcycle helmet impact tests. *International Journal of Crashworthiness*, v. 12, p. 1–7, 2007.

CONSORTIUM, G. *Global Human Body Models Consortium User Manual: M50 and M95 Simplified Occupants Version 2.2 for LS-DYNA*. [S.l.], 2019.

DIXIT, P.; LIU, G. A review on recent development of finite element models for head injury simulations. *Archives of Computational Methods in Engineering*, v. 24, p. 979–1031, 2017.

FERNANDES, F. A. O. et al. Development and validation of a new finite element human head model yet another head model - yeahm. *Engineering Computations*, v. 35, p. 477–496, 2018.

GERMANETTI, F. et al. Injury criteria for vehicle safety assessment: A review with a focus using human body models. *Vehicles*, v. 4, p. 1080–1095, 2022.

HALLQUIST, J. O. *LS-DYNA Theory Manual*. [S.l.], 2006.

HOLBOURN, A. H. S. Mechanics of head injuries. *The Lancet*, v. 242, p. 438–441, 1943.

HORGAN, T.; GILCHRIST, M. The creation of three-dimensional finite element models for simulating head impact biomechanics. *International Journal of Crashworthiness*, v. 8, p. 353–366, 2003.

HUGHES, T. J. R. *The Finite Element Method - Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis*. [S.l.]: Dover Publications, Inc., 2000.

KLEIVEN, S. *Finite Element Modeling of the Human Head*. Tese (Doctoral Thesis) — School of Technology and Health, Royal Institute of Technology, 2002.

LEVADNYI, I. et al. Finite element analysis of impact for helmeted and non-helmeted head. *Journal of Medical and Biological Engineering*, v. 38, p. 587–595, 2018.

MARIOTTI, G. et al. Head injury criterion: Mini review. *Am J Biomed Sci Res.*, v. 5, p. 406–407, 2019.

MENG, S. *Towards improved motorcycle helmet test methods for head impact protection using experimental and numerical methods*. Tese (Doctoral Thesis) — School of Engineering Sciences in Chemistry, Biotechnology and Health, KTH Royal Institute of Technology, 2019.

NAHUM, A.; SMITH, R.; WARD, C. Intracranial pressure dynamics during head impact. *SAE Technical Paper 770922*, 1977.

POST, A. et al. The dynamic response characteristics of traumatic brain injury. *Accident Analysis and Prevention*, v. 79, p. 31–40, 2015.

NANOPARTÍCULAS E A ABRANGÊNCIA DOS SEUS IMPACTOS: REVISÃO SOBRE A AMPLITUDE DE SEUS AVANÇOS E A EXISTÊNCIA DE LACUNAS

Alanda de OLIVEIRA[1], Juliano Padua de OLIVEIRA[2], Rodrigo LINGNAU[3], Thalita Grando RAUEN[4]

[1]Programa de Pós - Graduação em Engenharia Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Programa de Pós - Graduação em Engenharia Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[3] Programa de Pós - Graduação em Engenharia Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[4]Programa de Pós - Graduação em Engenharia Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: alandaa064@hotmail.com, julianopadua@alunos.utfpr.edu.br , rodrigolingnau@gmail.com , tgrauen@utfpr.edu.br

Resumo: *O presente trabalho aborda as questões de aplicabilidades das nanopartículas, que trouxeram grandes avanços e contribuições para a sociedade, em áreas que abrangem a Medicina, Engenharia e Biologia. O estudo é caracterizado por uma revisão bibliográfica nas bases de dados, através de uma metodologia qualitativa, tendo como principal referência os termos "nanopartículas" e "efeitos", priorizando estudos/pesquisas realizados a partir de 2018, deparando-se com inovações promissoras. Além disso, ainda existem muitas lacunas que assolam o universo das nanopartículas. Em especial, lacunas que abrangem a fragilidade das políticas públicas, essenciais para administrar e fiscalizar poluentes e contaminantes que possam apresentar efeitos nocivos ao meio ambiente – físico, biológico e social. Nesse sentido, este estudo ressalta a importância de promover discussões democráticas, decisivas e participativas no que tange as diversas questões das nanopartículas, sejam suas aplicabilidades, benefícios e os possíveis riscos que podem apresentar, considerando as possibilidades de uso e descarte inadequados, visto que ainda existem poucos estudos apresentando níveis e grau de toxicidade da imensa variedade de nanopartículas utilizadas atualmente. A partir das buscas realizadas, observou-se que a grande maioria dos artigos tratam sobre nanopartículas de prata (AgNPS) e nanopartículas de óxido de ferro (FeNP), aplicadas principalmente em tratamentos antibacterianos e melhoramento nos produtos industriais.*

Palavras-chave: *Nanopartículas; efeitos; aplicabilidades; políticas públicas.*

INTRODUÇÃO

As nanopartículas podem ser definidas como, partículas naturais ou artificiais que possuem dimensão menor que 100 nanômetros (nm). O advento das nanopartículas e o uso da nanotecnologia, sem dúvida, foi um grande avanço no século XX e XXI, sobretudo porque as suas possibilidades de aplicações se expandiram para diferentes áreas, que transitam desde a medicina, agricultura, biotecnologia, e entre tantas outras. No entanto, apesar de um cenário promissor com o aprimoramento e desenvolvimento da nanotecnologia, hoje, não se passa despercebido que em muitos dos processos que dependem das nanopartículas podem oferecer riscos de contaminação do ambiente, acarretando em diferentes consequências que integram o âmbito biológico, social e político.

As maiores preocupações em relação às nanopartículas envolvem o descarte inadequado, pois elas estão presentes em diversos produtos que são usados diariamente. Um exemplo disso são os cosméticos e produtos de higiene pessoal, além de considerar que esse cenário apresenta uma tendência de expansão. Mas é claro que os efeitos das nanopartículas não se limitam apenas a aspectos nocivos, sendo ideal e necessário democratizar as discussões acerca dos diversos avanços que o uso das nanopartículas traz para a sociedade. Sob a ótica das inúmeras vantagens, podemos citar o uso das nanopartículas para descontaminação ambiental, como por exemplo o uso das nanopartículas na área da Medicina e Biomedicina, propondo avanços nos processos de desinfecção com o uso da nanoprata, promovendo contínuas melhorias nesse âmbito.

Portanto, por toda a extensão que as nanopartículas abrangem, desde seus benefícios e o potencial de contaminação por conta da falta de infraestrutura e políticas públicas que de fato englobem esses aspectos, é necessário promover uma democratização sobre os efeitos das nanopartículas, por meio de discussões que não se limitem a apenas termos técnicos e científicos, mas sim por meio de diálogos que percorram sob perspectivas que integram características promissoras e também as perspectivas que apontem as questões que merecem cada vez mais atenção. Logo, o presente estudo é caracterizado por um levantamento bibliográfico acerca das aplicabilidades das nanopartículas, assim como as fragilidades apresentadas dentro desse contexto, considerado cada vez mais contemporâneo.

APLICABILIDADE E FRAGILIDADES DO USO DAS NANOPARTÍCULAS

As condições ambientais exercem grande influência na durabilidade da imensa gama de produtos existentes. Ao encontro disso, é evidente que ao longo dos últimos anos a ciência e as indústrias se preocuparam em desenvolver diferentes processos que pudessem promover maior durabilidade e qualidade dos produtos, relacionando a ideia de maior sustentabilidade dos produtos/materiais frente às questões socioambientais. Grandes exemplos estão relacionados a propriedades da madeira, as quais estão sujeitas às intempéries diariamente, sob diferentes condições de temperatura e umidade, consequentemente ficando mais suscetíveis a descoloração, rachaduras e empenamentos. Levando em consideração estes aspectos, o uso das nanopartículas já vem sendo explorado em espécies de coníferas, algumas empresas estão abordando a estabilidade da cor da madeira por meio da aplicação de fotoestabilizadores (POUBEL *et al*, 2017).

Além disso, muitas pesquisas têm se concentrado no uso de átomos de ferro, que apresenta como principal vantagem de originar outros compostos por meio de diferentes combinações, como o óxido de ferro, amplamente destacado no mercado por exibir propriedades relacionadas a alta reatividade, magnetismo e a grande área de superfície em relação ao volume. Por apresentar estas vantagens, nanopartículas de óxido de ferro (NP Fe_2O_3) estão ganhando cada vez mais espaço na área ambiental, especialmente nos parâmetros voltados a remediação e descontaminação da água e solo, como também na área da medicina, utilizadas como carreadores de fármacos, e meio de contraste em imagens de ressonância magnética e tratamentos anticâncer. E, diante do fato das nanopartículas de óxido de ferro serem abundantemente utilizadas e comercializadas em uma variedade de produtos, surge também extensas preocupações com o descarte no ambiente aquático e terrestre, em razão da possibilidade de se aglomerar com outros tipos de compostos, acarretando em mudanças nas características físico-químicas, se tornando instáveis e prejudiciais ao ambiente, sobretudo em termos de genotoxicidade e citotoxicidade (GALLEP *et al*, 2018).

Apesar dos grandes benefícios que o uso das nanopartículas proporcionam, é válido discutir as fragilidades que estão envolvidas a esse universo. Em especial sobre a disseminação da importância e aplicabilidade, que na maioria das vezes fica restrita ao meio

científico, em uma linguagem técnica, sobretudo em nível de pós-graduação. Sob esse contexto, o sistema educacional de ensino básico ainda tem pouco acesso a nanociência, sendo que as nanopartículas estão presentes em inúmeros materiais e/ou produtos usados diariamente, portanto, a democratização e o acesso a essas informações deve ser alvo de discussão junto a outras questões (KATANOSAKA; FOSTIER; SANTOS, 2020).

Além disso, aspectos relacionados a condições biológicas dos organismos vivos vem sendo discutido sob diversas óticas, pois as nanopartículas podem ser consideradas como poluentes emergentes, tendo em vista o potencial de causar danos a longo prazo, relacionando as concentrações/dosagens e a falta de legislação que ampare e estabeleça níveis adequados presentes no meio (MESAK; MALAFAIA, 2017).

Diante disso, portanto, é imprescindível que o desenvolvimento e avanços proporcionados pele uso das nanopartículas sejam combinados e aliados a estratégias que se atentem às questões ecológicas e essenciais ao meio ambiente (FERREIRA; ANNA, 2015). A conjuntura que trata sobre a regulamentação de novos medicamentos existe uma série de processos de atividades que são realizadas pelas agências de regulamentação. Em âmbito nacional, por exemplo, a agência responsável pelos procedimentos é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), nos Estados Unidos (EUA) é a Food and Drug Administration, já na Europa a agência responsável chama-se European Medicines Agency, e nesse caso, cada país delimita os processos e atividades de maneira diferente (TOBLER; ROCHA, 2020), como mostram a tabela abaixo:

Tabela 1 - Atividades e processos desenvolvidos pelas agências reguladoras

Processos e atividades	EUA (FDA)	UE (EMA)	Brasil (Anvisa)
Investimento financeiro para o desenvolvimento da nanotecnologia no país	Sim	Sim	Sim
Regulamentações específicas para nanomedicamentos	Não	Não	Não
Guias para orientação do setor regulado sobre a submissão de nanomateriais	Sim	Sim	Não
Formulário específico para a declaração da presença de nanomateriais no medicamento acabado	Sim	Sim	Não
Posicionamento sobre a aplicabilidade dos testes toxicológicos para nanomedicamentos disponível	Sim	Sim	Não
Investimentos federais são direcionados para a validação e aperfeiçoamento dos testes toxicológicos para nanomedicamentos	Sim	Sim	Sim
Laboratórios de metrologia estão adaptados à nanotecnologia	Sim	Sim	Sim
Base de dados unificada disponível para armazenar informações sobre nanomateriais	Sim	Sim	Não

Fonte: TOBLER; ROCHA, 2020.

A partir desse panorama, é possível observar que o Brasil apresenta várias fragilidades que comprometem e influenciam sob as questões socioambientais, indicando um cenário preocupante, sendo estabelecido apenas em 2013 um Comitê Interno de Nanotecnologia da Anvisa, oficializado somente em 2014 e além disso, ainda são poucos projetos de lei existentes referentes a nanotecnologia (TOBLER; ROCHA, 2020), como mostra a tabela 2:

Tabela 2 - Projetos de Lei que envolvem nanotecnologia

Projeto	Assunto	Situação
PL n° 880/2019[33], em tramitação	Cria o Marco Legal da Nanotecnologia e estabelece incetivos ao desenvolvimento científico, pesquisa, capacitação e inovação no âmbito da nanotecnologia.	03/04/2019 - Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania (Secretaria de Apoio à Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania) 03/04/2019 - Matéria com a relatoria
PL complementar n° 23[34], de 04 de fevereiro de 2019	Permite a inclusão no Simples Nacional de empresas cuja atividade seja suporte, análises técnicas e tecnológicas, pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologia.	13/03/2019 - Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática (Secretaria de Apoio à Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática) 13/03/2019 - Matéria com a relatoria
PL n° 683[35], de 02 de julho de 2019	Confere ao município de Florianópolis (SC) o título de "Capital Nacional da Nanotecnologia e Novos Materiais".	06/06/2019 - Plenário do Senado Federal (Secretaria Legislativa do Senado Federal) 06/06/2019 - Aguardando interposição de recurso
PL n° 6.741[36], de 11 de novembro de 2013	Dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país e dá outras providências.	05/04/2017- Apense-se o PL n° 6.741/2013 ao PL n° 5.133/2013 31/01/2019 - Arquivado
PL n° 5.133[37], de 13 de março de 2013	Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia.	05/04/2017- Apense-se o PL n° 6.741/2013 ao PL n° 5.133/2013 31/01/2019 - Arquivado
PL n° 5.076[38], de 18 de abril de 2005	Dispõe sobre a pesquisa e o uso da nanotecnologia no país, cria a Comissão Técnica Nacional de Nanossegurança (CTNano), institui o Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia (FDNano) e dá outras providências.	05/11/08 - Rejeitada 18/02/2009 - Arquivado "A Comissão de Finanças e Tributação, em reunião ordinária realizada hoje, concluiu, unanimemente, pela incompatibilidade e inadequação financeira e orçamentária do Projeto de Lei n° 5.076-B/05, nos termos do parecer do relator"
PL n° 131/2010[39], em tramitação	Altera o Decreto-Lei n° 986, de 21 de outubro de 1969, que institui normas básicas sobre alimentos, e a Lei n° 6.360, de 23 de setembro de 1976, que dispõe sobre a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos e dá outras providências, para determinar que rótulos, embalagens, etiquetas, bulas e materiais publicitários de produtos elaborados com recurso à nanotecnologia contenham informação sobre esse fato.	01/08/2013 - Rejeitada "Finalmente, além de gerar confusão e alarme, o projeto sob análise pode encarecer o preço dos produtos, em decorrência da imposição de maiores exigências burocráticas"

Fonte: TOBLER; ROCHA, 2020.

Nesse sentido, as lacunas e fragilidades envolvidas no universo das nanopartículas precisam ganhar espaço no âmbito político, bem como as discussões que envolvem novas possibilidades de aplicações nos diversos setores da sociedade, além do incentivo e investimento a novas pesquisas científicas.

METODOLOGIA

Em função da grandiosa disponibilidade de banco de dados na internet e com a facilidade de acesso, o âmbito da pesquisa ainda sofre com quantidades consideráveis de informações não fundamentadas, além das revistas predatórias, facilitando ocasiões de plágio, por exemplo. Logo, a busca de artigos é essencial para a construção e embasamento

de pesquisas e artigos científicos, portanto, o pesquisador deve ter clareza e objetivos definidos para realizar uma busca de qualidade (TREITA *et al*, 2011).

Além disso, através de um método bibliográfico e exploratório também é possível apontar os principais interesses, tendências e preocupações ao longo do tempo, utilizando como ferramenta uma análise cienciométrica, fundamentada em critérios estabelecidos que norteiem o processo de investigação, como por exemplo: número de citações, nível da revista/periódico, fator de impacto de entre tantos outros indicadores que podem ser estipulados (PARRA; COUTINHO; PESSANO, 2019).

Portanto, este estudo é baseado na revisão de literatura encontrada nos periódicos Capes e Scielo. Inicialmente, os termos "nanopartículas" e "efeitos" foram selecionados para realizar a busca de literatura na plataforma de periódicos da Capes e estruturar a discussão sobre "Aplicabilidade das nanopartículas", e, além disso, utilizou-se critérios e/ou filtros de inclusão – artigos que tivessem data de publicação a partir de 2017. Já a estruturação e discussão das "Problemáticas que envolvem o universo das nanopartículas", inicialmente foi realizado a busca pelos termos "Direito ambiental" e "nanopartículas", e em seguida, a busca pelos termos "legislação" e "nanopartículas", na base de dados Scielo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na busca por artigos com base nos termos "efeitos" e "nanopartículas" a partir de 2017 na plataforma de Periódicos Capes, observamos um total de 111 artigos que abordam sob diferentes enfoques a temática de nanopartículas. Com relação aos tipos de nanopartículas discutidas por estes trabalhos, nota-se que a grande maioria aborda as nanopartículas de prata e óxido de ferro.

Por conta das características físico químicas apresentadas pelas nanopartículas de óxido de ferro, muitos estudos se dedicam nas suas aplicabilidades, principalmente na área ambiental para descontaminação de água e solo. O primeiro estudo encontrado a partir do filtro de busca neste trabalho, trata-se sobre a caracterização de uma nanopartícula de óxido de ferro (Fe_2O_3) em dois diferentes meios: água e meio de cultura DMEM (Modified Eagle Medium), sendo observado que as nanopartículas sofreram mudanças nas características físico-químicas conforme o meio dispersante, além disso, potenciais de genotoxicidade e

citotoxicidade foram avaliados em indivíduos adultos da espécie Dano rerio (zebrafish) por meio de testes *in vivo e in vitro*, apresentando genotoxicidade em células branquiais e sanguíneas (GALLEP, *et al*, 2018). Além disso, nanopartículas de óxido de ferro (nanopartículas de magnetita e núcleo de folato de magnetita) são utilizadas em tratamento antitumorais em células leucêmicas e hepatocarcinoma, representando um importante avanço para a saúde pública (SHOSHA, *et al*, 2022).

Em relação aos artigos que abordam as nanopartículas de prata, inicialmente surgem com uma discussão voltada a importância da nanociência e nanotecnologia, singularmente com enfoque na democratização sobre suas aplicabilidades (KATANOSAKA; FOSTIER; SANTOS, 2020). As nanopartículas podem ser sintetizadas por meio do uso de plantas e microrganismos, um passo muito importante nos últimos anos, é que a ciência tem valorizado a síntese de nanopartículas por um processo conhecido como nanotecnologia verde, que associa processos químicos, físicos e biológicos de maneira sustentável, capaz de reduzir os impactos ocasionados ao ambiente e a saúde pública. O desenvolvimento destes processos é um importante fator a ser destacado no universo das nanopartículas, pois muitos métodos tradicionais de síntese de nanopartículas fazem o uso de reagentes químicos que podem ser nocivos e ainda existem poucos estudos que compreendam aspectos referentes a grau de toxicidade (BAVARESCO, *et al*, 2020).

Os fungos ganham destaque na produção/síntese de nanopartículas de prata (AgNPS) por conta da produção de proteínas que conferem estabilidade para as nanopartículas, por exemplo o fungo *Aspergillus flavo-furcatis*, que apresenta atividade antimicrobiana (GOMES, *et.al*, 2020). Outro exemplo é a biossíntese de nanopartículas de prata por *Mikania glomerata Sprangel* que inibe o crescimento de *Candida Albicans* (KISCHKEL, *et al*, 2018), como também o uso de biocompostos existentes no extrato de erva mate (*Ilex paraguariensis)* para síntese de AgNPS, tornando-se uma alternativa ecologicamente viável frente a outros métodos tradicionais (BRAVARESCO, *et al*, 2020).

Outro aspecto abrangente atualmente é o uso indiscriminado de fármacos, especialmente os antibióticos, que estão causando multirresistência de bactérias patogênicas e a formação de biofilmes, transfigurando-se também como um questão de saúde pública, dessa forma, portanto, em virtude das atividades antimicrobianas e custo benefício, as

AgNPS também estão sendo utilizadas em possíveis interferências na formação de biofilmes causados por *Aeromonas spp*, obtidas em organismos aquáticos (FREIRE, *et al*, 2018). Na medicina veterinária, por exemplo, as AgNPS vêm sendo aplicadas no tratamento de mastite bovina, que é uma doença que acaba afetando a diminuição na produção de leite, provocando até mesmo prejuízos econômicos às indústrias e agricultores (FERNANDES, *et al*, 2021).

Ademais, o desperdício, a poluição, a má distribuição e os tratamentos tradicionais/convencionais da água são questões cada vez mais recorrentes no mundo todo. Em relação aos métodos tradicionais para o tratamento de água envolve a separação por membranas, também conhecido como nanofiltração, no entanto, uma das desvantagens desse processo é a probabilidade de ocorrer incrustações, afetando a eficiência do tratamento e nesse contexto, o uso de AgNPS associado à carvão ativado mostram-se como uma opção promissora (ROSA, 2022).

Por outro lado, na busca pelos termos "legislação ambiental" e "nanopartículas", apenas 01 artigo foi encontrado, intitulado como: "Espumados magnetizáveis úteis em processos de recuperação ambiental", um estudo focado no aproveitamento de produção de resinas alquídicas como matrizes de compósitos, aplicadas na recuperação de ambientes aquáticos contaminados (LOPES; SOUZA; JUNIOR, 2010). Já na busca pelos termos "Direito ambiental" e "nanopartículas" na base de dados Scielo, nos deparamos com nenhum resultado encontrado. Diante disso, para estruturar o tópico que abrange as problemáticas, alguns trabalhos que abrangem aspectos da legislação e as nanopartículas foram utilizados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento realizado, pode-se entender que as nanopartículas contribuem e continuarão contribuindo para as mais diversas áreas, como a Medicina, Engenharia e Biologia, colaborando de maneira significativa para o progresso de muitas questões e inovações, bem como a economia mundial.

Mas ainda assim, o universo das nanopartículas enfrenta o árduo desafio relacionado a marcos regulatórios, trazendo inúmeras inquietações que envolvem o meio ambiente – físico, biológico e social. Em vista disso, além das novas possibilidades a serem exploradas pelas nanopartículas, é essencial que haja a democratização destas questões na sociedades,

especialmente no âmbito das políticas públicas ambientais, fundamentais para estabelecer limites que corroborem na sustentação do desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

BRAVARESCO, *et al*. Síntese verde de nanopartículas de prata a partir do extrato de folhas de erva mate (*Ilex paraguarienses).* Scientia cum industria, Vol.8 (1), p.39-45, 2020. Disponível em: http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/8228/pdf

FERNANDES, Patrícia Érica *et al*. Concentrações subinibitórias de nanopartículas de prata e nitrato de prata na resistência adaptativa e cruzada com antibióticos em patógenos de mastite bovina. **Ciência Rural,** v. 51, n. 12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200672>.

FERREIRA, Aldo Pacheco; SANT'ANNA, Leonardo da Silva. A nanotecnologia e a questão da sua regulação no Brasil: impactos à saúde e ao ambiente. Revista UNIANDRADE, v.16, n.3, p.119-128, 2015. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/15157

FREIRE, Naiana B. *et al*. Atividade antimicrobiana e antibiofilme de nanopartículas de prata sobre isolados de Aeromonas spp. obtidos de organismos aquáticos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v 38, n. 02, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-4805>.

GALLEP, Tatiane Balbo *et al*. Efeitos de nanopartículas comerciais de óxido de ferro (Fe2O3): citotoxicidade, genotoxicidade e estresse. **Química Nova**, v. 41, n. 9 , pp. 974-981, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170271>. ISSN 1678-7064. https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170271.

GOMES, D. M. D., N. DURÁN, A. B. SEABRA, L. P. SILVA, F. B. PRADO, T. A. SILVA & M. F. S. TEIXEIRA, 2020. Síntese verde de nanopartículas de prata intermediada por fungo anamórfico e eficácia antibacteriana e antifúngica**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(2): 433-443. DOI: http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i2.332.

KATANOSAKA, Aline Kaori; FOSTIER, Anne Helene; SANTOS, Elias Barros. Efeito do HG2 e dos íons CU2, FE2, NI2, SN2 de ZN2 na estabilidade de nanopartículas de prata: uma prática interdisciplinar de nanotecnologia experimental. **Química Nova** 44.4: 512-18, 2021. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/Jj8MtXQntqnTTvtKmsh4xmb/

KISCHKEL, Brenda *et al*. Nanopartículas de prata biossintetizadas por Mikania glomerata Sprengel inibem o crescimento de Candida albicans e Staphylococcus aureus. **Arquivos de**

Ciências da Saúde, [S.l.], v. 25, n. 3, p. 46-52, dez. 2018. ISSN 2318-3691. Disponível em: <**https://cienciasdasaude.famerp.br/index.php/racs/article/view/1265**>.

LOPES, M.C; SOUZA JR, F DE OLIVEIRA. Espmumados magnetizáveis úteis em processo de recuperação ambiental. **Polímeros**, v. 20, n 5, p. 359-365, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/po/a/KCLcqMP7853nMVPNWd9CdGy/abstract/?lang=pt#

MESAK, Carlos; MALAFAIA, Guilherme. Efeito Citotóxico Da Associação Entre Nanopartículas De ZnO E Glifosato Em Uma Espécie De Anfíbio Neotropical. **Multi-Science Journal,** 1.8, 2017. Disponível em: https://periodicos.ifgoiano.edu.br/index.php/multiscience/article/view/487

PARRA, M. R.; COUTINHO, R. X.; PESSANO, E. F. C. UM BREVE OLHAR SOBRE A CIENCIOMETRIA: ORIGEM, EVOLUÇÃO, TENDÊNCIAS E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS. **Revista Contexto & Educação,** *[S. l.]*, v. 34, n. 107, p. 126–141, 2019. DOI: 10.21527/2179-1309.2019.107.126-141. Disponível em: https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/7267

POUBEL, Dallyene Da Silva, *et al*. Efeito De Nanopartículas De ZnO Na Resistência Da Madeira De Pinus Tratada Termicamente à Radiação UV. **Scientia Forestalis**, Vol.45, 2017. Disponível em: https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr113/cap05.pdf

ROSA, Guilherme Otávio, et al. Avaliação de alumina e carvão ativado conjugados com nanopartículas de prata como pré-tratamentos para nanofiltração visando à redução da incrustação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200244>

SHOSHA, *et al*. Invivo and invitro evaluation of antitumor effects of iron oxide and folate core sheel-iron oxide nano-particles. **Brazilian Journal of Biology**, 84, e253183, 2022. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bjb/a/Qj3CdGkkHWtTwmdfbCX3Hkg/#

TOBLER, J. P.; ROCHA, H. V. A. Bases regulatórias para a avaliação da segurança de medicamentos à base de nanotecnologia. **Vigil Sanit Debate**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 64–74, 2020. DOI: 10.22239/2317-269X.01358. Disponível em: https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/1358.

TREINTA, F. *et al.* Utilização de Métodos Multicritério para a Seleção e Priorização de Artigos Científicos. *In:* SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 2011, Bauru. *Anais*. Bauru; 2011

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DE *SNACKS* UTILIZANDO A METODOLOGIA *LEAN SIX SIGMA*

Luiza Lelles de Melo OLIVEIRA[1], Andriele de Prá CARVALHO[1], Vinicius Afonso Daniel[2], André ZUBER[1]

[1]Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Universidade Estadual do Paraná – *Campus* Campo Mourão
Campo Mourão – Paraná - Brasil

E-mail: luizalelles@alunos.utfpr.edu.br

Resumo: *Em grandes indústrias é comum a utilização de ferramentas de qualidade no intuito de diminuir a variabilidade de processos gerando retorno financeiro e redução de desperdícios. O objetivo deste estudo de caso foi analisar a eficiência de produção da batata chips com ênfase na diminuição dos resíduos gerados utilizando a metodologia Lean Six Sigma aplicada ao DMAIC. Foram utilizadas ferramentas como Ishikawa, matriz GUT, gráfico de Pareto e Cartas de Controle. O estudo foi realizado em dez etapas: observação dos processos através da perspectiva voltada à melhoria; coleta de dados históricos; elaboração de instrução para coleta de dados; identificação da linha de produção, escopo do estudo; definição do problema; elaboração de um plano de comunicação; definição das causas raízes; elaboração de planos de ações e análise das ações que foram implementadas. Ao final do trabalho, pode-se constatar que, para processos de melhoria, é necessário que este roteiro de pesquisa ocorra mais vezes para o mesmo problema, a fim de enquadrar o cenário real dentro das perspectivas gráficas que comprovem uma melhoria satisfatória do processo e para que seja possível observar o impacto real das ações.*

Palavras-chave: *Ferramentas de qualidade; Variabilidade de processos; Lean Six Sigma; DMAIC.*

INTRODUÇÃO

A Engenharia Química evoluiu de conjecturas não científicas para abordagens mais sistemáticas com o surgimento da Engenharia de Processos, visando soluções mais eficientes e sustentáveis (PERLINGEIRO, 2005). Além da produção e valor, empresas agora consideram a sustentabilidade, redução de custos e impacto ambiental (AGUIAR, 2006). A vantagem competitiva é definida por consumidores contemporâneos que valorizam

qualidade, transparência, sustentabilidade e condições de trabalho, apoiados por normas como ISO 14001 e ISO 45001.

Empresas que produzem grandes quantidades de produtos enfrentam desafios no gerenciamento de resíduos, o que torna essa temática relevante para a Engenharia Química. Sendo assim, um estudo de caso foi realizado em uma planta de produção de salgadinhos para reduzir as perdas, aumentar a lucratividade e minimizar o impacto ambiental. Este estudo de caso buscou reduzir custos de destinação de resíduos e contratação de terceiros, além de aumentar a eficiência das linhas de produção, gerando maior lucratividade e reduzindo o impacto ambiental.

A metodologia *Lean Six Sigma* pode ser utilizada para gerenciar diversos problemas empresariais, envolvendo a mensuração do problema, a quantificação dos dados e o estabelecimento de objetivos claros para melhorar os processos (PEINADO E GRAEML, 2007). Neste trabalho, o objetivo foi apresentar e determinar metodologias para analisar a eficiência de produção de uma empresa de snacks, utilizando o *Lean Six Sigma* aplicado ao DMAIC como a principal metodologia, de modo assessorado e com viés empresarial. O trabalho seguiu um roteiro prático que envolveu etapas como o mapeamento do processo de produção de batata *chips*, identificação dos resíduos gerados, seleção das ferramentas do *Lean Six Sigma* para definir o escopo do projeto, elaboração de planos de ação para as causas raízes e análise do impacto das ações implementadas.

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

Após a Segunda Guerra Mundial, o Japão emergiu como uma potência econômica, apesar da derrota na guerra. Empresas como a Toyota, buscando superar a produtividade americana, reestruturaram seus sistemas de produção e identificaram o desperdício como uma desvantagem significativa em comparação aos americanos. O conceito de desperdício está relacionado à capacidade produtiva das empresas, reconhecendo que nenhum processo é totalmente eficiente, é crucial considerar tanto as perdas planejadas quanto as não planejadas, que podem ser causadas por fatores como manutenção de equipamentos, mau funcionamento de máquinas, escalas produtivas, trocas de produtos e turnos em uma linha

de produção, experiência dos operadores e condições ambientais de operação (CORRÊA E CORRÊA, 2010).

Nos anos 80, a Motorola implementou o *Six Sigma* para competir com os concorrentes. Nos anos 90, com o avanço dos *softwares*, empresas como a Allied Signal e a General Electric adotaram a análise estatística de dados, transformando a melhoria da qualidade em melhoria dos negócios para obter ganhos financeiros. O *Six Sigma* deixou de ser limitado à indústria e se tornou um método de melhoria contínua na gestão de negócios. Enquanto, o *Lean Manufacturing* busca reduzir desperdícios ao longo do fluxo de valor, encurtando o tempo de entrega ao cliente. Isso é feito através da avaliação de oito possibilidades de desperdício: defeitos e retrabalho, excesso de produção, processamento impróprio, movimentos desnecessários, transporte desnecessário, estoque, trabalho intelectual/das pessoas e tempo de espera (COUTINHO, 2020).

Lean Six Sigma combina as metodologias *Six Sigma* e *Lean Manufacturing* para reduzir a variabilidade dos processos e minimizar desperdícios, melhorando os resultados da empresa. É essencial identificar os pontos críticos, usar indicadores mensuráveis e estabelecer um cronograma adequado para solucionar problemas, com base na análise histórica da empresa (COUTINHO, 2020). Para este modelo de projeto, são utilizadas ferramentas e metodologias, como o método DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar e controlar), criado por William Deming (WERKEMA, 2004). Essa abordagem, combinada com o *Lean Six Sigma*, visa melhorar processos, reduzir variabilidade e desperdícios, buscando aumentar a lucratividade da indústria.

Assim, é necessário criar um comportamento que torne as mudanças geradas pelos planos de ação parte da rotina da indústria, para obter resultados progressivos (AGUIAR, 2006). Além disso, indicadores de consumo, produção e volume de descarte são essenciais para comparar e analisar a eficiência das ações implementadas.

METODOLOGIA

O estudo do modelo de processo industrial compreendeu compreensão do processo, escolha do método de pesquisa e uso de ferramentas teóricas para coleta de dados. *Software* como Microsoft Excel e Minitab foram aplicados para análise e gráficos. Seguindo a

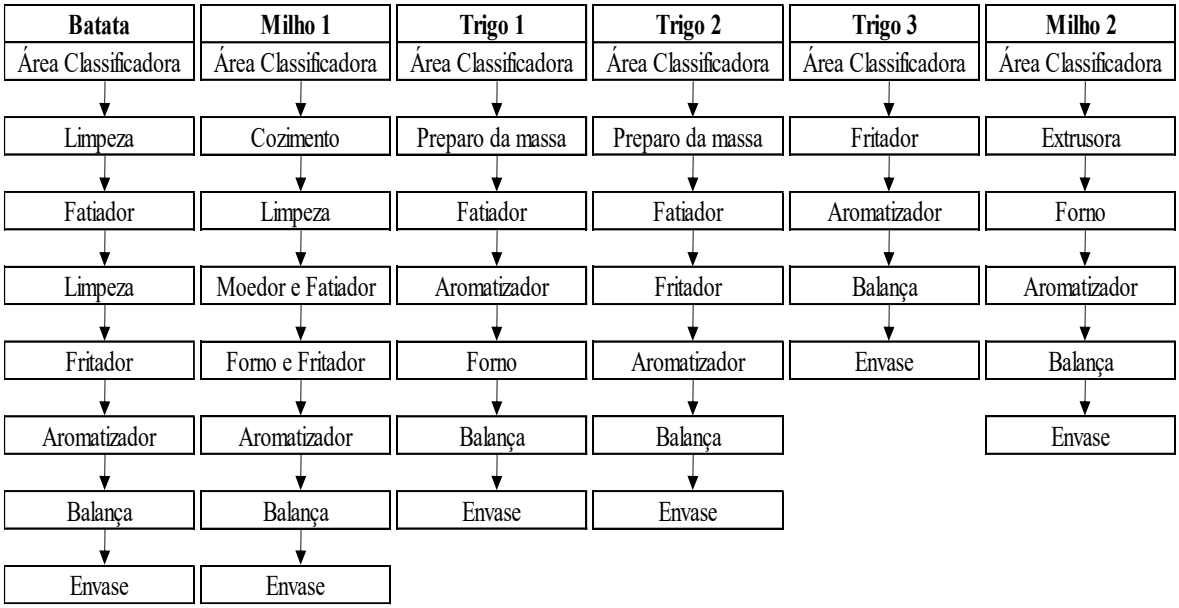
abordagem *Lean Six Sigma* aplicada ao DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar e controlar), ferramentas como Ishikawa, GUT, Pareto e Carta de Controle foram empregadas para avaliar o problema. O estudo abrange uma planta de produção de snacks com seis linhas operando 24 horas por dia. Apesar das diferenças entre as linhas, um modelo semelhante foi adotado para comparar e identificar o ponto de maior perda, delimitando o escopo do projeto e pontos a serem estudados.

Os processos das linhas de salgadinho, representados na Figura 1, começam com a classificação da matéria-prima, seguida da limpeza. Em seguida, ocorre o processamento para obter as características específicas de cada tipo de *snack*, seguido pelo fatiamento. Depois, a raspa crua passa pelo forno, fritador ou ambos, dependendo do tipo de salgadinho. A raspa pronta é direcionada aos tanques de *seasonings* para receber aroma ou óleo, fixando o sabor. Após o processamento, o salgadinho é direcionado às balanças, onde é pesado e embalado automaticamente, de acordo com as configurações de peso dos pacotes de cada linha. Os pacotes são então verificados quanto à selagem e passam por uma nova balança para garantir o peso correto, uma solda adequada e a quantidade correta de ar, assegurando a qualidade do produto.

Após a verificação, os pacotes são encaminhados para as montadoras de caixas, onde caixas de papelão são montadas com a quantidade correta de pacotes, levando em consideração a configuração de peso de cada embalagem. Em seguida, as caixas são direcionadas para o centro de distribuição da planta, passando por um processo de raio-X para verificar se contêm apenas salgadinhos, garantindo novamente a qualidade do produto.

Com o objetivo de simplificar a comparação entre as linhas de produção, a empresa terceirizada encarregada do empacotamento, em colaboração com a pesquisadora, adotou uma notação padronizada para coletar dados de perdas: reaproveitamento, bolsas abertas, embalagem, processo, chão, plataforma, caracol/aroma e descarte total. A obtenção de informações de produção ocorreu por meio do sistema interno de gestão (SAP), enquanto os dados de consumo foram capturados através de relógios industriais e da plataforma EnergyHub. Adicionalmente, a perda derivada do caracol, que pode ser reintroduzida no processo dentro de um intervalo de tempo aceitável de qualidade, foi identificada através do uso de sacolas plásticas transparentes.

Figura 1 - Processos da planta industrial



Fonte: Autoria própria (2023)

Com base no conhecimento teórico e compreensão do processo industrial, um estudo de caso foi realizado usando a abordagem *Lean Six Sigma* na indústria de *snacks*. O objetivo era identificar causas de perdas, planejar ações para melhorar eficiência, reduzir consumo e gerar retorno financeiro. A análise usou dados históricos e abordagem teórica (GIL, 2002). O projeto resultou em ações implementadas após análise de dados, incluindo padronização de notação de perdas e foco na linha crítica. Gráficos, como Pareto e carta de controle, foram empregados para estabelecer metas de redução. Fóruns com a equipe operacional auxiliaram na priorização das causas de descarte. Os resultados da implementação das ações foram comparados com o cenário inicial por meio de gráficos e tabelas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo adotou a metodologia *Lean Six Sigma* aplicada ao DMAIC, que inclui as etapas de definição, medição, análise, melhoria e controle do processo. Devido às limitações de investimento e tempo, as etapas de análise e controle foram abordadas inicialmente. Durante a fase de definição, foram coletados dados diários e por turno sobre o descarte,

permitindo uma visão inicial da situação na planta. A análise dos dados revelou que a linha de produção de batatas tinha a maior taxa de descarte em relação à produção, atingindo cerca de 3,02% entre maio e setembro de 2021.

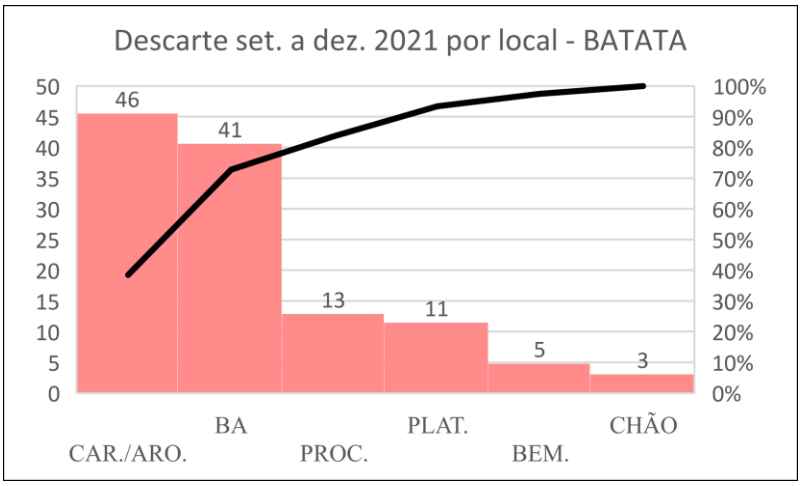
Foi implementado um monitoramento diário detalhado, em parceria com uma empresa terceirizada responsável pela coleta e pesagem das perdas, a fim de identificar oportunidades de melhoria nos pontos específicos onde ocorriam as perdas de produção. Essa prática rotineira foi adotada em todas as linhas de produção a partir de setembro de 2021. Durante um período de 8 meses (de maio a dezembro de 2021), uma planta industrial produziu cerca de 24 mil toneladas de salgadinhos, resultando em aproximadamente 598 toneladas de resíduos sólidos gerados nesse mesmo período.

Após a análise dos stakeholders, constatou-se que todos eram favoráveis ao projeto. Foi feita a identificação dos interesses favoráveis e das vozes envolvidas, além de ter sido elaborado um plano de comunicação aos interessados sobre a execução do projeto, incluindo a frequência das comunicações (semanal e quinzenal). No entanto, foi necessário avaliar os possíveis riscos relacionados à sua execução, como a dificuldade em obter dados confiáveis de perdas devido à coleta manual, a possibilidade de restrições financeiras para a execução do projeto e o tempo disponível para realizar ajustes técnicos e operacionais, se necessário.

Após analisar a linha de estudo em termos percentuais, foi crucial identificar as principais fontes de perdas dentro dela, como caracol/aroma, processo, bolsa aberta, plataforma, embalagem, chão e possibilidade de reaproveitamento. Durante os meses de setembro a dezembro de 2021, os pontos críticos na linha Batata foram o caracol e a bolsa aberta, que representaram 73%, representado na Figura 2. Esses pontos estão diretamente relacionados à etapa de empacotamento, tornando-se o foco inicial do estudo devido à sua significativa contribuição para as perdas na produção.

Com base nesses mesmos dados, foram construídas cartas de controle utilizando o *software* Minitab em que optou-se pelo gráfico X-R (amplitude) devido à variabilidade observada nos dados. Além disso, os limites de controle foram calculados considerando três amostras, correspondendo aos turnos de produção. No entanto, verificou-se que os dados não se mantiveram dentro dos limites estabelecidos, enfatizando a importância do estudo *Lean Six Sigma* abordado neste trabalho.

Figura 2 - Gráfico de Pareto linha batata – setembro a dezembro de 2021 (ton)



Fonte: Autoria própria (2023)

Através da análise da carta de controle, foi possível estabelecer uma meta de redução para o projeto. Considerando a produção de 26 dias por mês (escala da linha de 6x1), as médias de descarte dos pontos estudados e uma redução almejada de 50%, foi estimado um potencial aumento no faturamento da indústria. Com base em um pacote médio de 92g e um preço médio de R$10,60, o retorno financeiro esperado para essa linha de produção, ao atingir a meta de redução de perdas, seria de aproximadamente R$3.824.036,13 em um ano.

Após análise do cenário da empresa com foco no meio ambiente, uma oportunidade de reduzir a destinação de resíduos sólidos foi identificada. Essa redução teria impactos positivos nos custos de mão de obra e destinação de resíduos, além de aumentar a lucratividade. Uma carta de projeto foi elaborada e uma reunião foi conduzida com os envolvidos, apresentando gráficos, justificativas e análises de risco (dezembro de 2021).

Durante o desenvolvimento do projeto, várias ferramentas de qualidade foram utilizadas para estudar as causas dos problemas identificados. O método Ishikawa foi aplicado para obter percepções das equipes de operação sobre as causas de bolsas abertas e caracol, garantindo a igual consideração das opiniões. Através de um fórum, foram coletadas informações sobre as causas em pequenos papéis, que posteriormente foram organizados em

diagramas Ishikawa, com categorias como meio ambiente, máquinas, método, materiais, medidas e mão de obra.

A técnica dos cinco porquês foi empregada para estratificar as causas raízes, utilizando perguntas sucessivas para identificar as razões por trás dos problemas de bolsas abertas e caracol. Além disso, a matriz GUT foi utilizada para avaliar a viabilidade de resolver cada causa identificada e direcionar as ações subsequentes. Essa matriz permitiu a priorização das causas com base na necessidade de ações rápidas e efetivas, levando em consideração os impactos e riscos do projeto, atribuindo pontuações considerando o tempo necessário para correção, investimento financeiro requerido e potencial de melhoria no processo.

A priorização das causas raízes foi realizada com o objetivo de resolver pelo menos 80% delas, atribuindo maior pontuação às condições favoráveis e menor pontuação às condições desfavoráveis. Com base nessa priorização e nas necessidades identificadas pelo gerente da linha, um plano de ação foi desenvolvido para aprimorar o processo. Esse plano de ação foi detalhado utilizando a metodologia 5W2H (o que, onde, quem, quando, por que, como, quanto), permitindo o acompanhamento do progresso das ações ao longo do projeto, além de identificar possíveis medidas futuras.

Após a implementação das ações propostas, algumas concluídas e outras em andamento, foram observados resultados significativos no processo de melhoria. A criação de uma planilha para monitorar as perdas, a manutenção dos cabeamentos danificados e a troca de empacotadoras com baixo desempenho (6 unidades – fevereiro de 2022) foram medidas que contribuíram para reduzir as perdas na linha de produção. Além disso, a designação de responsáveis por máquinas específicas e a distribuição das atividades diárias do motor entre os guardiões de desempenho e os donos de máquinas proporcionaram uma melhor gestão das operações. A automação dos *seasonings* foi finalizada (CAPEX interrompido devido a pandemia do COVID-19), assim como o processo de troca das células de carga das balanças.

Os resultados obtidos até maio de 2022 foram analisados por meio de gráficos de Pareto, que mostraram que as maiores perdas ocorrem nas etapas de bolsa aberta e caracol. Apesar de um período de adaptação após a troca das empacotadoras (março 5,37%

descarte/produção), houve uma melhora nos índices de descarte em maio de 2022 (2,33% descarte/produção) apresentado na Tabela 1. Em resumo, as ações implementadas até o momento de publicação deste trabalho contribuíram para a redução das perdas na linha de produção. As informações coletadas e os gráficos de Pareto forneceram um panorama claro dos principais gargalos e áreas de melhoria, permitindo direcionar esforços para maximizar a eficiência do processo.

Tabela 1 - Descarte das linhas no período de maio de 2021 a maio de 2022

Descarte/Produção 2021 (%)							
Linha	**Mai/21**	**Jun/21**	**Jul/21**	**Ago/21**	**Set/21**	**Out/21**	**Nov/21**
Batata	2,67%	3,19%	3,41%	3,66%	4,36%	2,40%	2,46%
Milho 1	2,38%	2,99%	2,33%	2,18%	2,17%	1,86%	2,33%
Trigo 1	1,26%	3,21%	5,57%	4,27%	3,40%	3,31%	0,00%
Trigo 2	0,45%	0,63%	0,52%	0,62%	0,76%	0,07%	0,38%
Trigo 3	0,97%	3,54%	0,65%	0,71%	1,30%	5,25%	2,31%
Milho 2	1,80%	2,55%	2,33%	3,03%	3,35%	2,49%	3,16%
Descarte/Produção 2021 (%)							
Linha	**Dez/21**	**Jan/22**	**Fev/22**	**Mar/22**	**Abr/22**	**Mai/22**	**TOTAL**
Batata	2,35%	2,90%	3,30%	5,37%	4,12%	2,33%	3,25%
Milho 1	1,79%	1,95%	2,09%	2,51%	2,38%	2,69%	2,29%
Trigo 1	3,64%	1,74%	1,81%	2,60%	2,37%	3,23%	2,65%
Trigo 2	0,30%	1,32%	0,93%	1,52%	0,92%	0,66%	0,68%
Trigo 3	4,54%	1,51%	0,00%	3,50%	1,91%	1,96%	2,19%
Milho 2	1,92%	2,69%	2,18%	3,92%	3,60%	3,18%	2,77%

Fonte: Autoria própria (2023)

Em maio de 2022, houve uma melhora significativa no descarte em relação à produção, alcançando o menor valor desde maio de 2021. No entanto, ainda é necessário continuar monitorando e aprimorando a linha para atingir valores satisfatórios de controle. O objetivo é reduzir os pontos fora dos limites de controle no gráfico de controle de processos e garantir que a maioria das amostras estejam dentro dos limites superior e inferior estabelecidos a partir das médias e desvios padrões dos dados amostrais. Com essas medidas, busca-se um processo mais estável, consistente e eficiente. A etapa final do DMAIC envolve

a repetição da metodologia para garantir que as ações implementadas estejam dentro dos limites desejados da carta de controle, assegurando a estabilidade do processo e um monitoramento consistente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho de estudo de caso aplicado à indústria da batata chips utilizando a metodologia *Lean Six Sigma* concluiu todas as etapas previstas em seus objetivos. Ele permitiu conhecer os processos de todas as linhas de produção, identificar as perdas no processo, padronizá-las para fins comparativos e compreender as ações de melhoria contínua já implementadas nesta indústria. Além disso, foram elaborados planos de ação para as causas raízes identificadas e realizada uma análise comparativa do quadro inicial com o final do estudo. Foi observado que o tempo de resposta às ações implementadas ainda não foi contemplado, destacando a importância de reavaliar e reajustar os processos. Ainda, este estudo serve como base para futuros pesquisadores no tema de redução de desperdícios e variabilidade de processos, adaptando as ferramentas e realizando análises em períodos mais longos.

REFERÊNCIAS

AGUIAR S. *Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma.* INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2006.

CORRÊA, C. A.; CORRÊA, H. L. *Administração de produção e operações. Manufatura e serviços uma abordagem estratégica*. Atlas, 2010.

GIL, A. C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. Atlas, 2002.

PEINADO, J. GRAEML, A. R. *Administração da produção (Operações industriais e os serviços).* UnicenP, 2007.

PERLINGEIRO, C. A. G. *Engenharia de processos. Análise, simulação, otimização e síntese de processos químicos*. Edgard Blücher Ltda, 2015.

WERKEMA, M. C. C. *Criando a cultura Seis Sigma. Série Seis Sigma*. Werkema, 2004.

COUTINHO, T. *O que é Lean Six Sigma? Entenda o funcionamento dessa metodologia!* Grupo Voitto, 2020.

ANÁLISE DE TENSÕES NORMAIS MÁXIMAS NO PLANO: COMPARAÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO DE MOHR E NUMÉRICO COM MATLAB

Bárbara Gobato dos SANTOS[1], **Karla Cassiani Antunes VARELA**[1], **Carin Andressa PALOSCHI**[1], **Maria Fernanda Lautério COELHO**[1], **Douglas Da Costa FERREIRA**[1]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: barbaragobato@alunos.utfpr.edu.br, karlav@alunos.utfpr.edu.br, carinpaloschi@alunos.utfpr.edu.br, mariacoelho.2003@alunos.utfpr.edu.br, douglasferreira@utfpr.edu.br

Resumo: *Encontrar as tensões máximas em um plano inclinado é realizado analiticamente utilizando-se o método do Círculo de Mohr. Esse método foi desenvolvido antes do surgimento dos computadores e era a única opção para determinar a resistência à tração, compressão e cisalhamento em estruturas complexas. Com o advindo da capacidade computacional, os métodos numéricos passaram a ser uma boa opção para determinar os valores máximos de tensão em qualquer inclinação de planos. Esse artigo explora a comparação do método analítico de Mohr com o método numérico computacional usando o software MATLAB para gerar os resultados dos valores de tensões máximas e seus respectivos ângulos.*

Palavras-chave: *Tensões no plano; Círculo de Mohr; Métodos numéricos; MATLAB.*

INTRODUÇÃO

O Círculo de Mohr é uma ferramenta gráfica que permite determinar as tensões e deformações principais, bem como as direções principais, a partir das componentes de tensão e deformação em um plano arbitrário. O método numérico com o uso do MATLAB consiste em resolver um sistema de equações não lineares que relaciona as componentes de tensão e deformação em diferentes planos, utilizando um algoritmo iterativo.

Esse trabalho de pesquisa tem por objetivo comparar os resultados analíticos utilizando o método do Círculo de Mohr para determinação das tensões máximas de tração, compressão e cisalhamento, em um plano com diversas inclinações e comparar os resultados com o método numérico utilizando o *software* MATLAB.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O estudo a respeito da representação gráfica bidimensional de tensões em corpos com meio contínuo se inicia com Karl Culmann, engenheiro alemão nascido na cidade de Bergzabern em 1821. Em 1866, Culmann publicou o livro “Die graphische Statik” onde ele introduz métodos para construções do diagrama de momento fletor e solução gráfica para vigas contínuas, posteriormente simplificada por Mohr (QUEIROZ; LIMA, 2021).

A contribuição mais famosa de Mohr foi a inclusão de aplicações bidimensionais (Círculo de Mohr) e tridimensionais para o Círculo de Tensões de Culmann (QUEIROZ; LIMA, 2021).

O Círculo de Mohr é um método gráfico bidimensional representativo do Teorema de Cauchy. Essa ferramenta costumava ser o principal método utilizado para a visualização das relações entre tensões normais e de cisalhamento, e para estimar tensões máximas, antes das calculadoras se tornarem populares. Nos dias atuais, o Círculo de Mohr continua sendo amplamente utilizado por engenheiros em todo o mundo (HIBBELER, 2015).

Os métodos numéricos são ferramentas importantes na resolução de problemas. Segundo Chapra e Canale (2010), os métodos são capazes de lidar com muitas equações, não linearidades e geometrias complicadas comuns na prática da engenharia e, em geral, complexas de resolver analiticamente.

O surgimento de diversos programas computacionais projetados para os cálculos científicos traz os resultados com uma maior precisão integrando a parte gráfica. Segundo Cunha (2003), os programas computacionais tornam o estudo mais rápido, podendo testar várias possibilidades relacionando as observações gráficas, já que os programas têm funções matemáticas especializadas, facilidade de implementação de métodos numéricos e linguagem computacional própria.

O MATLAB foi desenvolvido no fim dos anos 1970 por Cleve Moler, matemático, programador e então presidente do departamento de ciência da computação da Universidade do Novo México. A ideia para o MATLAB baseou-se em sua tese de doutorado dos anos 1960 (MOLER; LITTLE, 2020). De acordo com Moler (2018), o primeiro MATLAB (o nome é abreviação de “Matrix Laboratory”) não era uma linguagem de programação. Escrito em Fortran no final dos anos 1970, era uma simples calculadora interativa de matrizes

construída em cima de cerca de uma dúzia de sub-rotinas das bibliotecas de *software* de matrizes LINPACK e EISPACK. Havia apenas 71 palavras reservadas e funções integradas.

Atualmente, o MATLAB é amplamente utilizado em diversas áreas do conhecimento, tanto nas ciências exatas quanto em outras áreas do conhecimento (WALLISCH; LUSIGNAN, 2014).

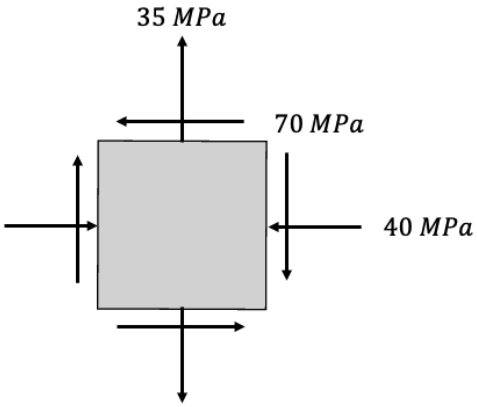
O estado bidimensional de tensões é uma situação em que as tensões não dependem de uma das direções do espaço, geralmente a direção z. Esse estado de tensões pode ser encontrado em vários problemas de engenharia, como barras tracionadas ou torcidas, vigas fletidas, vasos de pressão e tubos pressurizados. Nesses casos, as tensões variam apenas em dois planos e as outras componentes são desprezíveis (UGURAL, 2009).

Existem dois tipos principais de problemas bidimensionais: tensões planas e deformações planas. No caso das tensões planas, as tensões são constantes ao longo da espessura do material e paralelas à superfície. Esse é o caso de uma placa fina submetida a uma carga uniforme na direção perpendicular à placa. As tensões nas vigas estreitas e nos vasos de pressão cilíndricos abertos também se aproximam das tensões planas. Outra situação em que as tensões planas ocorrem é na superfície livre de uma estrutura ou componente mecânico. Esses problemas são importantes para analisar o comportamento dos materiais e o dimensionamento das peças (UGURAL, 2009).

METODOLOGIA

Dado um estado plano de tensões, conforme figura 1, onde são conhecidas as tensões normais no eixo x no valor de $-40\ MPa$ e no eixo y no valor de $35\ MPa$ e a tensão de cisalhamento de $-70\ MPa$ para uma orientação inicial de $0°$, tem-se por objetivo determinar as tensões normais e de cisalhamento para um plano inclinado com rotação anti-horária variando de $30°$ a $50°$ com acréscimos de $5°$, de tal forma a observar a evolução da variação de tensões no plano. Essa análise será realizada por meio do método matemático analítico das tensões no plano. Também serão determinadas as tensões normais máximas, a inclinação do plano que gera esses valores máximos e a tensão de cisalhamento máxima com a respectiva inclinação que gera esse valor máximo pelo método analítico do Círculo de Mohr.

Figura 1 – Estado Plano de Tensões Inicial



Fonte: Autoria própria (2023)

Para determinar as tensões do plano inclinado de forma analítica, são utilizadas as equações 1, 2 e 3:

$$\sigma'_x = \left(\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2}\right) + \left(\frac{\sigma_x-\sigma_y}{2}\right) cos(2\theta) + \tau_{xy} sen(2\theta) \quad (1)$$

$$\sigma'_y = \left(\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2}\right) - \left(\frac{\sigma_x-\sigma_y}{2}\right) cos(2\theta) - \tau_{xy} sen(2\theta) \quad (2)$$

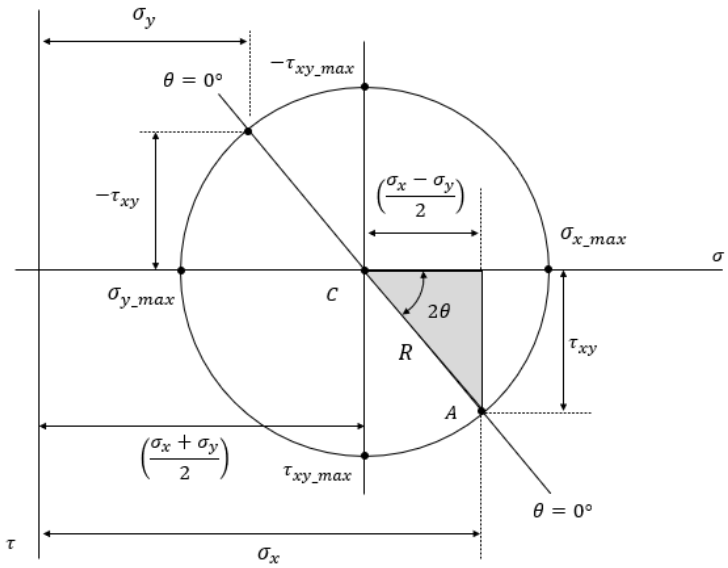
$$\tau'_{xy} = -\left(\frac{\sigma_x-\sigma_y}{2}\right) sen(2\theta) + \tau_{xy} cos(2\theta) \quad (3)$$

Nas equações acima os valores de σ'_x e σ'_y são as tensões normais após a mudança para um ângulo θ no plano. O valor de τ'_{xy} é a tensão de cisalhamento após a mudança para um ângulo θ no plano. Já σ_x e σ_y são as tensões normais inicialmente conhecidas e τ_{xy} é a tensão de cisalhamento inicialmente conhecida. Portanto, a partir das componentes σ_x, σ_y e τ_{xy} do plano x, y são determinadas as componentes σ'_x , σ'_y e τ'_{xy} do plano x', y', que estão inclinadas em uma orientação θ, de forma que sejam equivalentes.

Para determinar os valores máximos das tensões normais é necessário desenhar o Círculo de Mohr, o qual também oferece como resultado o valor do ângulo que resulta nesses valores máximos. Também por meio do Círculo de Mohr é possível determinar os valores

da tensão de cisalhamento máximas e o ângulo que resulta nesse valor máximo. Importante observar que o ângulo de inclinação no plano que resulta nos valores máximos das tensões normais não é o mesmo ângulo da tensão de cisalhamento máxima. A construção do círculo de Mohr é realizada de acordo com os valores iniciais das tensões normais e de cisalhamento, conforme mostra a figura 2.

Figura 2 – Definições para construção do Círculo e Mohr



Fonte: Adaptado de Hibbeler (2015)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Método Analítico de Mohr

Aplicando as equações 1, 2 e 3 para os dados descritos na metodologia, os resultados de tensões normais e de cisalhamento para uma inclinação de 30°, são:

$$\sigma'_x = \left(\frac{-40+35}{2}\right) + \left(\frac{-40-35}{2}\right) cos[2(30)] + (-70) sen[2(30)] = -81{,}8718\ MPa$$

$$\sigma'_y = \left(\frac{-40+35}{2}\right) - \left(\frac{-40-35}{2}\right) cos[2(30)] - (-70) sen[2(30)] = 76{,}8718\ MPa$$

$$\tau'_{xy} = -\left(\frac{-40-35}{2}\right) sen[2(30)] + (-70)cos[2(30)] = -2{,}5240\ MPa$$

Seguindo a mesma metodologia, os resultados para os demais ângulos estão apresentados na tabela 1.

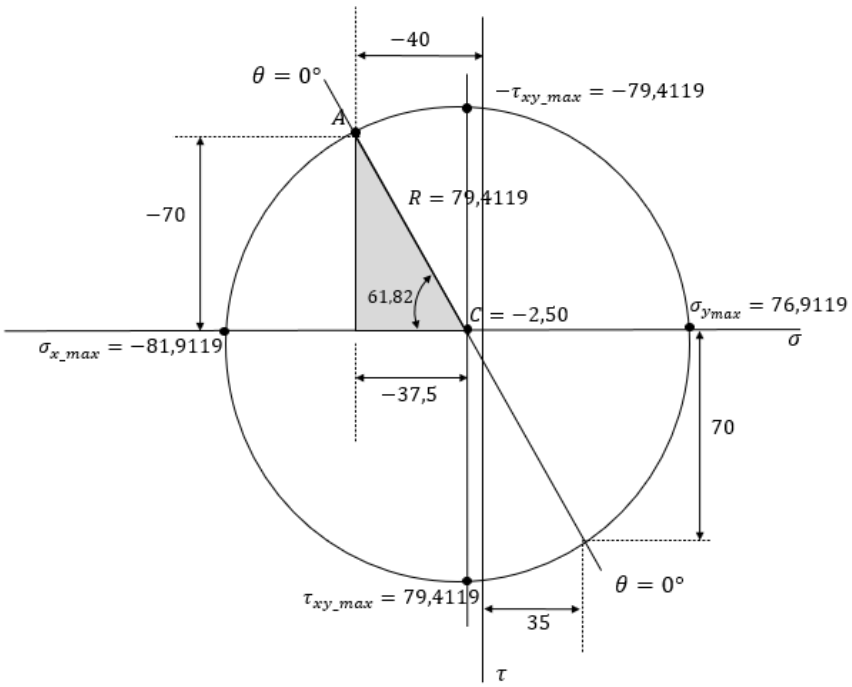
Tabela 1 – Resultado das tensões variando de 30° a 50° com acréscimos de 5°

Tensões	**30°**	**35°**	**40°**	**45°**	**50°**
σ'_x	-81,8718	-81,1042	-77,9483	-72,5000	-64,9247
σ'_y	76,8718	76,1042	72,9483	67,5000	59,9247
τ'_{xy}	-2,5240	11,2971	24,7749	37,5000	49,0857

Fonte: Autoria própria (2023)

Aplicando o Círculo de Mohr para os dados descritos na metodologia, os resultados de tensões normais máximas e tensão cisalhante máxima estão apresentadas na figura 3.

Figura 3 – Resultado das tensões máximas a partir do Círculo de Mohr



Fonte: Autoria própria (2023)

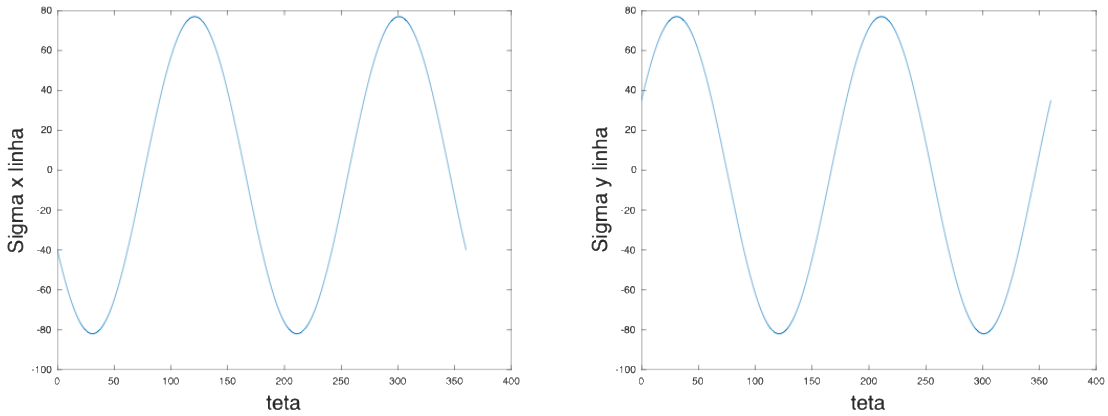
Utilizando os conceitos do círculo de Mohr, o resultado encontrado para as tensões normais máximas foram $\sigma_{x_max} = 76{,}9119\ MPa$ e $\sigma_{y_max} = -81{,}9119\ MPa$, sendo que os valores máximos para as tensões normais aconteceram para um ângulo de 30,91°. O valor máximo para a tensão de cisalhamento foi de $\tau_{xy_max} = 79{,}4119\ MPa$ e esse valor ocorreu para um ângulo de 14,09° no sentido horário.

Os valores das tensões máximas são obtidos no írculo de Mohr observando a rotação do plano, no sentido horário ou anti-horário, que determina se os valores das tensões máximas serão positivas ou negativas.

Método Numérico com MATLAB

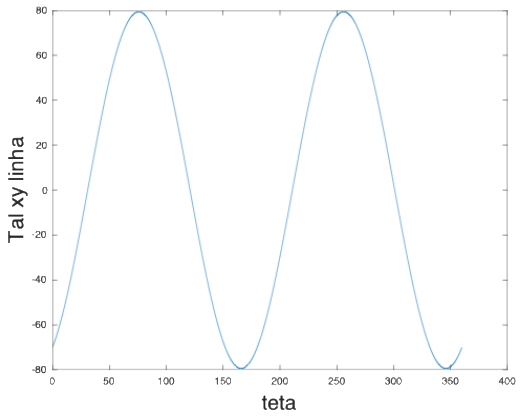
Por meio do método numérico é possível realizar uma quantidade enorme de cálculos quase que instantaneamente. Dessa forma, aplicando as equações 1, 2 e 3 para os dados descritos na metodologia no *software* MATLAB, considerando a variação do ângulo de 0 a 360 graus variando de 0,1 em 0,1 graus, obtém-se os gráficos mostrados nas figuras 4 e 5. Nesses gráficos é mostrada a variação dos valores de tensão normal e de cisalhamento no eixo x e no eixo y com seus valores máximos e mínimos.

Figura 4 – Variação de σ'_x e σ'_y de 0° a 360°



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 5 – Variação de τ'_{xy} de 0° a 360°



Fonte: Autoria própria (2023)

As tensões máximas e seus respectivos ângulos foram determinados pelo *software* MATLAB por meio da programação realizada com a base no Círculo de Mohr. Primeiramente, pede-se ao usuário que digite os valores das tensões normais e de cisalhamento no plano xy. Depois, com as relações geométricas do Círculo de Mohr, foi realizado no MATLAB a determinação do centro, do raio e dos ângulos do círculo. Com esses dados, o programa verifica a condicional programada relacionada com o centro e o ângulo calculado e determina as tensões normais e de cisalhamento máximas, bem como os ângulos máximos. Por fim, o programa exibe os resultados na tela. Na tabela 2 estão os resultados obtidos de acordo com os dados informados na metodologia.

Tabela 2: Resultados adquiridos a partir do MATLAB

Tensões e angulações máximas	**Resultado**
Tensão Normal máxima no eixo x	-81.9119 MPa
Tensão Normal máxima no eixo y	76.9119 MPa
Tensão de Cisalhamento máxima no plano xy	79.4119 MPa
Ângulo para tensão Normal máxima	30.9107°
Ângulo para tensão de Cisalhamento máxima	-14.0893°

Fonte: Autoria própria (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados foi possível verificar que o método numérico utilizando o *software* MATLAB resulta nos mesmos valores de forma analítica utilizando as equações para transformação de tensões no plano e método do Círculo de Mohr para determinação das tensões máximas de tração, compressão e cisalhamento, em um plano com diversas inclinações. Ademais, vale ressaltar que o *software* possui mais vantagens por ser rápido e de simples manipulação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná por incentivar a pesquisa por meio da Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação do Campus de Francisco Beltrão. Também agradecemos à reitoria da UTFPR por disponibilizar a licença do *software* MATLAB para todos os professores e alunos.

REFERÊNCIAS

CHAPRA, S. C.; CANALE, R. P. *Métodos Numéricos para Engenharia*. McGraw-Hill São Paulo, 2010.

CUNHA, M. C. C. *Métodos Numéricos*. Unicamp Campinas, 2003.

QUEIROZ, W. L. R.; LIMA, A. A. Transformação da tensão no plano: Círculo de Mohr. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, n. 8, p. 76445-76454, 2021.

MOLER, C. *Uma Breve História do MATLAB*. MathWorks, 2018. Artigos técnicos e boletins informativos. Disponível em: https://www.mathworks.com/company/newsletters/articles/a-brief-history-of-matlab.html. Acessado em: 20 jun. 2023.

MOLER, C.; LITTLE, J. A history of MATLAB. *Proc. ACM Program*, v. 4, n. 81, p. 1-67, 2020.

WALLISCH, P; LUSIGNAN, M. *MATLAB for neuroscientists: an introduction to scientific computing in MATLAB*. Academic Press Amsterdam, 2014.

UGURAL, A. C. *Mecânica dos Materiais*. LTC, 2009.

HIBBELER, R. C. *Resistência dos materiais*. Pearson Prentice Hall São Paulo, 2015.

EXPERIMENTO DIDÁTICO PARA DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE UMA BARRA METÁLICA

Rodrigo POSSAMAI [1], Daniel KOSLOSKI [1], Gustavo Knox WORMHOUDT[1], Leticia Kamei de Conto SILVA[1], Marlon ABATI [1], Airan RIBEIRO [1], Fernanda Batista de SOUZA[1].

[1]Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: airan@alunos.utfpr.edu.br, danielkosloski@alunos.utfpr.edu.br, wormhoudt@alunos.utfpr.edu.br, leticiaconto@alunos.utfpr.edu.br, marlonabati@alunos.utfpr.edu.br, rodrigopossamai.2019@alunos.utfpr.edu.br, fernandasouza@utfpr.edu.br.

Resumo: *O estudo experimental das ciências térmicas desempenha um papel fundamental no avanço do entendimento de diversos fenômenos. Entre esses fenômenos, destaca-se a condução de calor, que é amplamente observada em meios sólidos, especialmente em metais. A condutividade térmica, como propriedade intrínseca desses materiais, descreve a magnitude da transferência de calor através deles, e a determinação experimental da condutividade térmica é essencial. O presente estudo descreve um experimento de baixo custo realizado com o objetivo de determinar a condutividade térmica de uma barra cilíndrica metálica de material desconhecido. Para esse fim, foram utilizados um Arduino Uno e termopares, os quais foram conectados à barra metálica e isolados termicamente. Os resultados obtidos indicam uma condutividade térmica de 184,60 ± 2,22 (W/m·K) característica de condutividade térmica em ligas metálicas. Dessa forma, conclui-se que o experimento proposto contribui para o entendimento das propriedades térmicas dos materiais, possibilitando aplicações futuras.*

Palavras-chave: *Aleta; Condutividade Térmica; Transferência de Calor; Arduino.*

INTRODUÇÃO

A condução térmica é um fenômeno fundamental que desempenha um papel essencial em diversas áreas científicas e tecnológicas. A condutividade térmica de um material é uma propriedade crucial para entender sua capacidade de conduzir o calor; essa propriedade, que é classificada como uma propriedade de transporte, depende da estrutura física da matéria, atômica e molecular, que está relacionada com o estado da matéria. No

entanto, a determinação precisa desse coeficiente, geralmente requer equipamentos e métodos sofisticados, resultando em custos elevados (BERGMAN, *et al.* 2019).

Para a realização do experimento, foi utilizado um Arduino Uno e Termopares, dispositivos amplamente disponíveis e de custo acessível para medição de temperatura. Os termopares foram conectados à barra metálica, que foi isolada termicamente com mangueira de silicone para minimizar a influência de fatores externos. Uma fonte de energia foi conectada à extremidade da barra para manter um fluxo de calor constante.

Ainda que os resultados obtidos possam ter uma precisão reduzida em comparação a experimentos mais elaborados, eles ainda são de interesse científico e tecnológico, pois oferecem uma estimativa inicial da condutividade térmica do material das barras metálicas, essas informações podem ser valiosas para aplicações práticas em áreas que envolvem o desenvolvimento de sistemas de isolamento térmico de baixo custo ou soluções preliminares em situações em que a precisão não é primordial.

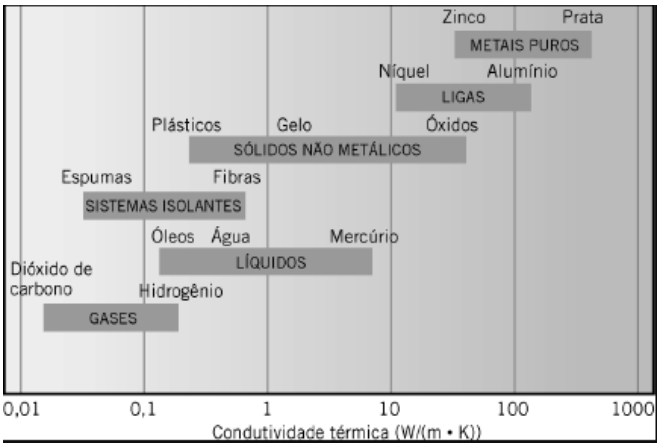
A realização do presente experimento, também pode auxiliar na disseminação de conhecimento, facilitando a compreensão de fenômenos intangíveis como a transferência de calor.

FUNDAMENTAÇAO TEÓRICA

A condução térmica é um mecanismo de transferência de energia em forma de calor que ocorre em materiais sólidos e fluidos sem escoamento, de partículas mais energéticas para menos energéticas, devido a um gradiente de temperatura. Ela envolve a transferência de energia térmica de molécula para molécula dentro do material, resultando em um fluxo de calor ao longo de um corpo (BERGMAN, 2019).

A condutividade térmica (k) é uma propriedade física que descreve a capacidade de um material em conduzir o calor, e pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo a natureza do material, sua estrutura, a presença de impurezas, a temperatura e a pressão. Materiais com alta condutividade térmica, como metais (Figura 1), possuem uma estrutura ordenada e ligações fortes entre seus átomos, permitindo uma transferência eficiente de calor. Por outro lado, materiais com baixa condutividade térmica, como isolantes, apresentam estruturas amorfas ou ligações mais fracas, o que limita a transferência de calor.

Figura 1 - Faixas de condutividades térmicas de vários estados da matéria a temperaturas e pressões normais



Fonte: Bergman (2019).

Existem diversas técnicas disponíveis para a determinação da condutividade térmica de materiais, sendo que algumas delas requerem abordagens complexas e de alto custo, como a técnica do fio quente e o método de placas quentes protegidas*(*SILVA, 2020; SANTOS *et al*., 2004).

No entanto, mesmo na ausência de equipamentos avançados, é possível desenvolver experimentos de forma mais econômica, os quais podem fornecer estimativas razoáveis da condutividade térmica. Esses experimentos podem desempenhar um papel importante na disseminação do conhecimento, especialmente para estudantes de graduação que podem enfrentar dificuldades no estudo teórico de fenômenos intangíveis (AUGUSTO *et al.*, 2019).

METODOLOGIA

Descrição dos materiais e custos

De acordo com Çengel (2009) e Bergman (2019) este estudo se dedica a uma análise mais detalhada da transferência de calor por condução. Utilizando a Lei de Fourier como base teórica e considerando as condições experimentais estabelecidas, foi possível realizar uma dedução aproximada da condutividade térmica do material em estudo, utilizando materiais acessíveis e de custo relativamente baixo (Tabela 1).

Montagem do aparato experimental

Inicialmente, a fonte de energia foi utilizada para fornecer energia à barra metálica. Para isso, os fios da fonte foram conectados a um fio de cobre esmaltado, que por sua vez

foi conectado à extremidade inicial da barra, criando assim um aquecedor de potência conhecida (Figura 2).

Tabela 1 - Relações de material, quantidade e custo

Materiais	Quantidade	Custo (R$)
Termopares DS18B210	4 Unidades	80,00
Barra metálica	1 Unidade	Cedido
Fio de cobre esmaltado	10 Metros	10,00
Mangueira de silicone	3 Metros	Cedido
Fita Isolante	3 Unidades	Cedido
Fonte 15V	1 Unidade	Cedido
Kit Arduino Uno	1 Unidade	150,00
Garra Metálica Suporte	4 Unidades	Cedido
Cano de PVC	1 Unidade	Cedido
Total		240,00

Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 2 - Conexão da fonte de calor

Fonte: Autoria Própria (2023).

Após a conexão do aquecedor à barra, foi realizado o isolamento utilizando fita isolante, enquanto o restante da barra metálica foi revestido com uma mangueira de silicone, proporcionando isolamento térmico e minimizando trocas de calor por convecção com o meio ambiente. Ao longo da camada isolante da mangueira, foram feitos quatro furos, nos quais foram inseridos termopares para a obtenção de dados de temperatura. Esses termopares também foram isolados utilizando fita isolante (Figura 3).

Figura 3 - Conexão de Termopares e Isolantes Térmicos

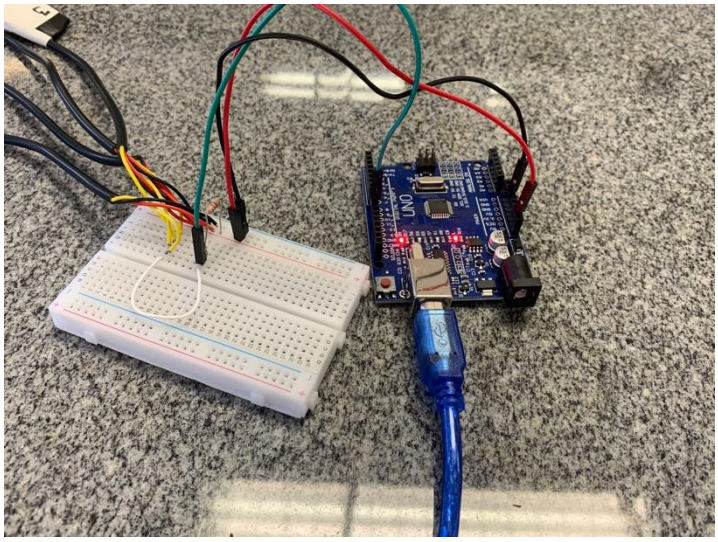
Fonte: Autoria Própria (2023).

Uma vez que o aquecedor, os termopares e os isolantes térmicos foram devidamente conectados, a outra extremidade da barra foi posicionada em contato com um fluxo constante de água à temperatura ambiente de 19,5ºC. Dessa forma, tornou-se possível realizar cálculos com base na hipótese de estado estacionário.

Os termopares, por sua vez, transmitiram os dados de temperatura para um Arduino (Figura 4), onde foi possível observar o alcance do estado estacionário, indicada pelo cessar das variações nas temperaturas. A coleta dos dados de temperatura foi realizada em triplicata.

Para a obtenção dos dados de temperatura, empregou-se um sistema baseado em Arduino, composto por um Arduino UNO para a interpretação dos dados, termopares DS18B210, um resistor de 4000 ohms e uma protoboard para as conexões elétricas. Foi desenvolvido um código em linguagem C++, utilizada pelo Arduino para interpretação dos dados, em conjunto com o aplicativo Arduino IDE, responsável pela comunicação dos dados com o computador.

Figura 4 – Conexão Termopar x Arduino



Fonte: Autoria Própria (2023).

Cálculos para obtenção da condutividade térmica

Para o cálculo da condutividade térmica (k) da barra metálica, foi utilizada a lei de Fourier (Equação 1):

$$q = -kA\frac{dT}{dz} \tag{1}$$

A potência fornecida ao sistema (q) foi calculada com os dados de Voltagem (V) e Corrente (I):

$$q = V \cdot I \tag{2}$$

A área (A) utilizada é a perpendicular ao fluxo, e foi calculada pela Equação 3:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \tag{3}$$

Dividindo a Taxa de calor (Equação 2), pela área (Equação 3), obtemos o fluxo de calor (Equação 4):

$$q'' = \frac{q}{A} \tag{4}$$

Considerando as condições de contorno que em z = 0,175 m a T(0,175) = T_1 (Temperatura medida no termopar 1) e em z = 0,355 m a T(0,355) = T_4 (Temperatura medida no termopar 4) para solução da equação 1, obtém-se a condutividade térmica.

A única varável restante é a variação da temperatura em relação ao eixo Z do cilindro, que pode ser calculada com os dados das posições dos termopares (Tabela 2), e dos dados de temperatura obtidos pelos Termopares.

Tabela 2 - Posição dos termopares

Termopar	Posição (m)
1	0,175
2	0,235
3	0,295
4	0,355

Fonte: Autoria própria (2023).

Para um estudo mais aprofundado da transferência de calor ao longo da barra metálica, foi calculado o seu perfil de temperatura, para comparação posterior de seus valores teóricos, com os dados experimentais obtidos.

A dedução do perfil de temperatura parte da Equação do balanço de Energia para Coordenadas Cilíndricas (Equação 5):

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(kr\frac{\partial T}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(k\frac{\partial T}{\partial \phi}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial T}{\partial z}\right) + q'' \quad (5)$$

Aplicando as hipóteses de fluxo unidirecional em Z para coordenadas cilíndricas, estado estacionário, e ausência de geração de energia (Equação 6):

$$0 = \frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial T}{\partial z}\right) \quad (6)$$

Aplicando a hipótese de propriedades físicas constantes, e integrando a Equação 6, obtemos o perfil de temperatura em função de Z da barra metálica (Equação 7):

$$T(z) = C1 \cdot z + C2 \quad (7)$$

Com base nos dados experimentais, podemos definir as condições de contorno 1 e 2, para o cálculo das constantes de integração na Equação 7:

- Condição de Contorno 1 (Equação 8):

$$T(0{,}175) = 301{,}23K \quad (8)$$

- Condição de Contorno 2 (Equação 9):

$$T(0{,}355) = 391{,}09K \quad (9)$$

Obtendo os valores de $C1$ e $C2$ e substituindo na Equação 7, obtém-se o perfil de temperatura da barra metálica em função de z (Equação 10):

$$T(z) = -56{,}3703 \cdot z + 311{,}0948 \quad (10)$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Determinação da Condutividade Térmica

As medidas das temperaturas dos termopares 1 e 4 e os valores de condutividade térmica para os três experimentos são apresentados na Tabela 3. As temperaturas médias e a condutividade térmica média são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 3 – Dados de Temperatura e Condutividade da Barra metálica

ΔZ(m)	T_1(ºC)	T_4(ºC)	ΔT(ºC)	k (W/m·K)
0,18	27,87	17,84	10,03	186,54
0,18	28,14	18,03	10,11	185,07
0,18	28,25	17,98	10,27	182,18

Fonte: Autoria Própria (2023).

Tabela 4 - Médias de dados experimentais de temperatura

T_1(ºC)	T_2(ºC)	T_3(ºC)	T_4(ºC)	k (W/m·K)	Desvio Padrão
28,09	21,82	19,37	17,95	184,60	2,22

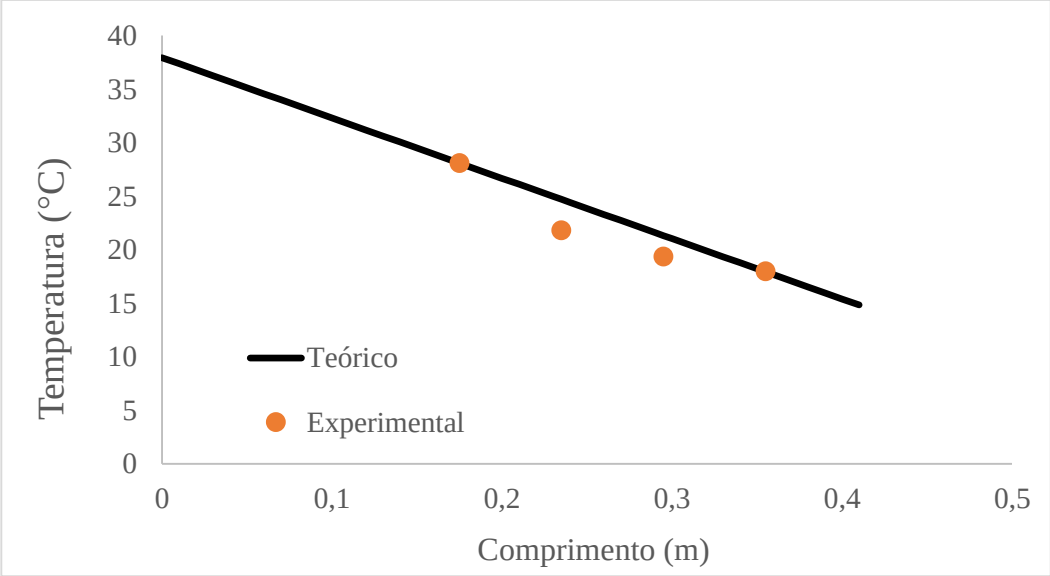
Fonte: Autoria própria (2023).

Após a realização dos experimentos, foi obtido um valor de condutividade térmica para a barra metálica de 184,60±2,22 W/m·K. Conforme o apêndice A de Bergman (2019), que apresenta as propriedades termofísicas de alguns materiais, a condutividade térmica obtida nesse experimento lembra o k de ligas metálicas de alumínio, o que indica que a barra possivelmente não consiste em um material puro, mas sim em uma mistura. Com base apenas nas comparações entre os valores de condutividade térmica encontrados na literatura e aqueles obtidos experimentalmente, não é possível afirmar com certeza quais materiais compõem a liga metálica. No entanto, esses dados podem ser utilizados para estudos termodinâmicos envolvendo trocas de calor e, por meio de análises teóricas, determinar se o material em questão seria adequado para a aplicação desejada.

O perfil de temperatura unidirecional em estado estacionário obtido pela Equação 10 e as temperaturas medidas pelos termopares são apresentados na Figura 5. Observou-se que as temperaturas medidas pelos termopares 1 e 4, foram previstas pelo perfil devido as condições de contorno. No entanto, as temperaturas registradas pelos termopares 2 e 3 apresentaram desvios de 2,88°C e 1,95°C, respectivamente.

Embora seja importante ressaltar que as hipóteses adotadas podem ter influenciado o valor real da condutividade térmica do material, o objetivo principal deste estudo foi alcançado. O método desenvolvido buscou determinar a condutividade térmica utilizando materiais de baixo custo, mesmo que com uma precisão reduzida, ainda assim apresentando resultados satisfatórios.

Figura 5 - Perfil de temperatura unidirecional em estado estacionário



Fonte: Autoria Própria (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento de baixo custo proposto nesse trabalho permitiu a obtenção da condutividade térmica de uma barra metálica de composição desconhecida. O k obtido neste estudo (k = 184,60±2,22 W/m·K) revelou que a barra metálica pode ser composta de uma liga metálica de alumínio. A realização deste experimento exigiu um aprimoramento da compreensão dos fenômenos de transferência de calor, estimulando discussões detalhadas.

Como resultado, houve um reforço no conhecimento teórico, permitindo uma consolidação mais efetiva dos conceitos estudados.

No caso de interesse em reproduzir o experimento para fins didáticos, é recomendável utilizar uma barra metálica com um coeficiente de condutividade térmica previamente conhecido. Essa escolha permitirá a comparação direta entre os valores obtidos experimentalmente e os valores reais, proporcionando uma melhor compreensão do processo e uma avaliação mais precisa dos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGMAN, T. L. *Incropera: fundamentos de transferência de calor e de massa.* Rio de Janeiro: LTC, 2019. Disponível em: https://discovery.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=93589267-f431-3c07-b125-d92f07bcb2e6. Acesso em: 6 jul. 2023.

ÇENGEL, Y. A. *Transferência de calor e massa: uma abordagem prática*. 4. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2012.

AUGUSTO P. A., CASTELO-GRANDE, T., ESTEVEZ, A. M. Practical demonstrations designed and developed by the students for pedagogical learning in transport phenomena. *Education for Chemical Engineers,* v. 26, p. 48–57, 2019.

SILVA, H. B. CONTROLADOR DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR (CTC) PARA ENSAIO DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA PELO MÉTODO DA PLACA QUENTE PROTEGIDA. 2020.

SANTOS, W. N. DOS et al. Método de fio quente na determinação das propriedades térmicas de polímeros. Polímeros, v. 14, n. 5, p. 354–359, dez. 2004.

COMO UM PROVÁVEL COMPORTAMENTO CAÓTICO INTERFERE EM SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ENERGIA DE VIBRAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM DESLOCAMENTO HUMANO

Luiza Morsche ROMANI[1], **Luiz Felipe Cassimano dos SANTOS**[1], **Kamily Fulber BASSEIO**[1], **Marlon ABATI**[1], **Vinícius Franzen RAMILO**[1], **Douglas da Costa FERREIRA**[1]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: luizamorsche@alunos.utfpr.edu.br, luizfelipesantos@alunos.utfpr.edu.br, kamilyfulber@alunos.utfpr.edu.br, marlonabati@alunos.utfpr.edu.br, viniciusramilo@alunos.utfpr.edu.br, douglasferreira@utfpr.edu.br

Resumo: *A descoberta da captação de energia de vibração progrediu rapidamente e tornou-se uma fonte alternativa viável de energia para muitas aplicações. Este artigo explora o potencial de captação de energia elétrica por meio de vibração produzida por uma pessoa caminhando. A pesquisa foi realizada com base nas placas piezoelétricas, as quais são compostas por materiais capazes de gerar carga elétrica quando sofrem estresse mecânico, nesse caso, com uma pessoa caminhando. A energia captada pelas placas piezoelétricas foi coletada por um Arduino, de modo a se analisar a relação da vibração com a energia produzida. Os gráficos gerados com o experimento nos permitiram concluir que os picos de vibração não são coincidentes com os maiores valores de energia captada, sendo que a região de maior captação fica no entorno dos picos de vibração, sendo essa região podendo ser uma região caótica.*

Palavras-chave: *Captação de Energia; Vibração; Região Caótica.*

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos vem aumentando o interesse em descobrir como obter energia de fontes renováveis e de baixo custo. A técnica conhecida como piezoeletricidade é a base para a produção de eletricidade a partir da energia mecânica, e tem se tornado cada vez mais utilizada para a geração de corrente elétrica limpa, barata e renovável (LIANG; LIAO, 2011).

Esta energia é gerada por meio da ação de mecanismos de conversão de energia, que transformam a energia cinética em energia elétrica, a qual pode ser armazenada em baterias

e usada para alimentar dispositivos, como celulares, computadores, relógios e lâmpadas. O uso desta técnica tem se mostrado viável para a captação de energia elétrica por meio da vibração humana, com resultados satisfatórios em termos de desempenho (HOWELLS, 2009).

Sistemas de captação de energia transforam pequenas fontes de energia em energia elétrica e têm sido largamente estudados nos últimos 20 anos (SAFAEI; SODANO; ANTON, 2019). Muitas são as fontes de energia que podem ser convertidas em elétrica em sistemas de captação de energia elétrica, tais como pequenos gradientes de temperatura, luminosidade de reações químicas, ondas de radiofrequência e vibração (ABDELKEFI, 2016). Dentre muitos trabalhos publicados, esse artigo irá se concentrar nos sistemas de captação de energia de vibração. A vibração de ondas do mar e do movimento do corpo humano, por exemplo, podem produzir energia suficiente para serem transformadas em fonte de energia elétrica, onde suas aplicações mais comuns são em sensores remotos e pequenos componentes eletrônicos de baixo consumo de energia (WEI; JING, 2017).

Os trabalhos sobre sistemas de captação de energia de vibração são os mais variados. Existem trabalhos que se concentram em melhorar a eficiência por meio do efeito da ressonância, como realizar projetos de elementos multimodais (LIU; QIAN; LEE, 2013) onde existe ressonância em diversos espectros de vibração, ou estudos estatísticos para projetar o sistema de forma que fique a maior parte do tempo em ressonância (MCINNES; GORMAN; CARTMELL, 2008). Também existem diversos trabalhos com sistemas híbridos, ou seja, que captam energia da vibração e de outras fontes ao mesmo tempo, de forma a aumentar a eficiência do sistema como um todo. Dos sistemas híbridos existem trabalhos unindo a vibração e o efeito eletromagnético do corpo se movimentando pelo efeito da vibração (IQBAL; KHAN, 2018; OWENS; MANN, 2012; WANG et al., 2007). Também existem trabalhos de sistemas híbridos de captação de energia de vibração, solar e térmica (GAMBIER et al., 2012).

Aumentar a eficiência de sistemas de captação de energia é o principal desafio de qualquer pesquisa sobre o tema. Como já exposto anteriormente, são muitos os trabalhos nesse sentido. Dentre tantos estudos na melhoria da eficiência dos sistemas de captação de energia, o foco dessa pesquisa é estudar o comportamento caótico da vibração e modificar o

comportamento do sistema de captação para que utilize o potencial do caos para ganho de eficiência.

Já existem estudos buscando maximizar a captação de energia utilizando o comportamento caótico de sistemas vibratórios (HENRIQUE; COSTA; SILVA, 2013; HENRIQUE CERQUEIRA COSTA BASQUEROTTO FÁBIO ROBERTO CHAVARETTE SAMUEL DA SILVA, [s.d.]), no entanto, a maior parte dos trabalhos envolvendo sistemas piezoelétricos vibratórios e caos estão concentrados no controle do caos (KUMAR; GUPTA; ALI, 2019; TAN et al., 2021; TELLES RIBEIRO et al., 2022), sendo que o estudo proposto não é controlar o caos, mas sim fazer uso da energia disponível no caos.

Um sistema dinâmico pode ser considerado caótico se pequenas modificações nas condições iniciais resultarem em efeitos significativos no comportamento (KUMAR; GUPTA; ALI, 2019; TAN et al., 2021; TELLES RIBEIRO et al., 2022). Os sistemas caóticos são não-lineares e podem ser caracterizados pela presença de atratores estranhos (KUMAR; GUPTA; ALI, 2019) que foram inicialmente observados por Lorenz (DOROSHIN, 2011; SPROTT, 2014) e mensurados em um sistema dinâmico não-linear por meio dos Expoentes de Lyapunov (DANCA; KUZNETSOV, 2018).

Em 1893 Lyapunov introduziu o conceito de estabilidade de sistemas por meio dos expoentes de Lyapunov, mas somente em 1930 Lorentz estabeleceu o conceito de sistemas caóticos, onde utilizou os expoentes de Lyapunov para determinar que um sistema dinâmico não-linear, com pelo menos três dimensões de estado, pode ser considerado caótico se os expoentes de Lyapunov forem positivos. Apenas em 1985 Wolf estabeleceu um algoritmo para determinar os expoentes de Lyapunov, que é a base do estudo de sistemas dinâmicos caóticos até os dias de hoje (FIEDLER-FERRARA; PRADO, 1994).

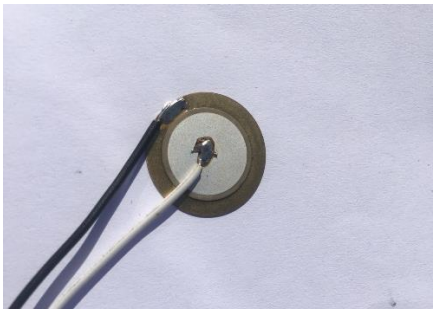
O presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento de um sistema de captação de energia de vibração em relação à vibração induzida no sistema dinâmico, de tal maneira a verificar se os picos de energia captada coincidem com os picos de vibração e, dessa maneira, buscar a identificação de um possível comportamento caótico desse sistema, ou seja, onde as condições iniciais não podem explicar o comportamento dinâmico desse sistema.

METODOLOGIA

Elementos do Experimento

Para a montagem do experimento foram utilizadas pastilhas piezoelétricas de 20 mm fabricadas de latão com especificação de tensão máxima de 30 volts, conforme figura 01.

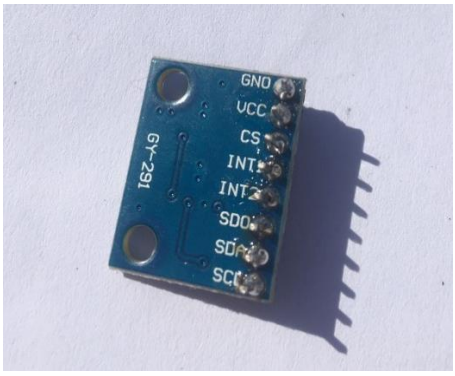
Figura 1 – Pastilha piezoelétrica de 20 mm utilizada no experimento



Fonte: Autoria própria (2023)

Para medição das vibrações foi utilizado o acelerômetro triaxial ADXL 345 que possui acuracidade de ±16g com resolução de 4 mg/LSB (LSB: *Least Significant Bit* – menor unidade de medida que pode ser lida pelo sensor) e capacidade de medição de inclinação de menos de 1º e com saída digital de 16 bits, conforme mostra a figura 02.

Figura 2 – Sensor ADXL 345 utilizado no experimento



Fonte: Autoria própria (2023)

Um código específico para a captação, tanto das vibrações da pastilha piezoelétrica quanto da corrente elétrica gerada, foi utilizado, conforme a figura 03. É possível observar pelo

código que tanto a pastilha piezoelétrica como o sensor ADXL 345 estão sendo monitorados a cada 0,001 segundos (*delay* de 1), ou seja, 1 milissegundo que é a unidade de medida padrão utilizado pelo IDE do Arduino.

Figura 3 – Código IDE Arduino utilizado no experimento

```
int piezo = A0;
int valorPiezo = 0;

Adafruit_ADXL345_Unified accel = Adafruit_ADXL345_Unified();

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  if (!accel.begin()) {
    Serial.println("O acelerômetro não foi encontrado");
    while (1)
      ;
  }
}

void loop() {
  valorPiezo = analogRead(piezo);
  Serial.print(valorPiezo);
  Serial.print("\t");

  sensors_event_t event;
  accel.getEvent(&event);
  Serial.print(event.acceleration.x);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(event.acceleration.y);
  Serial.print("\t");
  Serial.println(event.acceleration.z);

  delay(1);
}
```

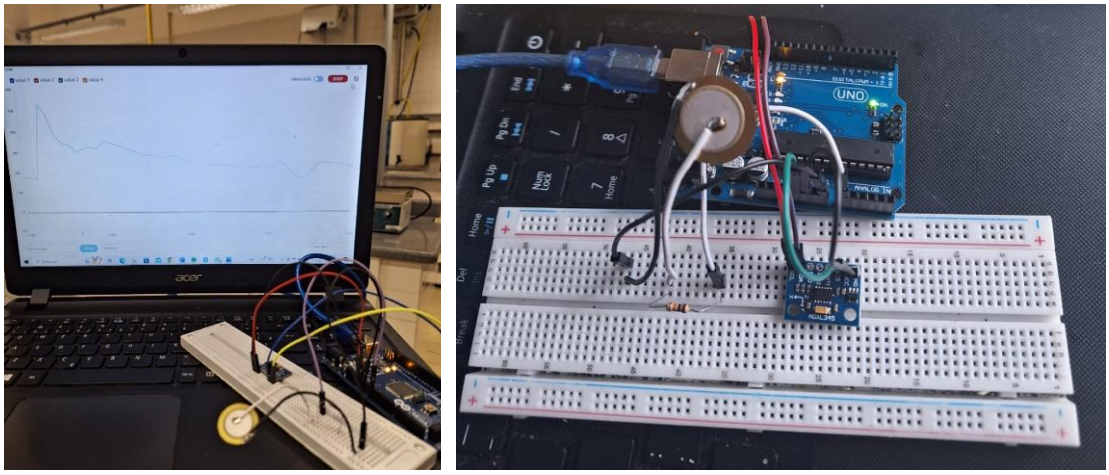
Fonte: Autoria própria (2023)

Montagem do experimento

As pastilhas piezoelétricas foram conectadas à placa do Arduino. O fio preto de cada pastilha foi conectado à entrada GND do Arduíno, assim como a entrada GND do acelerômetro. Enquanto o fio branco das pastilhas foi ligado a um resistor de 10KΩ que foi ligado à entrada A0 do Arduino. O Arduino foi ligado ao notebook e o código foi executado. Dados de vibração da pastilha piezoelétrica e dados do sensor foram obtidos no monitor serial da IDE do Arduino.

No experimento realizado, o indivíduo carregou o conjunto de pastilha piezoelétrica e caminhou por 20 segundos, buscando manter constante a velocidade do caminhar e o tamanho da passada em 41 centímetros. Para medir o tamanho da passada foi utilizada uma escala fixada no piso carregando o conjunto mostrado na figura 04.

Figura 4 – Arranjo da pastilha piezoelétrica no protoboard e com Arduino utilizado no experimento



Fonte: Autoria própria (2023)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados de Vibração

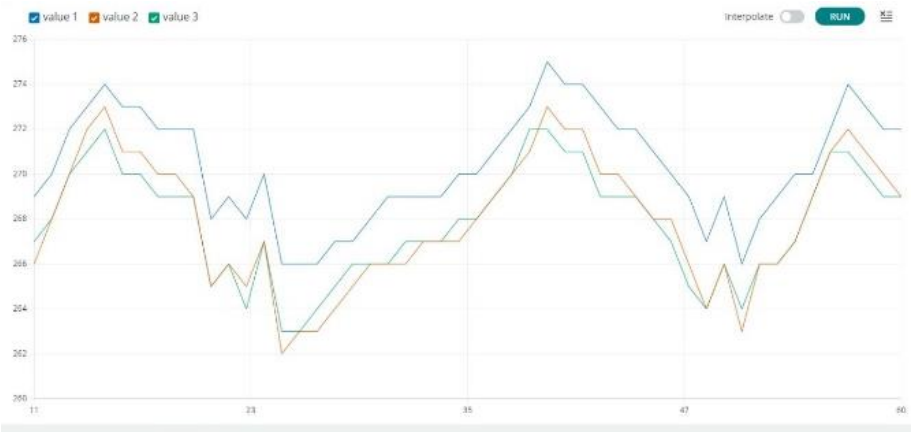
Para a plotagem do gráfico de vibração por tempo do sensor acelerômetro ADXL 345 foi utilizado o serial plotter da IDE. O Arduino foi coletou as informações medidas das correntes elétricas e a vibração ao caminhar e, dessa forma, foi possível estabelecer a relação da vibração ocorrida com a energia elétrica captada.

O sensor utilizado no experimento é um sensor de 3 eixos (X, Y e Z), assim, as leituras foram realizadas pelos 3 eixos que são independentes, e nas mesmas condições das leituras de vibração, apresentaram resultado conforme a figura 05. Como a grandeza buscada na análise independe da direção da vibração, mas somente sua magnitude, foi utilizado os dados de apenas um dos eixos (escolhido aleatoriamente) para a análise combinada do sensor acelerômetro e da pastilha piezoelétrica.

Ao realizar o experimento utilizando também as pastilhas piezoelétricas, pode-se observar que existem picos de vibração e picos de captação de energia. O objetivo desse trabalho é identificar não somente os picos oriundos das vibrações ressonantes, mas verificar a existência de zonas de possível comportamento caótico, onde a geração de energia é inexplicada e dependente de condições iniciais. Nessa etapa da pesquisa ainda não foi realizada a caracterização matemática do sistema dinâmico.

A figura 05 mostra a evolução da vibração com sensor ADXL em 3 eixos e foi selecionado apenas um deles para análise, de forma aleatória, conforme mostra a figura 06. O objetivo de apresentar a figura 05, é apenas para mostrar que a evolução da vibração segue o mesmo padrão, independentemente do eixo escolhido.

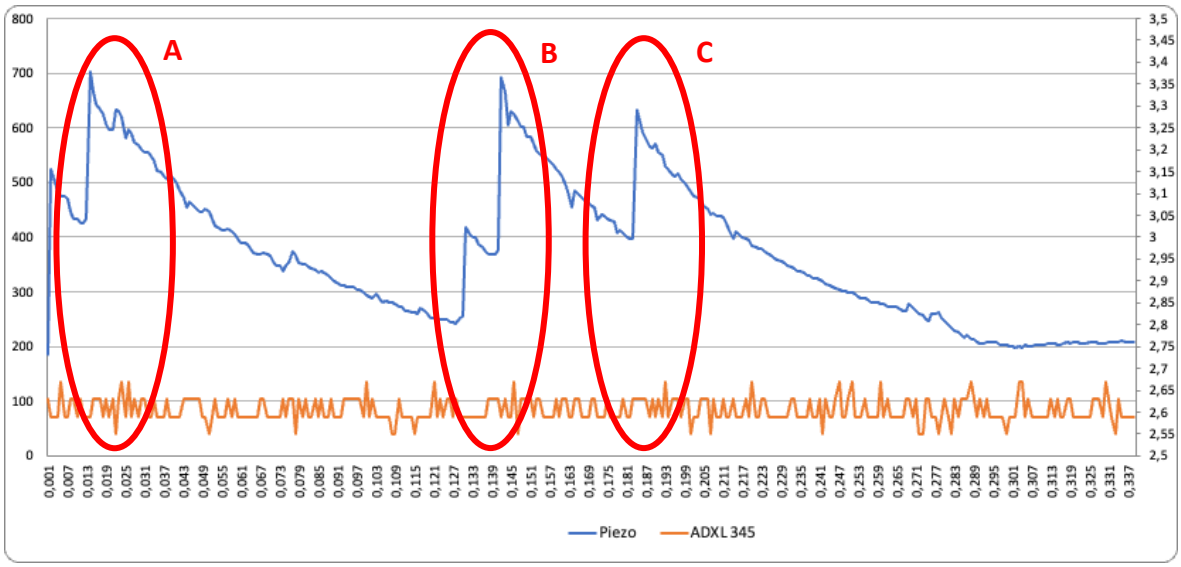
Figura 5 – Medição de vibração triaxial com sensor ADXL 345 ao caminhar



Fonte: Autoria própria (2023)

A figura 06 mostra a comparação do gráfico de vibração do sensor ADXL (eixo da direita no gráfico), a captação de energia com a pastilha piezoelétrica (eixo da esquerda no gráfico), ambos em volts. Nesse gráfico é possível verificar que as possíveis vibrações ressonantes estão apresentadas em picos e existem picos de captação de energia. Nos pontos A, B e C destacados no gráfico é possível observar que o crescimento da captação da energia não está relacionado diretamente com o aumento da vibração e estão acima do que se consegue explicar apenas com a possível ressonância do sistema, sendo assim, identificamos essas regiões como possíveis regiões de comportamento caótico.

Figura 6 – Captação de Energia da pastilha piezoelétrica x vibração com sensor ADXL 345



Fonte: Autoria própria (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse trabalho foi avaliar a captação de energia de vibração com pastilhas piezoelétricas e relacionar a energia captada com a vibração gerada, de tal forma a caracterizar picos de captação de energia que não podem ser explicadas somente com a ressonância do sistema.

A continuação dessa pesquisa é caracterizar a dinâmica do sistema com os expoentes de Lyapunov, de tal maneira a mensurar o seu comportamento dinâmico. Em um momento posterior, irá se buscar controlar o comportamento do sistema pelo método de Desigualdades Matriciais Lineares (LMI – *Linear Matrix Inequalities*) de forma a maximizar a captação de energia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná por incentivar a pesquisa na graduação por meio do Programa de Iniciação Científica Voluntária (PIVIC). Agradecemos à Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação do Campus de Francisco Beltrão da UTFPR por disponibilizar os laboratórios de pesquisa e os instrumentos necessários para realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ABDELKEFI, A. Aeroelastic energy harvesting: A review. *International Journal of Engineering Science*, v. 100, p. 112–135, 1 mar. 2016.

DANCA, M. F.; KUZNETSOV, N. Matlab Code for Lyapunov Exponents of Fractional-Order Systems. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, v. 28, n. 5, 1 maio 2018.

DOROSHIN, A. V. Modeling of chaotic motion of gyrostats in resistant environment on the base of dynamical systems with strange attractors. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, v. 16, n. 8, p. 3188–3202, ago. 2011.

FIEDLER-FERRARA, N.; PRADO, C. P. C. DO. *Caos : uma introdução*. [s.l.] Editora Blucher, 1994.

GAMBIER, P. et al. Piezoelectric, solar and thermal energy harvesting for hybrid low-power generator systems with thin-film batteries. *Measurement Science and Technology*, v. 23, n. 1, 2012.

HENRIQUE, C.; COSTA, C.; SILVA, S. Exploiting Nonlinearities and Chaos To Enhance Energy Harvesting System Using Piezoelectric Devices. *22nd International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2013)*, v. 1, n. Cobem, p. 449–457, 2013.

HENRIQUE CERQUEIRA COSTA BASQUEROTTO FÁBIO ROBERTO CHAVARETTE SAMUEL DA SILVA, C. *EXPLOITING NONLINEARITIES AND CHAOS TO ENHANCE ENERGY HARVESTING SYSTEM USING PIEZOELECTRIC DEVICES*. [s.l: s.n.].

HOWELLS, C. A. Piezoelectric energy harvesting. *Energy Conversion and Management*, v. 50, n. 7, p. 1847–1850, jul. 2009.

IQBAL, M.; KHAN, F. U. Hybrid vibration and wind energy harvesting using combined piezoelectric and electromagnetic conversion for bridge health monitoring applications. **E***nergy Conversion and Management*, v. 172, p. 611–618, 15 set. 2018.

KUMAR, R.; GUPTA, S.; ALI, S. F. Energy harvesting from chaos in base excited double pendulum. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 124, p. 49–64, 1 jun. 2019.

LIANG, J.; LIAO, W. H. Energy flow in piezoelectric energy harvesting systems. *Smart Materials and Structures*, v. 20, n. 1, jan. 2011.

LIU, H.; QIAN, Y.; LEE, C. A multi-frequency vibration-based MEMS electromagnetic energy harvesting device. *Sensors and Actuators, A: Physical*, v. 204, p. 37–43, 2013.

MCINNES, C. R.; GORMAN, D. G.; CARTMELL, M. P. Enhanced vibrational energy harvesting using nonlinear stochastic resonance. *Journal of Sound and Vibration*, v. 318, n. 4–5, p. 655–662, 23 dez. 2008.

OWENS, B. A. M.; MANN, B. P. Linear and nonlinear electromagnetic coupling models in vibration-based energy harvesting. *Journal of Sound and Vibration*, v. 331, n. 4, p. 922–937, 13 fev. 2012.

SAFAEI, M.; SODANO, H. A.; ANTON, S. R. A review of energy harvesting using piezoelectric materials: State-of-the-art a decade later (2008-2018). *Smart Materials and Structures*, v. 28, n. 11, 22 out. 2019.

SPROTT, J. C. A dynamical system with a strange attractor and invariant tori. *Physics Letters, Section A: General, Atomic and Solid State Physics*, v. 378, n. 20, p. 1361–1363, 4 abr. 2014.

TAN, T. et al. Piezoelectric autoparametric vibration energy harvesting with chaos control feature. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 161, 1 dez. 2021.

TELLES RIBEIRO, J. G. et al. Controlling chaos for energy harvesting via digital extended time-delay feedback. *European Physical Journal: Special Topics*, v. 231, n. 8, p. 1485–1490, 1 jul. 2022.

WANG, P. H. et al. Design, fabrication and performance of a new vibration-based electromagnetic micro power generator. *Microelectronics Journal*, v. 38, n. 12, p. 1175–1180, dez. 2007.

WEI, C.; JING, X. *A comprehensive review on vibration energy harvesting: Modelling and realization. Renewable and Sustainable Energy ReviewsElsevier Ltd*, 2017.

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE EXTRATOS DE *CURCUMA LONGA* E APLICAÇÃO NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DA MANTEIGA

Marcia Miss GOMES[1], Samuel Lopes OLIVEIRA[1], Larissa Canhas BERTAN[1], Luciano TORMEN[1]

[1]Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Laranjeiras do Sul
Laranjeiras do Sul – Paraná - Brasil

E-mails: marciamissgomes@gmail.com, pavesam1212@gmail.com, larissabertan@gmail.com, luciano.tormen@uffs.edu.br

Resumo: *Os efeitos adversos relacionados ao uso dos antioxidantes sintéticos à saúde têm exigido a substituição pelos antioxidantes naturais em produtos alimentícios. Neste trabalho foi proposto o desenvolvimento de uma manteiga com a dição de extrato de Curcuma longa com o objetivo de melhorar a estabilidade oxidativa, como também, ser substituto do antioxidante artificial BHT. Os extratos foram obtidos com dois diferentes solventes (n-hexano, etanol). Os extratos foram caracterizados, quanto ao rendimento, a concentração de compostos fenólicos e a capacidade de sequestro do radical DPPH. Os extratos nas concentrações de 0,01 e 0,05% (m/m) foram aplicados em uma manteiga a qual foi submetida ao teste de oxidação acelerada a 60ºC por 40 dias. O rendimento foi de 17,3 e 7,7% (m/m), a concentração de compostos fenólicos de196,44 e 20,23 mg AG/g para a extração com etanol e n-hexano respectivamente. A capacidade de sequestro do radical DPPH foi de 0,947 e 18,7 g de extrato/g de DPPH para os obtidos em etanol e n-hexano, e 0,304 g de BHT/g de DPPH para o antioxidante artificial. O teste oxidação acelerada mostrou que os extratos de cúrcuma atuaram na prevenção da oxidação de lipídios da manteiga, sendo que o extrato em etanol foi o mais efetivo, obtendo valor próximo ao resultado obtido com o BHT. Os resultados evidenciam o potencial de uso da cúrcuma na prevenção da oxidação de alimentos.*

Palavras-chave: *Cúrcuma, manteiga, oxidação de lipídios, capacidade antioxidante.*

INTRODUÇÃO

Leite e produtos lácteos derivados, entre eles a manteiga fazem parte da dieta dos brasileiros. Por se tratar de um produto gorduroso, a manteiga está susceptível a sofrer rancidez oxidativa, a qual tem sido reconhecida como um dos principais fatores que limitam

sua vida de prateleira, resultando na diminuição da aceitabilidade do consumidor, alterando suas propriedades sensoriais, degradando nutrientes essenciais e produzindo radicais livres tóxicos. Esse processo se deve principalmente à oxidação dos ácidos graxos insaturados, com a formação de peróxidos.

A manteiga é uma emulsão água em óleo produzida pelo batimento e malaxagem de creme leite, por processos tecnologicamente adequados. A gordura representa 82% (m/m) de matéria gorda, a qual deve ser composta exclusivamente de gordura láctea. Assim, em virtude desse percentual, a manteiga é susceptível a oxidação lipídica, sendo assim, é necessário realizar procedimentos para minimizar essa reação, como o uso de antioxidantes naturais proveniente de extratos e óleos essenciais. Atualmente, diversas pesquisas apontaram que extratos vegetais com alto teor de polifenóis podem retardar os processos de oxidação.

A *Cúrcuma L., é um antioxidante natural, sendo* o seu rizoma a principal parte utilizada da planta. Os principais componentes ativos são os curcuminóides não voláteis e o óleo volátil. Os curcuminóides (curcumina, desmetoxicurcumina e bisdemetoxicurcumina) são derivados de polifenólicos não tóxicos da curcumina que exercem uma ampla gama de atividades biológicas.

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

Manteiga

Entende-se por manteiga o produto obtido pelo batimento e malaxagem do creme de leite de vaca pasteurizado, obtido por processos tecnologicamente adequados e deve conter matéria gorda somente de origem láctea. Além disso, pode ser adicionado cloreto de sódio na concentração máxima de 2 g/100 g de manteiga e fermentos lácticos no caso da manteiga maturada (BRASIL, 1996).

Na elaboração da manteiga e permitido o uso de aditivos, coadjuvantes e corantes. Adicionalmente, também é permitida a adição de corantes naturais ou sintéticos, idênticos aos naturais, em quantidade suficiente para obter o efeito desejado. Entre os corantes permitidos estão orelana, beta caroteno e cúrcuma ou curcumina, em quantidade suficiente para obter o efeito desejado (BRASIL, 1996).

A manteiga deve apresentar os seguintes aspectos físico-químicos: (i) mínimo 82% (m/m) de matéria gorda, (ii) máximo de 16% (m/m) umidade, (iii) máximo de 2% (m/m) de

extrato seco desengordurado, (iv) máximo de 3 mmol/100 g de matéria gorda de acidez na gordura e (v) máximo de 1 mEq. de peróxido/kg de matéria gorda. (BRASIL, 1996).

A gordura láctea, matéria prima usada na elaboração da manteiga, apresenta 98,3% de triglicerídios, 0,3% de diglicerídios, 0,03% de monoglicerídios, 0,1% de ácidos graxos livres, 0,8% de fosfolipídios, 0,3% de esteróis e traços de carotenóides e vitaminas lipossolúveis. Os ácidos graxos saturados de 4 a 18 carbonos constituem 70 – 75% do total de ácidos graxos, e os ácidos graxos insaturados correspondem a 25 – 30% do total de ácidos graxos (MACGIBBON; TAYLOR, 2006).

Logo, em virtude da manteiga ser um produto rico em lipídios, a mesma está suscetível à deterioração oxidativa, que pode ocorrer durante processamento e armazenamento, causando modificação nas características sensoriais do produto as quais reduz o *Shelf Life*. A oxidação dos lipídios leva a formação de hidroperóxidos os quais se decompões em aldeídos saturados e insaturados, e em menor concentração, cetonas insaturadas, hidrocarbonetos saturados e insaturados e álcoois saturados e insaturados (MIRANDA, 2010).

Uma das formas de evitar o processo de oxidação é atuar nos fatores que favorecem a reação, como manter a amostra ao abrigo de luz e calor, assim como, evitar a presença de traços de metais e também evitar o contato com oxigênio (MIRANDA, 2010). Adicionalmente, um dos modos mais simples de reduzir a oxidação é pela incorporação antioxidantes sintéticos ou naturais, porém, a legislação restringe uso de aditivos sintéticos em alimentos devido à natureza carcinogênica. Então uma alternativa seria o usa da cúrcuma como antioxidante natural (CAMATARI 2017).

Cúrcuma (*Curcuma longa L.*)

A Cúrcuma (*Curcuma longa L.*) também conhecida no Brasil como batatinha amarela, gengibre dourado, mangarataia, açafrão da terra ou açafrão da Índia, tem origem do sul da Índia, dapertence à família Zingiberacea e ao gênero *Curcuma*, consiste em centenas de espécies de plantas que possuem rizomas ou raízes subterrâneas como hastes. No Brasil a produção da cúrcuma ocorre em quase todas as regiões, sendo São Paulo, Minas Gerais e Goiás os maiores produtores (NAGHETINI, 2006).

A parte utilizada da planta é o rizoma seco e moído que apresenta em sua composição química, aproximadamente 7% de proteínas, entre 2 a 7% de lipídios, 7,2% de fibra alimentar,

13,2% de cinzas, 3,5% de minerais e entre 60 a 70% de carboidratos. O óleo essencial obtido dos rizomas por destilação por arraste a vapor tem α-felandreno (1%), sabineno (0,6%), cineol (1%), borneol (0,5%), zingibereno (25%) e sesquiterpenos (53%) (MARTINS & RUSIG, 1992).

A Curcumina, é responsável pela cor amarela, e compreende a curcumina I, curcumina II e a curcumina III. Dentre os principais compostos fenólicos encontrados no rizoma da cúrcuma, tem-se a curcumina, desmetoxicurcumina e bisdesmetoxicurcumina. Tais componentes apresentam estruturas semelhantes, diferenciando-se somente pela quantidade de grupos metoxila (OCH_3) em sua estrutura química. Contudo, a curcumina é o mais importante desses fenóis por estar presente em maior concentração. Além disso, por não ser tóxica, a curcumina é um composto altamente promissor como antioxidante natural e apresenta amplo espectro de funções biológicas (CÚSTODIO, 2014).

METODOLOGIA

Obtenção e sanitização dos rizomas da cúrcuma

Os rizomas cúrcuma foram colhidos no mês de agosto de forma manual em uma propriedade rural do munícipio de Medianeira- PR. Após a colheita, foram limpos com água corrente, sendo eliminados as raízes pequenas dos rizomas. Em seguida, foram higienizados e sanitizados em solução de hipoclorito de (10 mL L^{-1}), por 15 min., sendo então imersos em água destilada por 3 vezes para remoção do resíduo de hipoclorito.

Secagem e moagem dos rizomas da cúrcuma

Os rizomas foram secos em estufa com circulação de ar forçada à 60ºC durante 72 horas. Em seguida foram moídos em um liquidificador industrial até obter um pó uniforme e peneirados em peneira doméstica de metal para padronização da granulometria.

Obtenção de extratos dos rizomas da cúrcuma

O extrato de açafrão foi obtido em extrator Soxhlet com amostras individuais em cartucho de celulose utilizando n-hexano e etanol como solvente. A temperatura do sistema foi ajustada de acordo com a ebulição do solvente mantendo um gotejamento constante sobre a amostra. O tempo de extração foi de aproximadamente 6 horas para cada solvente. Após

a extração, o solvente foi removido em evaporador rotativo sob vácuo a 50ºC até massa constante. A massa de extrato seco foi obtida por diferença em relação ao balão vazio.

Caracterização dos extratos de cúrcuma

A determinação dos compostos fenólicos foi realizada de acordo com o método *Folin Ciocalteu* de acordo com Bucic-Kojic et al., (2007) e a capacidade de sequestro do radical DPPH, foi realizada pela metodologia proposta por Rufino et al (2007).

Elaboração da manteiga

O creme de leite pasteurizado com um teor de gordura entre 48%, foi batido em processador até formar aglomerados e liberar o leitelho. O leitelho foi removido e foi realizada a lavagem da manteiga com água gelada, até eliminar a maior parte do leitelho. Posteriormente, a massa gordurosa foi adicionada em um tigela de aço inox e realizada a etapa de malaxagem até a completa uniformização dos glóbulos de gordura. Em seguida, foi realizada a incorporação do cloreto de sódio na proporção 2% (m/m). A massa total de manteiga foi fracionada em seis partes iguais representando as diferentes formulações: (I) controle (sem aditivos), (II e III) com a adição de extrato obtido com etanol (0,01 e 0,05% m/m), (IV e V) com adição de extrato obtido com n-hexano (0,01 e 0,05% m/m) e (VI) formulação com BHT na concentração de 200 ppm. As massas dos extratos foram medidas sobre uma pequena porção de manteiga, sendo esta posteriormente transferida para o restante da massa de manteiga e homogeneizado até obter uma mistura homogênea.

Teste acelerado para avaliação da estabilidade oxidativa da manteiga

Porções de aproximadamente 30 g manteiga foram dispostas em béquer de vidro abertos de 100 mL e incubados a 60ºC em estufa com circulação e renovação de ar, na ausência de luz, por 40 dias. A cada dez dias, uma amostra de cada formulação foi retirada da estufa e determinado o índice de peróxido usando o método titulométrico 326/IV do IAL (2008).

Análise estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata, sendo os resultados expressos como a média ± intervalo de confiança calculado pelo teste t para 95% de confiabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Secagem e obtenção dos extratos secos de cúrcuma

O rizoma *in natur*a apresentou umidade de 80,7% (m/m), estando esta semelhante a ao trabalho publicado por Vilela, (2008) que obteve umidade de 80,23% para a cúrcuma. O rendimento dos extratos foi de 17,34 e 7,70% (m/m) para o extrato em etanol e n-hexano, respectivamente. Camatari (2017) em sua pesquisa sobre avaliação da capacidade antioxidante de extrato de cúrcuma longa obteve um rendimento de 15,95% para os extratos com n-hexano e metanol, de 6,00% para os extratos hexânico, 9,95% para o extratometanólioco, 15,65% para o extrato etanólico e 20,36% para o extrato metanólico. Segundo Braga et al. (2003) ao comparar o rendimento, composição, atividade antioxidante de extratos de cúrcuma obtido através de várias técnicas observou que o melhor rendimento foi em extrator Soxhlet usando etanol como solvente, o qual obteve 27% em massa.

A diferença de rendimento entre os extratos de etanol (17,34%) e n-hexano (7,70%) se deve a composição da matéria prima. Em virtude dos pigmentos (curcuminóides) serem predominantes e não serem voláteis devido à alta polaridade, eles são preferencialmente extraídos por etanol, logo obtemos maior rendimento. Já a fração menos abundante representada por terpenos e sesquiterpenos, é mais volátil e menos polar, sendo desta forma extraída preferencialmente com n-hexano, logo apresenta rendimento menor. Isso também pode ser comprovado pela coloração dos extratos obtidos, sendo que a fração etanólica apresenta cor amarela muito intensa, enquanto que a fração hexânica tem coloração levemente amarela.

Compostos fenólicos e capacidade de sequestro do radical DPPH

Quanto ao teor de compostos fenólicos totais (Tabela 1), o extrato em etanol (196 ± 6 mg AG g^{-1}) e em n-hexano (20 ± 3 mg AG g^{-1}) apresentaram diferença significativa entre si. A elevada concentração de compostos fenólicos (19,6% de ácido gálico) para o extrato em etanol é característica do extrato alcoólico, visto que estes compostos são mais solúveis em etanol do que em n-hexano por terem em sua estrutura um ou mais grupos OH, que confere polaridade intermediária e a possibilidade de realizar ligações de hidrogênio.

Barankevicz, (2015) ao realizar a extração da cúrcuma em pó, o autor observou que quanto maior a concentração de etanol, maior foi a eficiência de extração dos compostos

fenólicos sendo que a agitação da mistura também influenciou o processo. Já Johnson et al (2008) ao determinarem o teor de compostos fenólicos em diferentes plantas medicinais, obtiveram para o extrato Cúrcuma em pó o valor de 17,23 mg AG g^{-1}.

Tabela 1- Capacidade de sequestro do radical DPPH (CSR DPPH) e compostos fenólicos das amostras analisadas. Resultados expressos como a média ± Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade.

Amostra	**Fenóis totais (mg AG g^{-1})**	**CSR DPPH (g de extrato/g DPPH)**
Extrato obtido com etanol	196 ± 6	0,95 ± 0,01
Extrato obtido com n-hexano	20 ± 3	18,70 ± 0,80
BHT	--	0,30 ± 0,01

Fonte: autoria própria (2023)

A capacidade de sequestro do radical DPPH para as três amostras analisadas apresentou diferença significativa, sendo que o extrato com etanol (0,95 g de extrato/g DPPH) apresentou capacidade antioxidante de um terço em relação ao BHT (0,30 g de extrato/g DPPH), mas dezoito vezes maior do que o extrato obtido em n-hexano (18,70 g de extrato/g DPPH).

Embora tanto o extrato obtido com etanol (0,95 g de extrato/g DPPH**)** como aquele obtido com n-hexano **(**18,70 g de extrato/g DPPH) apresentaram capacidade de sequestro do radical DPPH inferior ao antioxidante artificial BHT (0,304 g de extrato/g DPPH) é importante destacar que os extratos se tratam de um produto natural, sem procedimentos de purificação.

Estabilidade oxidativa da manteiga

A estabilidade oxidativa da manteiga sem e com diferentes aditivos, extratos de cúrcuma (obtidos com etanol e com n-hexano) e BHT foi avaliada por meio da medida do índice de peróxido em relação ao tempo de armazenamento da manteiga quando submetida a temperatura de 60ºC.

Os resultados mostram que desde o tempo inicial (data de elaboração das formulações e análise) o índice de peróxidos foi maior nas formulações com aditivos (Tabela 2).

Supostamente a incorporação do aditivo também levou a maior exposição da manteiga ao oxigênio, o que pode ter promovido a oxidação de lipídios desde o momento inicial.

Tabela 2 - Variação no índice de peróxido em função do tempo para as amostras de manteiga com diferentes aditivos submetidas à temperatura de 60ºC. Resultados expressos como a média ± intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade.

Tempo (dias)	**Índice de peróxido (mEq kg^{-1})**					
	Etanol 0,01%	Etanol 0,05%	Hexano 0,01%	Hexano 0,05%	BHT 200 ppm	Controle
0	0,9 ± 0,3	1,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,9 ± 0,3	0,7 ± 0,1	0,5 ± 0,1
10	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1	0,8 ± 0,1	1,1 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,1
20	1,2 ± 0,1	1, 8 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1, 8 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,2
30	2,9 ± 0,1	3,2 ± 0,3	3,0 ± 0,2	3,1 ± 0,3	1,1 ± 0,1	4,3 ± 0,1
40	3,1 ± 0,1	3,4 ± 0,2	6,9 ± 0,4	92,8 ± 0,4	1,3 ± 0,1	194,0 ± 2,4

Fonte: autoria própria (2023)

Foi observado um aumento constante do índice de peróxidos com o tempo até o quadragésimo dia, sendo que a formulação controle foi a que apresentou maior aumento deste parâmetro. As formulações com diferentes quantidades de extrato em n-hexano ou em etanol apresentaram valores estatisticamente iguais até o trigésimo dia, mostrando que entre elas houve a formação de peróxidos (oxidação de lipídios) na mesma proporção. Já nos últimos dez dias, houve uma diferenciação do teor de peróxidos para as formulações com diferentes concentrações de extrato obtido em n-hexano. Além disso, fica evidente que o extrato com maior atividade antioxidante (extrato obtido com etanol) teve maior influência na prevenção da oxidação lipídica, entretanto quando comparado o efeito das concentrações, a maior concentração teve menor efeito, o qual pode ser atribuído a substâncias ou íons presentes nesse extrato que possam promover ou catalisar a oxidação.

De maneira geral os extratos obtidos em n-hexano e em etanol, não foram tão eficientes quanto o BHT, o qual apresentou baixa formação de peróxido. Entretanto quando comparado com o controle é possível observar que os extratos preveniram de maneira significativa a oxidação dos lipídios da manteiga, principalmente o extrato em etanol, mostrando o potencial da aplicação da cúrcuma para este fim.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados é possível concluir que o rizoma da cúrcuma apresentou alto rendimento de matéria seca no processo de secagem. Além disso, foi possível obter o extrato seco em etanol e n-hexano com rendimento satisfatório para realizar aplicações em alimentos. Os extratos elaborados apresentaram alta concentração de compostos fenólicos e capacidade de sequestro do radical DPPH, sendo estes próximos a do antioxidante artificial BHT.

A aplicação dos extratos em manteiga apresentou viável quanto utilizados como substitutos de antioxidantes artificiais visto que preveniu de maneira significativa a oxidação lipídica a qual foi mensurada pelo índice de peróxidos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFFS pelo apoio.

REFERÊNCIAS

BARANKEVICZ, G. B. **Poder antioxidante da cúrcuma (Cúrcuma longa L.) nos parâmetros neuroquímicos em ratos induzidos a depressão**. 2015. 55 f. Tese (Mestrado Ciência e Tecnologia de Alimentos), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2015. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-12032015-152200/publico/Gizele_Bruna_Barankevicz_versao_revisada.pdf. Acessada em 10/10/2018.

BUCIĆ-KOJIĆ, Ana *et al*. Study of solid–liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. *Journal of Food Engineering*, v. 81, n. 1, p. 236-242, 2007.Disponível em:file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Studyofsolidliquidextractionkineticsoftotalpolyphenols.pdf. Acessado em: 20 out.2028.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução, RDC nº 2, de 15 de janeiro de 2007***.** Regulamento técnico sobre aditivos aromatizantes. Brasília, 15 janeiro [2005]. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2007/rdc0002_15_01_2007.html. Acesso em: 20/11/2018.

BRAGA, M. E. M.; LEAL, P. F.; CARVALHO, J. E.; M. MEIRELES, A. A. Comparison of yield, composition, and antioxidant activity of turmeric (Curcuma longa L.) extracts abtained using various techniques. *Journal Agricultural Food Chemistry*, Washington, v. 51, p. 6604-6611, 2003. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14558784/. Acessado em: 08/09/2018.

CAMATARI, F. O. dos S. **Determinação de curcuminoides e avaliação da capacidade antioxidante contra espécies reativas de oxigênio e nitrogênio de extratos de cucuma longa e constituintes isolados**. 2017. 149 f. Tese (Doutorado Química e Biotecnologia) - Universidade Federal de Alagoas. Maceio, 2017.Disponível em: https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/1803/1/Determina%C3%A7%C3%A3o%20de%20curcuminoides%20e%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20da%20capacidade%20ant

ioxidante%20contra%20esp%C3%A9cies%20reativas%20de%20oxig%C3%AAnio%20e%20nitrog%C3%AAnio%20de%20extratos%20de%20curcuma%20longa%20e%20constituintes%20isolados.pdf. Acessado em 10/08/2018.
CUSTÓDIO, H. N. **Estudo do processo de extração das frações volátil e fixa de oleorresina de cúrcuma (*Curcuma longa L.*)**. 2014. 63 f. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás. Goiás, 2014. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/71/o/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Henricson_2014.pdf. Acessado em: 20 out. 2018.
JOHNSON, C. E. *et al*. Comparative assement of total phenolic in selected medicinal plants. *Nigerian jounal of Natural Products and Medicine, Lle-Lfe***,** v.12, p.1-6, 2008.Disponível em:https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2812812/pdf/nihms147878.pdf. Acessado em: 20 out. 2018.
MACGIBBON, A. K. H.; TAYLOR, M. W. Composition and structure of bovine milk lipids**.** *In*: FOX, P. F.; McSweeney, P. L. H. Advanced dairy chemistry – lipids. *E ed. USA: Springer*. V.2,p. 1-42. 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1007/0-387-28813-9_1. Acessado em: 10 nov. 2018.
MIRANDA, C. A. S. F *et al.* Atividade antioxidante de óleos essenciais de folhas de diversas plantas *Revista Ciência Agronômica*. Ceará, Fortaleza v. 47, n. 1, p. 213-220, jan/mar, 2016**.**Disponívelem:https://www.scielo.br/j/rca/a/tgtFRN7Dxp8Hqt6JTgfjrsk/?format=pdf&lang=pt. Acessado em:20 nov. 2018.
RUFINO, M. S. M. *et al.* Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS•+, Comunicado Técnico 128-EMBRAPA; *EMBRAPA***:** Fortaleza, CE Brasil, P.1-4, 2007.Disponivel em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10225/1/Cot_128.pdf. Acessado em 15 nov. 2018.
VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa* L.) em diferentes cortes geométricos Drying of Curcuma longa L. *In* different shapes. *Ciência. Tecnologia. Alimentos.*Campinas, v.28, n.2 p.387-394, abr.-jun. 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cta/a/fS8yq9CdXNbRrFkp6DfmN8D/?format=pdf. Acessado em 20 out. 2018.

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE EXTRATOS DAS FOLHAS DE PITANGUEIRA (*Eugenia uniflora L.*) E AVALIAÇÃO NA PREVENÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Simone LEÔNCIO[1], Marcia Miss GOMES[1], Larissa Canhadas BERTAN[1], Luciano TORMEN[1]

Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Laranjeiras do Sul
Laranjeiras do Sul – Paraná - Brasil

E-mails: simoneh.leoncio@hotmail.com, marciamissgomes@gmail.com, larissa.bertan@uffs.edu.br, luciano.tormen@uffs.edu.br

Resumo: *Neste trabalho foram obtidos extratos da folha de pitanga, Eugenia uniflora L., com o intuito de avaliar a capacidade antioxidante e a prevenção da oxidação do ácido linoleico através da medida do teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico. Os resultados mostraram que a natureza do solvente influencia significativamente no rendimento do extrato, mostrando tendência de aumento no rendimento com aumento da polaridade do solvente, sendo o extrato em metanol com 28% de rendimento, seguido do extrato em etanol com 22%, e o menor rendimento foi obtido em n-hexano com 7%. O teor de compostos fenólicos variou na faixa de 118 - 25 mg AG/g de extrato, sendo o extrato em etanol que obteve maior teor de fenois. A capacidade antioxidante dos extratos apresentou alta correlação com o conteúdo de fenóis totais, apresentando variação de acordo com o solvente utilizado, sendo que a capacidade antioxidante dos extratos em etanol, acetona e metanol foi na mesma ordem de grandeza do antioxidante sintético BHT. Os extratos em etanol, metanol e acetona se destacaram na prevenção da oxidação do ácido linoleico mesmo quando aplicados na menor concentração (200 ppm), resultados na mesma ordem de grandeza daquele obtido com o antioxidante artificial BHT. O extrato obtido com n-hexano apenas apresentou efeito preventivo na oxidação do ácido linoleico quando aplicado na maior concentração, 1000 ppm. Os resultados mostram o potencial antioxidante das folhas de pitanga na redução da oxidação lipídica sendo mais uma alternativa paraindústria em substituição dos antioxidantes artificiais.*

Palavras-chave: *antioxidante; oxidação de lipídios; folha de pitanga; extratos.*

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por novos produtos à base de extratos oriundos de fontes naturais em substituição a corantes, conservantes e outros de origem artificial tem levado as pesquisas científicas a procura por princípios ativos inovadores, conduzindo a indústria buscar por plantas nativas. Dentre estas plantas nativas, encontramos a *Eugenia uniflora L.* que vem sendo estudada por ter perspectivas de exploração comercial, devido múltiplos usos para a indústria alimentícia, cosméticos e farmacêutica com aplicação na medicina popular.

A peroxidação lipídica é a principal causa de deterioração dos ácidos graxos presente em alimentos, é a precursora de desenvolvimento de gosto e aroma desagradável, resultando na depreciação e/ou rejeição por parte dos consumidores. A autoxidação dos lipídios está fortemente associada a reação com oxigênio, sendo conhecido como o principal mecanismo de oxidação dos óleos e gorduras.

Pare se evitar o processo oxidativo em alimentos faz se o uso de antioxidantes químicos, os quais retardam a velocidade e impedem as reações que causam alteração oxidativa no alimento. Atualmente, os antioxidantes sintéticos são largamente utilizados na indústria de alimentos por promover o aumento da vida de prateleira dos produtos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Pitanga, *Eugenia uniflora L*

A arbórea *Eugenia uniflora L.* é uma espécie conhecida popularmente como pitangueira, pertence ao gênero *Eugenia* e da família Myrtaceae, que possui mais de 500 espécies nativas que crescem naturalmente em regiões subtropicais, das quais cerca de 400 se encontram no Brasil e na América Latina (CORADIN, 2011). Seus frutos e folhas, apresentam elevada presença de compostos como flavonóides, taninos, curzerenos, dentre outros, sendo que os taninos e flavonóides são conhecidos como polifenóis, que possuem atividade antioxidante comprovada, são solúveis em água e em solventes orgânicos polares, além de conferirem a adstringência a muitos frutos e plantas (RODRIGUES *et al*., 2010).

Os extratos da folha da eugenia uniflora L. tem demonstrado ser eficientes no tratamento de diabetes e obesidade, pois age na inibição da digestão de açucares e gorduras, reduzindo a absorção gastrointestinal destes nutrientes (ALMEIDA *et al*., 2012). O extrato hidroalcoólico das folhas exibiu ação antimicrobiana sobre Staphylococcus aureus, Echechiria coli, Candida krusei, C. parapsilosise C. tropicali, além de ter demonstrado atividade antioxidante (DINIZ, 2013).

De acordo com Ministário da Saúde e Anvisa (2015), os principais constituintes químicos encontrados nas folhas da pitanga foram os taninos, flavonóides e óleo volátil. Estes apresentam atividade antioxidante atribuída principalmente a presença de compostos

da família dos polifenóis. Os polifenóis mais comuns são os tocoferóis e flavonóides, relacionados a estes estão as cumarinas, os derivados do ácido cinâmico, as chalconas, os diterpenos fenólicos e ácidos fenólicos.

Oxidação de lipídios

Os lipídios são formados por uma mistura de mono, di e triacilgliceróis, ácidos graxos livres, glicolipídios, fosfolipídios, esteróis e outras substâncias. Grande parte destas substâncias é oxidável em diferentes graus, de maneira que as estruturas mais susceptíveis ao processo oxidativo são os ácidos graxos insaturados (RAMALHO; JORGE, 2006).

A oxidação de lipídios insaturados é iniciada a partir da insaturação das cadeias na presença de oxigênio, sendo uma reação de radicais livres em cadeia. A velocidade da oxidação de lipídios está relacionada ao grau de instauração do ácido graxo, presença de pró e antioxidantes, condições de armazenamento, como temperatura, umidade, oxigênio e luz (REIS, 2013).

A autoxidação dos lipídios está fortemente associada a reação com oxigênio, sendo conhecido como o principal mecanismo de oxidação dos óleos e gorduras, causando a degradação dos alimentos e alterando as suas características sensoriais durante o processamento e armazenamento (TAKEMOTO *et al*., 2009).

Uma das formas de se evitar oxidação de óleos e gorduras são os antioxidantes, artificiais ou naturais que atuam eliminando ou diminuindo os radicais livres ou agindo como agentes redutores. No Brasil, as legislações vigentes permitem a adição em óleos e gorduras de BHA e TBHQ, BHT, galatos de propila, dodecila e octila (TAKEMOTO *et al.*, 2009).

METODOLOGIA

Coleta, secagem e moagem das folhas de pitangueira

As folhas da pitangueira, da espécie arbórea *Eugenia uniflora L.*, foram colhidas no mês de junho, em uma propriedade rural do município de Laranjeiras do Sul- PR. As folhas foram selecionadas e descartadas as que apresentavam defeitos, foram sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio, 10 mL L^{-1} por 15 min, imersas em água destilada para o enxágue (repetido três vezes) e removida a água por drenagem.

As folhas foram secas em estufa com circulação forçada de ar à 60ºC até massa constante e trituradas em moinho de facas, até obter um material uniforme, sendo utilizadas somente as partículas menores do que 20 mesh, as quais foram armazenadas em vidro âmbar, na temperatura ambiente e estocadas em local escuro.

Obtenção de extratos secos de folhas da pitangueira

O extrato da folha de pitanga foi obtido com extrator Soxhlet utilizando como solventes etanol, metanol, n-hexano e acetona individualmente e com amostra independente de material vegetal. A temperatura do sistema foi ajustada de acordo com a temperatura de ebulição de cada solvente para manter o gotejamento constante dos solventes durante a extração. O tempo de extração foi de aproximadamente 8 horas. Após a extração, o solvente de cada extrato foi removido em evaporador rotativo sob vácuo a 50ºC até massa constante.

Caracterização dos extratos

A determinação dos compostos fenólicos foi realizada de acordo com o método *Folin Ciocalteu* de acordo com Bucic-Kojic *et al.,* (2007). A concentração de fenóis foi expressa em mg de ácido gálico (AG) por grama de extrato.

A determinação da capacidade de redução do íon férrico seguiu o método descrito por Rufino *et al.,* (2006). O potencial antioxidante foi expresso em equivalente de padrão Trolox (grama) por grama de extrato.

A determinação da capacidade de sequestro do radical DPPH, foi realizada pela metodologia proposta por Rufino *et al.,* (2007). A capacidade de sequestro do radical DPPH foi expressa como sendo a massa em grama g de extrato/g de DPPH.

Avaliação da oxidação do ácido linoleico pela medida de TBAR´s

A avaliação da oxidação lipídica do ácido linoleico foi realizada através da medida das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, TBAR´s, utilizando a metodologia utilizada por Santos (2009).

Foram preparadas soluções dos extratos da folha da pitanga dissolvidos em etanol nas concentrações de 1000 e 5000 ppm, e do antioxidante artificial BHT com concentração de 1000 ppm em etanol, além de uma solução controle apenas com etanol. Foi transferido

para tubo de ensaio de vidro 0,8 mL da emulsão de ácido linoleico (1% de ácido linoleico e 1% de Tween 40 em água destilada) e 0,2 mL da solução de extrato, sendo o mesmo realizado para formulação controle e com BHT. As misturas foram homogeneizadas durante1 minuto em vortex e incubados em estufa com circulação de ar forçado a 50°C por 24 horas e posteriormente foi medida a quantidade de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico produzidas, sendo o resultado expresso em mmol de malonaldeído.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos extratos da folha da pitangueira

Na Tabela 1 são mostrados os resultados de rendimento, teor de fenóis totais, todos os resultados (exceção do rendimento) são mostrados como sendo a média (n = 3) ± intervalo de confiança para 95% de confiabilidade.

Tabela 1 - Rendimento e teor de compostos fenólicos totais, em diferentes extratos de pitanga.

Tipo do extrato	Rendimento do extrato em porcentagem (m/m)	Fenóis totais (mg AG/g)
Obtido com etanol	22	154 ± 9
Obtido com n-hexano	7	25 ± 1
Obtido com metanol	28	118 ± 7
Obtido com acetona	12	114 ± 4

Fonte: autoria própria (2023)

Quando se trata de processos industriais o rendimento do material obtido apresenta grande relevância, uma vez que o processo está relacionado a custos e viabilidade econômica. Na análise dos dados da Tabela 1, observamos que cada solvente proporcionou um rendimento diferente de extrato, essas diferenças de rendimento estão diretamente relacionadas com a polaridades dos solventes e as características químicas da amostra. Os resultados mostram que os compostos presentes nas folhas da *Eugenia uniflora L.*, tem maior afinidade com solventes polares, e consequentemente estes solventes permitem obter maior rendimento. Estes resultados podem ser diretamente relacionados com a composição das folhas de pitanga, mostrando que nelas predominam compostos de polaridade intermediária, semelhante a do metanol e etanol, e que compostos de baixa polaridade, semelhantes a

acetona são menos abundantes, e os apolares, semelhantes ao n-hexano têm abundância ainda menor.

Quanto a presença de fenóis, o extrato que apresentou maior teor foi aquele obtido com etanol, com 154 ± 9 mg AG g^{-1}, seguido dos extratos obtidos com metanol e acetona, que apresentaram valores bem próximos, 118 ± 7 e 114 ± 4 mg AG g^{-1}, respectivamente. No entanto, o extrato obtido com n-hexano apresentou 25 ± 1 mg AG g^{-1}, sendo o n-hexano o solvente que menos extraiu fenóis das folhas de pitanga.

Comparando os resultados podemos afirmar que nas amostras existem fenóis com estruturas muito variadas, desde os mais polares até os menos polares. Os resultados obtidos evidenciam que a maioria dos compostos fenólicos presentes têm caráter polar, visto isto também no estudo de Diniz (2013). Portanto nota-se que a variação na concentração de fenóis nos extratos está diretamente relacionada com a estrutura dos compostos fenólicos presentes na amostra, que são extraídos de acordo com a afinidade com o solvente.

Na Tabela 2 são mostrados os resultados para capacidade antioxidante medida pelo método fundamentado no sequestro do radical DPPH (CSR DPPH) e na capacidade de redução do íon ferro (FRAP). Todos os resultados são mostrados como sendo a média (n = 3) ± intervalo de confiança para 95% de confiabilidade.

Tabela 2 - Capacidade de sequestro do radical DPPH (CSR DPPH) e capacidade de redução do íon férrico (FRAP) em diferentes extratos de pitanga.

Extrato	**CSR DPPH (g de extrato/g de DPPH)**	**FRAP (g de Trolox/ g de extrato)**
Extrato obtido com etanol	0,61 ± 0,03	0,60 ± 0,03
Extrato obtido com n-hexano	2,45 ± 0,08	0,18 ± 0,00
Extrato obtido com metanol	0,46 ± 0,02	0,61 ± 0,04
Extrato obtido com acetona	0,73 ± 0,03	0,36 ± 0,01
BHT	0,31 ± 0,01	0,82 ± 0,05

Fonte: autoria própria (2023)

Os resultados mostram que os extratos com maior conteúdo de compostos fenólicos (Tabela 1), também apresentaram maior atividade antioxidante, independentemente do método utilizado. Os dois métodos forneceram resultados que se correlacionam. Para o método fundamentado no radical DPPH, quanto menor o valor na Tabela 2, maior é a

capacidade de sequestro deste radical, enquanto que em relação a redução do íon ferro (método FRAP) quando maior o valor na Tabela 2, maior é a capacidade antioxidante.

Os valores da capacidade antioxidante entre os ensaios do radical DPPH e FRAP não apresentaram diferenças significativas entre os solventes com exceção do extrato em n-hexano, o qual apresenta baixa capacidade antioxidante. Essa observação com relação ao n-hexano era esperada visto que este é um solvente apolar e que extrai compostos apolares como terpenos e sesquiterpenos, os quais tem baixa atividade antioxidante e comparados a compostos de polaridade intermediária que são extraídos com solventes como acetona etanol e metanol.

Outro aspecto que deve ser destacado é a capacidade antioxidante destes extratos comparado a algum antioxidante artificial. Neste trabalho foi obtido 0,82 ± 0,05g deTrolox/g de BHT e 0,31 ± 0,01 g de BHT/g de DPPH para a capacidade antioxidante do BHT pelo método FRAP e DPPH respectivamente. Estes resultados mostram que a capacidade antioxidante do BHT é maior do que a dos extratos obtidos, mas está na mesmaordem de grandeza, mostrando que os extratos têm viabilidade como antioxidantes naturais,mesmo que não sejam purificados e sejam uma mistura de diferentes compostos.

Avaliação do potencial antioxidante do extrato de folha da *Eugenia Uniflora L.* contra a oxidação do ácido linoleico

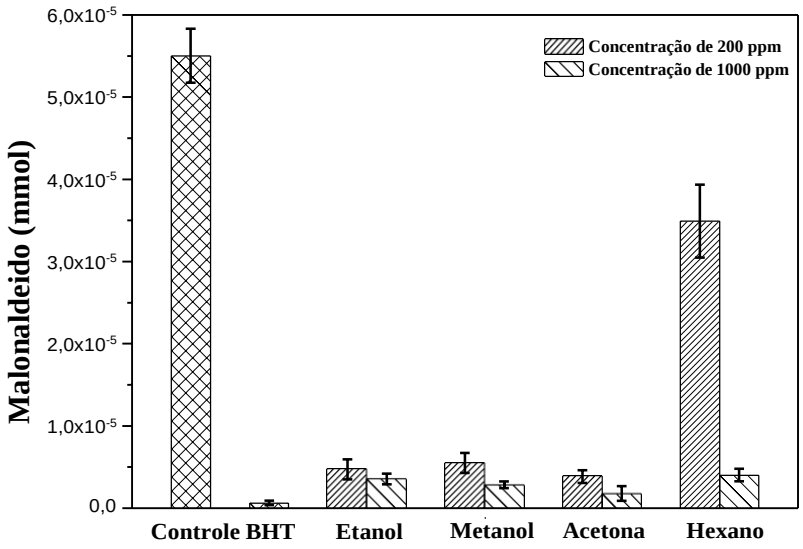
A determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico se baseia na quantificação do principal aldeído formado durante a oxidação dos ácidos graxos e outros compostos carbonílicos, o malonaldeído (MDA), que reage com o ácido tiobarbitúrico formando um composto de coloração rosa, que pode ser determinado espectrofotometricamente (PIRES, 2014).

Na Figura 1 é mostrado como oscilou a quantidade de TBARs (expressa sob a forma de malonaldeído) formada na oxidação do ácido linoleico quando exposto aos extratos, sem extrato (controle) e com BHT.

Os resultados mostraram que independente da concentração do extrato, todos reduziram a oxidação do ácido linoleico em relação a formulação controle, principalmente os extratos em etanol, acetona e metanol, os quais já mostraram elevado teor de fenóis e alta capacidade antioxidante. Entretanto, o BHT foi que apresentou melhor resultado, ou seja,

menor quantidade de malonaldeído formado, o que já era esperado, pois apresentou maior capacidade antioxidante.

Figura 1- Quantidade de malonaldeído (mmol) formado a partir do ácido linoleico após incubação com diferentes extratos.



Fonte: autoria própria (2023)

Outro aspecto a ser destacado é que para os extratos em metanol, etanol e acetona não houve grande diferença nos resultados quando comparadas as duas concentrações, mas para o extrato obtido com n-hexano houve grande diferença, sendo que na maior concentração formou menor quantidade de malonaldeido (quantidade próxima a dos outros extratos). Os resultados mostram que ocorreu inibição significativa da oxidação lipídica, mostrando efeito antioxidante efetivo dos extratos.

Com relação a este trabalho vale destacar que os extratos obtidos, que são misturas de muitas substâncias, possivelmente algumas sem atividade antioxidante, apresentou efeito semelhante ao BHT (usados em concentrações semelhantes) que é uma substância pura, usada intensivamente pela indústria alimentícia como antioxidante. Isso mostra que extratos naturais tem grande potencial para uso em alimentos substituindo ou reduzindo a quantidade de antioxidantes artificiais. Entretanto segundo a Instrução Normativa n° 51 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2006), somente os antioxidantes sintéticos tem limites para seu uso nos produtos alimentícios, já para os antioxidantes naturais não há uma legislação vigente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos para o rendimento e atividade antioxidante e compostos fenólicos nos extratos estão diretamente relacionados entre si e com o solvente utilizado. Os extratos em metanol e etanol, foram os que apresentaram maior atividade antioxidante, sendo que os extratos em metanol, acetona e etanol retardaram de maneira semelhante a oxidação do ácido linoleico independente da concentração. Já o extrato em n-hexano apresentou menor teor de compostos fenólicos, menor capacidade antioxidante e apenas mostrou ser efetivo na prevenção da oxidação do ácido linoleico na maior concentração testada (1000 ppm). Tendo em vista a preocupação atual com efeitos adversos que os antioxidantes sintéticos podem causar ao organismo, observa-se que os extratos de folha de pitanga apresentaram resultados relevantes reduzindo grande parte da deterioração oxidativa, além de poder ser utilizado como suplemento alimentar pela indústria de alimentícia e farmacêutica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFFS pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. J.; FARIA, M. V.; SILVA, P. R. Biologia experimental em Pitangueira: uma revisão de cinco décadas de publicações científicas**.** *Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*. Guarapuava (PR), v.8 n.1, p. 177-193, jan./abr. 2012. Disponível em: https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/viewFile/1326/1744. Acessada em:10 ago.2019.

BRASIL. Ministro de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa MAPA nº 51 de 29/12/2006***.** Regulamento Técnico de Atribuição de Aditivos, e seus Limites das Categorias de Alimentos que especifica. Brasília 04 janeiro[2007]. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-51-2006_76049.html#:~:text=Adota%20o%20Regulamento%20T%C3%A9cnico%20de,que%20lhe%20confere%20o%20art.Acessado em: 10 out. 2019.

BUCIĆ-KOJIĆ, Ana *et al*. Study of solid–liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. *Journal of Food Engineering*, v. 81, n. 1, p. 236-242, 2007.Disponível em:file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Studyofsolidliquidextractionkineticsoftotalpolyphenols.pdf. Acessado em: 20 out.2019.

DINIZ, T. T. G. **Obtenção de extratos de folhas de pitanga (Eugenia uniflora L.) e de alecrim pimenta (Lippia sidoides Cham.) por extração sequencial em leito fixo usando CO_2 supercrítico, etanol e água.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual de campinas – Campinas, 2013.Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/Acervo/Detalhe/912602. Acessada em: 10 ago. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE e ANVISA. **Monografia da espécie *Eugenia uniflora* L. (pitangueira),** Brasília, 2015.Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/acesso-a-informacao/participacaosocial/consultaspublicas/2017/arquivos/MonografiaEugeniauniflora.pdf. Acessada em: 20 ago. 2019.

PIRES, M. A. **Avaliação da capacidade antioxidante de extratos comerciais de alecrim e chá verde e sua influência na estabilidade de hambúrguer de frango durante armazenamento congelado**. Dissertação (Mestrado Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos Ciência da engenharia de Alimentos) -Universidade Federal de São Paulo. Pirassununga, 2014.Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74132/tde-06102014-110832/pt-br.php. Acessado em 28 out.2019.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos**.** *Química Nova*. v. 29, n.4, 2006.Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/7QPFMbDGVjFgdBGNsCCvhpm/?format=pdf&lang=en. Acessado em20 ago.2019.

REIS, R. C. **Influência da dieta, do uso de antioxidantes e da conservação por congelamento na oxidação lipídica da carne bovina**. Pós graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás /Goiânia - Setembro, 2013.Disponivel em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/2013_Renata_Cunha_Seminario2corrig.pdf. Acessado em: 20 ago.2019.

RUFINO, M. S. M. *et al.* Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS•+, Comunicado Técnico 128-EMBRAPA*; EMBRAPA*: Fortaleza, CE Brasil, P.1-4, 2007.Disponivel em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10225/1/Cot_128.pdf. Acessado em 15 nov. 2018.

SANTOS, R. D.; MIGLIORANZA, L. H. S. **Compostos fenólicos de ervas *Lamiaceae* na estabilidade oxidativa da manteiga e avaliação da toxicidade de extrato de alecrim (*Rosemarinus officinalis* L.).** Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2009. Disponível em: https://ri.uepg.br/riuepg/bitstream/handle/123456789/856/TESE_RenataDinniesSantos.pdf?sequence=1. Acessado em 10 out.2019.

TAKEMOTO, E.; FILHO, J. T.; GODOY, H. T. validação de metodologia para a determinação simultânea dos antioxidantes sintéticos em óleos vegetais, margarinas e gorduras hidrogenadas por clae/uv**.** *Química Nova*. V. 32, n.5, p. 1-6, 2009.Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/ggcFGQYkDWFTWYRqDKhCYXx/?format=pdf&lang=pt. Acessado em: 10 out.2019.

AVALIAÇÃO DO PROVÁVEL COMPORTAMENTO CAÓTICO EM MÁQUINAS VIBRACIONAIS PARA SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ENERGIA

Kamily Fulber BASSEIO[1], Luiz Felipe Cassimano dos SANTOS[1], Luiza Morsche ROMANI[1], Marlon ABATI[1], Vinícius Franzen RAMILO[1], Douglas da Costa FERREIRA[1]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: kamilyfulber@alunos.utfpr.edu.br, luizfelipesantos@alunos.utfpr.edu.br, luizamorsche@alunos.utfpr.edu.br, marlonabati@alunos.utfpr.edu.br, viniciusramilo@alunos.utfpr.edu.br, douglasferreira@utfpr.edu.br

Resumo: *Existem diversas fontes para realizar captação de energia elétrica, tais como a energia solar, do vento, da diferença de temperatura, de ondas de rádio frequência e da vibração. O estudo de sistemas de captação de energia não é algo novo. Especificamente dos sistemas vibratórios, existem estudos para melhoria de eficiência com indução à ressonância, sistemas multifrequência, materiais que aumentam a vibração, entre outros. Esse trabalho de pesquisa busca identificar um provável comportamento caótico na região limítrofe das frequências de ressonância em sistemas de captação de energia de vibração, para em estudos futuros, induzir esse comportamento com o objetivo do aumento da eficiência desses sistemas.*

Palavras-chave: *Captação de energia; Sistemas caóticos; Piezoelétrico; Máquinas vibratórias.*

INTRODUÇÃO

A captação de energia é caracterizada por pequenas fontes de energia que são convertidas em energia elétrica. Nesse campo de pesquisa é buscado meios de converter essas pequenas fontes e melhorar sua eficiência para que se tornem economicamente viáveis e um dia possam ser utilizadas como fontes eficientes e sustentáveis de energia elétrica (BLAKERS, 2015). O campo de estudo de sistemas de captação de energia é vasto, sendo que existem estudos de energia luminosa, que não utilizam apenas o sol, mas qualquer meio

de emissão de fótons, até mesmo de insetos e plantas (MIRERSHADI; AHMADI-KANDJANI, 2015). Outro meio é o eólico, que não se baseia nas grandes massas de ar que são utilizadas nas usinas eólicas tradicionais, mas qualquer forma de energia de massas de ar se movimentando (SIROHI; MAHADIK, 2011). Como pode ser observado nesses exemplos, o estudo da captação de energia estuda o aprimoramento e melhoria da eficiência de conversão de pequenas porções de energia em energia elétrica (BLAKERS, 2015).

A captação de energia elétrica por meio de placas piezoelétricas tem se mostrado uma área de pesquisa em constante evolução, com diversas aplicações em máquinas e sistemas industriais que possuem movimento vibratório (ESALAT; SHOOSHTARI; KARAMI, 2022). O efeito piezoelétrico foi primeiramente citado pelos irmãos Curie e Curie (1881), através de um experimento mostrando que alguns cristais quando submetidos a tensão mecânica conduzem eletricidade (ODETOYAN; EDE, 2021). Dentre as possíveis fontes de vibração, incluem-se motores, turbinas, pontes e até mesmo o tráfego de veículos.

Neste contexto, vê-se que o movimento vibratório está presente no cotidiano, de diferentes formas, até mesmo em eletrodomésticos como máquina de lavar são uma fonte de vibração com grande potencial para captação de energia elétrica (CHEN; WANG, 2017). Por mais que a energia com potencial de ser captada seja baixa, ela é suficiente para dispositivos que requerem pouca potência, como sensores, implantes médicos e dispositivos portáteis que são alimentados por baterias, pois, assim, não há necessidade de substituição regular dessas baterias (REZAEI et al., 2023). Os instrumentos para realizar a transdução de vibração em energia elétrica podem ser sistemas piezoelétricos, eletromagnéticos ou híbridos, ou seja, que captam energia da vibração e de outras fontes junto com a vibração, buscando aumentar a eficiência global do sistema. Entre os diversos trabalhos sobre sistemas híbridos existem aqueles relacionando a vibração e o efeito eletromagnético do corpo se movimentando pelo efeito da vibração (IQBAL; KHAN, 2018; OWENS; MANN, 2012; WANG et al., 2007). Também existem trabalhos de sistemas híbridos de captação de energia de vibração, solar e térmica (GAMBIER et al., 2012).

Ainda existe um enorme campo de estudo sobre o aumento de eficiência da captação de energia elétrica com uso de pastilhas piezoelétricas. Essa busca leva a estudos na melhoria

dos materiais piezoelétricos (DRAGOMAN; ALDRIGO, 2016; LEFEUVRE et al., 2009), outros trabalhos buscam reduzir as perdas nos sistemas de transdução da energia mecânica em elétrica (BOUSSETTA et al., 2010), mas a maioria dos trabalhos de aumento de eficiência é concentrado no aproveitamento do efeito da ressonância, seja para dispositivos que permitem regulagem para ajustar as frequências de ressonância (CHALLA et al., 2008) outros que possuem diferentes frequências de ressonância (SECORD; MAZUMDAR; ASADA, 2010) e destaca-se o aumento da eficiência com uso de controladores (ÇIMEN, 2010; DI MONACO et al., 2013).

Especificamente sobre controladores envolvendo sistemas de captação de energia, existem muitos trabalhos que estudam o comportamento caótico (CHAVARETTE, 2012, 2013), no entanto, esses trabalhos se concentram na redução ou eliminação do comportamento caótico (GUO, 2008; TUSSET; BALTHAZAR; FELIX, 2013).

Sistemas dinâmicos não-lineares com pelo menos três dimensões de estado podem ser considerados caóticos se pequenas modificações nas condições iniciais resultarem em efeitos significativos no comportamento (KUMAR; GUPTA; ALI, 2019; TAN et al., 2021; TELLES RIBEIRO et al., 2022). Esses sistemas podem ser caracterizados pela presença de atratores estranhos (KUMAR; GUPTA; ALI, 2019) que foram inicialmente observados por Lorenz (DOROSHIN, 2011; SPROTT, 2014) e mensurados em um sistema dinâmico não-linear por meio dos Expoentes de Lyapunov (DANCA; KUZNETSOV, 2018).

Apesar de Edward Norton Lorenz ser reconhecido pelos estudos do caos com a publicação do seu trabalho intitulado "*Deterministic nonperiodic flow*" de 1963, muito antes dele, em 1893, o estudioso Russo Aleksandr Mikhailovich Lyapunov publicou o trabalho "Sobre a forma de uma curva que satisfaz uma certa condição" e introduziu o conceito de estabilidade de sistemas por meio dos expoentes de Lyapunov, sendo que Lorentz estabeleceu o conceito de sistemas caóticos utilizando os expoentes de Lyapunov para determinar que um sistema dinâmico não-linear, com pelo menos três dimensões de estado, pode ser considerado caótico se os expoentes de Lyapunov forem positivos. A grande evolução dos estudos relacionais ao caos se deu após 1985, onde Alan Wolf estabeleceu um algoritmo para determinar os expoentes de Lyapunov em seu trabalho "*Determining*

Lyapunov exponents from a time series", que é a base do estudo de sistemas dinâmicos caóticos até os dias de hoje (FIEDLER-FERRARA; PRADO, 1994).

Com esse intuito, esse trabalho de pesquisa busca avaliar sistemas de captação de energia de vibração em energia elétrica. O foco do estudo é identificar o provável comportamento caótico dos sistemas vibratórios, para em estudos futuros determinar os expoentes de Lyapunov dos resultados do experimento e caracterizar o comportamento caótico. Depois disso, a continuação do trabalho será utilizar controladores matriciais lineares (*Linear Matrix Inequalities* - LMI) para manter o comportamento caótico ao longo do tempo de vibração. Nesse estudo preliminar, o objetivo é identificar o provável comportamento caótico que ocorre próximo às zonas de ressonância do sistema vibratório.

METODOLOGIA

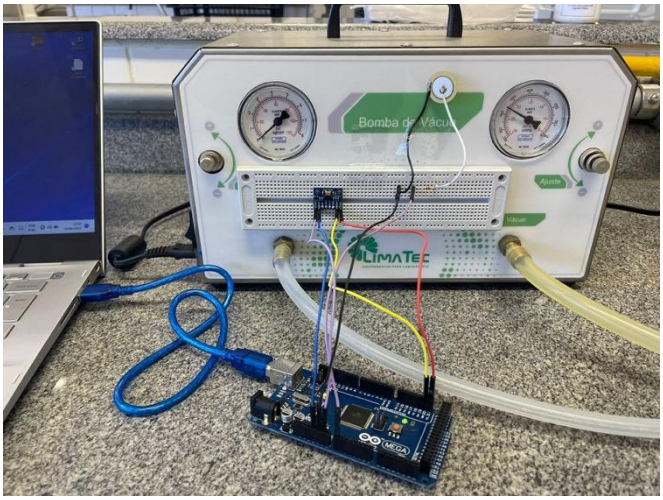
O experimento foi conduzido com a utilização de placas de Titanato Zirconato de Chumbo (PZT) de 20 mm de diâmetro com tensão máxima de 30 volts e terminações positivas e negativas. A medição das vibrações foi realizada por meio de um acelerômetro triaxial ADXL 345 que possui acuracidade de $\pm$16g com resolução de 4 mg/LSB (LSB: *Least Significant Bit* – menor unidade de medida que pode ser lida pelo sensor) e capacidade de medição de inclinação de menos de 1º e com saída digital de 16 bits, conforme figura 01.

Figura 1 – Pastilha piezoelétrica PZT de 20 mm e acelerômetro ADXL 345 utilizados no experimento

Fonte: Autoria própria (2023)

Para estabelecer a conexão entre os componentes, o pino de sinal da pastilha piezoelétrica foi conectado a um pino analógico do Arduino, enquanto o outro pino da pastilha foi aterrado (GND) no Arduino. Para proteger o pino analógico do Arduino e minimizar o ruído na leitura do sinal, um resistor de 10 kohms foi conectado em série com a pastilha piezoelétrica. O programa desenvolvido para o Arduino foi configurado para efetuar leituras a intervalos regulares de 0,001 segundos (1 milissegundo). A pastilha PZT e o acelerômetro foram instalados em uma bomba à vácuo, conforme mostra a figura 03. A bomba à vácuo é a fonte de vibração que irá excitar a pastilha piezoelétrica e o acelerômetro, dessa maneira, sendo a fonte de energia mecânica.

Figura 3 – Montagem da pastilha PZT e do acelerômetro na bomba à vácuo

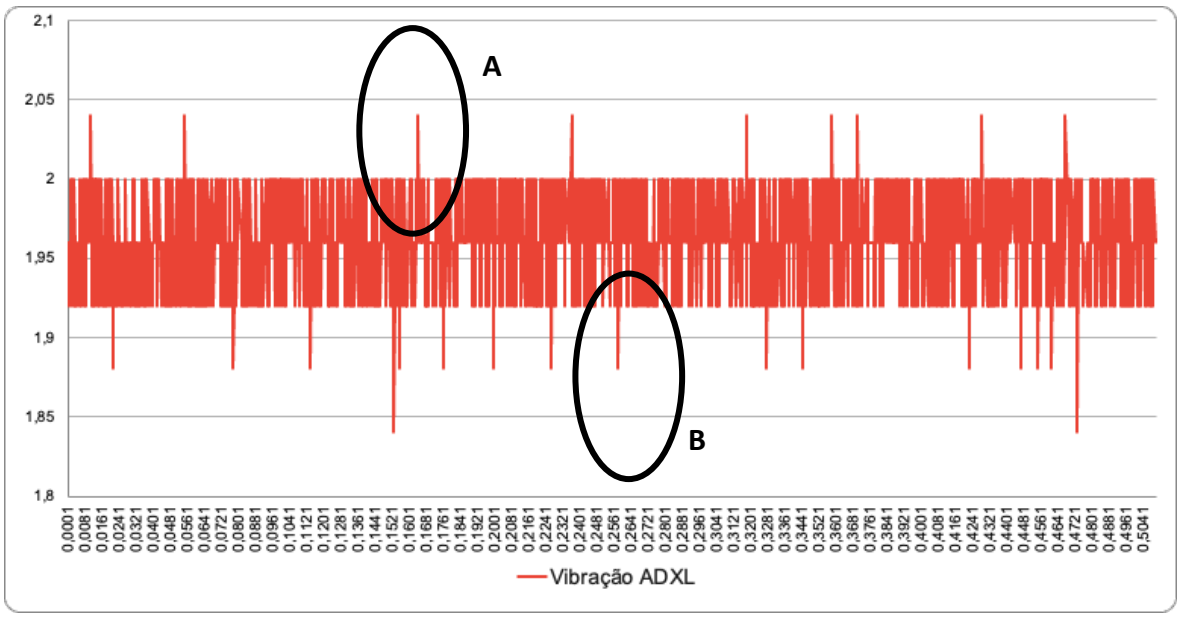


Fonte: Autoria própria (2023)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletadas 5103 amostras de dados de captação de energia em volts com a pastilha PZT e a mesma quantidade de dados de deslocamento com o acelerômetro ADXL 345. O gráfico com os resultados mostrados na figura 04 são do acelerômetro ADXL 345. Os picos de vibração, onde estão indicados, como exemplo, as áreas A e B, podem indicar que a vibração do sistema entrou em ressonância com o conjunto no qual está acoplado o acelerômetro ADXL 345 e o protoboard no qual está fixado.

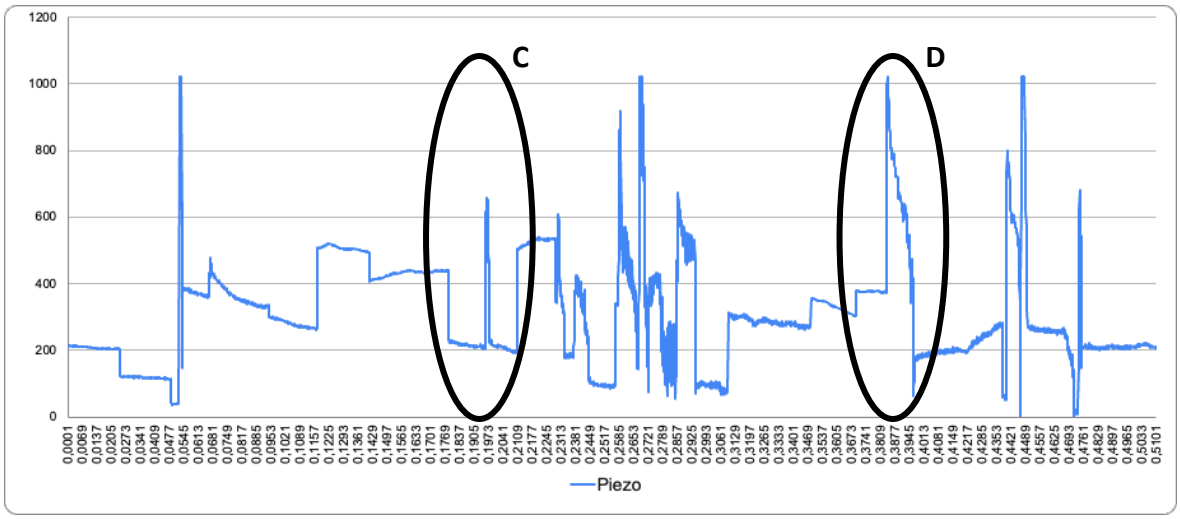
Figura 4 –Vibração com acelerômetro ADXL 345 e os picos de vibração



Fonte: Autoria própria (2023)

Ao analisar o gráfico da captação de energia com a pastilha PZT tem-se o gráfico mostrado na figura 05. Neste gráfico é possível observar os picos de captação de energia, como exemplificado pelas áreas C e D.

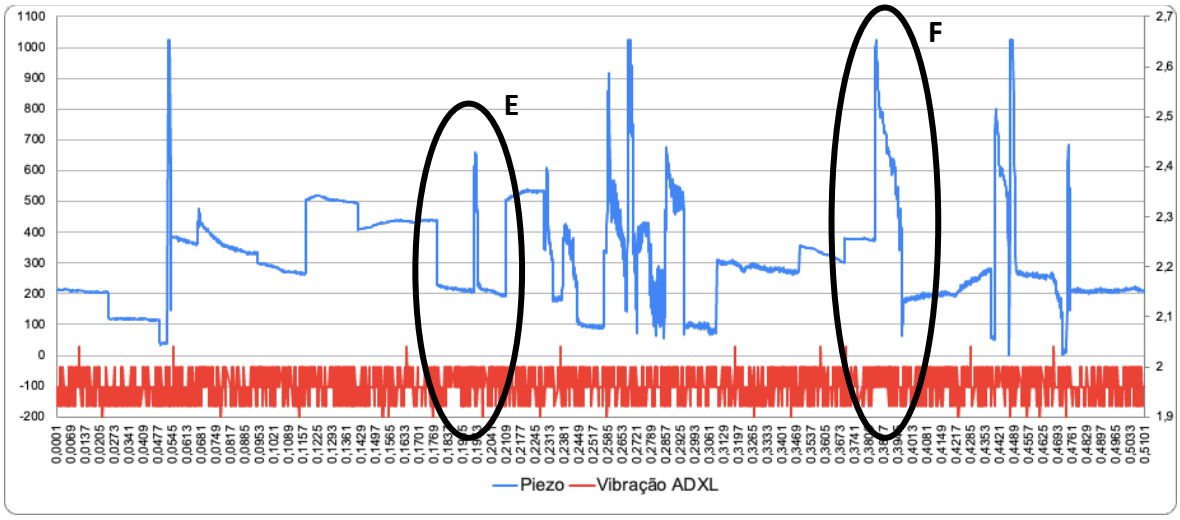
Figura 5 –Vibração com acelerômetro ADXL 345 e os picos de vibração



Fonte: Autoria própria (2023)

No entanto, como mostra a figura 06, os picos de vibração não são coincidentes com os picos de captação de energia, como exemplificado pelos pontos E e F. Dessa maneira, uma possível explicação para esse fenômeno é a existência de comportamento caótico no sistema dinâmico estudado.

Figura 6 – Captação de Energia da pastilha PZT x vibração com acelerômetro ADXL 345



Fonte: Autoria própria (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi avaliar a captação de energia de vibração com pastilhas piezoelétricas e relacionar a energia captada com a vibração gerada, de tal forma a caracterizar picos de captação de energia que não podem ser explicadas somente com a ressonância do sistema.

A continuação dessa pesquisa é caracterizar a dinâmica do sistema com os expoentes de Lyapunov, de tal maneira a mensurar o seu comportamento dinâmico. Em um momento posterior, irá se buscar controlar o comportamento do sistema pelo método de Desigualdades Matriciais Lineares (LMI – *Linear Matrix Inequalities*) de forma a maximizar a captação de energia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná por incentivar a pesquisa na graduação por meio do Programa de Iniciação Científica Voluntária (PIVIC). Agradecemos à Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação do Campus de Francisco Beltrão da UTFPR por disponibilizar os laboratórios de pesquisa e os instrumentos necessários para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BLAKERS, A. Sustainable Energy Options. v. 39, p. 559–589, 2015.

BOUSSETTA, H. et al. Efficient physical modeling of MEMS energy harvesting devices with VHDL-AMS. *IEEE Sensors Journal*, v. 10, n. 9, p. 1427–1437, 2010.

CHALLA, V. R. et al. A vibration energy harvesting device with bidirectional resonance frequency tunability. *Smart Materials and Structures*, v. 17, n. 1, 1 fev. 2008.

CHAVARETTE, F. R. *On an optimal linear control of a chaotic non-ideal duffing system*. Applied *Mechanics and Materials. Anais*...Trans Tech Publications Ltd, 2012.

CHAVARETTE, F. R. Control design applied to a non-ideal structural system with behavior chaotic. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, v. 86, n. 3, p. 487–500, 2013.

CHEN, J.; WANG, Z. L. *Reviving Vibration Energy Harvesting and Self-Powered Sensing by a Triboelectric Nanogenerator. JouleCell Press,* , 15 nov. 2017.

ÇIMEN, T. *Systematic and effective design of nonlinear feedback controllers via the state-dependent Riccati equation (SDRE) method. Annual Reviews in Control. Anais*...Elsevier Ltd, 2010.

DANCA, M. F.; KUZNETSOV, N. Matlab Code for Lyapunov Exponents of Fractional-Order Systems. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, v. 28, n. 5, 1 maio 2018.

DI MONACO, F. et al. Energy harvesting using semi-active control. *Journal of Sound and Vibration*, v. 332, n. 23, p. 6033–6043, 11 nov. 2013.

DOROSHIN, A. V. Modeling of chaotic motion of gyrostats in resistant environment on the base of dynamical systems with strange attractors. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, v. 16, n. 8, p. 3188–3202, ago. 2011.

DRAGOMAN, M.; ALDRIGO, M. Graphene rectenna for efficient energy harvesting at terahertz frequencies. *Applied Physics Letters*, v. 109, n. 11, 2016.

ESALAT, H.; SHOOSHTARI, A.; KARAMI, H. Analytical Modeling for Energy Harvesting of Lateral Vibrations of Rotating Machines Via Electromagnetic Mechanisms. *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Mechanical Engineering*, 2022.

FIEDLER-FERRARA, N.; PRADO, C. P. C. DO. *Caos: uma introdução*. [s.l.] Editora Blucher, 1994.

GAMBIER, P. et al. Piezoelectric, solar and thermal energy harvesting for hybrid low-power generator systems with thin-film batteries. *Measurement Science and Technology*, v. 23, n. 1, 2012.

GUO, R. A simple adaptive controller for chaos and hyperchaos synchronization. *Physics Letters, Section A: General, Atomic and Solid State Physics*, v. 372, n. 34, p. 5593–5597, 18 ago. 2008.

IQBAL, M.; KHAN, F. U. Hybrid vibration and wind energy harvesting using combined piezoelectric and electromagnetic conversion for bridge health monitoring applications. *Energy Conversion and Management*, v. 172, p. 611–618, 15 set. 2018.

KUMAR, R.; GUPTA, S.; ALI, S. F. Energy harvesting from chaos in base excited double pendulum. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 124, p. 49–64, 1 jun. 2019.

LEFEUVRE, E. et al. Materials, structures and power interfaces for efficient piezoelectric energy harvesting. *Journal of Electroceramics*, v. 22, n. 1–3, p. 171–179, fev. 2009.

MIRERSHADI, S.; AHMADI-KANDJANI, S. Efficient thin luminescent solar concentrator based on organometal halide perovskite. *Dyes and Pigments*, v. 120, p. 15–21, 2015.

ODETOYAN, A. O.; EDE, A. N. Energy Harvesting from Vibration of Structures-A Brief Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 1107, n. 1, p. 012192, 1 abr. 2021.

OWENS, B. A. M.; MANN, B. P. Linear and nonlinear electromagnetic coupling models in vibration-based energy harvesting. *Journal of Sound and Vibration*, v. 331, n. 4, p. 922–937, 13 fev. 2012.

REZAEI, M. et al. Integrating PZT layer with tuned mass damper for simultaneous vibration suppression and energy harvesting considering exciter dynamics: An analytical and experimental study. *Journal of Sound and Vibration*, v. 546, 3 mar. 2023.

SECORD, T. W.; MAZUMDAR, A.; ASADA, H. H. A multi-cell piezoelectric device for tunable resonance actuation and energy harvesting. *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation*, p. 2169–2176, 2010.

SIROHI, J.; MAHADIK, R. Piezoelectric wind energy harvester for low-power sensors. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures,* v. 22, n. 18, p. 2215–2228, dez. 2011.

SPROTT, J. C. A dynamical system with a strange attractor and invariant tori. *Physics Letters, Section A: General, Atomic and Solid State Physics*, v. 378, n. 20, p. 1361–1363, 4 abr. 2014.

TAN, T. et al. Piezoelectric autoparametric vibration energy harvesting with chaos control feature. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 161, 1 dez. 2021.

TELLES RIBEIRO, J. G. et al. Controlling chaos for energy harvesting via digital extended time-delay feedback. *European Physical Journal: Special Topics*, v. 231, n. 8, p. 1485–1490, 1 jul. 2022.

TUSSET, A. M.; BALTHAZAR, J. M.; FELIX, J. L. P. On elimination of chaotic behavior in a non-ideal portal frame structural system, using both passive and active controls. *JVC/Journal of Vibration and Control*, v. 19, n. 6, p. 803–813, abr. 2013.

WANG, P. H. et al. Design, fabrication and performance of a new vibration-based electromagnetic micro power generator. *Microelectronics Journal*, v. 38, n. 12, p. 1175–1180, dez. 2007.

USO DO MAPA DE PREFERÊNCIA E DO MÉTODO *JUST-ABOUT-RIGHT* EM ANÁLISE DE ACEITAÇÃO DE PÃO UTILIZANDO DOIS TIPOS DE FERMENTO NATURAL

Rebeca Duarte de SOUZA[1], David Fernando DOS SANTOS[2], Gabrielle Aparecida CARVALHO[1], Simone OLIVEIRA[1], Aline B. PAGNUSSATI[1], Anne J.S. SANTOS, Danyely A. SANTOS, Dawyson C. HECKLER, Larissa Canhadas BERTAN[1,3], Cátia Tavares dos Passos FRANCISCO[1,3]

[1]Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Laranjeiras do Sul, Laranjeiras do Sul – Paraná – Brasil.
[2]Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos
Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo – São Paulo – Brasil.
[3]Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Laranjeiras do Sul, Laranjeiras do Sul – Paraná – Brasil.

E-mails: rebeca.souza@estudante.uffs.edu.br, davidfernandods@gmail.com, gabrielleapcarvalho@gmail.com, monyoliveira89@gmail.com, alinepagnussatti@outlook.com, anne_jhennifer@outlook.com, danyelyalvesdossantos@gmail.com, dawysonch@hotmail.com, larissa.bertan@uffs.edu.br, catia.passos@uffs.edu.br

Resumo: *A fermentação natural de pães está ganhando cada vez mais espaço por suas propriedades benéficas, sabor, textura e aumento da vida útil. Neste trabalho foi investigada a influência de dois tipos de sourdoughs na aceitação de pães de fermentação natural. Foram preparados dois sourdoughs com farinha de trigo integral e mistura de farinha de trigo tipo 1 e integral e formulados pães com farinha de trigo tipo 1 e realizado teste de aceitação utilizando escala hedônica e escala JAR. Os pães foram aceitos na impressão global, mas alguns atributos precisam ser melhorados, por não terem sido aceitos. Após a aplicação da escala JAR foi indicado que os atributos cor da crosta, cor do miolo e sabor salgado precisam ser ajustados. Logo, o pão foi considerado aceito com os dois tipos de sourdough, embora precisem ser melhorados para garantir competitividade no mercado.*

Palavras-chave: *Pão de fermentação natural; Farinha de trigo tipo 1; Farinha de trigo integral; Análise Sensorial.*

INTRODUÇÃO

Por milhares de anos, a fermentação natural tem sido um bioprocesso amplamente utilizado na fabricação de pães, trazendo diversos benefícios para a qualidade do produto final. A adição de bactérias ácido lácticas e de leveduras ao processo de fermentação, além

de melhorar a textura e o volume da massa, também é capaz de aumentar a sua vida útil, além de reduzir a presença de antinutrientes como o fitato (KATINA *et al*.,2005; POUTANEM FLADER, & KATINA 2009). O sabor azedo e aroma característicos dessa técnica conferem um diferencial único aos pães produzidos por meio da fermentação natural. Tais vantagens tornam essa prática uma escolha cada vez mais adotada na panificação de hoje (ARENDT, RYAN, DAL BELLO,2007; KATINA SALMENKALLIO-MARTTTILA, PARTANEM, & AUTIO, 2006).

O *sourdoughs*, "massa azeda", nome de origem inglesa, é feito com uma mistura de água e farinha que é incubada sob temperatura controlada, ou não, por um período de tempo. Esse processo resulta na fermentação, por um ecossistema microbiano, composto de bactérias e de leveduras. A microbiota do *sourdoughs* é influenciada pelo tipo de farinha que é adicionada à mistura, temperatura e hidratação do inóculo (DE VUYST *et al.*, 2017; Lau *et al.*, 2021).

Este trabalho teve como objetivo a elaboração de pães de fermentação natural a partir da obtenção de *sourdoughs* de farinha de trigo especial e integral, adquirida no comércio local de Laranjeiras do Sul-PR, com duas composições diferentes, a fim de determinar se haveria diferença na aceitação dos consumidores.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O fermento natural é uma mistura de farinha de cereais que contém uma variedade de bactérias láticas e de leveduras. Sua produção pode ser iniciada através da fermentação espontânea ou por meio da adição de cultura *starter*. (DE VUYST; NEYSENS, 2005; DE VUYST; VANCANNEYT, 2007). Ao contrário dos pães feitos apenas com leveduras comerciais, os pães com fermentação natural têm como objetivo melhorar a massa, a textura e o sabor, além de retardar o envelhecimento e prevenir a contaminação por bolores e bactérias. Com a crescente demanda por produtos alimentícios naturais e diferenciados, o fermento natural surge como uma alternativa promissora para a panificação tradicional (DE VALDEZ *et al*., 2010).

A microbiota presente na fermentação é complexa e variada, mas é dominada por mais de 50 espécies de bactérias ácido láticas, especialmente do gênero *Lactobacillus*, e mais

de 20 espécies de leveduras, como *Saccharomyces* e *Candida*. Componentes de sabor são produzidos por leveduras, enquanto as bactérias ácido láticas produzem outras classes de compostos. A *Saccharomyces cerevisiae* é considerada a levedura predominante na fermentação natural (DE VUYST; NEYSENS, 2005).

METODOLOGIA

Foram produzidos pães a partir de duas formulações de *sourdough*, no laboratório de panificação da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul. O primeiro era composto por farinha de trigo integral e o segundo pela mistura de farinha de trigo integral e farinha de trigo tipo 1 (50:50) g:g, adicionados a 50mL de água destilada, homogeneizados durante 5min, com auxílio de um garfo, em um Bécker de 500mL e, após, incubados a 22,5°C (MINERVINI *et al*, 2016; GARZON *et al*, 2021). Cinco transferências sucessivas foram realizadas (*backsloapping*), a cada 24h, alimentando o *sourdough* com 50g de farinha especial e 50mL de água. Estes fermentos foram armazenados a 7°C (LAZO-VELEZ *et al*, 2021) e reativados da mesma forma 24h antes do uso.

Os pães foram produzidos utilizando 500g de farinha de trigo especial tipo I, 125g de *sourdough*, 10g de sal, sendo misturados por 5min em baixa velocidade (velocidade 1), utilizando batedeira planetária e, em seguida, alternando para alta velocidade (velocidade 2), por 10min. A massa então foi sovada em cilindro automático e modelada, sendo realizado ao final um corte na parte superior do pão. A massa foi então deixada fermentar *overnight* a 30°C, em uma BOD. Após esse tempo de fermentação, as massas foram pré-assadas a 220°C por 20min, em forno doméstico e armazenadas a 4°C, embaladas em sacos de polipropileno de baixa densidade, para que fossem então assadas totalmente a 230°C por 20min, no dia das análises (6 dias após a elaboração). Após a etapa de assamento ser encerrada, os pães descansaram por aproximadamente 4h antes de serem servidos (CLEMENT *et al*,2020).

Foi realizada análise afetiva, utilizando uma escala hedônica de nove pontos (9 gostei extremamente a 1 desgostei extremamente), com 76 avaliadores não treinados (DUTCOSKI, 2011) avaliando a aceitação da cor da crosta e da parte interna, do aroma, da textura, da aparência, do sabor, da impressão global e da mastigabilidade, de acordo com sugerido por

Ebrahimi *et al* (2022) e a escala *Just about right* (JAR) (DUTCOSKI, 2011) avaliou a cor da crosta, cor do miolo e sabor salgado (DUTCOSKI, 2011). As análises foram realizadas em laboratório de análise sensorial, a 25°C, utilizando cabines individuais, com luz branca, sendo as amostras servidas em pratos codificados aleatoriamente com três algarismos numéricos. A análise foi realizada 5h após a elaboração do forneamento dos pães, sendo servido água como branco entre as amostras. Todos os avaliadores tinham entre 18 e 55 anos, de ambos os sexos, e não haviam consumido alimentos, pelo menos, 1h antes do teste. Todos tinham o costume de consumir pão, e declararam não ter feito uso de café, drops, chicletes e cigarros, pelo menos, meia hora antes da análise. Esta análise foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFFS, CAAE: 54229621.8.0000.5564, Número do Parecer de aprovação no CEP/UFFS: 5.238.640. Para o tratamento dos dados foi aplicado teste de frequência, teste t e análise dos componentes principais.

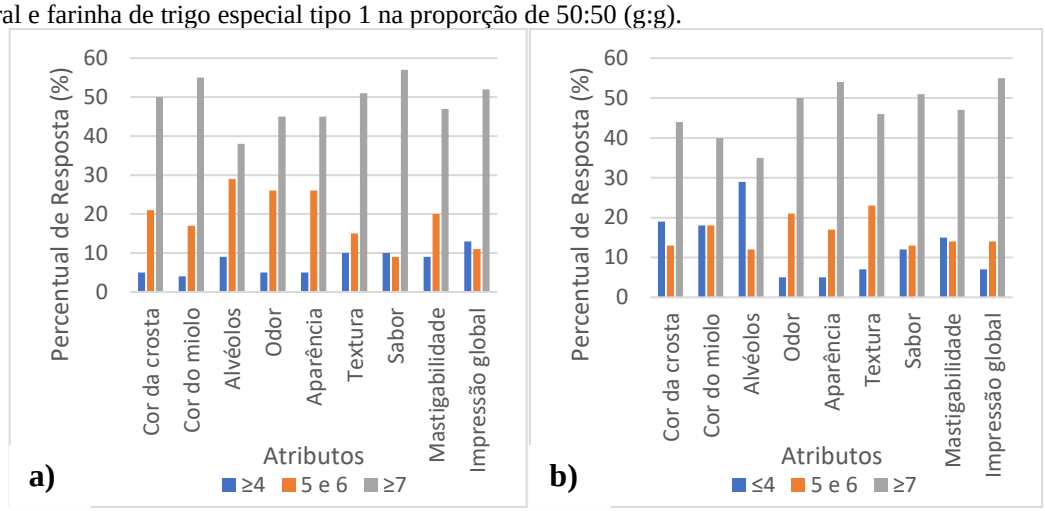
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1-a estão apresentados os resultados obtidos na análise de aceitação da amostra fermentada com *sourdough* produzido com farinha de trigo integral e na Figura 1-b os resultados obtidos com o *sourdough* produzido com mistura de 50:50 (g:g) de farinha de trigo integral e farinha de trigo especial tipo 1. A partir dos resultados apresentados pode-se constatar que os atributos sabor (80%), cor da crosta, cor do miolo e textura (70%) foram considerados aceitos pois 70% das impressões dos avaliadores se concentraram na área de aceitação ≥7. Odor, aparência e mastigabilidade (60%); e alvéolos (50%), apresentaram segmentação dos resultados concentrando estes entre a área de indecisão e aceitação (entre 5 e 6 e ≥7), logo a média não reflete o resultado destes atributos. Na avaliação da impressão global o produto foi aceito, com 70% das impressões dos avaliadores na área de aceitação, no entanto, o produto precisa ser melhorado para os atributos que apresentaram segmentação dos resultados, a fim de aumentar a sua competitividade no mercado.

Os atributos odor, aparência e sabor apresentaram 70% dos resultados na área de aceitação (≥7), portanto são considerados atributos aceitos e a média representa o valor encontrado: 7 – gostei regularmente. Os atributos cor da crosta, textura e mastigabilidade (60%), bem como, a cor do miolo e os alvéolos (50%) apresentaram segmentação dos

resultados, não sendo considerados atributos aceitos, devido às respostas terem se distribuído entre as áreas de rejeição, indecisão e aceitação. Logo, não há confiança nestas médias. Embora o produto tenha sido considerado aceito, devido a 70% dos resultados terem se concentrado na área de aceitação para a impressão global, obtendo média 7- gostei regularmente, percebeu-se também a necessidade de melhorar estes atributos.

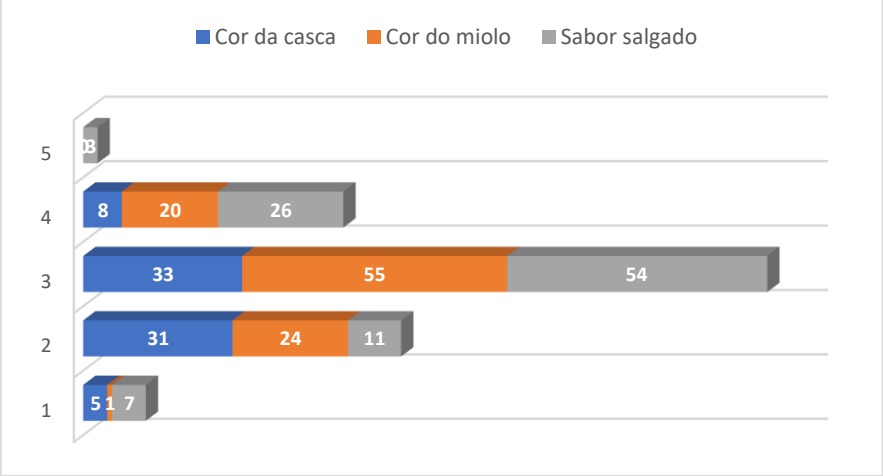
Figura 1 - Análise de frequência aplicada aos resultados da análise de aceitação realizada com 76 avaliadores com (a) *sourdough* de farinha de trigo integral e (b) com *sourdown* da mistura de farinha de trigo integral e farinha de trigo especial tipo 1 na proporção de 50:50 (g:g).



Fonte: Autoria própria (2023).

Na Figura 2 estão apresentados os resultados da escala JAR aplicados para os atributos: cor da crosta, cor do miolo e sabor salgado, como se pode observar, para todos os atributos testados, a maior parte das notas se concentraram no ideal. Para a cor do miolo e sabor salgado, 55 e 54% dos avaliadores consideraram como ideal, sendo que 24% responderam que a cor do miolo estava um pouco acima do ideal, logo, se a reação de *Mailard* for diminuída, pode-se melhorar a impressão do produto. Já para o sabor salgado há a necessidade de se aumentar a concentração de sal, uma vez que 26% dos avaliadores relataram que estava um pouco abaixo do ideal. Para a cor da casca há necessidade de diminuir o tempo de forneamento, uma vez que os resultados se concentram entre o ideal e um pouco acima do ideal.

Figura 2 - *Just about right* aplicados para sugestão de melhoria dos pães.

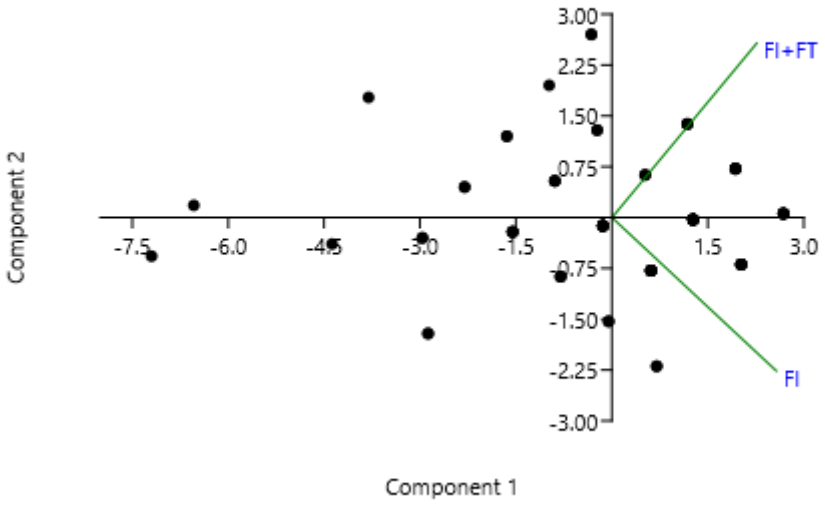


Fonte: Autoria própria (2023).

A Figura 3 mostra a resposta da impressão global dos consumidores, representados pelos pontos numerados e das 2 amostras de pão de fermentação natural testadas, representadas pelos vetores. As duas primeiras dimensões da Análise dos Componentes Principais (ACP) explicaram 74,71 da variância total (PC1=80,97 e PC2=19,01), sendo considerado eficiente uma vez que englobou mais de 70% da variância dos dados nos primeiros componentes (VICINI E SOUZA,2005) e por ter apresentado autovalores maiores do que 1, segundo o critério Kaiser-Gutman (PATIL et al, 2008).

Como pode ser observado, ambas amostras não mostraram diferença na preferência dos consumidores, embora estejam em quadrantes diferentes, elas apresentam relação entre os resultados. As impressões dos consumidores situam-se em todos os quadrantes, onde a proximidade da amostra com estas respostas, determina uma maior preferência do consumidor por elas. Estes dados estão de acordo com a média de aceitação obtida (7,0), como também, pelo teste de diferença de médias que foi aplicado (dados não mostrados), onde não foi constatada diferença estatística ($p>0,05$) pelo teste t, para ambas as amostras.

Figura 3 - Mapa interno de preferência das amostras de pão de fermentação natural utilizando escala hedônica estruturada de 9 pontos (1- desgostei muitíssimo a 9- gostei muitíssimo) mostrando a posição dos consumidores e das amostras, considerando as posições 1 e 2.



Fonte: Autoria própria (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados observados, pode- se concluir que ambas as amostras, formuladas com a farinha integral e a mistura das duas farinhas, foram aceitas pelos avaliadores, por terem atribuído uma média 7 para a impressão global. Segundo a escala JAR, os pães precisam passar uma alteração da formulação e do tempo de forneamento, a fim de melhorar a impressão dos atributos: cor da crosta, cor do miolo e sabor salgado, aumentando a quantidade de sal adicionada, assim como diminuir o tempo de forneamento.

REFERÊNCIAS

ARENDT, E.K.; RYAN, L.A.M.; DAL BELLO, F. *Impact of sourdough on the texture of bread*. Food Microbiol., v.24, n.2, p.165-174, 2007

CLEMENT, H.; PROST, C.; RANNOU, C.; CHIRON, H.; BONNAND-DUCASSE, M.; COURCOUX, P.; ONNO, B. Can instrumental characterization help predicting sour taste perception of wheat sourdough bread, Food Research International, v.133, p. 109159, 2020.

DE VALDEZ, G.; GEREZ, C. L.; TORINO, M. I.; ROLLÁN, G. New trends in cereal based products using lactic acid bacteria. p. 273-287 In: MOZZI, F.; RAYA, R. R.; VIGNOLO, G. M. (Eds.). *Biotechnology of lactic acid bacteria: novel applications*. Wiley-Blackwell, 2010.

DE VUYST, L.; KERREBROECK, S.V.; LEROY, F. Microbial ecology and process technology of sourdough fermentation. Adv. Appl Microbiol, v. 100, p. 49-160, 2017.

DUTCOSKY, S.D. *Análise sensorial de alimentos*. PucPress, 2011.

GARZON, R.; SKENDI, A.; LAZO-VELEZ, M.A.; PAPAGEORGIOU, M.; ROSELL C.M. Interaction of dough acidity and microalga level on bread quality and antioxidant properties. Food Chemistry, v. 344, p. 128710 , 2021.

KATINA, K., ARENDT, E., LIUKKONEN, K. H., AUTIO, K., FLANDER, L., POUNTANEN, K.. Potential of sourdough for healthier cereal products, Trends in Food Science & Technology, v. 16, n. 1–3, p. 104-112, 2004.

KATINA, K., SALMENKALLIO-MARTTILA, M., PARTANEN, R., FORSSELL, P., & AUTIO, K. Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread, Lebensmittel - Wissenschaft und Technologie, v. 39, n. 5, p. 479-491, 2005.

LAU, S.W., CHONG, A.Q., CHIN, N.L., TALIB, R.A., BASHA R.K. Sourdough Microbiome Comparison and Benefits, Microorganisms, v. 9, n. 7, p. 1355, 2021.

LAZO-VELEZ, M.A.; GARZON, R.; GUARDADO-FELIX, D.; SERNA-SALDIVAR, S.O.; ROSELL, C.M. Selenized chickpea sourdoughs for the enrichment of breads. *LWT - Food Science and Technology*, v. 150, p. 112082, 2021.

MINERVINI, F.; CELANO, G.; LATTANZI, A.; ANGELIS, M.D.; GOBBETTI, M. Added ingredients affect the microbiota and biochemical characteristics of durum wheat type-I sourdough, *Food Microbiology*, v. 60, p. 112-123, 2016.

PATIL, V. H., SINGH, S. N., MISHRA, S. & DONAVAN, D. T. Efficient theory development and factor retention criteria: Abandon the “eigenvalue greater than one” criterion, Journal of Business Research, v. 61, n. 2, p. 162-170, 2008.

VICINI, L; SOUZA, A. M. *Análise Multivariada da Teoria à Prática*. UFSM, 2005.

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NO ESGOTO SANITÁRIO APÓS APLICAÇÃO DA FOTO-OZONIZAÇÃO COMO PRÉ-TRATAMENTO

João Victor PIZZI[1], Alessandro VENZO[1], Samara PONTES[1], Yumi KOYANAGI[1], Allan BAHLS[1] , Ticiane Sauer POKRYWIECKI[1]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental e Sanitária
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: joaovpizzi@gmail.com, alessandrovenzo@alunos.utfpr.edu.br, samarapontes@alunos.utfpr.edu.br, yumikoyanagi@alunos.utfpr.edu.br, allanbahls@alunos.utfpr.edu.br, ticiane@utfpr.edu.br.

Resumo: *O tratamento do esgotamento sanitário é uma medida de saneamento básico muito importante e essencial, onde são utilizados alguns métodos convencionais que podem ter algumas limitações. Nesse contexto, a utilização de processos oxidativos avançados surgem como alternativa para melhorar o tratamento de substâncias encontradas no esgoto. Buscando avaliar sua eficiência, este trabalho comparou alguns parâmetros (pH, turbidez, demanda química de oxigênio e cor) antes e depois do tratamento com foto-ozonização. Observou-se através dos resultados obtidos uma diminuição na turbidez e na DQO após o tratamento, indicando uma eficiência na remoção de partículas sólidas e substâncias orgânicas. Houve também um leve aumento no pH, indicando um aumento da alcalinidade da solução. Deste modo, verificou-se que a foto-ozonização é uma alternativa eficiente e eficaz no tratamento de esgoto sanitário.*

Palavras-chave: *Processos Oxidativos Avançados; Ozonização; Esgoto Sanitário; Tratamento.*

INTRODUÇÃO

Como um marco para o saneamento básico no Brasil, a lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007 o define como um conjunto de serviços e instalações que operam nas áreas de: esgotamento sanitário; abastecimento de água potável; manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana (BRASIL, 2007). Desta forma, instaura princípios e diretrizes que conferem tais serviços como um direito de todo brasileiro. Para alcançar tais metas, muitos

estudos e pesquisas na área de saneamento básico têm surgido, ainda que ações práticas não estejam sendo aplicadas para grande parte da população.

Pensando sobre o sistema de esgotamento sanitário no Brasil, 45,0% da população não possui acesso a rede de esgoto, ou seja, mais de 100 milhões de pessoas. Ainda, dos 55,0% que são coletados, 20,2% não recebem tratamento (SNIS, 2021). Esses índices, mesmo que venham melhorando nos últimos anos, ainda são altos, e demonstram um problema ambiental e social grave, já que seu descarte incorreto no meio ambiente compromete a qualidade da água e, por consequência, a saúde pública (SILVEIRA *et al.*, 2018).

Para o tratamento de esgoto doméstico, é importante entender que estes possuem algumas características, sendo elas: físicas, como temperatura, turbidez, cor e odor; químicas, como matéria orgânica e inorgânica; e biológicas, como os microrganismos. Considerando estes parâmetros, as metodologias convencionais são então aplicadas nas estações de tratamento de esgoto (ETE's), destacando-se os processos de captação, coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (NULOF, 2022). Porém, tais métodos não tratam de forma eficaz algumas substâncias persistentes, como é o caso dos micropoluentes (AQUINO; BRANDT; CHERNICHARO, 2013).

Para isso, uma metodologia que vem sendo avaliada como alternativa complementar aos tratamentos convencionais é a dos processos oxidativos avançados (POA's), que realizam eficientemente a oxidação química de uma grande variedade de substâncias (MELO *et al.*, 2009). Dentre os POA's, a ozonização é uma alternativa ambientalmente viável para tratamento, apresentando vantagens, principalmente em se tratando da utilização de produtos químicos (HEISE, 2009).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2023), cerca de 97,5% da água no mundo é salgada e não adequada para consumo. Dos 2,5% de água doce restantes, 69% estão concentradas nas geleiras, 30% são águas subterrâneas e apenas 1% se encontra em rios e lagos.

De toda a água doce disponível no mundo, 12% se encontram no Brasil, porém de forma desigual entre os estados (SNIS, 2021). Sobre o sistema de esgotamento sanitário no

Brasil, 45,0% da população não possui acesso a rede de esgoto, e dos 55,0% que são coletados, 20,2% não recebem tratamento (SNIS, 2020). Esses dados demonstram a necessidade na adoção de tratamentos eficientes para os efluentes, tanto domésticos como industriais, posteriormente preservando a qualidade da água disponível.

Segundo Von Sperling (1996), a qualidade da água está intimamente relacionada com os parâmetros que a caracterizam, sejam eles físicos, químicos ou biológicos. Dentre os parâmetros físicos, pode-se citar: cor; turbidez; temperatura; e sólidos dissolvidos e em suspensão. Em relação aos parâmetros químicos, pode-se citar: pH; dureza; nitrogênio; fósforo; e oxigênio dissolvido. Em relação aos parâmetros biológicos, cita-se a presença de microrganismos.

No Brasil, a resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre os padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos, estabelecendo valores para cada tipo de parâmetro (BRASIL, 2011).

Em relação ao tratamento de esgoto, a maneira convencional consiste em uma sequência de processos bioquímicos que visam a separação dos sólidos suspensos e a eliminação de elementos patógenos (SILVA, 2013).

O processo de tratamento de esgoto pode ser executado em até quatro níveis, sendo eles: tratamento preliminar, que tem como objetivo remover sólidos grosseiros; tratamento primário, que visa a remoção de sólidos sedimentáveis; tratamento secundário, cujo objetivo principal é a remoção de matéria orgânica (MO) através de mecanismos biológicos, ou também a remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo); e tratamento terciário, que tem como objetivo remover os poluentes que não foram removidos nas etapas anteriores (VON SPERLING, 1996).

É importante ressaltar que os tratamentos convencionais não conseguem tratar todo tipo de poluente, podendo-se citar os micropoluentes (AQUINO; BRANDT; CHERNICHARO, 2013). Para isso, se faz necessário o emprego de métodos que se classificam como tratamento terciário, como é o caso dos processos oxidativos avançados (MELO *et al.*, 2009).

Os POA's se caracterizam por transformar a maioria dos contaminantes orgânicos em dióxido de carbono, água, íons inorgânicos ou substâncias menos tóxicas por meio de

reações de degradação que envolvem espécies transitórias oxidantes, como o radical hidroxila (•OH) (Ramos et al., 2018).

A ozonização faz parte dos processos oxidativos avançados (POA's), que são tecnologias que utilizam um agente oxidante, como por exemplo o O_3 ou H_2O_2, na presença ou não de fonte de irradiação, que geram radicais livres de hidroxila (OH-) altamente reativos, capazes de mineralizar substâncias orgânicas presentes nos efluentes industriais ou domésticos (ARAUJO *et al*., 2016).

O uso do ozônio é uma alternativa ambientalmente viável para o tratamento do esgoto, apresentando vantagens em relação à utilização de produtos químicos (HEISE, 2009).

METODOLOGIA

As análises foram realizadas no laboratório de águas e efluentes da UTFPR, Campus Francisco Beltrão, no decorrer da disciplina de gerenciamento e tratamento de esgoto sanitário. Os ensaios de foto-ozonização se deram em um reator com capacidade para 2 litros de amostra. Esse reator possui acoplado um gerador de ozônio e uma lâmpada UV. As reações foram realizadas num tempo de 2 horas.

Os parâmetros investigados no estudo para caracterização do esgoto bruto foram: pH; turbidez; cor (verdadeira e aparente); e demanda química de oxigênio (DQO). Tais parâmetros foram analisados antes e depois do tratamento com ensaio de foto-ozonização, buscando verificar a eficiência deste. As medições foram feitas de acordo com o *Standard Methods* (APHA, 2017).

Para medição do pH, foi utilizado um pHmetro de bancada da marca *Tecnopon* em ambas as análises. Para obtenção da cor aparente e verdadeira, fez-se o ajuste das amostras conforme define no método e, em sequência, realizou-se a varredura em um espectrofotômetro da marca *FEMTO*, entre os comprimentos de onda de 190 nm e 700 nm, buscando-se determinar o pico de absorção.

Na determinação da turbidez, foi obtida a curva de calibração e então realizada as medidas de absorbância, tanto da amostra bruta como da amostra após tratamento, ambas em 400 nm no espectrofotômetro.

Para análise da DQO, seguiu-se o método estabelecido anteriormente. Após a digestão, as amostras foram levadas para leitura de absorbância a 600 nm no espectrofotômetro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores encontrados para pH, turbidez e DQO são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros antes e depois do tratamento.

Parâmetros	Amostra bruta	Amostra tratada
pH	6,98	7,18
Turbidez	136,32	121,74
DQO	445,164	295,2172

Fonte: Autoria própria (2023).

Baseado nos resultados obtidos, observa-se uma diminuição nos valores de turbidez e DQO na comparação entre a amostra bruta e a amostra tratada, e um leve aumento no pH medido.

Segundo Von Sperling (1996), determina-se o pH através das concentrações de íons de hidrogênio (H+), servindo para medir o grau de acidez, alcalinidade e neutralidade de uma determinada solução. Como instaurado pela resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, a faixa de pH para lançamento de efluentes de tratamento de esgoto está entre 5 e 9 (BRASIL, 2011). Nesse caso, a amostra estaria de acordo para o seu lançamento no corpo hídrico.

Conforme Von Sperling (1996), a turbidez é um parâmetro físico que indica a qualidade do esgoto bruto e tratado. Uma turbidez elevada reduz a passagem de luz, inibindo assim a fotossíntese que posteriormente pode causar eutrofização nos corpos d'água. Esse parâmetro também serve como um indicador da presença de poluentes. A resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, estabelece os padrões de turbidez aceitáveis para as diferentes classificações de corpos hídricos (BRASIL, 2005).

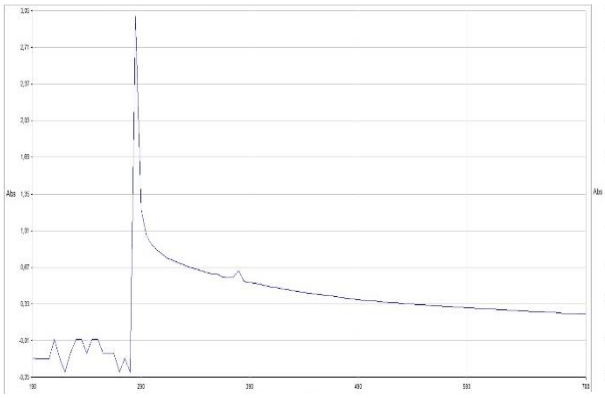
Em se tratando de padrão para lançamento de efluentes, a resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, não apresenta um limite de lançamento para turbidez, mas a avaliação desse parâmetro pode ser um indicativo de contaminação (BRASIL, 2011). A diminuição dos valores indica uma eficiência no tratamento no que diz respeito à remoção das

partículas sólidas em suspensão. Este é um indicativo positivo, pois a redução da turbidez significa que o tratamento conseguiu remover as impurezas presentes no esgoto, tornando a água mais limpa e transparente. No presente estudo, o parâmetro teve uma diminuição de 10,7% quando comparado ao valor inicial.

De acordo com Castilhos (2015), a cor verdadeira é o parâmetro que se observa na ausência de sólidos suspensos, apenas com sólidos dissolvidos. Entretanto, para cor aparente, tem-se a presença tanto de sólidos dissolvidos como de sólidos suspensos. A diferença entre esses dois fatores é dada pelo tamanho das partículas. Outro fator importante é que a cor está relacionada com a idade do efluente; esgotos novos apresentam uma cor clara, cinza acastanhada, porém que com o tempo mudam para um cinza escuro ou preto. Esse padrão ocorre devido ao aumento na concentração de oxigênio dissolvido e das condições anaeróbias.

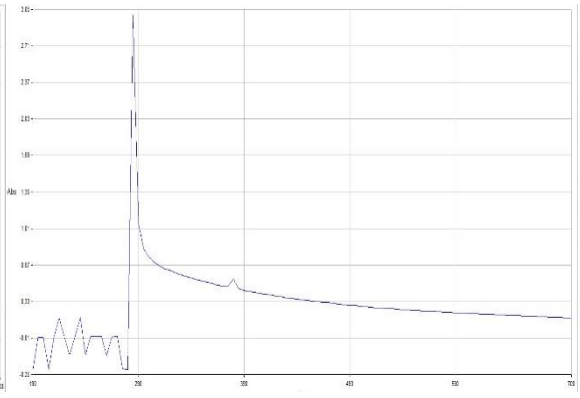
Nas Figuras 1 a 8 é possível observar os espectros de varreduras obtidos nas amostras analisadas. A partir destas observa-se que a cor aparente e verdadeira (Figuras 1 a 4), mesmo com o ajuste de pH conforme descreve o método, obtiveram curvas muito parecidas, apresentando um pico no comprimento de onda de 290 nm. Quando observado as figuras após o tratamento (Figuras 5 a 8) é possível observar que esse pico diminuiu de tamanho, sugerindo a degradação do composto presente no efluente. Para afirmar qual o poluente seria necessário um estudo mais detalhado.

Figura 1 - pH 6.98 curva da cor aparente.



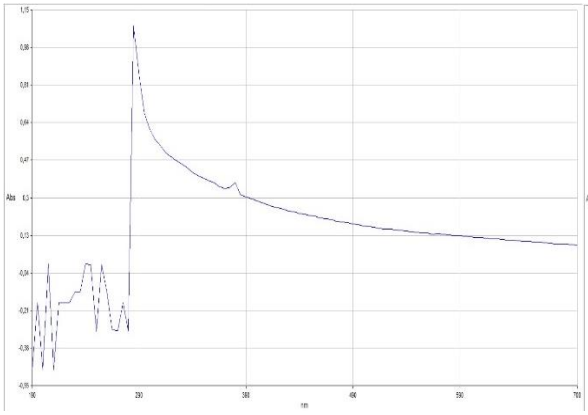
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 2 - pH 7.6 curva da cor aparente.



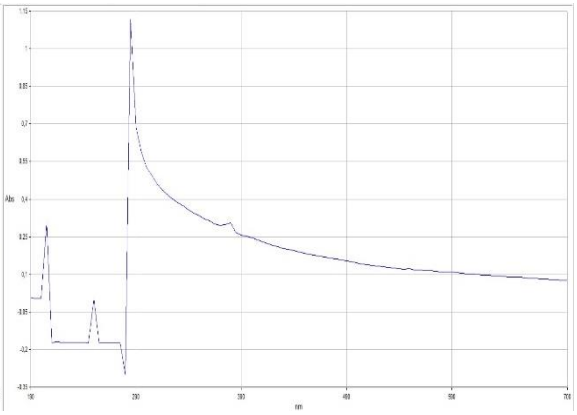
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 3 - pH 6.98 curva da cor verdadeira



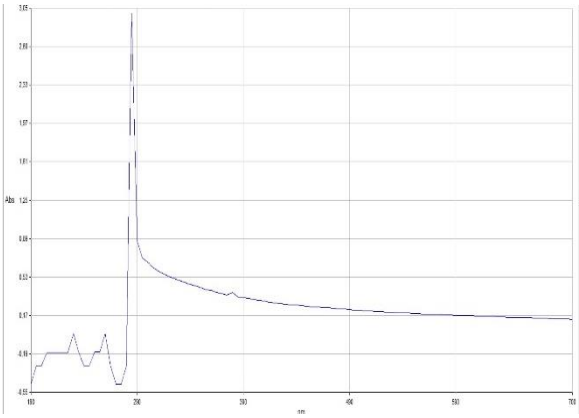
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 4 - pH 7.6 curva da cor verdadeira



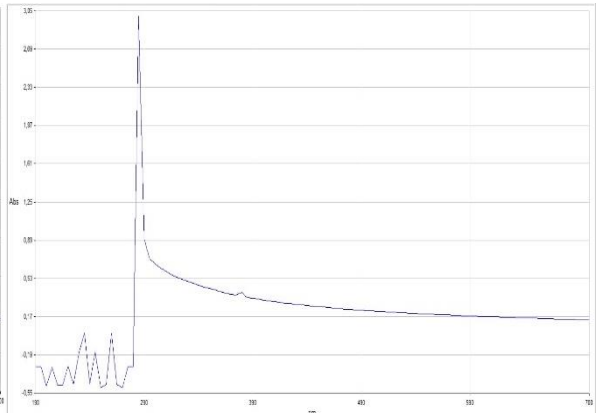
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 5 - pH 7.18 cor aparente esgoto tratado.



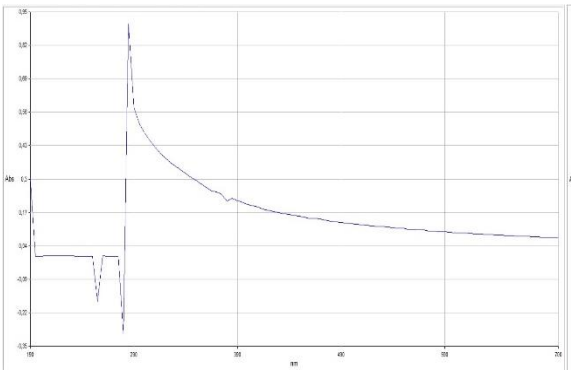
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 6 - pH 7.6 cor aparente esgoto tratado.



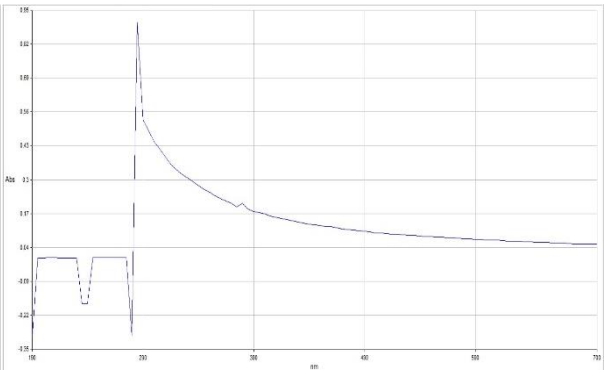
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 7 - pH 7.18 cor verdadeira esgoto tratado.



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 8 - pH 7.6 cor verdadeira esgoto tratado.



Fonte: Autoria própria (2023).

De acordo com Castilhos (2015), define-se a DQO como a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar quimicamente a matéria orgânica (inerte ou não-inerte) na solução. Considera-se uma medida importante no tratamento de esgoto, pois fornece a quantidade de matéria orgânica presente, sendo está uma das principais causas de poluição das águas. Em relação a esse parâmetro, o dados mostram a diminuição dos valores após o tratamento no valor de 33,68 % em relação à concentração inicial, indicando uma redução na quantidade de substâncias orgânicas presentes no esgoto. Essa redução é um indicativo de que o tratamento foi eficaz na melhoria da qualidade da amostra de esgoto tratada. Com base nestes valores, constata-se que o tratamento por foto-ozonização foi eficiente e satisfatório.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos resultados obtidos é possível perceber a importância da foto-ozonização como uma alternativa promissora no tratamento de esgoto sanitário. Em relação aos parâmetros de turbidez e DQO analisados após degradação, percebe-se uma eficiência no tratamento, com diminuição de 10,7% e 33,68% respectivamente.

A aplicação dos processos oxidativos avançados, em particular a foto-ozonização, apresenta vantagens significativas em relação aos processos convencionais de tratamento, onde são empregados produtos químicos. A capacidade do ozônio de oxidar uma ampla variedade de compostos orgânicos e inorgânicos, bem como microrganismos patogênicos, contribui para a redução da carga poluente e para a melhoria da qualidade da água tratada, além de não gerar subprodutos do tratamento.

Contudo, observando que existem desafios técnicos, operacionais e econômicos associados à implementação da foto-ozonização no tratamento de esgoto, é fundamental continuar pesquisando e desenvolvendo essa tecnologia. O aprimoramento dos parâmetros de aplicação do ozônio, a avaliação dos custos e benefícios, bem como a adaptação dos sistemas de tratamento de esgoto, podem contribuir para a eficiência e viabilidade da ozonização em larga escala.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Água no mundo: Situação da água no mundo. gov.br. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>

APHA, AWWA, WEF. *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington*. 23th ed. 2017.

AQUINO, S. F.; BRANDT, E. M. F.; CHERNICHARO, C. A. L. Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, p. 187-204, 2013.

ARAÚJO, K. S. *et al*. Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. *Revista Ambiente & Água*, v. 11, p. 387-401, 2016.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Brasília, DF: *Diário Oficial da União*, 2007.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e dá outras providências. Brasília, DF: *Diário Oficial da União*, 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes e dá outras providências. Brasília, DF: *Diário Oficial da União*, 2011.

CASTILHOS, S. *Emprego de ozonização para o tratamento de efluente têxtil*. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

HEISE, C. Opção ecológica para desbotar tecidos. *Textília*, São Paulo, n. 71, p. 30, 2009.

MELO, S. A. S. *et al.* Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados. *Química Nova*, v. 32, n. 1, p. 188–197, 2009.

NULOF, M. S. *Uso da ozonização no tratamento de efluentes contendo fármacos*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2022.

RAMOS, J. M. P. *et al*. Processos oxidativos avançados no tratamento de efluente contendo verde malaquita: estudo prospectivo. *Cadernos de Prospecção*, v. 11, p. 509, 2018.

SILVA, R. Tratamento convencional de esgotos sanitários e o banheiro seco. *Revista Científica Integrada*, v. 3, n. 2, 2013.

SILVEIRA, C. A. *et al*. Análise microbiológica da água do Rio Bacacheri, em Curitiba (PR). *Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n. 5, p. 933–938, 2018.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico Temático, Serviços de Água e Esgoto, Visão Geral*. , p. 1-91, 2021. Disponível em: <https://encurtador.com.br/hqGN1>.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2°ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996.

REVISÃO TEÓRICA: ESTUDO DA LIGNINA COMO SUBSTITUTO PARCIAL NA SÍNTESE DE ADESIVOS FENÓLICOS

Andrini KRINDGES[1], **Mariana SIKORA**[2]

[1]Programa de Pós-Graduação de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Pato Branco
[2]Programa de Pós-Graduação de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Pato Branco

E-mail: andrini@alunos.utfpr.edu.br, marianasikora@utfpr.edu.br

Resumo: *O presente estudo tem como base os princípios da economia circular, gerada no processo industrial de produção de celulose e papel. O trabalho realiza uma revisão teórica de estudos anteriores, buscando compreender e explorar o uso da lignina fenolada como um substituto parcial do fenol na síntese de adesivos fenólicos, comparando-os com os adesivos comerciais. As pesquisas analisadas avaliaram a fenolação como o melhor mecanismo para melhorar a reatividade na molécula de lignina, resultando em um aumento de sítios reativos e hidroxilas aromáticas. Neste contexto, o presente trabalho traz uma revisão de diversos trabalhos que apresentem uma investigação das estruturas moleculares da lignina fenolada de diferentes fontes lignocelulósicas por meio de técnicas como, cromatografia de permeação em gel (GPC) e ressonância magnética nuclear (RMN). Desta forma, compreendendo melhor a estrutura da lignina após a modificação química e constatando a eficácia da fenolação sendo promissora na síntese de adesivos fenólicos. Sendo validado pelos resultados da caracterização e inclusive na síntese após a aplicação final do adesivo em compensados.*

Palavras-chave: *Lignina; Fenolação; Fenol; Adesivo Fenólico.*

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a limitação de reservas fósseis vem sendo uma preocupação para todos, em especial para a comunidade científica. Em virtude do cenário atual, alternativas e tecnologias estão sendo desenvolvidas a fim de viabilizar a substituição de derivados de petróleo por recursos sustentáveis (JIANG, *et al*., 2018). Dentre estes recursos renováveis, a lignina ganha destaque e torna-se uma biomassa de valor agregado em pesquisas científicas e na indústria para a síntese de bioprodutos poliméricos, especialmente em adesivos fenólicos, devido a suas características e propriedades. Tais características da lignina, fazem deste biomaterial uma alternativa interessante na mitigação da excessiva demanda de recursos oriundos do petróleo e promovendo a economia circular (SOUZA , 2020).

Segundo (PANGA, *et al*., 2017) e (CAI, *et al*., 2023), a lignina é caracterizada por uma macromolécula altamente abundante em nosso ecossistema, está presente na parede

celular vegetal das plantas, ao lado da celulose e a hemicelulose. Caracteriza-se como um biopolímero tridimensional e amorfo, aromático, composto por unidades de fenilpropano com uma cadeia molecular extremamente ramificada e complexa, possuindo ligações covalentes do tipo carbono-carbono e ligantes do tipo éter.

O interesse entre os pesquisadores em relação a lignina é explicado pela presença de unidades fenólicas em sua composição estrutural, o que a torna semelhante ao fenol. Desta maneira, tornando-se apropriado na substituição de matérias primas derivadas do petróleo, principalmente a indústria de adesivos fenólicos. Possibilitando a substituição de uma elevada parcela da lignina na síntese de adesivos fenólicos reduzindo custos e empregando o conceito de química verde (KALAMI, *et al*., 2018) e (ZHEN, *et al*., 2021).

A síntese de adesivos fenólicos baseia-se na reação de condensação do fenol com o formaldeído, as quais são substâncias prejudiciais ao meio ambiente (GAO, *et al*., 2021). Segundo (SOARES, *et al*., 2023) o uso de lignina como um substituto parcial do fenol, possibilita a redução do uso de recursos fósseis, visto que, são fontes limitadas e demandam processos operacionais complexos, tornando o produto final custoso, devido a elevada e instabilidade comercial destas commodities.

Baseados na proposta de substituição do fenol por lignina, o objetivo deste estudo é avaliar as características e modificações químicas da lignina realizadas por outros pesquisadores.

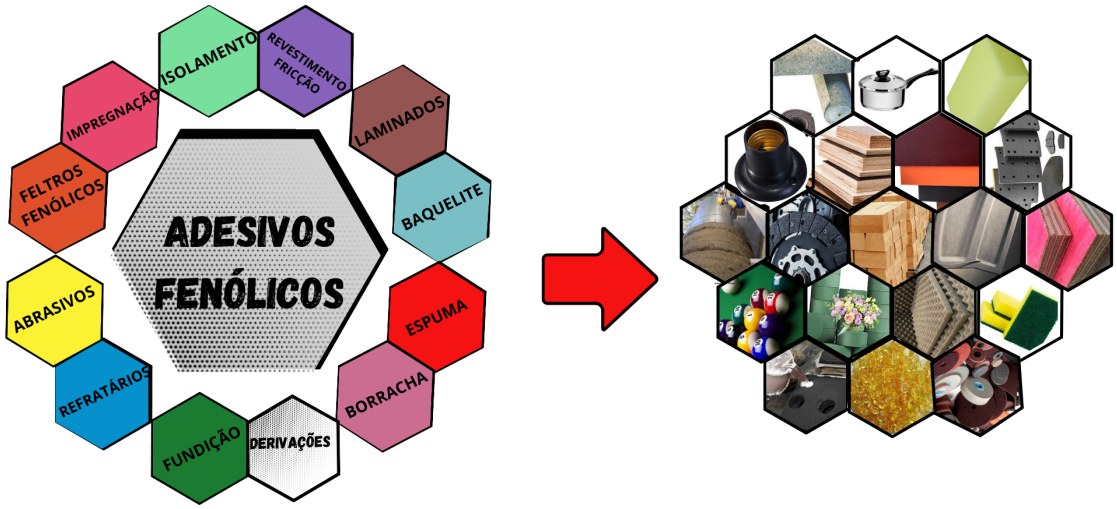
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em virtude das suas propriedades químicas e estruturais, a lignina comercial vem sendo grande objeto de muitos estudos, não se limitando apenas em adesivos fenólicos, mas em outras aplicações rentáveis e de valor agregado. Promovendo o desenvolvimento em outras áreas de produtos bioquímicos e de biopolímeros como, fibras de carbono, tensoativos, dispersantes, resinas epóxi e de poliuretano, energia, materiais de construção, cosméticos, agricultura entre outras aplicações (XU, 2017).

Os adesivos fenólicos são classificados como polímeros e possuem propriedades como alta elasticidade, dureza superficial, resistência química, resistência ao fogo além de classificarem como isolantes elétricos. Tais características os tornam interessantes para uma infinidade de aplicações, como mostra a Figura 1 (PIZZI; MITTAL, 2003) e (AIK, *et al*.,

2019).

Figura 1 – Aplicações dos adesivos fenólicos



Fonte: Autoria própria (2023)

No relatório publicado pela Mordor Intelligence (2021), foram analisadas as perspectivas do mercado global no setor de adesivos fenólicos. O estudo revelou uma taxa de crescimento anual composto (CAGR) de 4% para o período de 2021 a 2026. Essa análise confirma um crescimento global.

A partir dessa perspectiva, é evidente a relevância do uso da lignina dada a notável expansão global do mercado de adesivos, considerando que cerca de 50 milhões toneladas de lignina são produzidas em todo o mundo. A lignina extraída, conhecida como lignina técnica, está presente no licor negro do processo kraft (ZHANG, *et al*.,2018). Pesquisas realizadas por (SONG, *et al*., 2016) revelaram que 99% da lignina proveniente do processo kraft é incinerada para a produção de energia e vapor, restando menos de 1% para a síntese de bioprodutos comerciais com valor agregado, como a fabricação de polímeros fenólicos, surfactantes e dispersantes.

Segundo (GHORBANI, *et al.*, 2017) e (AIK, *et al*., 2019) a estrutura molecular da lignina constitui-se de três monômeros fenólicos principais: p-hidroxifenil (H), guaiacil (G) e siringil (S) ligados principalmente por ligações éter, possuindo a posição C3 ou C5 não substituída no anel aromático, como α-O-4, β-O-4, β-β. Estas ligações compreendem aproximadamente 40 a 60% da molécula, sendo a ligação β-O-4 a mais presente na estrutura. A ligação β-O-4 é a mais importante, pois influencia diretamente na estrutura molecular,

proporcionando posições orto livres, as quais facilitam a degradação e a substituição aromática eletrofílica com o formaldeído (XU, 2017).

A proporção de p-hidroxifenil, guaiacil e sirigil sofre variações de acordo com a origem da lignina e a metodologia empregada para a sua extração, dificultando os estudos desenvolvidos na aplicação em adesivos fenólicos (KALAMI, *et al.*, 2018). A presença de unidades de guaiacil são maiores em madeira macia, enquanto que para a madeira dura a contribuição de sirigil e guaiacil são equivalentes, apresentando uma pequena proporção de p-hidroxifenil (AIK, *et al*., 2019).

Entretanto, destaca-se que maiores quantidades de unidades de hidroxifenil tornam a lignina técnica mais atrativa e aplicável, pois assemelha-se com a molécula do fenol aumentando-se a reatividade da lignina técnica conforme mostra a Figura 2. As hidroxilas presentes na estrutura da lignina não só auxiliam nas reações químicas como também tornam a molécula mais reativa e solúvel (PANG, *et al*., 2017), devido a maior similaridade com a molécula do fenol. Tais características tornam a lignina interessante na síntese de bioprodutos poliméricos.

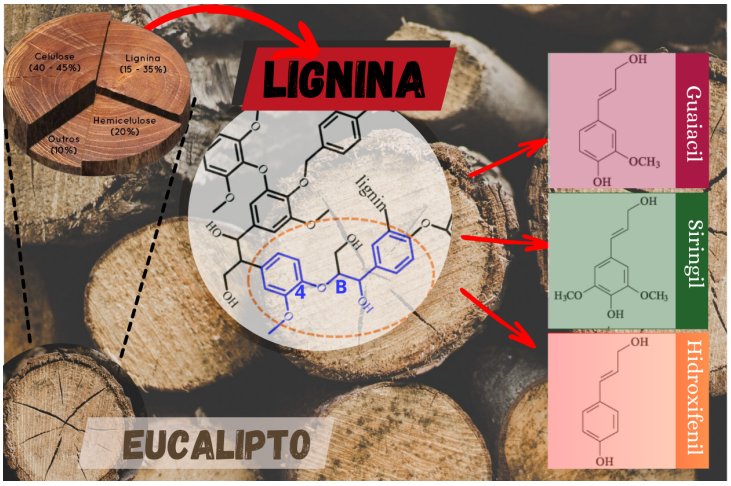
As resinas demandam 95% da quantidade de fenol produzido a partir do petróleo, sendo necessárias estratégias para amenizar o esgotamento de reservas fósseis, idealizando e aprimorando técnicas que promovam a substituição do fenol, mantendo suas propriedades e especificidades finais (ZHOU, *et al*., 2020).

Aproximadamente 15-35% do peso da biomassa lignocelulósica presente nas plantas é lignina, a qual confere rigidez e resistência à estrutura.A composição e o teor de lignina variam conforme a origem da fonte vegetal, sendo afetados também pelas condições climáticas e tempo de crescimento Tais parâmetros influenciam nas propriedades como dureza e densidade (PANG *et al*., 2017).

Como mencionado, a lignina é encontrada em diversas fontes, podendo ser extraídas do choupo, pinheiro, pinus, faia e também de plantas do tipo gramínea, como o milho, a cana de açúcar, o trigo e entre outras. Porém a mais utilizada é o eucalipto por ser um subproduto das indústrias de papel e celulose. Além de apresentar uma quantidade significativa de lignina em sua estruturação e possuir unidades fenólicas (SOUZA, 2020). Na Figura 2, estão apresentados a composição estrutural da lignina de eucalipto.

Existem técnicas bem consolidadas para a extração da lignina, como a polpação kraft, extração por sulfito de sódio, polpação de soda e organosolv A polpação kraft é a mais utilizada na indústria, porém o seu processo pode apresentar algumas impurezas, dificultando a sua aplicabilidade (SOARES, *et al*., 2023).

Figura 2 – Composição estrutural lignocelulósica e monômeros fenólicos constituintes



Fonte: Autoria própria (2023)

A lignina técnica após extraída requer algumas modificações em sua característica estrutural, a fim de aproximar-se o máximo possível da molécula de fenol. Isto porque a lignina não é tão reativa quanto o fenol, sendo uma das características cruciais para as reações de hidroximetilação com o formaldeído na síntese de adesivos fenólicos (GAO, *et al*., 2021). A lignina deve apresentar grau de pureza elevado, baixa quantidade de carboidrato, índice de polidispersão e massa molar baixa, assim como, apresentar sítios ativos e ligações carbono-carbono, estas características auxiliam no aumento da reatividade (CAI, *et al*., 2023).

Outro fator indispensável é a presença do grupo hidroxila fenólico (OH), o qual influencia no aumento da solubilidade e nas reações de hidroximetilação. Por essa razão, torna-se necessário o estudo e aperfeiçoamento de tecnologias existentes, proporcionando a melhoria estrutural da lignina, aumentando a sua reatividade e similaridade a molécula do fenol (KALAMI, *et al*., 2018).

Algumas estratégias já foram consolidadas por alguns estudiosos aspirando a similaridade da molécula da lignina com o fenol e suas possibilidades de aplicabilidade em produtos poliméricos. Nesta perspectiva, modificações químicas na estrutura da lignina devem ser realizadas, a fim de alterar os grupos hidroxila alifáticos presentes em hidroxilas

aromáticas. A funcionalização da lignina pode ser alcançada por técnicas já relatadas na literatura como, a fenolação, desmetilação, metilação, sulfonação e aminação, permitindo estas singularidades (YANG, *et al*., 2015).

A técnica de fenolação demonstra-se a mais promissora conforme a Figura 3, baseada na adição de grupos fenólicos na cadeia lateral da estrutura da lignina a partir dos grupos hidroxila alifáticos, possibilitando o aumento de sítios reativos maximizando a reação de de hidroximetilação com o formaldeído (BERTELLA; LUTERBACHER, 2020).

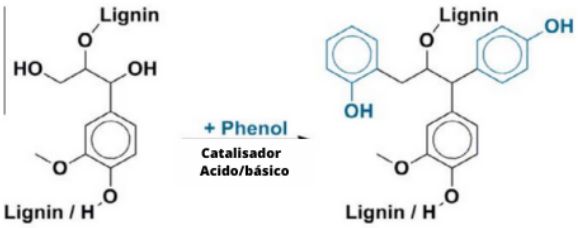
METODOLOGIA

O estudo é uma revisão teórica que investiga várias técnicas de fenolação e diferentes biomassas. O objetivo é avaliar e comparar as alterações químicas da lignina, focando nos sítios reativos e hidroxilas aromáticas, para sua aplicação em resinas fenólicas. A Figura 3 mostra o mecanismo químico, enquanto a Figura 4 ilustra de forma simplificada a modificação química da lignina pela técnica de fenolação.

Figura 3 – Metodologia de modificação química

Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 4 – Mecanismo químico da fenolação



Fonte: Adaptação Podschun (2015)

O estudo teve foco nos resultados das técnicas de caracterização como, Ressonância Magnética Nuclear (RMN), a qual informa o teor de hidroxilas alifáticas e aromáticas na molécula, orientando a efetividade da fenolação. A Cromatografia de Permeação em Gel (GPC) determina o peso molecular, buscando validar os métodos de fenolação a partir de uma redução no tamanho da molécula (JIANG, *et al*., 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No trabalho de (JIANG, *et al*., 2018), estudou-se a fenolação da lignina extraída a partir da madeira da goma doce e da madeira de pinho, em meio ácido. Os resultados encontrados mostraram a incorporação de 60% em peso de fenol na lignina originária da goma doce e 30% em peso na lignina kraft de pinho, ambas apresentaram aumento no teor de hidroxilas aromáticas. Nesta perspectiva, a Tabela 1 apresenta algumas biomassas utilizadas e os resultados obtidos após o processo de fenolação.

Tabela 1 – Características da lignina em diferentes fontes lignocelulósicas

Biomassa	**Fenolação**	**Características Lignina comercial**			**Características Lignina modificada**			**Referencial**
		M_w	**$OH_{alinf.}$**	**OH_{aromat}**	**M_w**	**$OH_{alinf.}$**	**OH_{aromat}**	
Palha de trigo	ácida	2500	5,19	0,31	3200	1,49	2,67	ZHANG, et al 2018
Espiga de milho	alcalina	3258	1,77	0,65	-	1,96	1,26	YANG, *et al.* 2014
Palha de Trigo	alcalina	4330	2,65	0,25	-	1,84	1,34	YANG, *et al.* 2014
Faia	ácido	4125	4,1	0,0	2250	0,2	4,3	PODSCHUN 2015
Choupo	alcalino	1830	1,83	0,11	-	2,02	0,82	YANG, *et al.* 2014
Eucalipto	-	2590	1,33	0,18	-	-	-	GOUVEIA, 2020

Fonte: Autoria própria (2023)

[1] Unidade para o peso molecular $g.mol^{-1}$
[2] Unidade para a quantidade de OH $mmol.g^{-1}$

No trabalho de (YANG, *et al*., 2014), a fenolação foi catalisada em meio básico, a partir da lignina extraída de 4 tipos de biomassa, como apresentado na Tabela 1. Neste estudo investigou-se as mudanças químicas após a fenolação com intuito de verificar o aumento da reatividade da molécula a partir do aumento ou aparecimento de hidroxilas aromáticas. Além disso, os autores observaram que em diferentes biomassas a composição de hidroxilas muda confirmando que as biomassas originárias de fontes gramíneas apresentam teores de p-hidroxifenil maiores que as de madeira dura e macia.

No trabalho de (SOUZA, 2020), foi sintetizado o adesivo fenólico a partir da fenolação

da lignina de eucalipto pela via alcalina, Os resultados mostram que para a substituição de 50% no adesivo, as características físico-químicas apresentaram similaridade com os adesivos comerciais, assim como os testes de resistência ao cisalhamento.

Enquanto que YANG, *et al*., 2015, trabalhou com diferentes ligninas técnicas na síntese de resinas fenólicas para painéis de compensados. Os adesivos com lignina apresentaram características e comportamentos semelhantes, no entanto, a análise de gel time resultou em um valor mais alto em comparação ao adesivo comercial. Resultados de curas mais longas também foram encontrados nos estudos realizados por (SOUZA, 2020), utilizando diferentes proporções de ligninas técnicas. Além disso, é possível comparar o adesivo fenólico comercial com o adesivo contendo lignina modificada por fenolação, os quais apresentaram curas mais próximas dos valores comerciais. Demonstrando a possibilidade e o emprego de altas substituições parciais de fenol por lignina em adesivos fenólicos aplicados em painéis de compensados. Promovendo a diminuição de recursos fósseis e expandindo o termo da economia circular.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como observado no presente trabalho, existem grandes oportunidades no desenvolvimento de biopolímeros utilizando a lignina, principalmente a síntese de adesivos fenólicos, tornando estes produtos menos tóxicos e idealizando o uso de uma química mais verde.

REFERÊNCIAS

AIK, A. F.; ASHAARI, Z.; LEE, H. S.; TAHIRr, M. P.; HALIS, R. Lignin-based copolymer adhesives for composite wood panels – A review. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, v. 95, p. 102408, 2019.

BERTELLA, S.; LUTERBACHER, J. Lignin functionalization for the production of novel materials. *Trends in Chemistry*, v. 2, p. 440 - 453, 2020.

CAI C.; LI, N.; LIU, H.; ZHANG, J.; ZHU, J. Y.; WANG, F. Extracting high β-O-4 content lignin and by-producing substrate susceptible to enzymatic hydrolysis by a green flow through process, *Chemical Engineering Journal,* v 453, n.1, p. 139730, 2023.

GAO, C.; LI, M.; ZHU, C.; HU, Y.; SHEN, T.; LI, M.; JI, X.; LYU, G.; ZHUANG, W. One-pot depolymerization, demethylation and phenolation of lignin catalyzed by HBr under microwave irradiation for phenolic foam preparation, *Composites Part B: Engineering*, v. 205, p 108530, 2021.

GHORBANI, M.; MAHENDRAN, R. A.; HENDRIKUS, W. G.; HERWIJNEN, V.; LIEBNER, F.; KORNNERTH, J. Based laminates produced with kraft lignin-rich phenol–formaldehyde resoles meet requirements for outdoor usage. *European journal of wood and wood products*, v. 76, n. 2, p. 481-487, 2018.

GOUVEIA, R.J.; SOUZA, J. R. R.; RIBEIRO, O. A.; SARAIVA, A.S.; SANTOS, J. D. Effect of soft segment molecular weight and NCO:OH ratio on thermomechanical properties of lignin-based thermoplastic polyurethane adhesive. *European Polymer Journal,*v. 131, p. 109690, 2020.

JIANG, X.; LIU, J.; DU, X.; HU, Z.; CHANG, H.; JAMEEL, H. Phenolation to Improve Lignin Reactivity toward Thermosets Application. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, v. 6, n. 4, p. 5504–5512, 2018.

KALAMI, S.; CHEN, N.; BORAZJANI, H.; NEJAD, M. Comparative analysis of different lignins as phenol replacement in phenolic adhesive formulations, I*ndustrial Crops and Products*,v. 125, p. 520 - 528, 2018.

MORDOR INTELLIGENCE. Global Phenolic Resin Market. Chemicals and Materials. India, 2021.

PANG, B.; YANG, S.; FANG, W.; YUAN, T. Q; ARGYROPOULOS, D.S.; SUN, R. C. Structure-property relationships for technical lignins for the production of lignin-phenol-formaldehyde resins. *Industrial crops and products*, v. *108*, p. 316-326, 2017.

PIZZI, A; MITTAL, K. L. Handbook of adhesives technology. New York, 2003.

PODSCHUN, J.; STUCKER, A.; SAAKE, B.; LEHNEN, R. Structure–Function Relationships in the Phenolation of Lignins from Different Sources, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, v. 3, n. 10, p. 2525-2532, 2015.

RODRIGUES, J. S.; LIMA, V.; ARAÚJO, L. C. P.; BOTARO, V. R. Lignin Fractionation Methods: Can Lignin Fractions Be Separated in a True Industrial Process?, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v. 60, n.30, p. 10863–10881, 2021.

SOARES, D. G.; KONDO, Y. M.; DE ARAUJO, A. V.; FERRUFINO, A. A. L. G.; FAUSTINO, E.; SANTOS, F. H.; CHRISTOFORO, L. A.; LUNA, R. M. C.; CAMPOS, I. C.Thermal and Gluing Properties of Phenol-Based Resin with Lignin for Potential Application in Structural Composites, *Polymers, v*. 15, n. 2, p. 357, 2023.

SONG, Y.; WANG, Z.; YAN, N.; ZHANG, R.; LI, J.Demethylation of wheat straw alkali lignin for application in phenol formaldehyde adhesives. *Polymers,* v. 8, n. 6, p. 209, 2016.

SOUZA, Rafael Eloy de. Síntese de adesivo lignina-fenol-formaldeído para painéis de madeira. 2020. 40 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

ZHANG, F;, JIANG, X.; LIN, J.; ZHAO, G.; CHANG, H.M.; JAMEEL, H. Reactivity improvement by phenolation of wheat straw lignin isolated from a biorefinery process. *New Journal of Chemistry,* 2018.

ZHEN, X.; LI, H.; XU, Z.; WANG, Q.; ZHU, S.; WANG, Z.; YUAN, Z. ,Facile synthesis of lignin-based epoxy resins with excellent thermal-mechanical performance, *International Journal of Biological Macromolecules,* v. 182, p. 276-285, 2021.

ZHOU, M.; SHI, H.; LI, C.; SHENG, X.; SUN, Y.; HOU, M.; NIU, M.; PAN, X. Depolymerization and Activation of Alkali Lignin by Solid Acid-Catalyzed Phenolation for Preparation of Lignin-Based Phenolic Foams, *Industrial & Engineering Chemistry Research* v. *59, n*.32, p.14296-14305, 2020.

XU, C.; FERDOSIAN, F. Structure and Properties of Lignin. *Conversion of Lignin into Bio-Based Chemicals and Materials*, Springer-Verlag GmbH Germany, 2017.

YANG, S.; WEN, J. L.; YUAN, T.Q.; SUN, R.C. Characterization and phenolation of biorefinery technical lignins for lignin–phenol–formaldehyde resin adhesive synthesis. *RSC Adv.*, v. 4, p. 57996-58004, 2014.

YANG, S.; WU, J, Q.; ZHANG, Y.; YUAN, T, Q.; SUN, R, C. Preparation of Lignin-Phenol-Formaldehyde Resin Adhesive Based on Active Sites of Technical Lignin. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy,* v. 9, p. 266–272, 2015.

FOTOOZONIZAÇÃO NO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO: UM ESTUDO DE CASO

Ioni BAZZI[1], Jean VARGAS[1], Fernanda PELENTIER[1], Ticiane Sauer POKRYWIECKI[2]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: ioni@alunos.utfpr.edu.br, jeanvargasutfpr@gmail.com, pelentier@alunos.utfpr.edu.br, ticiane@utfpr.edu.br

Resumo: *Os Processos Oxidativos Avançados (POAs) têm mostrado grande eficiência quando comparados aos tratamentos convencionais, que se baseiam na remoção de poluentes. Se destacam pois tem, entre outros atrativos, a degradação total ou parcial dos poluentes e a não geração de lodo. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia do uso da fotoozonização no tratamento de esgoto sanitário. Para iniciar o tratamento foi realizada a caracterização do esgoto bruto e para avaliar a eficiência do processo de tratamento foram realizadas análises comparativas de pH, turbidez e DQO antes e após o tratamento. Para a realização da fotoozonização foi utilizado um reator em batelada de 2 litros de capacidade, acoplado a um ozonizador e luz UV com tempo de reação de 1 hora. Após o tratamento, foi possível observar que o valor de pH se manteve próximo a neutralidade e uma redução satisfatória de turbidez e DQO, comprovando que a fotoozonização é um processo de tratamento alternativo para o esgoto sanitário.*

Palavras-chave: *Tratamento de efluente; Esgoto Sanitário; Processos Oxidativos Avançados; Fotoozonização.*

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a expansão das atividades antrópicas causam significativo impacto nos recursos naturais, junto ao aumento da demanda destes, há também aumento na quantidade de resíduos gerados (LOPES, 2015). A Constituição Federal (1988) junto ao Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2019), assegura aos brasileiros o direito à saúde e saneamento, que abrange serviços de coleta, transporte e tratamento dos efluentes líquidos domésticos, ou esgoto sanitário.

Esgoto é, essencialmente, a água de abastecimento de uma comunidade após o seu uso em uma variedade de aplicações (METCALF; EDDY, 2016). A Norma Brasileira, NBR 9648/1986, define o esgoto sanitário como sendo o despejo líquido constituído de esgoto doméstico, o qual é resultante do uso da água para fins de higiene e necessidades fisiológicas humanas (ABNT, 1986); comercial e águas de precipitações pluviométricas que conseguem adentrar à rede pública de coleta (SPERLING, 2005).

Quando esgoto bruto é acumulado e se torna séptico, a decomposição do material orgânico nele contido leva a condições desagradáveis como maus odores, além disso, esgotos brutos contêm diversos organismos patogênicos que se desenvolvem no intestino humano (METCALF; EDDY, 2016). Devido à grande diversidade de usuários, as características qualitativas e quantitativas dos esgotos sanitários sofrem frequentes variações de carga orgânica, entretanto, quando não há despejos de origem industrial, sua composição média é razoavelmente constante com apenas 0,1% de impurezas de natureza orgânica e inorgânica (SPERLING, 2005).

Na estação de tratamento de esgoto (ETE), normalmente não se determina os diversos compostos dos quais a água residuária é constituída, tendo em vista a complexidade das análises laboratoriais e seus subsídios (SPERLING, 1996). Sendo assim, são utilizados parâmetros indiretos que traduzem o caráter potencial poluidor do efluente. Esses parâmetros podem ser físicos, químicos ou biológicos (METCALF; EDDY, 2016) e são indicadores de eficiência nos processos de tratamento.

Os métodos de tratamento são processos unitários físicos, químicos ou biológicos e comumente são utilizados em combinações (METCALF; EDDY, 2016). Os processos físico-químicos são bastante discutíveis, devido ao fato de os mesmos causarem mudança de fase dos compostos e não eliminá-los (FREIRE *et al*., 2000). Então, tendo em vista a necessidade de procedimentos que apresentem maior eficiência, destacam-se os processos oxidativos avançados (POAs). Esses, consistem na utilização de espécies altamente oxidantes para promover a degradação total ou parcial do poluente (BRITO; SILVA, 2012).

O presente trabalho avaliou a aplicabilidade de ozônio junto a radiação ultravioleta, no processo oxidativo avançado para o tratamento do esgoto sanitário bruto, analisando sua eficácia e interferência nos parâmetros indicadores DQO, turbidez e pH.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O esgoto sanitário está diretamente relacionado ao consumo de água, portanto pode sofrer alterações relacionadas à disponibilidade hídrica, assim como fatores de tempo e temperatura afetam seus fluxos e concentrações dos parâmetros (LOPES, 2015).

A análise dos parâmetros de uma amostra de esgoto é denominada caracterização e é utilizada para determinar o tratamento necessário, bem como a eficiência dos sistemas e dos métodos (METCALF; EDDY, 2003). Os parâmetros relativos à esgotos domésticos que merecem destaque face à sua importância são: sólidos, indicadores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e indicadores de contaminação fecal (SPERLING, 1996).

O grau de tratamento requerido nos processos de tratamento de águas residuárias está relacionado às características da mesma, que depende de aspectos do afluente, qualidade requerida do efluente, área física disponível e custos associados (POLEZI, 2003).

Métodos de tratamento físicos envolvem remoção de compostos específicos do esgoto em superfícies sólidas usando as forças de atração entre corpos (METCALF; EDDY, 2016). Enquanto nos métodos químicos, o tratamento é realizado pela adição de produtos químicos ou devido a reações químicas, removendo ou convertendo contaminantes (SPERLING, 1996). Já o tratamento biológico é utilizado para remover substâncias orgânicas biodegradáveis, coloidais ou dissolvidas encontradas no esgoto, por meio de microorganismos (METCALF; EDDY, 2016).

Os métodos são classificados em tratamento preliminar (físico), responsável pela remoção de constituintes físicos que possam causar problemas operacionais; tratamento primário (químico), onde há remoção de parte de sólidos suspensos e matéria orgânica do esgoto, tipicamente efetuado pela adição de compostos químicos; tratamento secundário (biológico), corresponde a estabilização de compostos orgânicos biodegradáveis, sólidos suspensos e nutrientes; tratamento terciário (avançado), onde ocorre desinfecção e remoção de sólidos suspensos residuais (METCALF; EDDY, 2003).

Os Processos Oxidativos Avançados (POA's) enquadrados nos tratamentos avançados de esgoto, têm sido aplicados com êxito para a remoção ou a degradação de poluentes recalcitrantes e se destacam principalmente devido a características de elevada capacidade e velocidade de degradação. Esta se dá devido a geração de radicais livres, em especial o radical hidroxila (·OH), por possuir poder oxidante que promove a degradação

total ou parcial de compostos poluentes em poucos minutos (FIOREZE, 2014). Os radicais hidroxila podem reagir com uma variedade grande de classes de compostos e promovendo sua total mineralização para compostos inócuos como CO_2 e água (NOGUEIRA *et al*., 1998). São vistos como tecnologias limpas, pois nesse processo não ocorre a formação de lodo e nem a transferência de fase dos poluentes, como é de ocorrência em tratamentos convencionais (SOUZA, 2010). Porém, possuem um alto custo operacional e de manutenção, dificultando sua utilização (SALEH *et al*., 2020).

Os POAs podem ser divididos em sistemas homogêneos e heterogêneos, e os radicais hidroxila podem ser gerados com ou sem radiação ultravioleta como descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Sistemas típicos dos POAs.

Processos	Com irradiação	Sem irradiação
Homogêneos	O_3 /UV H_2O_2/UV O_3/H_2O_2/UV Foto-Feton	O_3 /HO^- O_3/H_2O_2 Reativo de Fenton
Heterogêneos	Fotocatálise Heterogênea (TiO_2/O_2/UV)	O_3/ Catalisador

Fonte: Bohrer (2018)

Os catalisadores heterogêneos (que encontram-se em fase diferente daquela em que estão os reagentes) mais comuns são sólidos e semicondutores, esses aumentam a velocidade da reação, já nos sistemas homogêneos há a ausência de catalisadores sólidos, com presença ou não de irradiação. A degradação de poluentes pode ocorrer por meio de dois mecanismos, a fotólise direta com radiação ultravioleta (UV), e a partir da geração de radicais hidroxila. Na fotólise direta, a luz é a exclusiva fonte na destruição dos poluentes, e no outro mecanismo, a presença de oxidantes fortes como o H_2O_2 e O_3 auxiliam no processo (BOHRER, 2018).

Os processos de fotólise são aqueles onde a radiação é o único meio de destruição de contaminantes orgânicos, por meio de radiação ultravioleta (UV) onde o comprimento de onda do espectro eletromagnético fica entre 200 a 400 nm (KATSUMATA, 2014).

O sistema de radiação ultravioleta não produz resíduos e nem subprodutos nocivos, mostrando ser bastante eficiente para a destruição de vírus e bactérias. A utilização da

radiação UV constitui-se em um processo físico que elimina os inconvenientes associados à manutenção e manuseamento de produtos químicos, possui menores custos competitivos, eficiência e vantagens em relação à tecnologia de desinfecção que emprega produtos químicos (GONÇALVES, 2003). Geralmente a radiação ocorre através de lâmpadas de vapor de mercúrio de média ou baixa pressão, que são conversores eficientes de energia elétrica em energia radiante. (KATSUMATA, 2014).

O ozônio (O_3) usado para a desinfecção tem alto poder oxidante. Sua capacidade de desinfecção é considerada mais eficaz que o cloro e durante o processo de ozonização, não há a formação de produtos residuais perigosos, pois o ozônio se decompõe rapidamente. Além da desinfecção, reduz e/ou remove inúmeros parâmetros de poluição ambiental, tais como cor, concentração de fenóis, toxicidade, turbidez, DQO, dentre outros (ASSALIN *et al*., 2007; BOHRER, 2018).

Objetificando analisar a efetividade do método de tratamento de esgoto utilizando a fotoionização, o presente estudo avaliou a variação de três parâmetros de caracterização: pH, DQO e turbidez.

METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho foi realizado na disciplina de Gerenciamento e Tratamento de Esgoto Sanitário, ofertada pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná/FB, no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. As análises e reações de ozonização foram efetuadas no Laboratório de Águas e Efluentes da UTFPR, e ocorreram no primeiro semestre de 2023.

A pesquisa bibliográfica ocorreu a partir das bibliotecas virtual e física da UTFPR Campus Francisco Beltrão, de portais como Scielo, Springer, Elsevier, entre outros.

O esgoto bruto, foi caracterizado, antes e após o tratamento empregando a fotoozonização, analisando-se os seguintes parâmetros: pH, turbidez e demanda química de oxigênio (DQO). Todas as análises foram realizadas de acordo com Standard Methods (1998).

O tratamento foi conduzido em escala de laboratório num reator descontínuo, com um volume útil de 2 litros, composto por tubo de vidro transparente, com diâmetro interno de 11 cm e altura de 37 cm. A fonte de radiação ultravioleta provinda da lâmpada de vapor de mercúrio (Osram) de 8 watts de potência fixada no centro do reator com um tubo de

quartzo para sua proteção, sendo as dimensões da mesma de 3 cm de diâmetro por 30 cm de altura. O tempo de retenção da amostra no reator para o tratamento foi de 1 hora em temperatura ambiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores dos parâmetros analisados. O valor de pH apresentou queda de 2,3%. O pH neutro no processo de tratamento é considerado um fator positivo pois, sabe-se que a alteração desse parâmetro pode levar a uma série de reações capazes de alterar as características do esgoto (BOHER, 2018). Por outro lado, diferentes valores de pH podem apresentar resultados distintos de remoção de poluentes (MENDONÇA, 2019). Já a turbidez, apresentou uma diminuição de 6,3%, enquanto a DQO reduziu 13,5%. Apesar de baixa, essa diminuição comprova a eficiência do processo, sendo necessário avaliação das variáveis envolvidas como dosagem de ozônio e tempo de reação.

Tabela 2 - Valores iniciais e finais de pH, Turbidez e DQO

Parâmetros	Inicial	Final
pH	7,52	7,19
Turbidez (uT)	69,57	65,15
DQO (mgO2/L)	276,57	239,34

Fonte: Autoria própria (2023)

A radiação emitida pela lâmpada UV demonstrou-se capaz de quebrar as moléculas orgânicas, resultando em compostos menores e menos complexos. O processo oxidante promovido pelo ozônio ao longo do tempo no reator, aumentou a eficácia do tratamento. Este, pode ser comprovado pela mudança de cor do efluente, que apesar da não realização da análise deste parâmetro, foi possível observar alteração a olho nu.

O ozônio como oxidante extremamente reativo, auxiliou na desinfecção. A inativação das bactérias por ozonização ocorre pela desintegração da parede celular, ou lise celular. Embora não seja necessariamente afetado pelo pH da água, o ozônio residual é

mais estável em condições ácidas e menos estável em condições alcalinas (METCALF; EDDY, 2003). Dessa forma, é mais fácil obter maior eficiência de desinfecção quando o valor do pH é mais baixo do que quando elevado. Nesse sentido, a ozonização é considerada uma alternativa ao processo de cloração. Os compostos orgânicos que constituem a DQO podem exercer uma demanda de ozônio, o grau de interferência dependerá dos grupos funcionais e da estrutura química dos componentes presentes (KATSUMATA, 2014).

A resolução CONAMA 430/2011 não pontua sobre efetividade de tratamento de efluentes, apenas a carga máxima de devolução ao corpo hídrico. Os resultados obtidos podem nortear futuras pesquisas quanto ao uso do reator estudado no tratamento de resíduos líquidos, que geram uma preocupação para empresas de saneamento básico. Fazendo-se necessário a constante adaptação às novas alternativas de tratamento de efluentes no país.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados nas análises se mostraram coesos com o esperado, obtendo eficácia na diminuição de DQO e de turbidez sem alterar o pH no reator de uma maneira prejudicial ao meio. Houve queda de 6,3% na turbidez e 13,5% de queda de DQO da amostra. Apesar de ser uma porcentagem considerada baixa no processo de tratamento, os dados demonstram a eficácia do uso da fotoozonização no tratamento do esgoto sanitário. Sugere-se estudos mais profundos, levando em consideração as diversas variáveis que podem afetar a efetiva remoção de poluentes.

REFERÊNCIAS

APHA. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed. Washington DC: APHA, 1998.
APHA. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 21. ed. Washington DC: APHA, 2005.
ASSALIN, M. R.; DURÁN, N. *Novas tendências para aplicação de ozônio no tratamento de resíduos: ozonização catalítica*. Revista Analytica. 2007.
BILOTTA, P. *Estudo Comparativo da Ação do Ozônio e Radiação Uv na Desinfecção de Esgoto Sanitário*; EESC/USP, São Carlos - SP - 2000
BRITO, N. N. D.; SILVA, V. B. M. *Processos oxidativos avançados e sua aplicação ambiental*. Revista Eletrônica de Engenharia Civil - vol. 1, n°3, 36-47. 2012.
BOHRER, J. K. *Uso de Processos Oxidativos Avançados no Tratamento dos Resíduos*

Líquidos Oriundos da Estação De Tratamento de Esgoto do Município de Marmeleiro – PR; UTFPR, 2018.
CHERNICHARO, C. A. L. *Tratamento de Efluentes Líquidos*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, 2003.
FIOREZE, M; SANTOS, E P; SCHMACHTENBERG, N; *Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental*. REGET/UFSM, v. 18, n. 1, p. 79-91. Abr 2014.
FRANCISCO BELTRÃO, Prefeitura municipal, 2023. Disponível em: Aspectos físicos e políticos | Prefeitura de Francisco Beltrão (franciscobeltrao.pr.gov.br)
FREIRE, R. S.; PELEGRINI, R.; KUBOTA, L. T.; DURÁN, N.; PERALTA-ZAMORA, P. *Novas técnicas para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas*. Química Nova. 23 (4). 2000.
GEHRA, R.; WAGNERA, M.; VEERASUBRAMANIANA, P.; PAYMENT, P.; *Water Research*. 37, 4573, 2003.
GONÇALVES, R. F. *Desinfecção de Efluentes Sanitários,* PROSAB 3, Rio de Janeiro, ABES, p. 438, 2003.
KATSUMATA, C. P. *Degradação de Fármacos em Meio Aquoso por Meio de Fotólise e Peroxidação fotoassistida*. São Paulo. 2014. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2014.
LOPES, T. R. *Caracterização do Esgoto Sanitário e Lodo Proveniente de Reator Anaeróbio e de Lagoas de Estabilização para Avaliação da Eficiência na Remoção de Contaminantes* - UTFPR. Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais - Medianeira, 2015.
MENDONÇA, L. F. *Tratamento de esgoto em reator anaeróbio híbrido (UAHB) submetido a variação de matéria orgânica e do tempo de detenção hidráulica (TDH)*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2019.
METCALF, L.; EDDY, H. *Engenharia de Efluentes: Tratamento e Reúso*. 4 ed. Revisado por George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. Nova Iorque: McGraw -Hill Education, 2003.
METCALF, L.; EDDY, H. *Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos*. 5 ed. Tradução: Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. Porto Alegre: AMGH, 2016.
NOGUEIRA, Raquel FP; JARDIM, Wilson F. *A fotocatálise heterogênea e sua aplicação ambiental*. Química nova, v. 21, p. 69-72, 1998.
POLEZI, M. *Aplicação de Processo Oxidativo Avançado (H2O2/UV) no Efluente de uma ETE para fins de reuso*; UNICAMP - Dissertação de Mestrado - Campinas, SP, 2003.
SALEH, I. A.; ZOUARI, N.; AL-GHOUTI, M. A. *Removal of pesticides from water and wastewater: Chemical, physical and biological treatment approaches.* Environmental Technology & Innovation, p. 101026, 2020.
SILVA, L. F. A. *Tratamento de Efluentes Líquidos e Geração de Biogás*. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
SOUZA, B. M. *Avaliação de processos oxidativos avançados acoplados com carvão ativado granulado com biofilme para reuso de efluentes de refinaria de petróleo* – COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro. 2010.
SPERLING, M. V. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. Editora UFMG, 2005.
SPERLING, M. V. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Lagoas de Estabilização*; Minas Gerais: ABES, 1996.

MODELAGEM DA CINÉTICA QUÍMICA DAS REAÇÕES DE DECOMPOSIÇÃO UTILIZANDO EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS

Lucas Henrique CORRENTE[1], Maiquiel Schmidt De OLIVEIRA[2], Ronaldo Follmann SANTOS[3]

[1]Acadêmico de Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[2]Departaento Acadêmico de Física, Estatística E Matemática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[3]Coordenação de Estação Experimental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

E-mails: lucascorrente.2022@alunos.utfpr.edu.br, msoliveira@utfpr.edu.br, ronaldosantos@utfpr.edu.br

Resumo: *A cinética química é o estudo da velocidade das reações químicas. Avaliar a velocidade das reações é um critério muito importante a ser medido no estudo das reações químicas. Nesse sentido, nesse trabalho serão realizados experimentos envolvendo a cinética química da reação de decomposição do Peróxido de Hidrogênio usando Cloreto Férrico como catalisador, realizando a modelagem desse processo. Para isso, será empregados equações diferenciais ordinárias de primeira ordem . O objetivo desse estudo é criar um modelo matemático para descrever a cinética das reações de decomposição, observando o decaimento da concentração do reagente em função do tempo. A modelagem do modelo cinético chegou muito próximo dos dados obtidos experimentalmente, sendo possível descrever um modelo matemático que descreve o decaimento da concentração de reagente em função do tempo para a reação de decomposição.*

Palavras-chave: *Cinética química, Reação de decomposição, Peróxido de Hidrogênio, Equações diferenciais ordinárias.*

INTRODUÇÃO

O controle da cinética de reações químicas é exigido em diversas transformações químicas (ZHENG *et al*., 2023), por exemplo a síntese de amônia (ERISMAN *et al*., 2008), comprovando a importância do estudo da cinética química. A cinética química é o ramo científico na qual estuda a velocidade das reações químicas (DA SILVEIRA, 2015; MOORE, 1976), analisando as diferentes variáveis que as influenciam como a temperatura, pressão,

concentração, propriedades do catalizador, entre outros (DA SILVEIRA, 2015). O estudo da cinética química pode ser dividido no estudo das reações homogêneas, que acontecem em fase única, e há as reações heterogêneas, que ocorrem em múltiplas fases (MOORE, 1976).

Reações químicas são processos de reorganização das moléculas, resultando em um novo rearranjo de átomos, elas podem ocorrer em uma única etapa ou em várias etapas (DA SILVEIRA, 2015). Algoritmos e softwares podem fazer processos de engenharia reversa com segurança, analisando uma ou mais reações químicas para realizar modelos reacionários utilizando dados experimentais nos quais são assunto de interesse relevante (SEARSON *et al*., 2007). A cinética das reações químicas é descrita normalmente em uma Equação diferencial ordinária de primeira ordem (AKIBA; MORII; MARUTA, 2023).

O estudo das equações diferenciais teve início no final do século XVII com Newton e Leibniz, sendo aplicado a problemas físicos e geométricos, pesquisadores como Jakob Bernoulli e Halley utilizaram equações diferenciais para analisar movimentos planetários e traçar trajetórias de cometas; Euler, Lagrange, Laplace e outros expandiram o conhecimento na Teoria das Equações Diferenciais Ordinárias, contribuindo para diversas áreas como a mecânica celeste, dinâmica dos fluidos, entre outros, contudo, o estudo das equações diferenciais é fundamental para resolver problemas variados (LOUZADA; ALVES, 2022).

Nesse sentido, esse estudo visou analisar experimentalmente da cinética química da reação de decomposição e modelar matematicamente os dados coletados. A reação escolhida foi a decomposição do Peróxido de Hidrogênio, pois é de baixo custo e de fácil manipulação. A decomposição catalítica do Peróxido de Hidrogênio em água e oxigênio molecular têm um amplo ramo de aplicações (SANTHANARAJ *et al*., 2021). Foram encontrados na literatura diversos estudos, como os de Gregor *et al*. (2010); Luo *et al*. (2002) e Abramovitch *et al*. (2003), que deram foco em vários aspectos relacionados à cinética química e a cinética da reação de decomposição do H_2O_2, enquanto Louzada *et al*. (2022), Guimarães. (2016) e Sehnem *et al*. (2018) realizaram modelagens matemáticas, em especial para modelar a cinética química das reações.

A modelagem matemática do decaimento da concentração de reagente em função do tempo em uma reação de decomposição é realizada por meio de Equações Diferencias Ordinárias. A modelagem apresentada no trabalho será válida para todas as reações que

seguirem o padrão $A \rightarrow B + C$, além da reação da decomposição catalítica do Peróxido de Hidrogênio.

METODOLOGIA

Parte Experimental

A reação de decomposição do Peróxido de Hidrogênio é interessante para faze-la pois sem catálise a reação é muito lenta, contudo, em catálise, ela ocorre de forma significativa, sendo possível calcular a concentração em função do tempo.

O esquema reacional está descrito na Equação 1 conforme Angelucci e Godoi (2010) e na Equação 2 conforme Bewley (1960) e Angelucci e Godoi (2010) . Esta reação envolve a transferência de elétron do metal, nesse caso o ferro, para o peróxido, formando grandes quantidades do íon OH^-, e o radical $OH\cdot$, levando à produção de água e gás oxigênio (R. PETIGARA; V. BLOUGH; C. MIGNEREY, 2002; SANTHANARAJ *et al*., 2021).

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + \frac{1}{2}O_2 \tag{1}$$

$$2Fe^{2+}_{(aq)} + H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2Fe^{3+}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \tag{2}$$
$$H_2O_{2(aq)} + 2Fe^{2+}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + 2Fe^{3+}_{(aq)}$$

Coloca-se 5,0 mL da solução de Ácido Sulfúrico em dez Erlenmeyers de 125 mL, depois adicionam-se 100,0 mL da solução de Peróxido de Hidrogênio no Béquer de 250mL (frasco reacional). Acrescenta-se, no frasco reacional, 10 mL da solução de Cloreto Férrico, utilizando uma pipeta graduada. Acionar o cronômetro quando 5 mL da solução do catalisador (Cloreto Férrico) tiverem sido adicionados. Misturar constantemente e manter o cronômetro funcionando até o final da experiência. Ao colocar todo o catalisador, retirar uma alíquota de 5,0 mL da mistura reacional. Colocar nos Erlenmeyers contendo a solução de Ácido Sulfúrico e titulá-la com a solução de Permanganato de Potássio. Anotar o volume gasto em cada titulação. Repetir o procedimento descrito na etapa anterior, após 5 minutos.

Modelagem Matemática

Equação diferencial ordinária (EDO) contém uma ou mais derivadas ou diferenciais de uma ou mais vaiáveis dependentes em relação à uma única variável dependente (ZILL; CULLEN, 2000). Para a modelagem da cinética química da decomposição do H_2O_2, será usada a EDO de primeira ordem, na qual descreve a velocidade das reações para as reações de decomposição. Mesmo que a reação ocorra sob catálise, a ordem da EDO não será alterada porque se for realizada a reação global será obtida a reação de decomposição.

Nesse caso a modelagem possui um problema de valor inicial, a concentração no tempo inicial $A(0)$ é igual a concentração inicial A_0. A Equação diferencial que será utilizada está descrita na Equação 3, conforme Zill e Cullen (2000) e Moore (1976).

$$\frac{d[A]}{dt} = -k[A] \quad sujeito\ a \quad A(0) = A_0 \tag{3}$$

Essa Equação Diferencial Ordinária pode ser resolvida pelo método das variáveis separáveis. Primeiramente, isola-se cada variável da equação, passando a concentração [A] para junto com o $d[A]$ e o dt para o outro lado, junto com a constante k, como nessa Equação diferencial tudo é múltiplo, a concentração será passada dividindo enquanto o dt será passado multiplicando. A solução do problema de valor inicial acima é apresentada na Equação 4:

$$[A] = A_0 e^{(-k \cdot t)} \tag{4}$$

No laboratório, foram realizadas as soluções necessárias de Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2), Permanganato de Potássio ($KMnO_4$), Cloreto Férrico ($FeCl_3$) e Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) para obter a disponibilidade das soluções durante a prática.

Procedimento

Primeiramente, foi colocado H_2SO_4 nos Erlenmeyers, em seguida, foi montado o sistema para realizar as titulações, o titulante será a solução Permanganato de Potássio já preparada e o titulado será as amostras de Peróxido de Hidrogênio que foram retiradas ao

longo do tempo, o permanganato não reagirá com o Ácido Sulfúrico pois esse ácido reage com o Cloreto Férrico quando a alíquota do meio reacional é colocada nos Erlenmeyers com H_2SO_4.

Posteriormente, foi colocada a solução de H_2O_2 em um béquer e depois foi adicionado o Cloreto Férrico, iniciando a contagem no cronômetro, o meio reacional ficou amarelado e soltando bolhinhas de ar, levando ao início da reação. Assim que é colocado totalmente o $FeCl_3$, é retirada a primeira alíquota. São extraídas alíquotas do meio reacional a cada 5 minutos, até completar 10 alíquotas, essas alíquotas são colocadas nos Erlenmeyers que contém o Ácido Sulfúrico. Depois de ter-se retirado as frações do meio reacional, titula-se as alíquotas de Peróxido de Hidrogênio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise experimental, foram obtidos os volumes gastos de Permanganato de Potássio, através dos cálculos estequiométricos, foi possível descobrir o número de mols de Peróxido de Hidrogênio e a concentração molar de Peróxido de Hidrogênio em cada Erlenmeyer, a Tabela 1 mostra a concentração molar de H_2O_2 em cada amostra titulada de cada titulação.

Tabela 1 – Concentração de Peróxido de Hidrogênio em cada amostra

Nº de amostras	$[H_2O_2]$ 1º Titulação	$[H_2O_2]$ 2º Titulação	$[H_2O_2]$ 3º Titulação	$[H_2O_2]$ Média Titulação
1º	0,09120	0,08480	0,08080	0,08560
2º	0,05080	0,05600	0,04960	0,05213
3º	0,03240	0,03680	0,03360	0,03427
4º	0,02260	0,02320	0,02280	0,02287
5º	0,01640	0,01800	0,01600	0,01680
6º	0,01220	0,01280	0,01160	0,01220
7º	0,00920	0,01040	0,00880	0,00947
8º	0,00760	0,00800	0,00760	0,00773
9º	0,00600	0,00660	0,00600	0,00620
10º	0,00480	0,00520	0,00460	0,00487

Fonte: Autoria própria (2023)

A partir do cálculo das concentrações molares e tendo conhecimento do tempo, é possível analisar o decaimento da concentração de Peróxido de Hidrogênio em função do tempo, nesse artigo, será tomado como medida a concentração das médias das três titulações, e logo, será usado o tempo médio gasto em cada alíquota de cada titulação.

O valor da constante k foi calculada a partir da Equação 4, onde foi isolado o k e depois foi calculado o valor de k para cada amostra (amostras 1-2, 1-3, 1-4, ...). Considerou-se a média dos valores de k ($k = 0{,}062$) para calcular todos os valores da concentração através do modelo matemático e esses dados foram inseridos na tabela 2.

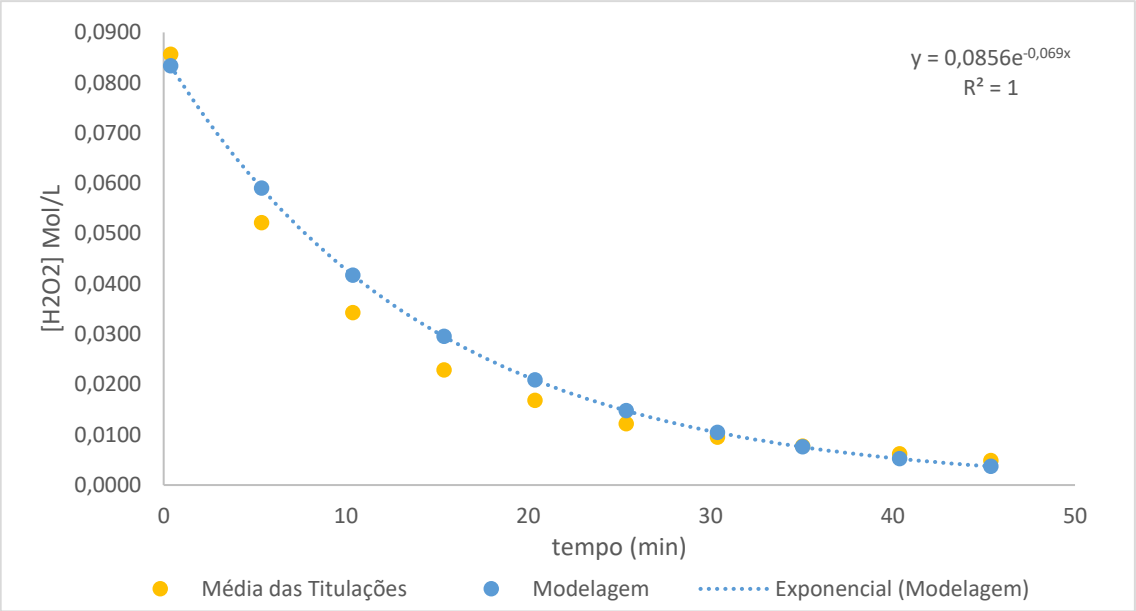
Tabela 2 – Concentração de Peróxido de Hidrogênio em cada instante

Nº de amostras	**Tempo (min)**	**[H_2O_2]**	**[H_2O_2] modelado**
1º	0,38367	0,08336	0,08336
2º	5,37717	0,05900	0,05900
3º	10,38561	0,04172	0,04172
4º	15,38550	0,02952	0,02952
5º	20,38394	0,02089	0,02089
6º	25,38494	0,01478	0,01478
7º	30,38539	0,01045	0,01045
8º	35,05911	0,00756	0,00756
9º	40,38378	0,00523	0,00523
10º	45,38489	0,00370	0,00370

Fonte: Autoria própria (2023)

Os valores de concentração calculados e os dados experimentais foram utilizadas para a construção da curva apresentada na Figura 1, na qual mostra a variação da concentração em relação ao tempo e a curva de tendência do modelo matemático. Na Figura 1, também é apresentado a equação que descreve o modelo matemático.

Figura 1 – Comparação entre o gráfico da modelagem e o gráfico dos valores experimentais



Fonte: Autoria própria (2023)

Inicialmente, há bastante variação nos primeiros instantes da reação. Após alguns minutos, a concentração de Peróxido de Hidrogênio estabiliza-se e as três titulações seguem esse padrão. Logo, existe coerência nos dados obtidos no experimento, conforme exposto na Figura 1, que mostra os dados experimentais do decaimento da concentração em função do tempo. O modelo matemático com o problema de valor inicial aplicado a esse estudo é a função que é apresentada na Figura 1, onde também são apresentados os valores modelados.

Os valores calculados e os dados experimentais se aproximam entre eles, levando a inferir houve um pequeno erro experimental ou aleatório. Contudo, é possível utilizar o modelo matemático para calcular o decaimento da concentração de Peróxido de Hidrogênio em Função do tempo bom bastante exatidão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados experimentais foi possível adaptar uma Equação Diferencial Ordinária para criar um modelo para a reação química considerada com valores próximos dos valores experimentais, com erro relativo considerado aceitável.

Algumas limitações no experimento, incluem falta de monitoramento da temperatura ambiente, ausência de agitação constante e testes limitados em relação a concentrações e à variedade de reações.

Para futuros estudos, é recomendado realizar mais experimentos, a fim de minimizar erros experimentais. Explorar fatores adicionais que influenciam a cinética, como a temperatura e diferentes concentrações, bem como realizar reações de decomposição adicionais, por exemplo a decomposição do Pentóxido de Nitrogênio, pode auxiliar para validar ainda mais o modelo proposto. Além disso, é possível considerar outras classes de reações e analisar como a cinética se comporta em relação a elas.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVITCH, D.; K. CUNNINGHAM, L.; R. LITWER, M. Decomposition Kinetics of Hydrogen Peroxide: Novel Lab Experiments Employing Computer Technology. *Journal of Chemical Education*, v. 80, n. 7, 2003.

AKIBA, T.; MORII, Y.; MARUTA, K. Carleman linearization approach for chemical kinetics integration toward quantum computation. *Scientific Reports*, v. 13, n. 1, p. 3935, 2023.

ANGELUCCI, C. A.; GODOI, G. S. *Cinética Química*. São Cristóvão: CESAD, 2010.

BEWLEY, D. K. Heat of reaction between ferrous ammonium sulphate and hydrogen peroxide in aqueous solution. *Transactions of the Faraday Society*, v. 56, n. 0, p. 1629–1632, 1960.

DA SILVEIRA, B. I. *Cinética Química das Reações Homogêneas*. *[S.I.]* Blucher, 2015.

ERISMAN, J. W. *et al*. How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience*, v. 1, n. 10, p. 636–639, 2008.

GREGOR, C. *et al*. The Effect of Surface Area and Crystal Structure on the Catalytic Efficiency of Iron (III) Oxide Nanoparticles in Hydrogen Peroxide Decomposition. *European Journal of Inorganic Chemistry*, v. 2010, n. 16, p. 2343–2351, 1 jun. 2010.

GUIMARÃES, A. S. *Um algoritmo para simplificar sistemas de equações diferenciais que descrevem a cinética de reações químicas*. São Paulo, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP, , 10 jun. 2016.

LOUZADA, A. J. D. S.; ALVES, L. A. Equações Diferenciais com Aplicações na Química. *Matemática e Estatística em Foco*, v. 9, n. 1, p. 11–24, 16 ago. 2022.

LUO, Y.; KUSTIN, K.; R. EPSTEIN, I. Systematic design of chemical oscillators. 44. Kinetics and mechanism of hydrogen peroxide decomposition catalyzed by copper (2+) in alkaline solution. *Inorganic Chemistry*, v. 27, n. 14, p. 2489–2496, 1 maio 2002.

MOORE, W. J. *Físico-química - vol.1*. [*S.I.*] Blucher, 1976.

R. PETIGARA, B.; V. BLOUGH, N.; C. MIGNEREY, A. Mechanisms of Hydrogen Peroxide Decomposition in Soils. *Environmental Science & Technology*, v. 36, n. 4, p. 639–645, 12 jan. 2002.

SANTHANARAJ, D. *et al*. Unravelling the cooperative role of lattice strain on MnO2/TiO2 and MnO2/ZnO catalysts for the fast decomposition of hydrogen peroxide. *New Journal of Chemistry*, v. 45, n. 22, p. 9944–9958, 2021.

SEARSON, D. P. *et al*. Inference of Chemical Reaction Networks Using Hybrid S-system Models. Chemical Product and Process Modeling. v. 2, n. 1, 2007.

SEHNEM, R.; QUADROS, R.; BUSKE, D. MÉTODO NUMÉRICO PARA SOLUÇÃO DE EDOs RÍGIDAS NA MODELAGEM DE REAÇÕES QUÍMICAS. *Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão*, v. 3, 25 maio 2018.

ZHENG, J. *et al*. Design principles for heterointerfacial alloying kinetics at metallic anodes in rechargeable batteries. *Science Advances*, v. 8, n. 44, p. eabq6321, 16 ago. 2023.

ZILL, D. G.; CULLEN, M. R. *Equações Diferenciais: Volume 1*. [*S.I.*], Pearson Universidades, 2000.

ANÁLISE DE METAIS NO MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO (MP_{10}) NA ÁREA URBANA DA CIDADE DE FRANCISCO BELTRÃO – PR

Ana Flávia SCUDELER[1], Davi Zacarias de SOUZA[2], Elaine Schornobay LUI[3]

[1]Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental (PPGEA)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Química e Ciências Biológicas (DAQBI)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[3]Departamento Acadêmico de Engenharias (DAENG)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: scudeler@alunos.utfpr.edu.br, daviz@utfpr.edu.br, elainelui@utfpr.edu.br

Resumo: *O crescimento desordenado nos centros urbanos causa danos irreversíveis ao ambiente e a saúde humana. A problemática relacionada a poluição do ar tem sido um tema explorado nas últimas décadas, no entanto, a falta de dados em muitos locais dificulta a criação de normativas e padrões de qualidade adequados. Este trabalho teve como objetivo determinar a sazonalidade da concentração dos metais do material particulado atmosférico (MP_{10}) na cidade de Francisco Beltrão. Foram realizadas quatro campanhas de dez dias cada (24 horas consecutivas), utilizando um Amostrador de Grandes Volumes (AGV-MP_{10}), que ocorreram no outono de 2021, inverno de 2021, primavera de 2021 e o verão de 2022. Para a determinação dos metais foi utilizada a técnica de espectrofotometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). Os metais determinados no MP_{10} foram: Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni e Pb. Dentre os metais analisados, o ferro (Fe) foi o que apresentou maiores concentrações, com média sazonal no outono de 1,35 $\mu g.m^{-3}$, inverno de 1,39 $\mu g.m^{-3}$, primavera de 0,082 $\mu g.m^{-3}$ e verão de 0,50 $\mu g.m^{-3}$, seguido pelo crômio que apresentou concentração média sazonal maior no inverno de 0,05 $\mu g.m^{-3}$ e o cobre no outono de 0,01 $\mu g.m^{-3}$. Os demais metais não tiveram valores significativos durante a análise. A tendência sazonal observada nas concentrações da maioria dos metais, com valores mais altos no período seco e mais baixos no período chuvoso.*

Palavras-chave: *Poluição atmosférica; Metais; ICP-OES; Qualidade do ar.*

INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica consiste em um problema relevante para todo planeta. Com o avanço da era tecnológica, industrial e social, percebe-se uma crescente desordenada nos

grandes centros urbanos e consecutivamente o aumento de emissões de gases poluentes no ar, acarretando danos irreversíveis à saúde humana, a vida animal e vegetal, além de afetar o meio ambiente. (DAMASCENO, 2014; SHARMA; MAUZERALL, 2021).

Os principais poluentes atmosféricos incluem a fumaça (FMC), o dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2), ozônio (O_3) e monóxido de carbono (CO) e o material particulado que é dividido em partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis grossas (MP_{10}), partículas inaláveis finas ($MP_{2.5}$). Esses poluentes podem ter origem em várias fontes, como emissões de veículos, indústrias, usinas de energia, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros (CETESB, 2022).

O MP_{10} são partículas inaláveis com tamanho aerodinâmico entre 10µm a 2,5µm (micrometros), essas partículas podem conter substâncias tóxicas, como metais pesados, hidrocarbonetos e compostos orgânicos voláteis. Além disso, essas partículas podem contribuir para o desenvolvimento de doenças do trato respiratório, como doenças cardíacas, acidentes vasculares respiratórios (AVCs) e hipertensão arterial. (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2004; MOROZESK *et al., 2021*).

O aumento da preocupação com a poluição atmosférica alavancou os estudos sobre a composição do material particulado principalmente em relação à presença de metais. Dentre os metais, aqueles que são mais preocupantes devido a sua toxicidade pode-se citar o chumbo, crômio, cádmio e alguns com menor poder de contaminação e poluição tais como cobre, ferro, manganês, níquel, mercúrio e zinco (BRITO *et al*. 2018).

Para caracterizar quimicamente um particulado é necessário empregar algumas técnicas analíticas que identifiquem quais metais estão presentes numa determinada amostra coletada. Neste trabalho, foi utilizada a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) para determinar a concentração do MP_{10} e medir a concentração de metais presentes na atmosfera de Francisco Beltrão.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Oliveira (2020) cita que a atmosfera é definida como uma camada delgada de ar que envolve a Terra, ela é uma mistura de gases, vapor d'água e partículas sólidas em suspensão cuja composição pode ser influenciada por fenômenos que ocorrem na superfície do planeta

(litosfera e hidrosfera). Dentre esses fenômenos pode-se destacar as atividades vulcânicas, ventos, precipitações pluviais, evaporação de águas superficiais, emissões biogênicas e atividades antrópicas que juntos formam um sistema ambiental integrado (BRANCO, 2014).

A poluição atmosférica é a presença de substâncias nocivas ou poluentes no ar que podem ter efeitos prejudiciais ao ecossistema como um todo. Seus efeitos no meio ambiente estão relacionados a problemas de ordem política, social e econômica (VIDALE *et al.,* 2017; FARIA *et al.,* 2022).

Conforme destaca Guimarães (2016) os poluentes emitidos na atmosfera são classificados como poluentes primários e secundários. Os poluentes primários são definidos como aqueles emitidos diretamente da fonte para a atmosfera e os mais estudados são o monóxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO2), o metano (CH4), o dióxido de enxofre (SO2), os óxidos de nitrogênio (NOx), os compostos orgânicos voláteis (COV), os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e os materiais particulados (MP). Os poluentes secundários são formados pelas reações químicas dos poluentes primários, dentre eles destacam-se os poluentes fotooxidantes, principalmente os Nitratos de Peroxiacil (PAN) e o ozônio (O3) (MELLER *et al.,* 2017).

O material particulado (MP) é um termo genérico usado para descrever uma complexa mistura de partículas sólidas e líquidas em suspensão no ar, podendo ser de origem natural ou antrópica (VASCONCELLOS, 2010; FONTENELE *et al.,* 2017). De acordo com Rocha *et al.* (2004) o material particulado atmosférico pode ser dividido pelo seu diâmetro aerodinâmico. Assim, diferenciam-se as em quatros classes, como as partículas grossas de 2,5μm > MP ≤ 10μm (micrometros), as partículas finas de 0,1μm > MP ≤ 2,5μm, partículas ultrafinas entre MP ≤ 0,1μm e as nanopartículas com tamanho MP < 0,01μm (FONTENELE *et al.,* 2017; BRITO *et al.,* 2018).

As partículas grossas são chamadas de inaláveis e as finas e ultrafinas são chamadas de respiráveis. Pequenas partículas com menos de 10 micrometros de diâmetro representam os maiores problemas, pois podem penetrar profundamente nos pulmões e algumas podem até entrar na corrente sanguínea, seus efeitos adversos são mais comuns em crianças, idosos e em pessoas que sofrem de doenças respiratórias e cardiovasculares (FARIA *et al.,* 2022). Segundo Souza *et al.* (2010) os efeitos da poluição atmosférica são diversos e podem variar

desde problemas de saúde, como doenças respiratórias, até danos aos ecossistemas, como a acidificação de rios e lagos. Além disso, a poluição atmosférica é um dos principais impulsionadores das mudanças climáticas devido à emissão de gases de efeito estufa.

Numerosos estudos científicos ligaram a exposição à poluição por partículas a uma variedade de problemas, incluindo: morte prematura em pessoas com doença cardíaca ou pulmonar, ataques cardíacos não fatais, arritmia cardíaca, asma agravada, função pulmonar diminuída, aumento dos sintomas respiratórios, tais como irritação das vias respiratórias, tosse ou dificuldade em respirar (USEPA, 2022).

O aumento da preocupação do efeito da poluição atmosférica na saúde humana alavancou os estudos sobre a composição do material particulado principalmente em relação à presença de metais e sua toxicidade. Partículas em suspensão, especialmente as inaláveis, com diâmetro inferior a 10µm, contêm altas concentrações de metais de interesse toxicológico, como Cu, Ni, Mn, Fe, Cr, Pb e Cd, dentre outros. Ainda que muitos desses metais sejam constituintes dos tecidos, seus efeitos tóxicos são conhecidos mesmo em baixos níveis (MOHANRAJ *et al.,* 2004).

Para identificar esses metais na atmosfera, foi utilizada a técnica de Espectrofotometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). Essa é uma técnica utilizada para a determinação de traços de diversos elementos da tabela periódica simultaneamente, permitindo a avaliação destes em uma amostra. Utilizando-se uma fonte de plasma que excita os átomos do elemento a ser avaliado, estes emitem radiações em comprimentos de onda específicos, que são medidas e permitem assim a quantificação adequada. Ele avalia o teor (determinação quantitativa) de metais e ametais em matrizes inorgânicas (BOSS; FREDEEN, 1997; VELHO, 2013).

METODOLOGIA

Para as coletas foi utilizado um Amostrador de Grandes Volumes (AGV-MP_{10}), da marca Energética CVV que executa a coleta do material particulado com diâmetro aerodinâmico menor que 10µm (micrometros), com um fluxo médio igual a 1,13 m^3/min (MANUAL AGV-MP_{10}, 2020).

O período de funcionamento do equipamento para a coleta de amostras do material particulado foi sazonal, ou seja, foi realizada nas quatro estações do ano (outono 2021, inverno 2021, primavera 2021, verão 2022), cada coleta realizada em 10 dias ininterruptos (24 horas consecutivas).

O AVG – MP_{10} é um aparelho que succiona o ar, e as partículas coletadas são encaminhadas para um filtro de fibra de vidro. Antes e após a coleta dos filtros, os mesmos são pesados em balança analítica no sistema de triplicata, e posterior a coleta mantidos na refrigeração numa temperatura média 10 °C.

As análises e procedimentos químicos foram realizados no Centro de Química e Meio Ambiente – CEQMA, que se localiza no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) da Universidade de São Paulo (USP).

Para a digestão dos filtros e preparação das amostras a técnica empregada foi a de decomposição oxidativa que é amplamente utilizada para digerir amostras contendo compostos orgânicos e inorgânicos. O sistema de digestão em forno micro-ondas permite que o processo seja realizado com recipientes fechados a temperaturas e pressões elevadas, obtendo maior eficiência na dissolução de amostras orgânicas, garantindo que os elementos fiquem em sua forma livre.

Para a digestão das amostras, com o auxílio de um cortador de filtros, foi retirada uma 1/4 de cada filtro, em seguida, os pedaços foram cortados em frações menores e, posteriormente colocados em tubos de digestão. Os tubos foram colocados no carrossel do forno micro-ondas, e submetidos ao processo de digestão.

Após o processo de digestão, as soluções extraídas foram filtradas e transferidas para balões volumétricos e avolumadas com água Milli-Q. Em seguida, as soluções finais foram armazenadas em frascos de polietileno e guardados em um refrigerador para as posteriores análises químicas através da técnica analítica ICP_OES.

ICP-OES (Espectroscopia de Emissão Óptica de Plasma Acoplado Indutivamente) é uma técnica analítica utilizada para determinar a concentração de elementos presentes em uma amostra, onde é excitada termicamente a altas temperaturas.

Dentre os metais identificados, foi possível realizar a quantificação de 7 elementos: cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni) e chumbo (Pb).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período estudado entre maio de 2021 a março de 2022 (outono de 2021, inverno de 2021, primavera de 2021 e verão de 2022), foram coletadas ao todo 40 amostras de concentração do material particulado (MP_{10}) na zona urbana da cidade de Francisco Beltrão.

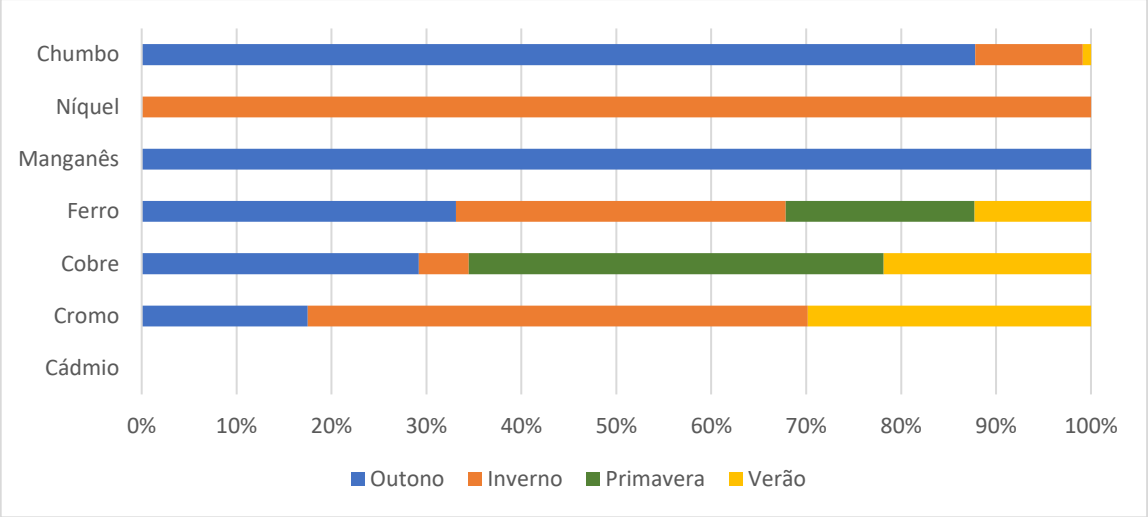
Dentre as 40 amostras, nenhuma ultrapassou os valores de concentração de material particulado (MP_{10}) indicados pelo CONAMA 491/2018, que é de 120 $\mu g.m^{-3}$. No entanto, quando os valores encontrados de concentração do MP foram comparados com os valores recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) que é de 45 $\mu g.m^{-3}$, oito exemplares ultrapassaram os valores indicados (OMS, 2021).

As análises químicas realizadas apontam que as concentrações dos elementos metálicos no MP_{10} variaram durante o período de estudo, a distribuição da média sazonal deles (Gráfico 1) nos mostra que praticamente todos os elementos tiveram maiores concentrações nas estações do outono e inverno, pois as mesmas englobam períodos mais secos e frios. As concentrações dos elementos Cd, Mn, Ni e Pb ficaram abaixo do limite de detecção do ICP-OES que é de 0,0005, 0,0001, 0,0003 e 0,0024 mg/l, respectivamente.

Ao analisarmos a Tabela 1, nota-se que o ferro (Fe) foi o elemento metálico que apresentou o maior valor detectado durante as quatro estações do ano, com uma média sazonal de concentração no outono de 1,35 $\mu g.m^{-3}$, no inverno de 1,39 $\mu g.m^{-3}$, na primavera de 0,082 $\mu g.m^{-3}$ e no verão de 0,50 $\mu g.m^{-3}$, seguido pelo cromo que apresentou concentração média sazonal maior no inverno de 0,05 $\mu g.m^{-3}$ e o cobre no outono de 0,01 $\mu g.m^{-3}$.

É possível visualizar no Gráfico 2 que as concentrações de metais presentes e as concentrações do material particulado oscilam ao longo das estações do ano. Isso ocorre devido a uma combinação de fatores meteorológicos, processos atmosféricos que influenciam a quantidade e a composição do material particulado e fontes de emissão como atividades industriais, queima de combustíveis fósseis e outras atividades humanas. Esses metais podem ser liberados na forma de partículas ou gases, e alguns deles podem ser tóxicos e prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente.

Gráfico 1 – Distribuição da média sazonal dos metais: Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb durante as estações do ano



Fonte: Autoria própria (2023)

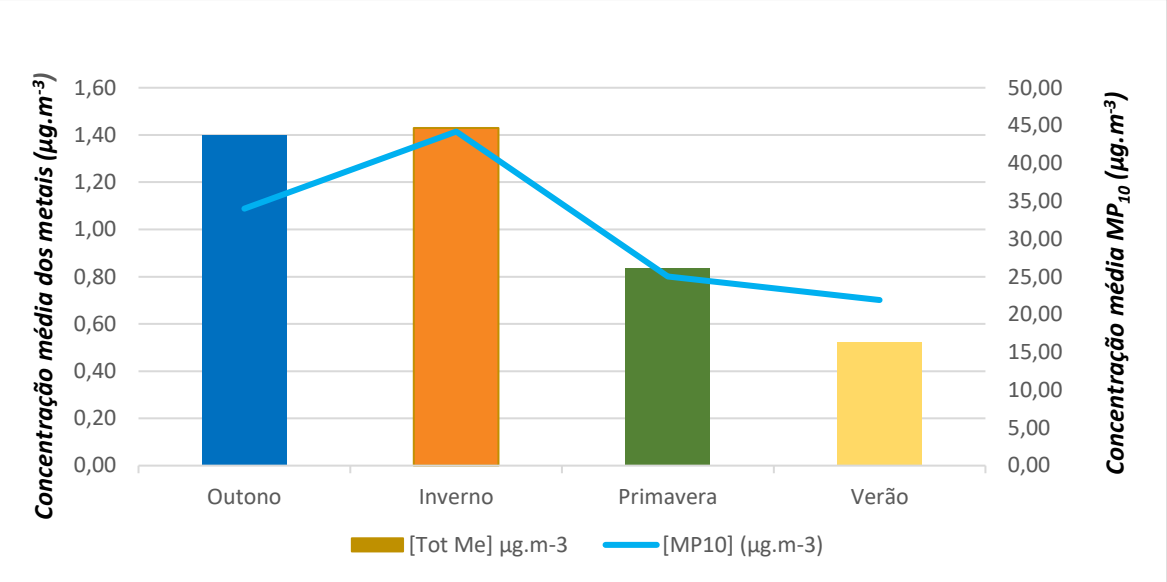
Tabela 1 – Valores das concentrações (média (mínimo máximo)) do MP_{10}, dos metais amostrados ($\mu g.m^{-3}$) e amplitude dos dados meteorológicos em cada estação do ano

Variáveis	**Outono 2021 média (mín - máx)**	**Inverno 2021 média (mín - máx)**	**Primavera 2021 média (mín - máx)**	**Verão 2022 média (mín - máx)**
Cd	Nd	Nd	Nd	Nd
Cr	0,02 (0,01 – 0,02)	0,05 (0,00 – 0,43)	Nd	0,02 (0,00 – 0,27)
Cu	0,01 (0,00 – 0,03)	Nd	0,01 (0,00 – 0,02)	0,01 (0,00 – 0,04)
Fe	1,35 (0,19 – 3,34)	1,39 (0,30 – 4,83)	0,82 (0,38 – 1,79)	0,50 (0,07 – 2,55)
Mn	0,01 (0,00 – 0,03)	Nd	Nd	Nd
Ni	Nd	Nd	Nd	Nd
Pb	0,01 (0,00 – 0,04)	Nd	Nd	Nd
MP_{10}	34,0 (14,4 - 64,9)	44,2 (17,7 - 66,6)	25 (8,1 - 40,4)	21,9 (8,3 - 32,7)
P* (mm)	198,8	365,8	369,2	396
T (°C)	14,9 (10,6 - 20)	21,4 (16,1 - 26,5)	26,2 (23,2 - 28,3)	22,6 (20,4 - 25,3)

(*) Valor da precipitação acumulada de cada estação do ano

Fonte: Autoria própria (2023)

Gráfico 2 – Correlação da concentração média sazonal (µg.m^{-3}) dos metais versus o MP_{10}



Fonte: Autoria própria (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho buscou avaliar a concentração do material particulado sazonal com os metais presentes no MP_{10} da cidade de Francisco Beltrão – PR, utilizando a técnica de Espectrofotometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES). Assim, foi possível determinar 7 elementos metálicos (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni e Pb) no MP_{10}. Dentre eles, o Ferro foi o metal que apresentou maiores concentrações durante o período de estudo. Em relação a sazonalidade das concentrações, foi possível observar que a maioria dos metais apresentou comportamento semelhante, com maiores concentrações no período seco e menores concentrações no período chuvoso, exceto os metais Cd, Mn, Ni e Pb que ficaram abaixo do limite de detecção do aparelho ICP_OES. Sendo que esses resultados podem estar relacionados à intervalos de precipitação no mês, à solubilidade dos elementos, assim como aumento da emissão desses elementos por suas fontes poluidoras. Próxima etapa do estudo é fazer uma análise da direção e velocidade do vento, assim através do transporte de massas, identificar as possíveis fontes de poluição e subsidiar com dados tomada de ações e medidas mitigatórias para a melhoria na qualidade do ar na cidade de Francisco Beltrão.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE PROTEÇAO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS (US EPA) Noções básicas de matéria particulada (PM). 2022. https://www.epa.gov/pmpollution/particulate-matter-pm-basics#PM. Acesso em: 20/05/2022.

BRASIL. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). 2022. Poluentes, Qualidade do Ar. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/. Acesso em: 30 maio 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740. Acesso em: 20 ago. 2022.

BRANCO, Pércio de Moraes. Forças Que Atuam na Superfície da Terra. 2014. SGB – Serviço Geológico do Brasil CPRM. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/SGB-Divulga/Canal-Escola/Forcas-Que-Atuam-na Superficie-da-Terra-1254.html. Acesso em: 10 dez. 2022.

BRITO, G. F. S.; SODRÉ, F. F.; ALMEIDA, F. V. O Impacto do Material Particulado na Qualidade do Ar. UFRJ. Rev. Virtual Quim., 2018, 10 (5), Disponível: http://rvq.sbq.org.br Acesso em: 01 maio 2022.

BOSS, C. B.; FREDEEN, K. J. Concepts, Instrumentation, an Techniques in Inductively Clouped Plasma Optical Emission Spectrometry. 2 edição. PerkinElmer Corporation, 1997. Capítulo 1 e 2, p. 12-35.

DAMASCENO, M. M. Determinação dos Metais Presentes no Material Particulado Atmosférico da Região Urbana de Manaus. Universidade Federal do Amazonas pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação Programa de Pós-Graduação em Química. Manaus. 2014. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5188. Acesso em: 10 jun. 2022.

FARIA, T.; CUNHA-LOPES, I.; PILOU, I.; HOUSIADAS, C.; QUEROL, X.; ALVES, C.; ALMEIDA, S. M. Children´s exposure to size-fractioned particulate matter: Chemical composition and internal dose. *Science of the Total Environment*, v. 823, p. 1-11, 2022.

FONTENELE *et al.* Avaliação da exposição e risco de câncer em trabalhadores da pavimentação: um estudo baseado nos níveis de partículas respiráveis presentes nos fumos de asfalto. UFC – Universidade Federal do Ceara. 2017. DOI:10.14295/transportes.v26i2.1447. Disponível em: https://repositorio.ufc.br. Acesso em 29 jun. 2022.

GUIMARÃES, Claudinei de Souza. Controle e Monitoramento de Poluentes Atmosféricos. 2016. Elsevier Editora Ltda: Grupo GEN, 2016. 9788595154438. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595154438/ Acesso em: 30/02/2022.

MANUAL AGV-MP10. ENERGÉTICA. 2016 Amostrador de Grande Volumes (Energética). Disponível em:

https://www.energetica.ind.br/wpcontent/uploads/2016/01/env1_manualpts_rev_08.pdf. Acesso em: 25 jan. 2022.

MELLER, G. S.; Fürstenau, O. K.; Tiago, S. R.; Sou, M.V. D. Controle da Poluição. Sagah Educação S.A.: Grupo A, 2017. 9788595021150. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595021150/. Acesso em: 29 jan. 2022.

MOHANRAJ, R.; AZEEZ, P. A.; PRISCILLA, T. Heavy Metals in Airbone Particulate Matter of Urban Coimbatore. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology,* v. 47, p. 162-167, 2004.

MOROZESK, M.; SOUZA, I. C. S.; FERNANDES, M. N.; SOARES, D. C. F. Airbone particulate matter in an iron mining city: characterization, cell uptake and cytotoxixity effects of nanoparticles from $PM_{2.5}$, PM_{10} and PM_{20} on human lung cells. *Environmental Advances, v. 6, p.1-15, 2021.*

OLIVEIRA, A. S.; Fundamentos de Meteorologia e Climatologia: Capítulo III – A Atmosfera. NEAS/UFRB 2020. https://www.ufrb.edu.br. Acesso em: 20 nov. 2022.

OMS, ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. 2021. WHO. Novas diretrizes de qualidade do ar. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf. Acesso em: 28 jun. 2022.

ROCHA, J.C., ROSA, A.H., CARDOSO, A.A., 2004. Introdução à Química Ambiental, cap 3, pg 117 2a. ed. Bookman, Porto Alegre.

SHARMA, D.; MAUZERALL, D. Analysis o fair pollution data in India between 2015 and 2019. *Aerosol and Air Quality Research.* v 22, n. 2, p. 1-20, 2021.

SOUZA, P. A. de., MELLO, W. Z., MARIANI, R. L., SELLA, S. M. Caracterização do material particulado fino e grosso e composição da fração inorgânica solúvel 32 em água em São José dos Campos (SP). *Química Nova*, v. 33, n. 6, p.1247-1253, 2010.

VASCONCELLOS, P.C., Determination of anthropogenic and biogenic compounds on atmospheric aerosol collected in urban, biomass burning and forest areas in São Paulo, Brazil. 2010. Science of the Total Environment. USP SP. Elsevier. Doi:10.1016/j.scitotenv.2010.08.012.

VELHO, A. C. C. Uso de nitrogênio em nebulizador de alta eficiência para introdução de soluções no plasma indutivamente acoplado. 2013. UFRGS. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/66457. Acesso em: 01 nov. 2022.

VIDALE, S.; ARNABOLDI, M.; BOSIO, V.; CORRADO, G.; GUIDOTTI, M.; STERZI, R.; CAMPANA, C. Short-term air pollution exposure and cardiovascular events: a 10-year study in the urban área of Como, Italy. *Intenationl Journal of Cardiology*, v. 248, p. 389-393, 2017.

INVESTIGAÇAO DO POTENCIAL DO USO DE CHÁS PARA A PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA COMO ALTERNATIVA AO MEIO HS

Rebeca Duarte de SOUZA[1], **Cátia Tavares dos Passos FRANCISCO**[1,2]

1Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Laranjeiras do Sul, Laranjeiras do Sul – Paraná – Brasil.

2Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos
Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo – São Paulo – Brasil.

E-mails: rebeca.souza@estudante.uffs.edu.br, catia.passos@uffs.edu.br

Resumo: *Na constante procura por materiais de fonte renováveis, a celulose bacteriana se destaca por suas inúmeras aplicações. Neste trabalho foi investigada a influência do meio de cultura na produção da celulose microbiana, utilizando SCOBY da kombucha. Para isso, foram preparadas amostras com diferentes fontes de carbono e de nitrogênio com chá verde e chá de picão preto (combinados com sacarose, glicose, extrato de levedura e peptona), incubados a 25°C/10 dias. Após a determinação de rendimento estimando por gravimetria, constatando assim que o meio composto por chá de picão preto e sacarose, foi o que representou o menor custo de produção de celulose microbiana.*

Palavras-chave: *Kombucha, picão preto, chá verde, SCOBY.*

INTRODUÇÃO

A constante procura por materiais oriundos de fonte renováveis, a fim de garantir a preservação do meio ambiente, têm levado ao desenvolvimento de pesquisas para a obtenção de biomateriais, na qual um desses materiais de grande destaque é a celulose bacteriana (CB). Um polímero de fácil obtenção, constituído por estrutura linear de glicose, que pode ser produzida de forma pura, livre de outros polímeros como hemicelulose e lignina (VASCONCELOS *et al*., 2017). A CB, já tem inúmeras aplicações na indústria biomédica,

biotecnológica, alimentícia, cosmética, têxtil e da moda, eletrônica, farmacêutica e odontológica (YANG *et al*.,2016). Ela possui excelentes propriedades mecânicas, elevada capacidade de retenção de água, cristalinidade, estabilidade térmica, elasticidade, maleabilidade e alta biocompatibilidade (SVENSSON *et al*., 2005).

A kombucha origina-se da fermentação de uma solução de ervas com açúcar, preparada em água de boa qualidade e adicionada de uma Cultura Simbiótica e Bactérias e Leveduras, o SCOBY, que é um consorcio simbiótico, que incluem cepas microbianas anaeróbicas e aeróbicas **(**GREENWALT *et al.,* 2000**;** LEAL E COLS*.,* 2018). A celulose pode ser observada através de uma fina camada de biofilme que se forma na superfície desse líquido, em temperaturas favoráveis ao seu crescimento, sendo que está próxima a 30 °C, pois temperaturas mais baixas podem diminuir a contagem de leveduras e de bactérias acéticas e láticas (FU *et al.*, 2014**;** LEAL E COLS., 2018).

O meio de cultura sintético HS, *Hestrins&Schramm* (1957) é utilizado como meio padrão para a produção da CB. Esse tem um custo elevado, o que dificulta a produção em larga escala. A fonte de carbono e de nitrogênio como peptona e extrato de levedura presente no meio HS é um importante para o cultivo e afeta diretamente o rendimento da celulose (MASAOKA *et al*., 1993; RUKA *et al*., 2012). Buscando novos meios de cultivos, de baixo custo e alto rendimento, a produção de celulose bacteriana através da bebida Kombucha, têm resultados promissores (MIKKELSEN, D. *et al* ,2009), podendo ser uma alternativa viável para a redução dos custos de produção. Desta forma o presente trabalho teve como objetivo realizar uma triagem a fim de avaliar o uso de chá verde e chá de picão, como fontes alternativas ao meio HS, adicionados de diferentes fontes de carbono e de nitrogênio, a fim de verificar a influência destes meios na produção de CB. A escolha destes chás se deveu ao chá verde ser tradicionalmente utilizado para a produção da bebida Kombucha e o chá de picão preto ter sido testado anteriormente para a produção da bebida, e se constatou que estimulava a produção de CB.

METODOLOGIA

As análises foram realizadas no laboratório de microbiologia na Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul. O inóculo mãe, foi produzido utilizando um frasco de vidro de aproximadamente 3000 mL contendo chá verde preparado com uma

infusão de 12 g/L em 1 L de água destilada a 75 °C, por 5 min. O chá foi coado com o auxílio de um coador de plástico e adicionado 30 g/L de açúcar (sacarose) adquirida no comercio local e autoclavados a 121 °C durante 20 min. Após foi deixado esfriar até 25 °C para adição de 2 %(p/V) de inóculo (SCOBY), que foi obtido através de doação, incubada a 25 °C, durante 10 dias. Os chás utilizados no experimento (picão e chá verde) foram preparados sob as mesmas condições do inóculo mãe, mas adicionados de fonte de carbono (sacarose e glicose) e de nitrogênio (peptona e extrato de levedura), conforme apresentado no Tabela 1. Os meios utilizados no ensaio de produção de celulose foram esterilizados e resfriados sob as mesmas condições. 2,32 mL do meio foi transferido em triplicata para microplacas de 6 poços e adicionado de 0,62mL do inóculo mãe, totalizando 2,9 ml por poço, a fim de padronizar a inoculação.

Tabela 1 - Composição dos chás utilizados nos experimentos, utilizando chá verde e chá de picão preto adicionado de diferentes fontes de carbono (sacarose e glicose) e extrato de levedura (peptona e extrato de levedura).

Experimento	Tipo de chá	Sacarose (g/L)	Glicose (g/L)	Peptona (g/L)	Extrato de levedura (g/L)
1	Verde	30			
2	Verde		30		2,5
3	Verde	30			2,5
4	Verde		30	2,5	
5	Picão	30			
6	Picão	30		2,5	
8	Picão	30			2,5
8	Picão		30	2,5	
9	Picão		30		2,5

Fonte: Autoria própria (2023)

O volume de líquidos foi transferido para as microplacas com o auxílio de micropipetas, todo o procedimento foi realizado na câmera de fluxo de forma estéril. Todo o material utilizado nos experimentos foi devidamente esterilizado com antecedência para minimizar contaminações, as amostras foram então incubadas em estufa a 25°C/10 dias. Como controle foi realizado um ensaio utilizando o meio HS (g/L): ácido cítrico monohidratado (1,15); extrato de levedura (5,0); fosfato bibássico de sódio anidro (2,7), glicose (20,0); peptona

(5,0). Para determinação do rendimento e da taxa de produção foi removido a biomassa e impurezas solúveis do biofilme SCOBY, ele foi lavado com água destilada, até a estabilização da cor. Após, foi realizado o branqueamento por imersão em solução de hidróxido de sódio 0,1 moL/L, em Erlenmeyer 100 mL, por 30 minutos, em temperatura constante de 90°C, para cada uma das amostras.

Os biofilmes foram transferidos para os papéis filtro Whatmann n°1, devidamente identificados e desidratados em estufa a 60°C, com peso conhecido. As amostras foram desidratadas em estufas de secagem a 45°C até peso constante, sendo pesada diariamente em balança analítica. Para o rendimento do CB foi utilizado o rendimento da celulose e (g/l), foi usado o seguinte cálculo: Rendimento = (peso da celulose /2,9) *1000

A massa de celulose produzida foi estimada por gravimetria, em peso seco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser observado na Tabela 2 os meios que mais se destacaram na produção de CB, após 240h de crescimento, foram o chá verde adicionado de glicose e extrato de levedura, alcançando 3,4g/L e o picão preto adicionado apenas de sacarose que alcançou 3,6g/L. A produção de CB, nestas condições, para o meio HS, considerado padrão foi de 2,3 g/L, resultado próximo aos meios que utilizaram chá verde e glicose (2,4 g/L) e picão preto com glicose e extrato de levedura. Todos os meios citados apresentaram taxa de produção de 0,01 g/L.h. Com base nestes resultados, pode-se observar que o uso de chá verde adicionado de glicose e extrato de levedura e o chá de picão preto e sacarose apresentaram rendimento 47,8% e 39,1% superior ao meio HS.

Com base nos resultados, é possível verificar que embora o chá verde adicionado de glicose e extrato de levedura tenha apresentado a maior produção, que o custo de produção relacionado ao uso do chá de picão preto e sacarose foi superior. Logo, explorar o uso do picão preto parece ser uma alternativa viável para produzir a celulose microbiana sem adição de meios complexos e refinados, abrindo possibilidade, inclusive, para o uso de efluentes industriais açucarados, como foi apresentado pela Startup americana Biotech Hyfé que

transforma efluentes açucarados da indústria de alimentos em matéria-prima para indústrias de processos fermentativos de alta precisão (NEOFEED, 2023).

Tabela 2 - Resultado do cálculo do rendimento de CB produzida sob as mesmas condições utilizando dois tipos de chás (chá verde e picão preto) adicionado de diferentes fontes de carbono (sacarose e glicose) e nitrogênio (peptona e extrato de levedura).

Experimento	**Tipo de chá**	**Sacarose (g/L)**	**Glicose (g/L)**	**Peptona (g/L)**	**Extrato de levedura (g/L)**	**Rendimento (g/L)**
1	Verde	30				2,4±0,0
3	Verde	30			2,5	0,5±0,0
4	Verde		30	2,5		0,4±0,0
5	Picão	30				**3,6±0,0**
6	Picão	30		2,5		1,8±0,0
8	Picão	30			2,5	1,3±0,0
8	Picão		30	2,5		1,1±0,0
9	Picão		30		2,5	2,1±0,0
HS	-	-	-	-	-	2,3±0,0

Fonte: Autoria própria (2023)

Em uma revisão realizada por Faria e Francisco (2022), verificou-se que a maioria dos trabalhos utilizam culturas isoladas como *Komagateibacter xylinus* e *Gluconobacter sucrofermentans*, entre outros e que o rendimento varia de 2,14 a 6,2 g/L em cultura estática e agitada, todos utilizando cultura pura. Logo, foi possível constatar que o uso de consórcio microbiano, como o SCOBY da Kombucha, ainda está sendo pouco explorado. Este pode representar uma alternativa promissora, pois pode representar um uso apropriado ao descarte da indústria de produção desta bebida fermentada, agregando valor ao resíduo, como pode ser o início de um novo olhar para este processo fermentativo, pois o uso de um consórcio microbiano pode, além de reduzir os custos da produção, como apresentado no presente trabalho, requerer menos controle durante o processo, pela possibilidade da redução do risco de contaminação com microrganismo ambientais, uma vez que esta bebida é produzida de forma artesanal e os cuidados requeridos para manutenção da cultura são os de higiene, como lavagem dos frascos e utensílios usados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no exposto, pode-se concluir que tanto o chá verde como o chá de picão preto são promissores para serem utilizados na produção de CB utilizando SCOBY de Kombucha, no entanto, houve destaque ao uso do picão preto, por requerir menor adição de meios de cultura refinados, pois não foi necessária adição de fonte de nitrogênio para atingir um alto rendimento, ao contrário do chá verde. Mais estudos serão necessários para viabilizar a produção de CB a partir de meios simples, a fim de substitui o meio HS convencionalmente utilizado.

REFERÊNCIAS

FARIA, P.R.; FRANCISCO, C.T.P. PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO DE CELULOSE MICROBIANA E SUAS APLICAÇÕES: UMA REVISÃO. *Ciências agrárias multidisciplinares: avanços e aplicações múltiplas*. Volume 2. Editora Publicar, Rio de Janeiro-RJ, 2022.

FUC, YAN F, CAO Z,XIE F,LIN J. Atividades antioxidantes de kombucha preparado a partir de três substratos diferentes e mudanças no conteúdo de probióticos durante o armazenamento. Food Sci Technol. 2014;34(1):123-6.

GREENWALTER CJ, STEINKRAUS KH, LEDFORD RA. Kombucha, o chá fermentado: microbiologia, composição e efeitos alegados para a saúde. *J Food Protect*. 2000;63(7):97681.

HESTRIN, S.; SCHRAMM, M. Synthesis of cellulose by Acetobacter xylinum. Micromethod for the determination of celluloses. Biochemical Journal, London, v. 56, p. 163-166,1954.

HYUN J, LEE Y, WANG S, KIM J, KIM J, CHA J, et al. O chá de Kombucha evita que camundongos obesos desenvolvam esteatose hepática e danos no fígado. Food Sci Biotechnol. 2016;25(3):861-6.

LEAL JM, SUÁREZ LV, JAVABALAN R, OROS JH, ESCALANTE-ABURTOL A. A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. *CYTA-J Food*. 2018;16(1):390-9.

MALBAŠA, R. V.; LONČAR, E. S.; VITAS, J. S.; ANADANOVIĆ, J. M. C. Influence of starter cultures on the antioxidant activity of kombucha. Food Chemistry, v. 127, p. 1727-1731, 2011.

MAKWANA, M., & HATI, S. (2019). Fermented beverages and their health benefits. In A. M. Holban & A. Grumezescu (Eds.), *Fermented beverages* (pp. 1-29). Duxford: Woodhead Publishing.

MIKKELSEN, D.; FLANAGAN, B. M.; DYKES, G. A.; GIDLEY, M. J. *Influence of different carbon sources on bacterial cellulose production by Gluconacetobacter xylinus strain* ATCC 53524. *Journal of Applied* Microbiology, v. 107, p. 576-658, 2009.

NOTÍCIAS DA BOLSA. *Futuro da alimentação. A startup que usa as águas residuais da fabricação de comidas e bebidas para "alimentar" a biorrevolução*, 2023. Disponível em: https://www.noticiasdabolsa.com.br/bc-quais-sao-os-piores-bancos-segundo-osclientes96711.html

RUKA, D. R.; SIMON, G. P.; DEAN, K. M. *Altering the growth conditions of Gluconacetobacter xylinus to maximize the yield of bacterial cellulose. Carbohydrate Polymers*, Oxford, v. 89, n. 2, p. 613-622, 2012.

SVENSSON, A NICKLASSON, E., HARRAH, T., PANILAITIS, B., KAPLAN, D.L., BRITTBERG, M., & GATENHOLM P. (2005). Bacterial cellulose as a potential scaffold for tissue engineering of cartilage. *Biomaterials*, *26*(4), 419–31. doi:10.1016/j.biomaterials.2004.02.049

VASCONCELOS, N. F. et al. *Bacterial cellulose nanocrystals produced under different hydrolysis conditions: Properties and morphological features*. Carbohydrate Polymers, v. 155, p. 425–431, 2017.

YANG, X. Y.; HUANG, C.; GUO, H. J.; XIONG, L.; LUO, J.; WANG, B.; LIN, X. Q.; CHEN, X. F.; CHEN, X. D. *Bacterial cellulose production from the litchi extract by Gluconacetobacter Xylinus.* Preparative Biochemistry and Biotechnology, New York, v. 46, n. 1, p. 39-43, 2014.

MAXIMIZANDO A EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE MASSA FOLHADA: FLUXOGRAMA INDUSTRIAL

Leonardo Aparecido Ferreira SOUZA[1], Lucas Dalaqua RIBEIRO[2], Claudia Eugênia Castro BRAVO[3], Ellen Porto PINTO[4]

[1] Discente do Curso de Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Discente do Curso de Engenharia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[3] Docente do Departamento de Acadêmico de Química e Ciências Biológicas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[4] Docente do Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: lsouza.2000@alunos.utfpr.edu.br, lucasr.1999@alunos.utfpr.edu.br, claudiacastro@utfpr.edu.br, ellenporto@utfpr.edu.br

Resumo: *A massa folhada é um produto panificado versátil amplamente utilizado na confeitaria em todo o mundo, servindo como base para diversos doces e salgados. Visando aprimorar o processo de produção de massa folhada, foi criado um fluxograma detalhado, mapeando cada etapa, suas particularidades e interações. Durante a verificação in loco do processo na indústria, identificou-se a necessidade de melhorar a eficiência e aumentar a capacidade de produção. Para alcançar esse objetivo, a empresa adquiriu novos equipamentos: um cilindro laminador de massa folhada e um prensador de massa e gordura. Esses equipamentos proporcionaram maior precisão na laminação e dobragem das camadas, garantindo um produto final de melhor qualidade. Após a aquisição dos novos equipamentos, a capacidade de produção aumentou significativamente, passando de 2100 unidades por turno de trabalho para 4000 unidades. Esse aumento representa uma melhoria expressiva na eficiência e produtividade do processo.*

Palavras-chave: *Massa folhada; fluxograma; produção; processo.*

INTRODUÇÃO

A massa folhada, amplamente consumida na confeitaria em todo o mundo, é um produto panificado versátil utilizado na preparação de uma variedade de doces e salgados. Sua

composição básica consiste em farinha de trigo, gordura, água e sal. Uma característica distintiva é a presença opcional de fermento biológico ou químico em sua composição (SUAS, 2011; GALVEZ, 2014).

O processo de produção descrito na literatura segue 6 etapas, que serve como base para diversas técnicas de fermentação alternativa, proporcionando perfis de sabor únicos e esquemas produtivos flexíveis.

A primeira fase é a mistura, resultando em maior volume da massa. Reduzir o tempo de mistura exige uma fermentação mais longa para desenvolver força antes da próxima etapa. Na segunda etapa, ocorre a primeira fermentação, com duas zonas de temperatura para permitir a fermentação e resfriamento da massa antes da laminação. A terceira etapa é a laminação, onde camadas de massa e margarina/manteiga são alternadas, criando a textura folhada. Após a última dobra, a quarta etapa é a moldagem, que requer cuidado para dar forma à massa com a espessura correta. A etapa de fermentação final ocorre após a moldagem, permitindo que o produto descanse em temperatura ambiente, controlando temperatura e umidade para evitar alterações indesejadas na massa. Cada etapa é crucial para assegurar o resultado final desejado na massa folhada (RIBEIRO, 2022).

A partir deste contexto, o presente trabalho visa descrever a criação de um fluxograma de processo de massa folhada e assim descrever cada etapa do processo e verificar se a capacidade de produção aumentou após adquirir novos equipamentos, o estudo foi realizado em uma indústria de alimentos localizada no interior do estado de São Paulo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A produção de massa folhada é um processo panificado essencial na confeitaria, sendo amplamente consumida em todo o mundo para a preparação de diversos doces e salgados. A massa folhada é composta principalmente por farinha de trigo, gordura, água e sal, podendo opcionalmente conter fermento biológico ou químico em sua composição (MATTIONI, 2010; SUAS, 2011; GALVEZ, 2014).

A obtenção de massa folhada de alta qualidade é dependente de um processo bem estruturado, que pode ser representado através de um fluxograma industrial com seis etapas

distintas. Esse fluxograma é fundamental para orientar a produção, proporcionando esquemas produtivos flexíveis e possibilitando a aplicação de diferentes técnicas de fermentação alternativa, resultando em perfis de sabor únicos (SUAS, 2011).

A primeira etapa do fluxograma é a mistura dos ingredientes, sendo um ponto crítico para a obtenção de uma massa folhada de excelência. Uma mistura aprimorada, em comparação com uma mistura básica, contribui para um melhor volume da massa. Reduzir o tempo de mistura pode demandar um período de primeira fermentação mais longo para garantir a formação adequada da estrutura antes da laminação (MATTIONI, 2010; SUAS, 2011).

Em seguida, a massa passa pela primeira fermentação, que tem duração média de 2 horas e utiliza duas zonas de temperatura. Essas zonas de temperatura têm o propósito de permitir a fermentação adequada da massa, seguida por um resfriamento controlado, preparando-a para a etapa de laminação (SUAS, 2011; ELEUTÉRIO; GALVES, 2014).

A terceira etapa é a laminação, onde camadas de massa e margarina ou manteiga são intercaladas para formar a estrutura característica da massa folhada. É crucial que tanto a massa quanto a manteiga estejam frias nesse estágio e que a manteiga permaneça extensível para garantir a formação das delicadas camadas (SUAS, 2011).

Durante o processo de laminação, a massa é submetida a diversas dobras para assegurar uma textura folhada completa durante o cozimento. É necessário um período de descanso, também conhecido como fermentação intermediária, durante as dobras para garantir a qualidade final da massa folhada (SUAS, 2011; ELEUTÉRIO; GALVES, 2014).

A quarta etapa é a moldagem, que ocorre após a última dobra e um período de descanso da massa em refrigeração. Nesse momento, a massa é aberta até atingir a espessura adequada, geralmente em torno de 3 a 3,5 mm, para uma cocção correta (SUAS, 2011).

A etapa final antes da moldagem é a fermentação final, na qual a massa já adquire a forma do produto final. Nessa etapa, o produto deve descansar em temperatura ambiente. O calor excessivo pode levar à fusão da margarina/manteiga, enquanto o excesso de umidade pode causar quebra excessiva ou encolhimento da massa (SUAS, 2011).

Após a fermentação final, a última etapa é o cozimento, no qual a massa folhada é assada em altas temperaturas para produzir vapor e garantir um crescimento intenso no

forno. Cozinhar a massa em temperaturas baixas pode resultar em ressecamento e coloração irregular (SUAS, 2011; ELEUTÉRIO; GALVES, 2014).

O fluxograma industrial para a produção de massa folhada é de extrema relevância para a indústria de confeitaria, uma vez que fornece uma representação visual e sequencial de todas as etapas do processo produtivo. Esse fluxograma permite que os responsáveis pela produção compreendam claramente o fluxo de trabalho e as interações entre as diferentes etapas, garantindo uma operação mais eficiente e otimizada (RIBEIRO, 2022).

Uma das principais vantagens do uso do fluxograma industrial é a possibilidade de identificar gargalos e pontos de melhoria no processo de produção. Ao visualizar o fluxo das etapas, é mais fácil identificar áreas onde podem ocorrer atrasos ou desperdícios de recursos. Dessa forma, os gestores podem implementar estratégias de otimização para aumentar a produtividade e reduzir custos (BOTELHO *et al*., 2022; RIBEIRO, 2022).

Além disso, o fluxograma industrial permite uma padronização dos procedimentos, assegurando que cada lote de massa folhada seja produzido de forma consistente, mantendo a qualidade e o sabor característico do produto final. Essa padronização é especialmente importante para indústrias de grande escala, onde a produção em massa é necessária para atender à demanda do mercado (RIBEIRO, 2022).

No cenário de produção de massa folhada, a utilização do fluxograma industrial também possibilita a experimentação com diferentes técnicas de fermentação alternativa, levando a perfis de sabor distintos. Essa flexibilidade no processo de produção permite que os produtores desenvolvam variações do produto para atender a diferentes preferências dos consumidores e explorar novos mercados (BOTELHO *et al*., 2022; RIBEIRO, 2022).

Em suma, o fluxograma industrial é uma ferramenta valiosa na produção de massa folhada, auxiliando no planejamento, controle e melhoria contínua do processo. Com a padronização das etapas e a possibilidade de experimentação, o fluxograma contribui significativamente para a qualidade do produto final, a eficiência da produção e a inovação na indústria de confeitaria.

METODOLOGIA

Para a criação do fluxograma do processo de produção de massa folhada, foi realizado um estudo de caso em uma empresa de produção de massa folhada situada no interior de São Paulo.

A Criação do fluxograma ocorreu após verificar *in loco* o processo de produção na indústria, levou-se em consideração todas as etapas do processo assim como suas particularidades. Após a verificação in loco, procedeu a criação do fluxograma em Software de planilhas eletrônicas, foi utilizado linhas de indicação de mudança de etapa, símbolos que apresentam informações gerais e palavras para o melhor entendimento do fluxograma.

Para descrever possíveis melhorias no processo foi utilizado o fluxograma impresso e a partir de um brainstorming criou-se a possibilidade de adquirir equipamentos para a melhoria da eficiência do processo.

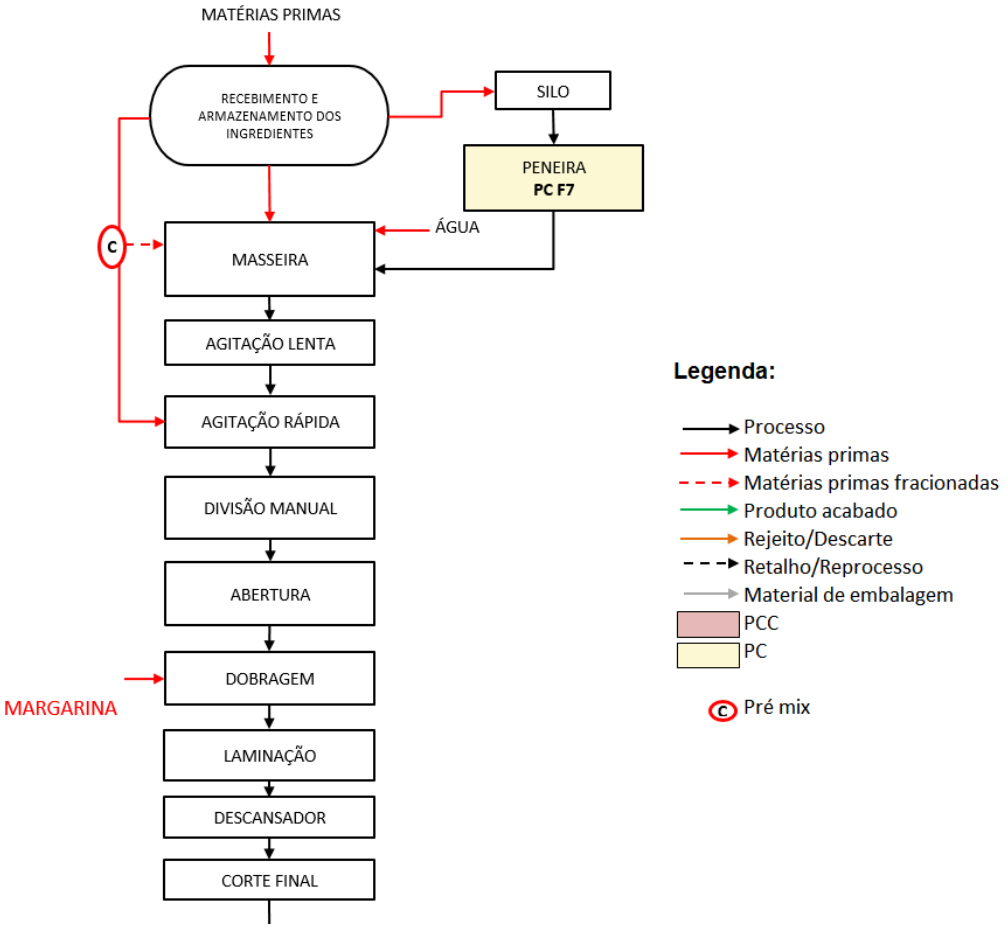
Para identificar a capacidade de produção foram utilizados dados da produção de antes e depois da compra dos novos equipamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no processo de produção de massa folhada verificado na empresa, as seguintes etapas foram identificadas para a criação do fluxograma: Recebimento e armazenamento dos ingredientes; Peneiramento da farinha no silo; Adição de ingredientes na masseira; Agitação lenta; Agitação rápida; Divisão manual da massa; Abertura da massa; Dobragem das camadas; Laminação da massa; Descanso da massa; Corte final; Acondicionamento do produto; Embalagem primária; Detecção de metais; Peletização manual; Armazenamento. Essas etapas representam o fluxo sequencial do processo de produção da massa folhada, desde o recebimento dos ingredientes até o armazenamento do produto final.

A figura 1 ilustra o fluxograma do processo de produção de massa folhada, abrangendo desde o recebimento da matéria-prima até o corte final.

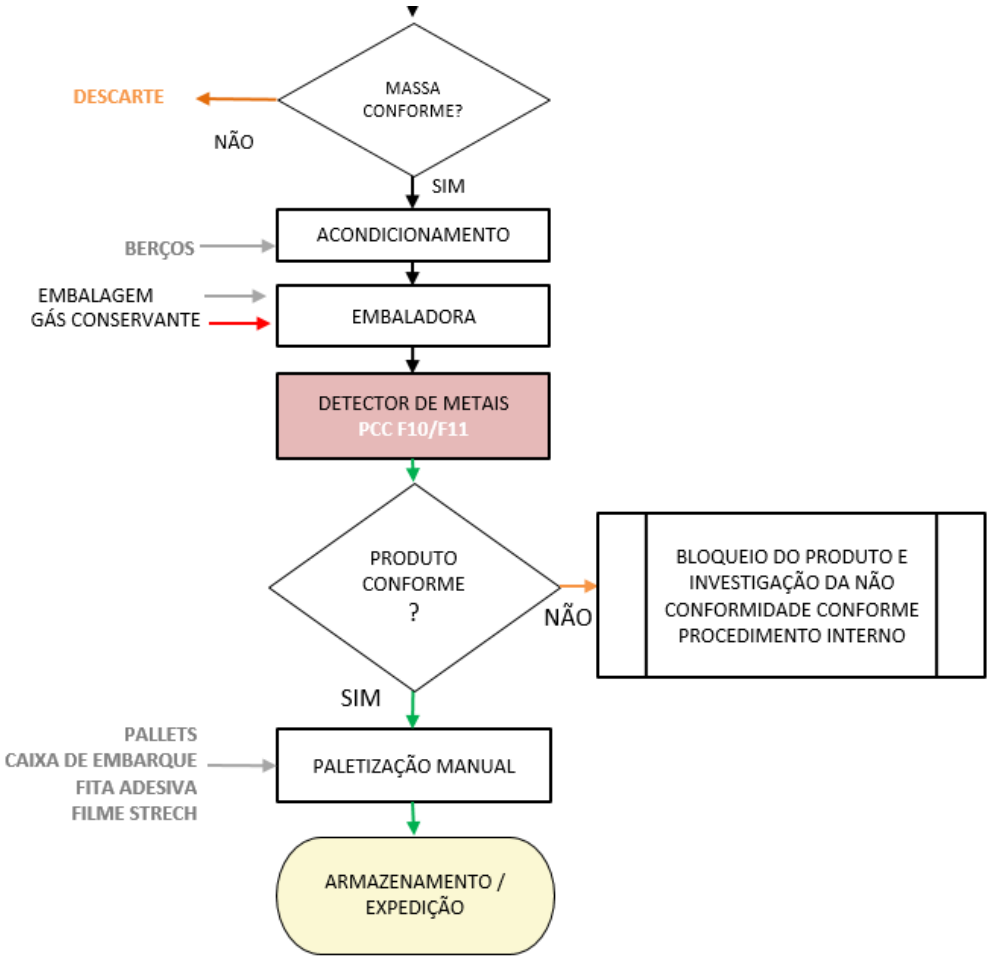
Figura 1 - Etapas iniciais do processo de produção de massa folhada



Fonte: Autoria própria (2021)

A figura 2 apresenta o fluxograma de produção, abrangendo desde a verificação da conformidade da massa até a etapa final de armazenamento e expedição.

Figura 2 - Etapas finais do processo de produção de massa folhada



Fonte: Autoria própria (2021)

Durante a verificação *in loco* do fluxograma do processo de produção, foi identificada a necessidade de adquirir equipamentos para aprimorar e otimizar a eficiência da produção. Os equipamentos adquiridos para atender a essas necessidades foram o cilindro laminador de massa folhada e o prensador de massa e gordura.

O cilindro laminador de massa folhada será utilizado para a etapa de laminação da massa, garantindo uma abertura uniforme e precisa das camadas. Isso ajudará a obter uma massa folhada de qualidade e consistência desejadas.

O prensador de massa e gordura será utilizado para a etapa de dobragem, proporcionando uma compressão adequada das camadas de massa e gordura. Isso contribuirá para a

formação de folhas finas e distintas na massa folhada, resultando em um produto final de melhor qualidade.

Esses equipamentos foram adquiridos com o objetivo de melhorar a eficiência do processo de produção, aumentar a consistência e qualidade da massa folhada e, consequentemente, aprimorar os resultados finais do produto.

Antes da aquisição dos novos equipamentos, a capacidade de produção de massa folhada era de 2100 unidades por turno de trabalho. No entanto, após a compra dos novos equipamentos, a capacidade de produção aumentou significativamente, alcançando 4000 unidades por turno de trabalho. Esse aumento representa uma melhoria substancial na eficiência do processo de produção, permitindo a fabricação de um maior número de unidades de massa folhada no mesmo período de tempo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado sobre o processo de produção de massa folhada trouxe resultados significativos para o aprimoramento da eficiência e capacidade produtiva da indústria. A criação do fluxograma detalhado permitiu uma visão abrangente e estruturada de todas as etapas envolvidas no processo, destacando suas particularidades e interações. Neste sentido, o estudo reforça a importância de investir em análises detalhadas e em tecnologias adequadas para aprimorar o processo produtivo. A busca contínua por eficiência e qualidade é essencial para o crescimento e sucesso das empresas no segmento da confeitaria, especialmente quando se trata de produtos tão apreciados e consumidos como a massa folhada.

REFERÊNCIAS

BOTELHO *et al*. Decision flowchart for food classification by the extension and purpose of industrial processing: update and practical application. *Revista de Nutrição*, [*S.L.*], v. 35, p. 1-10, jan. 2022. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/1678-9865202235e210184. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rn/a/bL4hq8kPksQ6KWwkP7V3Nnq/?format=pdf&lang=en. Acesso em: 25 jul. 2023.

ELEUTÉRIO, H.; GALVES, M. C. P. *Técnicas de Confeitaria*. São Paulo. Editora Saraiva, 2014.

GALVES, M. C. P. *Técnicas de Panificação e Massa*. São Paulo: Saraiva, 2014. 137 p.

MATTIONI, B. **Aplicação de redes neurais na formulação de gorduras para massa folhada baseada em gorduras interesterificadas de soja e algodão**. 2010. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/93988/288115.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 jun. 2023.

RIBEIRO, L. D. **Implantação da análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) em processo de produção de massa folhada**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2022.

SUAS, M. *Panificação e Viennoisserie: abordagem profissional*. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 442 p.

IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA SOLUÇÃO DE BALANÇOS DE MASSA BICOMPONENTES EM SISTEMAS HOMOGÊNEOS

Bruno Henrique Manfrin TORMEM[1], Carlos Catusso Della PASQUA[1], Vinícius Franzen RAMILO[1], Francisco Antonio Fernandes REINALDO[2] Jeconias Rocha GUIMARÃES[3], Vilmar STEFFEN[4]

[1]Curso de Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[2]Departamento Acadêmico de Informática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[3]Departamento Acadêmico de Física, Estatística e Matemática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[4]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

E-mails: brunotormem@alunos.utfpr.edu.br, carlos.cdp3.14@gmail.com, viniciusramilo@alunos.utfpr.edu.br, jeconiasguimaraes@gmail.com, reinaldo+inf@professores.utfpr.edu.br, vilmars@utfpr.edu.br

RESUMO: *No contexto atual há uma procura por softwares que estejam disponíveis de maneira gratuita para auxiliar pessoas inseridas no âmbito de processos industriais; neste contexto torna-se interessante a implementação de um instrumento computacional. No presente trabalho, implementou-se uma ferramenta computacional capaz de obter a solução para modelos matemáticos derivados a partir de balanços de massa em sistemas bicomponentes sem reação química, com ou sem uso de corrente de reciclo. Modelos matemáticos não-lineares são obtidos a partir de balanços de massa, os quais envolvem inúmeras variáveis e, devido à grande possibilidade de variáveis e combinações de variáveis desconhecidas, a solução manual pode ser bastante trabalhosa. A ferramenta computacional foi desenvolvida de forma que o mesmo procedimento de solução é aplicado para todas as combinações possíveis de variáveis desconhecidas. Para solução numérica do sistema de equações utilizou-se o método numérico de Broyden, adaptado do método de Newton-Raphson, com controle do tamanho do passo em cada iteração buscando a maior chance de convergência. Desenvolveu-se uma interface gráfica para facilitar o uso da ferramenta. Para desenvolver o programa utilizou-se da linguagem de programação Python e suas respectivas bibliotecas. A biblioteca KivyMd foi utilizada para elaborar a interface gráfica e a biblioteca NumPy foi utilizada para desenvolver a parte numérica. Os resultados*

obtidos são positivos, obtendo resultados de forma eficiente, alertando o usuário sobre a inserção de dados errados e possibilitando uma consulta a figuras ilustrativas do processo.

Palavras-chave: *Balanço de massa, Ferramenta Computacional, Python.*

INTRODUÇÃO

No cotidiano de engenheiros, comumente, há o uso de softwares para facilitar cálculos e a resolução de problemas, com isso viabiliza-se a inovação e criação de novas ferramentas para diferentes problemas que possam ser enfrentados por engenheiros.

A linguagem Python é, usualmente, utilizada para o desenvolvimento de novas tecnologias para o ramo científico e industrial. A programação em Python, nesse sentido, destaca-se pela simplicidade e clareza. Apesar de simples, é uma linguagem importante, pois pode ser usada para administrar sistemas e desenvolver grandes projetos (MENEZES, 2010). Além disso, possui código aberto, sendo vastamente empregado nas diversas áreas de engenharia e seus derivativos. Para desenvolver uma ferramenta computacional é preciso definir as tecnologias que serão empregadas e o modelo de metodologia. A programação orientada a objetos (POO) é recorrente no desenvolvimento de ferramentas computacionais e tem como característica a resolução de problemas de maneira gradual. Softwares atuais, que resolvem modelos matemáticos de processos na área de engenharia química, em geral, possuem alto custo agregado, pois os problemas enfrentados nessas rotinas, como por exemplo a resolução de balanços de massa, usualmente são não lineares, o que torna a solução manual trabalhosa e suscetível a erros. Com base nisso, o desenvolvimento de softwares gratuitos que realizem balanço de massa é de grande interesse para engenheiros, estudantes e pesquisadores. O balanço de massa é fundamental para a análise de um novo processo, bem como de processos já existentes (AQUIM, 2004). A aplicação do balanço de massa depende do contexto do problema que irá ser analisado, contudo é sempre baseado no fato de que matéria não pode desaparecer nem ser criada (JUNIOR; CRUZ, 2010).

O balanço de massa está diretamente ligado a todos os processos industriais, que possuem entradas de matérias primas e saídas de um produto que por muitas vezes apresenta um valor agregado maior do que no começo do processo (PERANDIM, 2018). O cálculo com mais de um componente presente no fluxo mássico, por vezes, pode se tornar um processo árduo, almejando tornar o processo de cálculo mais eficaz, amplo e robusto, inicia-

se a busca por uma ferramenta que possa determinar ou aproximar a solução para as variáveis de valores desconhecidos em um complexo arranjo de sistemas de equações não lineares.

Neste trabalho implementou-se uma nova ferramenta de fácil interação, visando resolver de maneira simples e objetiva o balanço de massa de processos envolvendo uma mistura binária em regime estacionário, sem reação química, com o conjunto de equações não linear, com a possibilidade de escolher se irá ou não possuir uma corrente de reciclo. "Um software mais simples, ou mais barato, desde que adaptado às necessidades e bem utilizado, pode ser tão efetivo quanto as soluções mais caras e complexas" (VIEIRA, 2018).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A equação do balanço de massa é dada por:

$$Acúmulo\ no\ sistema = Entradas - Saídas + Geração - Consumo \quad (1)$$

Considerando-se a ausência de reação química e regime permanente:

$$Entradas - Saídas = 0 \quad (2)$$

Para o balanço de massa em um separador, a análise do somatório de massas é feita em um sistema estacionário e sem reação química. Na Figura 1, a corrente F é a corrente de entrada, W é a corrente de rejeito e, P é a corrente do produto. Os índices x_{F1} e x_{F2} são referentes às frações mássicas, respectivamente dos componentes 1 e 2, na corrente de entrada, x_{P1} e x_{P2} as frações mássicas (respectivamente, dos componentes 1 e 2) na corrente de produto, x_{W1} e x_{W2} as frações mássicas na corrente de rejeito. Sendo que, a soma das frações mássicas em cada uma das correntes de fluxo deve ser igual à unidade.

Figura 1 – Exemplificação de separador

Fonte: Autoria própria (2023)

Para este caso, o balanço de massa global é:

$$F - W - P = 0 \quad (3)$$

O balanço de massa por componentes é realizado com base na participação dos componentes presentes no processo ilustrado na Figura 1.

Analisando o primeiro componente tem-se:

$$x_{F1}\,F \; - \; x_{P1}P \; - x_{W1}\,W \; = 0 \quad (4)$$

Analisando as demais correntes e seus respectivos índices obtêm-se:

$$x_{F2}\,F \; - \; x_{P2}P \; - x_{W2}\,W \; = 0 \quad (5)$$

Realizando o somatório das frações mássicas nas correntes de entrada, produto e rejeito, obtém-se:

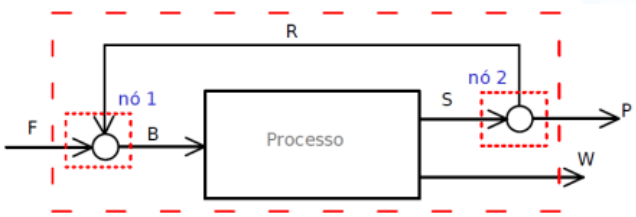
$$x_{F1} + x_{F2} = 1 \quad (6)$$

$$x_{P1} + x_{P2} = 1 \quad (7)$$

$$x_{W1} + x_{W2} = 1 \quad (8)$$

Para o balanço em um separador com reciclo, faz-se o uso de novas correntes, a corrente de reciclo (R), corrente que mistura o reciclo com a corrente de entrada (B) e a corrente de saída total do separador (S), dividida em corrente de produto e corrente de reciclo.

Figura 2 – Exemplificação de separador com reciclo



Fonte: Autoria própria (2023)

Para o primeiro nó das correntes (F, B, R) têm-se:

$$x_{F1}\,F + \; x_{R1}\,R \; - x_{B1}\,B \; = 0 \quad (9)$$

$$x_{F2}\,F + x_{R2}\,R - x_{B2}\,B = 0 \quad (10)$$

As equações de somatório das frações mássicas nas correntes do primeiro nó são:

$$x_{R1} + x_{R2} - 1 = 0 \quad (11)$$

$$x_{B1} + x_{B2} - 1 = 0 \quad (12)$$

Os balanços de massa no segundo nó, para os componentes 1 e 2, são:

$$x_{S1}\,S - x_{R1}\,R - x_{P1}\,P = 0 \quad (13)$$

$$x_{S2}\,S - x_{R2}\,R - x_{P2}\,P = 0 \quad (14)$$

Considerando que no segundo nó ocorre a divisão da corrente S em R e P, as equações que representam as somatórias das frações mássicas nestas correntes são:

$$x_{S1} + x_{S2} - 1 = 0 \quad (15)$$

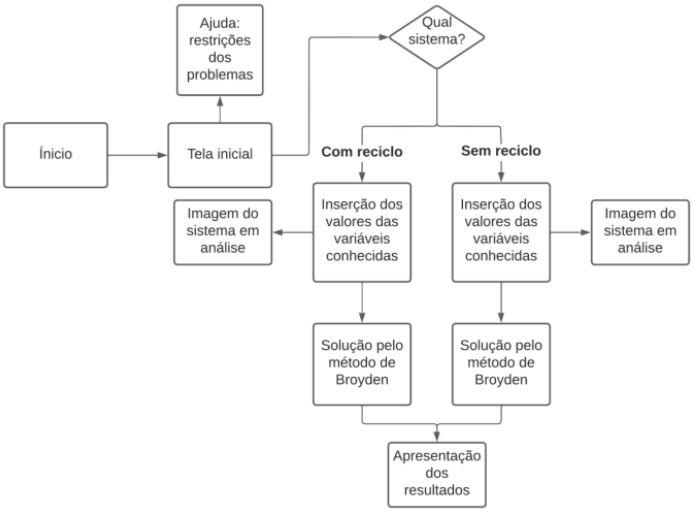
$$x_{s1} - x_{p1} = 0 \quad (16)$$

Para a resolução de sistemas não-lineares, normalmente, utiliza-se o método de Newton. Contudo, este método pode facilmente divergir em sua forma original devido à qualidade das estimativas iniciais, portanto, para evitar este problema, utiliza-se uma modificação no método de Newton, a partir de um fator de relaxação utilizado para aumentar o desempenho em um processo de convergência, denominada relaxação no método de Newton (RUGGIERO; LOPES, 1997). Neste trabalho, utilizou-se o método de Broyden, que aplica a relaxação no método de Newton apenas nas iterações em que o método de Newton tende a convergir (BROYDEN, 1965).

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da parte numérica, utilizou-se a metodologia de cascata, implementada de maneira estrutural. A programação orientada ao objeto foi utilizada para desenvolver a interface gráfica. A linguagem utilizada é o Python e suas bibliotecas, como Numpy e KivyMd. Com a interface gráfica, o usuário pode escolher entre o balanço de massa sem corrente de reciclo ou com corrente de reciclo, a partir desta escolha, ele é destinado para uma nova tela em que irá adicionar os dados necessários para determinar os resultados.

Figura 3 – Fluxograma das etapas para a utilização da ferramenta computacional



Fonte: Autoria própria (2023)

Para o primeiro caso que será analisado, balanço de massa em um separador de mistura binária sem reciclo (Figura 1), quando realiza-se a subtração do número de incógnitas que são nove, a saber, F, W, P, x_{F1}, x_{F2}, x_{W1}, x_{W2}, x_{P1}, x_{P2}, com o número de equações, que são cinco, obtém-se grau de liberdade igual a quatro. Com isso, o usuário deverá informar ao programa o valor de quatro variáveis, entretanto não poderá ser qualquer conjunto de quatro variáveis do problema devido à algumas particularidades do problema. A fim de obter a solução aproximada das incógnitas do problema citado anteriormente, o usuário deverá fornecer o conjunto de valores das variáveis respeitando as seguintes regras:

- No máximo um valor de fração molar por corrente, pois quando o primeiro valor da fração molar fornecido o outro já é determinado pela equação de soma das frações mássicas;
- Não mais que dois valores entre as correntes presentes, no caso (F, W e P), pois a determinação do terceiro valor é feito pela solução do balanço de massa;
- Para o caso de valores que foram inseridos de maneira equivocada, podendo resultar em valores de correntes negativas ou frações fora do intervalo de 0 a 1, a ferramenta computacional apresenta uma mensagem de erro, informando ao usuário que insira os dados novamente.

Para o segundo caso analisado, balanço de massa em um separador de mistura binária com corrente de reciclo (Figura 2), há 18 incógnitas a saber (F, R, B, S, P, W, x_{F1}, x_{F2}, x_{R1}, x_{R2}, x_{B1}, x_{B2}, x_{S1}, x_{S2}, x_{P1}, x_{P2}, x_{W1}, x_{W2}) e 12 equações linearmente dependentes, subtraindo-se o número de incógnitas do número de equações linearmente independentes, obtém-se grau de liberdade seis, sendo necessário, por consequência, informar o valor de seis variáveis. Da mesma forma, o usuário deve informar os dados necessários, respeitando as seguintes regras:

- No máximo um valor de fração molar por corrente;
- No máximo dois valores entre as três correntes: entrada (F), rejeito (W), produto (P);
- Informar no máximo dois valores entre as três correntes: reciclo (R), produto (P) e saída do separador (S). Pois novamente o valor do componente que não foi informado será calculado pela solução do balanço de massa no nó 2;
- Não informar mais que dois valores entre as três correntes: entrada (F), reciclo (R) e, corrente de mistura na entrada (B). Visto que o valor que não foi informado será calculado pela solução do balanço de massa no nó 1;
- Apenas informar uma das frações mássicas, entre todas as possíveis das correntes presentes no balanço do segundo nó (S, R e P). Como todas as três correntes possuem frações iguais, quando determinado um valor, todos os outros serão determinados automaticamente;

O algoritmo foi implementado de tal forma a detectar combinações impossíveis informadas que possam retornar valores de correntes negativas ou frações fora do intervalo de 0 a 1, sendo capaz de perceber e informar o usuário para que insira os dados novamente. As restrições apresentadas estão disponíveis na janela de ajuda do software.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

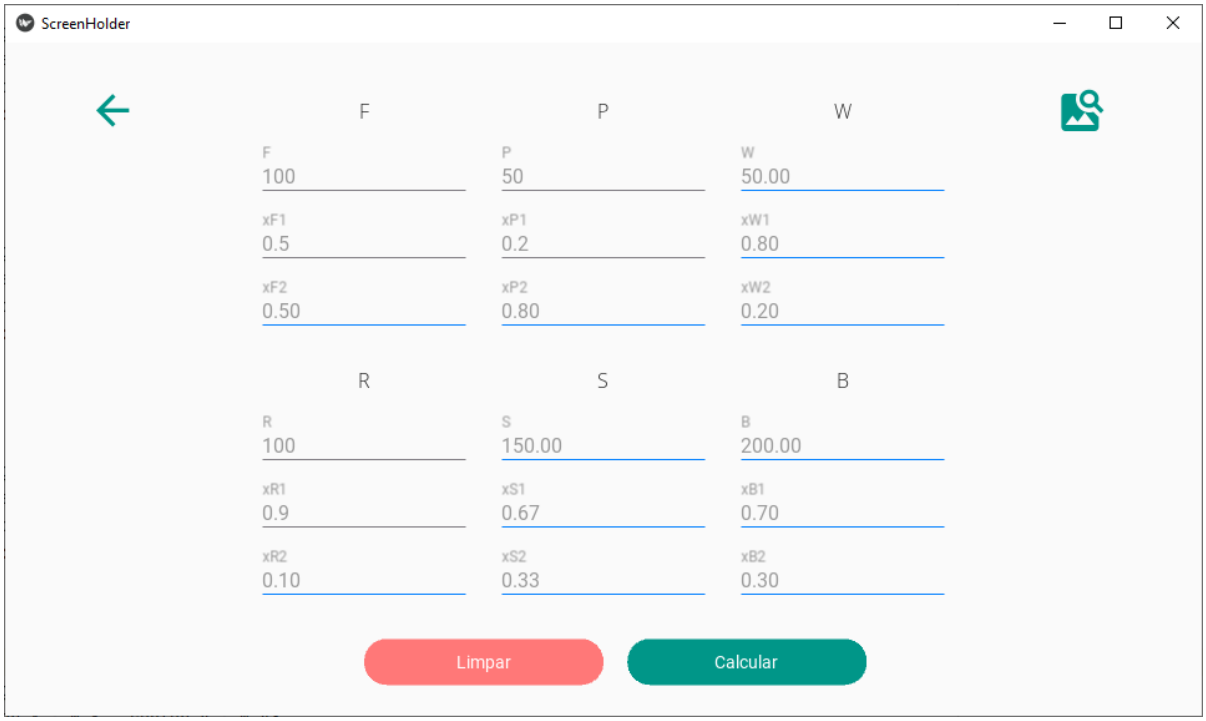
A ferramenta foi desenvolvida para desktop possuindo uma tela de apresentação com as opções de escolha entre os sistemas sem reciclo e com reciclo, além de um botão que, ao clicar neste, é apresentada uma tela com a descrição das restrições para a seleção de incógnitas em ambos os sistemas. Para voltar à tela inicial, deve-se pressionar a tecla “esc”.

Para demonstrar funcionamento da ferramenta, utilizou-se um exemplo de sistema com reciclo. Para que o usuário saiba a célula correta para inserção de cada valor, quando a célula está vazia é possível ver a representação de cada uma das variáveis (em cinza) dentro

de cada uma das respectivas células. Quando o valor é inserido, a célula e o valor preenchido no campo são representados, novamente, pelo tom de cinza.

Para o estudo do caso com reciclo, utilizou-se o seguinte exemplo: Sabe-se que o valor de F (corrente de alimentação) é 100 kg/h, sendo que a fração mássica do componente 1 é 0,5, o valor de P (corrente de produto) também é conhecido P = 50 kg/h, com a fração mássica do componente 1 igual a 0,2, também é conhecido o valor de R (corrente de reciclo) = 100 kg/h, e a fração mássica do componente 1 nesta corrente é 0,9, com os dados conhecidos obteve-se os valores das correntes desconhecidas e suas respectivas composições.

Figura 4 – Resultado do estudo de caso com reciclo



Fonte: Autoria própria (2023)

Após a inserção dos dados conhecidos, executa-se o botão “Calcular”, os resultados são obtidos e representados pelos campos sublinhados em azul. Neste estudo de caso, dados das correntes de entrada, produto e reciclo foram fornecidos, com isso, é esperado que a ferramenta retorne os valores das correntes W, S e B e suas respectivas composições.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, desenvolveu-se uma ferramenta computacional dinâmica capaz de solucionar problemas envolvendo balanços de massa bicomponentes para sistemas com ou sem corrente de reciclo. Essa versatilidade proporciona solução dos problemas de balanço de massa em sistemas que respeitem as restrições impostas, facilitando, também, a análise da influência de algumas variáveis envolvidas em problemas de balanço de massa. A ferramenta apresenta bastante acessibilidade devido à tela de comandos interativa que foi desenvolvida, sendo possível compreender o que se está calculando e quais são os resultados obtidos através das variáveis informadas. A praticidade e agilidade para resolver sistemas manualmente trabalhosos também foi alcançada, pois apenas com a inserção dos dados conhecidos e um clique obtém-se os dados em poucos segundos. Assim, os objetivos propostos concluídos, obteve-se uma ferramenta capaz de auxiliar no desenvolvimento de cálculos de balanços de massa com diferentes arranjos de combinações de incógnitas.

REFERÊNCIAS

AQUIM, Patrice. *Balanço de Massa: uma ferramenta para otimizar os processos de ribeira e curtimento*. 2004. p 32. Dissertação (Mestrado em Materiais da Indústria Química: Polímeros e Couro) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BORGES, Luiz Eduardo. *Python para desenvolvedores*. Novatec, p.22, 2014.

BROYDEN, C. G. *A Class of Methods for Solving Nonlinear Simultaneous Equations. Math. Comput.*, v. 19, n. 92, p. 577–593, 1965.

FELDER, R. M.; ROUSSEAU, R. W. *Princípios elementares dos processos químicos*. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2005. cap. 4, p. 81-110.

HIMMELBLAU, D. M.; RIGGS, J. L. *Engenharia química: princípios e cálculos*. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2014. cap. 3 e 4, p. 99-153.

JUNIOR, A. C. B.; CRUZ, A. J. G. *Fundamentos de Balanço de Massa e Energia*. Editora EdUFSCar. 2010.

KOMULAINEN, T.M.; ENEMARK-RASMUSSEN, R.; SIN, G.; FLETCHER, J.P.; CAMERON, D. *Experiences on dynamic simulation software in chemical engineering education. Education for Chemical Engineers*, v.7, p. 153-162,2012.

LIM, Eldin *A design software to facilitate learning via repeated practice by Chemical Engineering students. Education for Chemical Engineers*, v.21, p. 72-79,2017.

MALDANER, Leonardo. *Desenvolvimento de software acadêmico para engenharia química utilizando linguagem python: separador de mistura binária*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão,2019.

MENEZES, Nilo. *Introdução à Programação com Python*. Novatec, São Paulo. cap 1, p. 21-22, 2010.

MOLINA, R.; ORCAJO, G.; MARTINEZ, F. KBR *(Kinects in Batch Reactors): a MATLAB-based application with a friendly Graphical User Interface for Chemical kinetic model simulation and parameter estimation. Education for Chemical Engineers*, v.28, p. 80-89,2019.

OLIPHANT, T. E. *Python for Scientific Computing. Computing in Science & Engineering*, v. 9, p. 14–20, 2007.

PERANDIM, Leandro. *Associação do balanço de massa e de ferramentas da gestão da produção para otimização da produção de uma indústria cervejeira*. 2018. p.13. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em engenharia de produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

RUGGIERO, M. A. G.; LOPES, V. L. da R. *Cálculo numérico: aspectos teóricos e computacionais*. 2. ed. São Paulo, SP: Makron Books, 1997. cap. 4, 406 p. 192-200.

SPERANDIO, D.; MENDES, J. T.; SILVA, L. H. M. e. *Cálculo numérico.* 2.ed. São Paulo,SP: Pearson, 2014. cap 4, pag. 124-128.

TORMEM, Bruno Henrique Manfrin. *Implementação de ferramenta computacional para solução de balanços de massa bicomponentes em sistemas homogêneos*. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2022.

VIEIRA, Gilberto. *Qual a importância dos Softwares de Automação para Engenheiros? Blog* dos Engenheiros, 2018. Disponível em:https://blogdosengenheiros.com.br/importancia-dos-softwares-de-automacao-para-engenheiros/. Acesso em: 27 outubro. 2021.

VOLUME DE ÁGUA DE CHUVA GERADO NOS TELHADOS DOS BLOCOS G, Q, R DA UTFPR-FB PELO TEMPO DE PRECIPITAÇÃO

Jeferson Dariva SINGER[1], **Wagner de AGUIAR**[2]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental e Sanitária
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental e Sanitária
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: jefersonsinger@alunos.utfpr.edu.br, wagnerdeaguiar@utfpr.edu.br

Resumo: *Os corpos hídricos sempre nortearam a ocupação humana ao longo do tempo. Após a revolução industrial houve migração em massa para as cidades, ocasionando adensamentos populacionais e cobertura do solo, diminuindo a permeabilidade da água da chuva. Aliado a isso a ocupação humana adentrou os enxutórios naturais como as margens de rios, por exemplo. A engenharia possui ferramentas para calcular e dimensionar que são úteis para resolver questões de drenagem urbana, quando aplicadas e requisitadas pelas governanças podem evitar grandes prejuízos econômicos devidos às inundações. No levantamento do volume de água de chuva gerado durante um tempo de meia hora, para um Tempo de referência de cinco anos, no telhado de uma universidade situada no município de Francisco Beltrão, estado do Paraná, na região sul do país, pode-se verificar que o volume mínimo foi de 110,63m³ e volume máximo de 415,67m³ em um dia de chuva com Tr de 15 anos. Quando usado para limpeza diminuiria o consumo deste mesmo volume de água tratada e diminuiria este mesmo volume da captação de água pluvial, Alternativa que se replicada poderia ser alternativa viável na área de saneamento gerando grandes economias e melhorando a qualidade de vida.*

Palavras-chave: *Drenagem; Hidrologia; Inundação; Permeabilidade.*

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade o recurso hídrico norteou a ocupação do espaço e sempre foi consumido de forma insustentável, como se não tivesse fim. Com o desenvolvimento da humanidade surgiu à compreensão de que apenas uma pequena parte deste recurso, que não é infinito, é potável e representa aproximadamente 0,06% da água doce do planeta (CAMPOS; AMORIN, 2004).

O inchaço das cidades, ocasionado principalmente pelos processos de industrialização, têm requisitado sua expansão em direção às Zonas Rurais e atraído cada

vez mais investidores despreocupados com os prejuízos ambientais, ocasionados pela modificação do espaço natural, assim como aumentado expressivamente à necessidade de água canalizada (GOIS, 2019).

São dois os fatores principais que levaram ao aumento de demanda de água potável, o primeiro está ligado ao aumento populacional, que por si só já é uma variável a ser equacionada, e o segundo fator é a mudança de hábitos ligados ao conforto e higiene, tais como longos banhos e utilização de aparelhos sanitários (CAMPOS; AMORIN, 2004).

Diante de um crescimento acelerado que aumenta a demanda por água, aliado ao desperdício e aos problemas de drenagem urbana, a tecnologia propões estudos ligados ao aproveitamento da água de chuva dos telhados urbanos. Esta pode ter utilizações que não se exija potabilidade, tais como nos aparelhos sanitários e limpeza. Tal atitude em contrapartida colabora para a economia doméstica e diminui o volume de água a ser drenado (CAMPOS; AMORIN, 2004).

Ao dimensionar um sistema de captação de água de chuva levam-se em consideração as características locais. Busca-se encontrar a melhor equação de cálculo para obter valores de volume mais precisos. É necessário também estar ciente de que estes volumes vão suprir apenas parte da demanda, sendo o excedente requisitado da concessionária local (BEZERRA, 2010).

A NBR 15.527/2007 que trata de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, abriu precedente para as legislações municipais. Sancionaram-se decretos e Leis no intuito de se aproveitar a água de chuva para solucionar problemas da ordem de abastecimento e drenagem urbana, dentro dos limites das características de cada região (BEZERRA, 2010).

A determinação das variáveis para o cálculo do volume de água, como a área, é de fundamental importância uma vez que interferem diretamente no valor de volume de projeto que é um fator determinante para aprovação da sua viabilidade mediante os custos (BEZERRA, 2010).

No Município de Francisco Beltrão a captação de água de chuva nas edificações do perímetro urbano é regulamentada pela Lei Nº 3.185/2005. Esta preconiza principalmente pela contribuição que a captação oferece tanto para não sobrecarregar o sistema de

fornecimento, quanto principalmente pelo controle das enchentes. As quais são causadas por precipitações excessivas e (LUZA, 2015).

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

A localização dos corpos hídricos comanda a distribuição e as condições das atividades humanas ao longo da história e a qualidade da água é altamente influenciada pelas atividades desenvolvidas pelo homem. HADDAD, 2020). Tanto nas zonas Rurais, com a atividade agropecuária, quanto nas cidades, com as atividades industriais, a qualidade da água vem deteriorando ao longo do tempo. (HADDAD, 2020).

A demanda por água potável aumentou seis vezes em menos de um século, e apesar de o Brasil deter 13,8% de toda água potável do mundo, esta não encontra-se igualmente distribuída. Em muitos casos já não é mais potável devido as ações antrópicas, principalmente aquelas ligadas à agricultura devido a utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas. (BRITO, 2005).

Estudos da economia global, ao longo do tempo, demonstram que as desigualdades sociais e falta de políticas públicas que tratem do planejamento urbano, preventivamente, acabam por trazer alterações físicas ao meio ambiente as quais interferem nas consequências dos fenômenos naturais (DE OLIVEIRA; CAMPOS; CASTRO, 2014).

A importância dos recursos hídricos vem sendo discutida há muitas décadas nas convenções internacionais pelo meio ambiente. Dentro deste contexto da sustentabilidade no Brasil foi criada a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal Nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997) que delibera sobre os papéis dos atores dentro do planejamento da utilização destes recursos. Dos Planos de Bacias Hidrográficas, através do qual surgiram os Comitês de Bacia Hidrográfica, que orientam todos os poderes, sejam públicos ou privados a seguirem suas diretrizes (LUZA, 2015).

A água da chuva quando em solo urbano encoberto por telhados e/ou concreto não tem para onde infiltrar, engrossando então camada de água superficial que tende a buscar o ponto mais baixo, como rios e lagos, em cujas margens residem a população mais carente. Durante um longo período de chuva a quantidade de água acumulada excede a capacidade natural do corpo hídrico provocando alagamentos e prejuízos. A captação de água da chuva

é uma alternativa que além de gerar economia de água tratada pode diminuir os volumes de água que necessitam ser drenados, diminuindo também os alagamentos (CALDEIRA, 2020).

Os desastres relacionados ao clima somam, cerca de, 91% do total dos desastres naturais ocorridos no mundo. As inundações são os mais frequentes, estima-se que no período de 1994 a 2013 representou aproximadamente 43% dos eventos registrados, afetando tanto países emergentes quanto desenvolvidos. Os desastres ambientais ligados às enchentes ocasionaram muitos danos econômicos, que chegaram a 480 bilhões de dólares em todo o mundo, com acentuado número de mortos (BORBA, 2020).

O Município de Francisco Beltrão, PR é um exemplo de um tipo de ocupação, que ocorreu em muitos lugares, em que não se teve um planejamento adequado em sua concepção. Muitas habitações estão nas margens dos Rios, e o resultado como mostrado na Figura 1, é que são inundadas, sempre que ocorre uma precipitação elevada. A engenharia através dos cálculos e ferramentas tecnológicas pode dimensionar sistemas de coleta e tratamento de águas de chuva, de maneira a diminuir os volumes que ocasionam enchentes (LUZA, 2015).

Figura 1 - Inundações em Francisco Beltrão, PR.

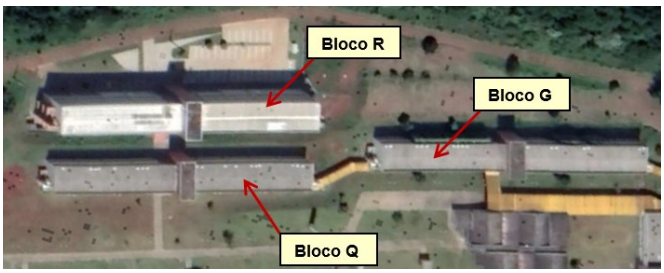
Fonte: Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, (2023).

A Hidrologia como ciência pode colaborar com o planejamento urbano. Os cálculos e modelagens permitem a formulação de mapas e estudos que atuam de forma preventiva aos desastres naturais. Deve-se trabalhar também com a conscientização a serviço da sociedade e dos órgãos tais como bombeiros e defesa civil, como instrumento de prevenção (BORBA, 2020).

METODOLOGIA

Coletaram-se os dados envolvendo os blocos de salas de aula G, Q e R tais como área de telhados, como mostrado na Figura 2. Em seguida obteve-se a intensidade através dos cálculos, assim como a precipitação num intervalo de tempo "t" e num intervalo de tempo de recorrência "Tr".

Figura 2 - Identificação dos blocos.



Fonte: Google Earth, (2023).

De posse dos dados calculou-se o volume de água para a precipitação calculada, fazendo-se utilização das equações da hidrologia, como a equação da curva I.D.F, para intensidade da chuva em Francisco Beltrão, a equação da precipitação e a equação do volume.

O campus de Francisco Beltrão da UTFPR, situa-se na Linha Santa Bárbara, s/n, nas coordenadas de Latitude 26° 5'7.59"S e Longitude: 53° 5'28.35"O. Considera-se que as áreas dos telhados sejam planas e livres de fatores de atrito.

Para o cálculo do volume de água de chuva, que poderá ser captado pelos telhados dos três blocos estudados, será necessário obter os dados da intensidade (i) utilizados para obter a precipitação (P) e posteriormente o volume (V) de água de chuva num determinado tempo.

As equações para obtenção dos valores de intensidade (i)[1], precipitação (P)[2] e volume (V)[3] e a equação para calcular a intensidade (i) da chuva, ou seja, a quantidade em mm que precipitou em um intervalo de tempo t (h), dado em horas é a seguinte:

$$i\left(\frac{mm}{h}\right) = (K + Tr^{a})/(t + b)^{c} \quad (1)$$

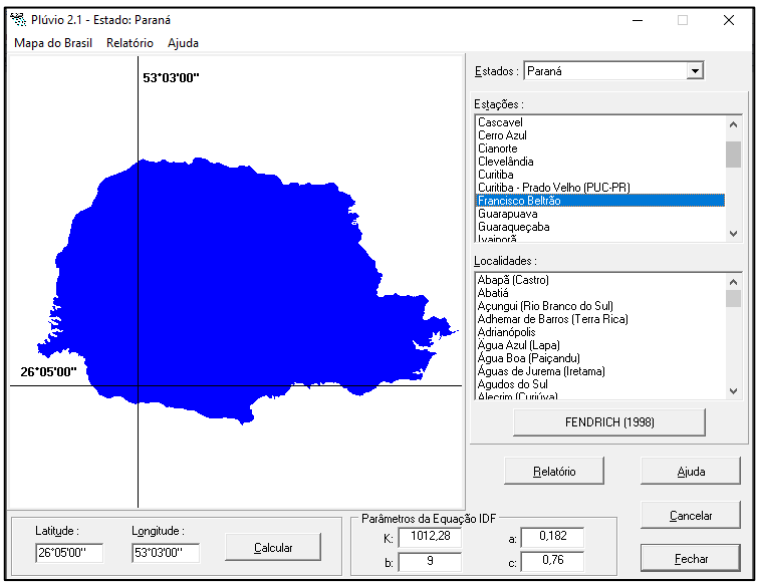
$$P\ (mm) = i * t/60 \quad (2)$$

$$V\ (m^3) = P * A \quad (3)$$

Para aplicação nas equações selecionadas, para a simulação do cálculo, será necessário obter a intensidade de chuvas em Francisco Beltrão (i) e a área dos telhados. As

variáveis para o cálculo da intensidade são obtidas através do software Plúvio. Na Figura 3 é possível visualizar a interface do software e na Figura 4 dados para o município.

Figura 3 - Interface do software Plúvio para Francisco Beltrão-PR.



Fonte: Autoria própria, (2023).

Figura 4 - Variáveis para Francisco Beltrão - pr.

Fonte: Autoria própria, (2023).

Utilizando a ferramenta retângulo do Google Earth mediu-se a área dos telhados, que foram tabeladas conforme Tabela 1. Os prédios apresentam medidas padrões dos telhados, possuem a mesma área.

Tabela 1 - Áreas dos telhados dos blocos.

Bloco	A lado esq. (m^2)	A lado dir. (m^2)	A total (m^2)
Q	440,00	440,00	880,00
G	440,00	440,00	880,00
R	440,00	440,00	880,00

Fonte: Autoria própria, (2023).

De posse de todas as variáveis necessárias executaram-se os cálculos, conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5 - Demonstração dos cálculos.

Valores locais:	Cálculo:
K: 1012,28 **a:** 0,182 **b:** 9 **c:** 0,76	$i\,(\frac{mm}{h}) = (K + Tr^{a})/(t+b)^{c}$ $i = (1012{,}28 + Tr^{0{,}182})/(t+9)^{0{,}76}$

Fonte: Autoria própria, (2023).

Após realizados os cálculos obtiveram-se os resultados conforme Tabela 2. Considerados tempos de recorrência (Tr) de 5, 10 e 15 anos com tempos de chuva de meia hora, uma hora, seis horas, doze horas e vinte e quatro horas.

Tabela 2 – Valores de tempo de precipitação (t) e Tempo de referência (Tr) utilizados.

Dados Locais	Valores	t (h)	Tr (anos)
K	1012,28	0,5	5
a	0,182	1	10
b	9	6	15
c	0,76	12	
		24	

Fonte: Autoria própria (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o método empregado para se encontrar a precipitação foi o das curvas IDF fica implícito que quanto menor o tempo de precipitação maior será a intensidade, são inversamente proporcionais, desta forma é possível observar na coluna da intensidade da Tabela 3 que quanto maior o tempo menor a intensidade.

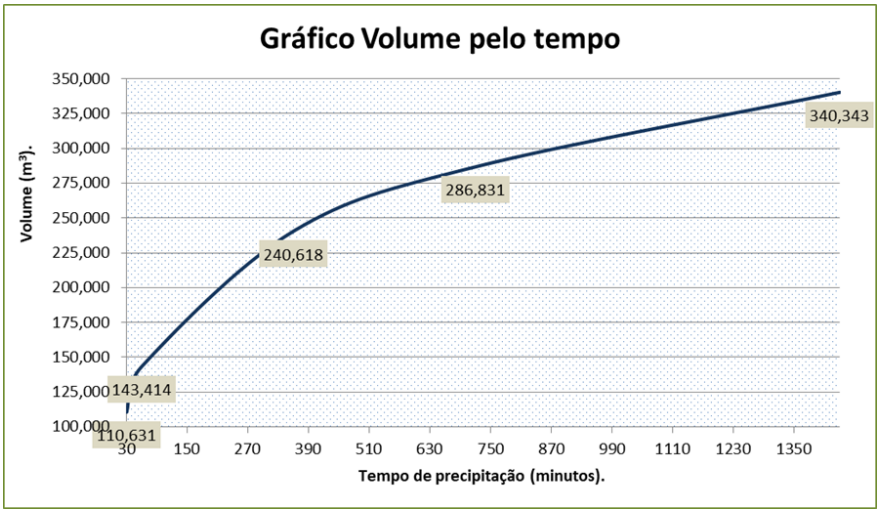
Tabela 3 – Resultados: Volume de água de acordo com a relação Tempo de referência (Tr) pelo tempo (t).

t (min)	30			60			360			720			1440		
Tr (anos)	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
i (mm/h)	83,81	95,08	102,36	54,32	61,63	66,35	15,19	17,23	18,55	9,05	10,27	11,06	5,37	6,09	6,56
P (mm)	41,91	47,54	51,18	54,32	61,63	66,35	91,14	103,40	111,32	108,65	123,26	132,70	128,92	146,25	157,45
P (m)	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,15	0,16
V (m^3)	36,88	41,84	45,04	47,80	54,23	58,39	80,21	90,99	97,96	95,61	108,47	116,77	113,45	128,70	138,56
Σ Blocos(m^3)	110,63	125,51	135,12	143,41	162,70	175,16	240,62	272,97	293,88	286,83	325,40	350,32	340,34	386,10	415,67

Fonte: Autoria própria (2023).

Na linha do somatório é possível perceber um aumento gradual do volume de acordo com o aumento do tempo de chuva. Para um tempo de chuva de 30 minutos adotando-se um Tr 5, na área de telhado de 2.640,00m^2, obteve-se um volume de água de 110,63m3. É natural que quanto mais tempo chover maior será o volume de água produzido, esta diferença é melhor visualizada na Figura 6, em que pode-se observar a linha de tendência do volume precipitado pelo tempo de chuva.

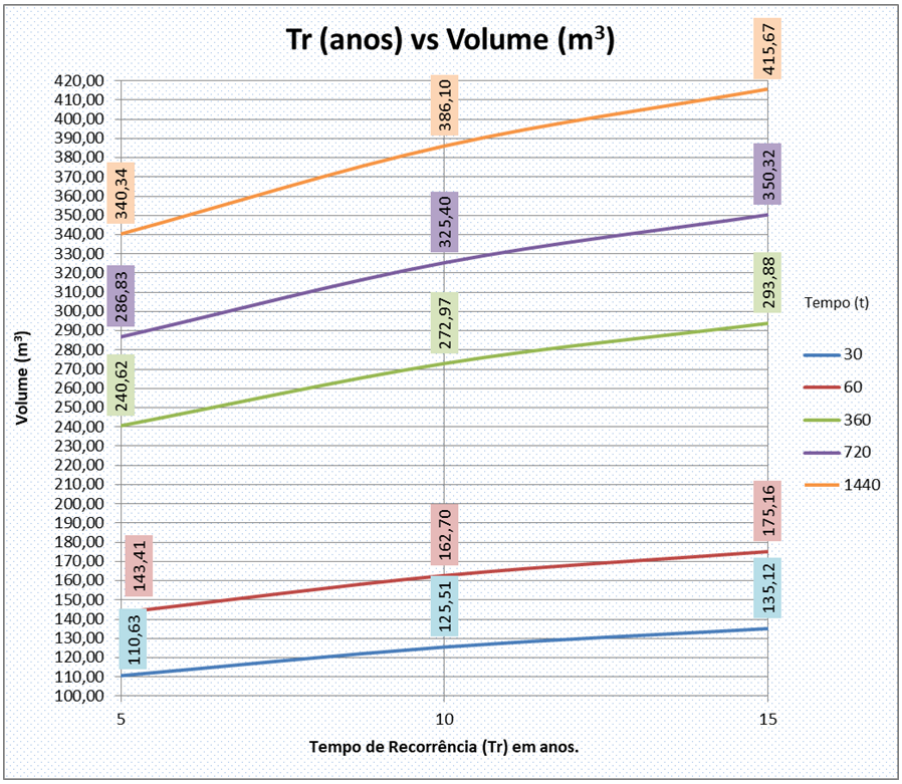
Figura 6 - Gráfico Volume pelo tempo.



Fonte: Autoria própria (2023).

Os dados de Tempo de recorrência pelo tempo de chuva, como exposto na Figura 7, são importantes para o dimensionamento de obras de engenharia, tais como barragens e até mesmo sistemas de captação e água para abastecimento. Mesmo em um tempo de chuva de 60 minutos para um Tr 5 obtém-se um volume de água de 143,414m^3.

Figura 7 - Gráfico comparativo Volume por Tempos de recorrência (Tr).



Fonte: Autoria própria (2023).

Conhecendo as realidades de cada localidade e de posse dos dados calculados é possível projetar de forma preventiva, de forma a economizar recursos e evitar danos materiais. A Figura 7 compara os volumes de água gerados em uma área de telhado de 2.640,00m^2 durante tempos que vão de meia hora á 24h. Observa-se que neste município o volume pode ser de 110,63m^3 em meia hora de chuva, utilizando Tr 5 anos, até 415,67m^3, em um dia de chuva (24h) com Tr de 15 ano. São volumes expressivos e que quando considerados em projetos de engenharia trazem benefícios financeiros á longo prazo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formação do profissional de Engenharia Ambiental e Sanitária, aliado às ferramentas tecnológicas, o prepara para fazer cálculos como do volume de água de chuva gerado pela área de um telhado em determinada localidade durante uma precipitação. Sabendo que uma chuva de uma hora de duração com tempo de recorrência (Tr) de 5 anos gera um volume de água de 143,414 m^3 é possível economizar na conta de água, ou em caso de poços artesianos a economia seria na conta de energia.

Numa instituição pública do porte da UTFPR-FB, onde as calçadas são lavadas constantemente com mangueiras, a coleta da água da chuva é uma alternativa sustentável para o orçamento. Na limpeza de áreas externas não é necessário utilizar água tratada, esta é utilizada prioritariamente para beber, então a água da chuva torna-se também uma aliada na economia da água tratada e dos recursos públicos.

De acordo com os cálculos em uma área de telhado de 2.640,00m^2 em um tempo de uma hora de chuva com Tr de 5 anos é possível reservar 143,41m^3 de água de chuva. A água guardada para utilização como águas cinzas, além da economia financeira, é um volume que deixa de ir para captação pluvial municipal. Diminuindo a quantidade de água superficial necessária de escoar em um município com aproximadamente 100 mil habitantes, pode-se diminuir problemas sobrecarga nos ramais de drenagem urbana.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Francisco Beltrão (UTFPR-FB) cujo diretor é o Prof.. Dr. Hernam Vielmo, e ao Profº. Drº. Wagner de Aguiar,

docente da disciplina de Hidrologia, por esta oportunidade de apresentar o presente artigo. Este traz resultados importantes para reforçar à comunidade sobre o benefício da captação da água da chuva, independente do tamanho do telhado, atitude que gera economia de água tratada e que está de acordo com a constituição e a aplicação das Leis.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, Stella Maris da Cruz *et al*. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527: 2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010.

BORBA, Andreilcy Alvino *et al*. Desastres naturais no Brasil e no mundo: uma análise holística com ênfase nos impactos dos eventos hidrológicos e meteorológicos. **Brazilian Journal of Development,** v. 6, n. 9, p. 73718-73740, 2020.

BRITO, Luiza T. de L. *et al*. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 596-602, 2005.

CALDEIRA, Luiz Antônio Cardoso; LIMA, Diogo Pedreira. Drenagem urbana: uma revisão de literatura. **Engineering Sciences**, v. 8, n. 2, p. 1-9, 2020.

CAMPOS, Marcus André Siqueira; AMORIM, Simar Vieira de. Aproveitamento de água pluvial em um edifício residencial multifamiliar no município de São Carlos. In: **CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL**. 2004.

DE OLIVEIRA, Ricardo Castro Nunes; CAMPOS, Rosiany Possaty; CASTRO, Carlos Lima. **HIDROLOGIA POLÍTICA E A PRESERVAÇÃO DE RIOS FEDERAIS**. ABRH XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE de 04 á 7 de novembro de 2014, Natal, RN.

GOIS, Vanessa Franciele de et al. Análise da expansão urbana e perspectivas de uso dos espaços públicos no município de Francisco Beltrão-PR. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

HADDAD, Eduardo Abjaud. Influência antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, carste do alto São Francisco, Minas Gerais. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal De Minas Gerais.

LUZA, Lucas Andreola. Aproveitamento de águas pluviais: estudo de caso em residência na cidade de Francisco Beltrão-PR. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão. Disponível em: https://www.franciscobeltrao.pr.gov.br. Acessado em 16 de maio de 2023.

AVALIAÇÃO DE TRATAMENTO COM CARVÃO ATIVADO PARA ÁGUA DE ÁREA RURAL CONTAMINADA COM AGROQUÍMICOS

Patricia Aline BRESSIANI[1], Eduardo Michel Vieira GOMES[2], Fernando César MANOSSO[1,3], Ticiane Sauer POKRYWIECKI[1,4], Elisângela DÜSMAN[1,5], Ana Paula de Oliveira SCHMITZ[4]

[1]Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[2]Departamento Acadêmico de Física, Estatística e Matemática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[3] Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[4]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[5]Departamento Acadêmico de Química e Biologia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

E-mails: pbressiani@alunos.utfpr.edu.br, eduardogomes@utfpr.edu.br, fmanosso@utfpr.edu.br, ticiane@utfpr.edu.br, edusman@utfpr.edu.br, anapoliveira@utfpr.edu.br,

Resumo: *O uso excessivo de agroquímicos com exposição ocupacional de agricultores e exposição ambiental da população em geral, principalmente aqueles que residem em regiões próximas a áreas agrícolas, tem evidenciado efeitos nocivos à saúde humana, indicados por efeitos mutagênicos e citotóxicos. A contaminação por agroquímicos também pode ocorrer pela água, principalmente nas vilas rurais, pois não há tratamento para essas substâncias específicas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a remoção de 2,4D de água contaminada por adsorção com carvão ativado. A concentração do agroquímico 2,4D nas amostras de água foi determinada por espectroscopia ultravioleta-visível (UV-Vis) (283 nm). Testes preliminares de adsorção, para remoção de 2,4D de amostras de água, mostraram que a condição que favorece esse processo é pH 2. Nos testes de cinética e equilíbrio, verificou-se que o modelo cinético de Elovich (r^2 = 0,974) foi o melhor modelo que descreveu a adsorção de 2,4D e que as isotermas de Redlich Peterson (r^2 = 0,986), Temkin (r^2 = 0,986) e Toth (r^2 = 0,988) obtiveram o coeficiente de determinação muito próximo, sendo adequados para descrever os dados experimentais de equilíbrio da adsorção de 2,4D com carvão ativado, com capacidade máxima de adsorção de 252,8 mg g^{-1}. Tendo em vista os perigos e danos à saúde e ao meio ambiente causados pelo uso e exposição a*

agroquímicos, neste estudo foi possível investigar uma forma de tratamento de água para consumo humano aplicável em áreas rurais para a remoção do agrotóxico 2,4D.

Palavras-chave: *Agroquímico; 2,4D; Água; Adsorção.*

INTRODUÇÃO

O herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4D) está entre os agroquímicos mais utilizados na agricultura. Sua ampla aplicação em todo o mundo tem por objetivo prevenir o crescimento de ervas daninhas indesejadas e pragas de folha larga, consequentemente aumentando a produtividade de culturas como milho, soja, arroz, trigo e outras (SONG, 2014; GEORGIN *et al.*, 2021; ORDUZ; ACEBAL; ZANINI, 2021). Foi classificado pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC, 2018) como grupo 2B, ou seja, possivelmente cancerígeno para humanos, e também foi classificado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2003) como extremamente tóxico (Classe I).

Tendo em vista a necessidade de retirar esse tipo de poluente da água potável e que os processos de tratamento de água empregados pelas empresas de saneamento não são eficazes na remoção desse tipo de substância específica, torna-se relevante a investigação de métodos adequados. Um dos métodos alternativos desenvolvidos para remover poluentes da água é a adsorção com carvão ativado, sendo este um adsorvente com alta área superficial e porosidade (VARGAS *et al.*, 2012; JAWAD; ABDULHAMEED; MASTULI, 2020). Além disso, existe a possibilidade de produção de carvão ativado a partir de resíduos agroindustriais como a casca do coco (FREITAS; NOGUEIRA; FARINAS, 2019).

No contexto da poluição ambiental por 2,4D, este trabalho teve como objetivo avaliar uma alternativa de tratamento de água para consumo humano em vilas rurais abastecidas por poços artesianos. O tratamento de água nesses locais precisa ser de baixo custo e de fácil operação para poder ser implantado diretamente na vila rural. Assim, investigou-se a remoção de 2,4D de água contaminada por adsorção com carvão ativado de casca de coco.

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

O uso do herbicida 2,4D tem causado sérias preocupações ambientais, como a poluição da água, devido à sua alta persistência aquática e, portanto, pode ameaçar a saúde

de humanos, animais e plantas (SALMAN; HAMEED, 2010; ISLAM *et al.*, 2018). Estudos como de Bressiani *et al.* (2022) mostram os riscos citotóxicos e mutagênicos desse herbicida para humanos. Os pesquisadores correlacionaram a exposição ambiental da população da vila rural Água Viva, localizada no distrito de Nova Concórdia, Francisco Beltrão-PR com alterações mutagênicas e citotóxicas em células humanas pelo ensaio do citoma do micronúcleo bucal. Além disso, nesta vila rural, o abastecimento de água provinha de um poço artesiano circundado por áreas agrícolas e havia outra fonte de água superficial utilizada para dessedentação dos animais e rega de hortaliças. Em ambas as fontes de água investigadas, o estudo de Bressiani *et al.* (2022) indicou a presença do herbicida 2,4D.

Assim, a determinação e o tratamento de agroquímicos na água, são essenciais para garantir a segurança da saúde humana e do meio ambiente (GEORGIN *et al.*, 2021). Georgin *et al.* (2021), Orduz, Acebal e Zanini (2021) e Rambabu *et al.* (2023) avaliaram a remoção do herbicida 2,4D pelo processo de adsorção utilizando resíduos agroindustriais e apresentam potencial para tratamento de águas contaminadas com este poluente. Além disso, devido às características desse processo, indica-se a possibilidade de realizar tratamento de água em vilas rurais com operação pelos próprios moradores, melhorando a qualidade da água potável nesses locais.

METODOLOGIA

Preparação das soluções de herbicida 2,4-D

O princípio ativo (2,4D) foi fornecido por produtores rurais do município de Marmeleiro-PR, na concentração de 806 g L^{-1}. A solução do analito 2,4D foi preparada por dissolução do princípio ativo em água Mili-Q, resultando na concentração de cada teste.

Testes de Adsorção

Carvão ativado granulado de casca de coco (marca Bahia Carbon) foi utilizado como adsorvente. Após os testes de adsorção, a fase sólida (adsorvente) foi separada da fase líquida (adsorbato) por meio de filtração a vácuo com membrana de PVDF de 0,22 µm. Todos os testes de adsorção foram realizados em duplicata. A análise por espectroscopia ultravioleta-visível (UV-Vis) foi utilizada para quantificar a concentração de 2,4D. Tendo em vista as

altas concentrações do agroquímico nos testes de adsorção, possibilitou-se essa análise por meio de uma técnica mais robusta e de menor custo com garantia de precisão dos dados, conforme estudos apresentados na literatura (NJOKU *et al.*, 2015; RAMBABU *et al.*, 2023).

Foram realizados testes preliminares para determinar o valor de pH que favorece a adsorção do 2,4-D a ser utilizado nos testes cinético e de equilíbrio. Para isso, foram realizados testes com pHs iniciais 2, 3, 5 e 7. Os testes de adsorção em batelada foram realizados em erlenmeyers de 125 mL contendo aproximadamente 0,10 g de adsorvente e 50 mL da solução de 2,4D com concentração inicial de 100 mg L^{-1}. A mistura foi mantida sob agitação a 100 rpm por 8 horas em temperatura ambiente (25ºC). Em seguida, as amostras foram filtradas e analisadas em espectrofotômetro UV-Vis no comprimento de onda de 283 nm. A quantidade de 2,4D adsorvido foi calculada usando o balanço de massa na equação (1), em que q é a quantidade de 2,4D adsorvido (mg g^{-1}), C_o e C as concentrações inicial e final, respectivamente (mg L^{-1}), v o volume da solução (L) e m a massa do adsorvente (g).

$$q = \frac{(Co - C)v}{m} \quad (1)$$

Foram realizados ainda ensaios cinético e de equilíbrio visando determinar o tempo de equilíbrio do processo em estudo e a capacidade máxima de adsorção, respectivamente.

Testes cinéticos e de equilíbrio

No estudo cinético, os testes de adsorção foram realizados em batelada com solução de 2,4D na concentração inicial de 100 mg L^{-1} e na proporção de 0,10 g para 50 mL de solução em pH 2. A mistura foi mantida sob agitação a 100 rpm e à temperatura ambiente (25°C) durante os tempos de contato de 0, 3, 5, 10, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 180, 240, 360, 480 e 1440 min. Para o teste de equilíbrio, foram preparadas soluções de 2,4D diluídas em água milli-Q nas concentrações de 10, 25, 50, 100, 150, 200, 300, 500 e 800 mg L^{-1}. Os testes de adsorção foram novamente realizados em sistema batelada com 0,10 g de carvão ativado e 50 mL de solução de 2,4D, sendo a mistura mantida sob agitação a 100 rpm e temperatura ambiente (25ºC) por 8 horas. Após cada teste, as amostras foram filtradas e a determinação da absorbância foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis (283 nm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Testes preliminares de adsorção

Inicialmente foi verificado o efeito do pH na adsorção do 2,4D (Tabela 1). Verificou-se que os menores valores de pH apresentaram melhor remoção, porém não foi possível observar diferença significativa para os valores da capacidade de remoção de 2,4D nos testes realizados com o pH inicial da solução sendo 2 e 3. Portanto, optou-se por trabalhar com pH 2, pois conforme se observa o aumento do pH, ocorre redução na capacidade de remoção. Rambabu *et al.* (2023), relatam o baixo valor de pKa do 2,4D (2,81) com alta mobilidade em níveis de pH natural em sua forma aniônica.

Tabela 1 - Efeito do pH na adsorção de 2,4-D com carvão ativado.

pH inicial	Concentração inicial (mg L^{-1})	Concentração final (mg L^{-1})	q (mg g^{-1})
2	82,735 ± 1,029	11,111 ± 1,122	35,617 ± 0,633
3	89,745 ± 1,216	16,071 ± 0,467	36,509 ± 0,232
5	94,375 ± 2,151	37,234 ± 6,453	28,422 ± 3,091
7	95,168 ± 1,216	40,740 ± 0,374	27,093 ± 0,205

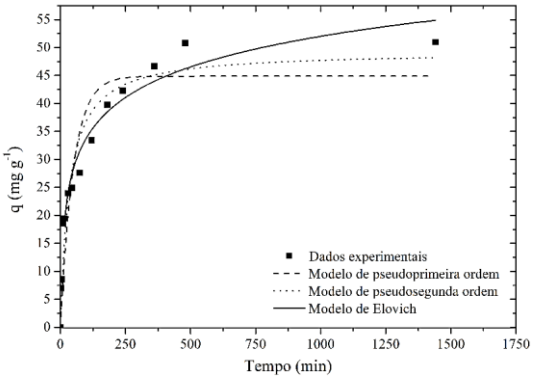
Fonte: Autoria própria (2021).

No estudo de Njoku, Foo e Hameed (2013) o pH 2 também favoreceu a adsorção de 2,4D. Em soluções de pH mais elevado, o 2,4D dissocia-se mais, permanecendo na forma ionizada (íon 2,4 diclorofenoxiacetato), o que representa repulsão ou dispersão entre os íons 2,4D e a superfície do adsorvente, diminuindo a adsorção do 2,4D. Além disso, em pH elevado, a alta mobilidade dos íons hidroxila pode competir com o ânion 2,4-diclorofenoxiacetato por sítios ativos de adsorção (FLORES *et al.*, 2006).

Ensaios de cinética de adsorção

A partir dos dados cinéticos obtidos, observou-se que o equilíbrio é estabelecido após cerca de 480 min de contato entre o adsorvente e o adsorvato (Figura 1), sendo esse o tempo utilizado para os demais ensaios. A cinética de adsorção foi avaliada pelos modelos de pseudoprimeira ordem, pseudosegunda ordem e Elovich, conforme ajustes apresentados na Figura 1. Os parâmetros estimados dos modelos cinéticos são mostrados na Tabela 2.

Figura 1 - Comportamento cinético da adsorção do 2,4D por carvão ativado e ajuste dos modelos cinéticos.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Conforme Tabela 2, verificou-se que o modelo cinético de Elovich (r^2 = 0,974) foi o que melhor descreveu a adsorção do 2,4D. Esse modelo representa sistemas com adsorção química e superfícies adsorventes heterogêneas, com taxa de adsorção que diminui exponencialmente com aumento do adsorbato na superfície sólida (QIU *et al.*, 2009).

Tabela 2 - Parâmetros dos modelos cinéticos ajustados aos dados experimentais de adsorção.

Modelos Cinéticos	Parâmetros	Valor do ajuste
Pseudoprimeira ordem	q_e (mg g^{-1})	44,9 ± 2,7
$q_t(t) = q_e(1 - e^{-k_1 t})$	k_1 (h^{-1})	0,020 ± 0,005
	r^2	0,877
Pseudosegunda ordem	q_e (mg g^{-1})	49,3 ± 2,4
$q_t(t) = q_e \frac{q_e k_2 t}{q_e(k_2 t) + 1}$	k_2 (g mg^{-1} h^{-1})	6,0 10^{-4} ± 1,5 10^{-4}
	r^2	0,939
Elovich	α	0,093 ± 0,025
$q_t(t) = b \ln(\alpha b) + b \ln t$	*b*	7,9 ± 0,4
	r^2	0,974

Fonte: Autoria própria (2023).

Ensaios de equilíbrio de adsorção

Na Tabela 3, são apresentadas as isotermas escolhidas para serem ajustadas aos dados de equilíbrio da adsorção do 2,4D, bem como os parâmetros estimados dos modelos e o ajuste dos modelos aos dados experimentais (Figura 2).

Ao avaliar o coeficiente de correlação (r^2), verificou-se que as isotermas Redlich Peterson (r^2 = 0,986), Temkin (r^2 = 0,986) e Toth (r^2 = 0,988) apresentaram ajustes muito próximos, portanto, as três as isotermas foram adequadas para representar os dados de equilíbrio de adsorção de 2,4D em carvão ativado. O modelo de Redlich Peterson considera as características de ambos os modelos de Langmuir e Freundlich, tornando possível a aplicação desse modelo tanto para sistemas homogêneos quanto para sistemas heterogêneos (AKSU; UNUABONAH, 2011; QIAO *et al*., 2009). Um dos parâmetros analisados do modelo de Redlich Peterson foi o β (0,87), sendo que, segundo Aksu e Kabasakal (2004), quando β está entre 0 e 1, indica adsorção favorável.

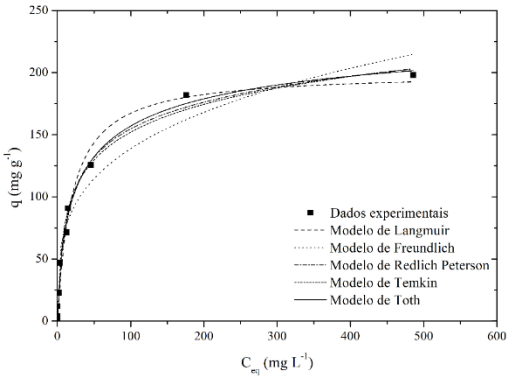
Tabela 3 - Parâmetros ajustados das isotermas de adsorção avaliadas.

Isotermas	Parâmetros	Valor de ajuste
Langmuir $\mathbf{q_t = \frac{q_{max} b C_e}{1 + b C_e}}$	q_{max} (mg g^{-1}) b (L mg^{-1}) r^2	200,4 ± 9,2 0,051 ± 0,008 0,978
Freundlich $\mathbf{q_e = k C_e^{1/n}}$	k (L g^{-1}) n r^2	39,0 ± 6,0 3,6 ± 0,4 0,959
Redlich Peterson $\mathbf{q_e = \frac{k_{rp} C_e}{1 + a_{rp} C_e^{\beta}}}$	k_{rp} (mg g^{-1}) a_{rp} (mg^{-1}) β r^2	17,8 ± 5,5 0,19 ± 0,11 0,87 ± 0,05 0,986
Temkin $\boldsymbol{q_e = B \ln(k_t) + B \ln(C_e)}$	B k_T (L mg^{-1}) r^2	1,1 ± 0,2 32,3 ± 1,7 0,986
Toth $\mathbf{q_e = \frac{q_{maxT} b_T C_e}{[1 + (b_T C_e^{n_t})]^{1/n_T}}}$	q_{maxT} (mg g^{-1}) B_T (L mg^{-1}) n_T r^2	252,8 ± 38,5 0,124 ± 0,065 0,5 ± 0,1 0,988

Fonte: Autoria Própria (2023).

O modelo de Temkin considera as interações indiretas que ocorrem entre as moléculas de adsorbato e a redução dos valores relacionados ao calor de adsorção durante o aumento da taxa de remoção de adsorbato. Além disso, esse modelo implica que a adsorção é definida por uma distribuição uniforme de energias de ligação (DANESHVAR *et al*., 2012; AYAWEI; EBELEGI; WANKASI, 2017).

Figura 2 - Dados de equilíbrio de adsorção do 2,4D em carvão ativado e os ajustes das isotermas.



Fonte: Autoria Própria (2023).

O modelo Toth é uma modificação do modelo Langmuir para reduzir os erros entre os valores experimentais. Esse modelo considera a adsorção em uma superfície heterogênea (RANGABHASHIYAM *et al*., 2014). Um dos parâmetros definidos pelas isotermas de Toth (q_{maxT}) e Langmuir (q_{max}) é a capacidade máxima de adsorção na qual, segundo Oliveira *et al.* (2018), a capacidade máxima de adsorção indica o número de sítios disponíveis no adsorvente, ou seja, a saturação completa da superfície do adsorvente. De acordo com os ajustes das isotermas de Toth e Langmuir aos dados experimentais, a capacidade máxima de adsorção do 2,4D foi de 252,8 mg g^{-1} e 200,4 mg g^{-1}, respectivamente. O segundo parâmetro ajustado foi o coeficiente de afinidade entre o adsorvente e o adsorbato. Quanto maior o valor do coeficiente de afinidade, maior a afinidade. O valor obtido para a isoterma de Toth (b_T) foi de 0,124 L mg^{-1} e para a isoterma de Langmuir (b) obteve-se 0,051 L mg^{-1}.

Georgin *et al.* (2021) avaliaram a remoção de 2,4D utilizando como adsorvente o cálice gerado a partir da produção da fruta *Physalis peruviana* tratada quimicamente com ácido. Os pesquisadores também identificaram melhores condições de adsorção do herbicida 2,4D em pH 2. A capacidade máxima de adsorção observada no estudo foi de 244 e 320 mg g^{-1}, para os modelos de Langmuir e Toth, respectivamente, semelhantes a este estudo.

De maneira geral, a partir dos resultados obtidos neste estudo, observou-se a necessidade de desenvolver métodos de tratamento de água que sejam de baixo custo e de fácil operação para aplicação, por exemplo, no tratamento de água em comunidades rurais, como é o caso da vila rural Água Viva. Diante disso, os resultados obtidos para a remoção

do agroquímico 2,4-D utilizando carvão ativado mostraram-se promissores, com remoção de cerca de 250 mg g^{-1}, indicando um tempo de equilíbrio de 8 horas de contato.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento da água pelo processo de adsorção se mostrou eficiente, principalmente por ser de baixo custo. O modelo de Elovich (r^2 = 0,974) descrevendo adequadamente a cinética de adsorção do 2,4D com tempo de equilíbrio de aproximadamente 480 min. As isotermas de Redlich Peterson (r^2 = 0,986), Temkin (r^2 = 0,986) e Toth (r^2 = 0,988) foram adequadas para representar os dados de equilíbrio da adsorção de 2,4D com carvão ativado, indicando capacidade máxima de adsorção de 252,7 mg g^{-1}. Assim, o estudo visa contribuir com informações sobre formas de tratamento da água contaminada com agroquímicos, sugerindo a possibilidade de utilização de um método de baixo custo e fácil processo de operação aplicável em vilas rurais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio do Ministério Público do Trabalho do Estado do Paraná e da UTFPR – FB. Também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa concedida à Elisângela Düsman (CNPq#305029/2022-3).

REFERÊNCIAS

AKPA, O.M.; UNUABONAH, E.I. Small-Sample Corrected Akaike Information Criterion: an appropriate statistical tool for ranking of adsorption isotherm models. *Desalination*, v. 272, p. 20-26, 2011.

AKSU, Z.; KABASAKAL, E. Batch adsorption of 2,4-dichlorophenoxy-acetic acid (2,4-D) from aqueous solution by granular activated carbon. *Separation and Purification Technology*, v. 35, p. 223–240, 2004.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. RESOLUÇÃO-RE Nº 899, DE 29 DE MAIO DE 2003. Acesso em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/res0899_29_05_2003.html. Access on:14 mai. 2020.

AYAWEI, N.; EBELEGI, A.N.; WANKASI, D. Modelling and Interpretation of Adsorption Isotherms. Journal of Chemistry, v. 2017, n. 3039817, p. 1-11, 2017.

Daneshvar, E. *et al.* Biosorption of three acid dyes by the brown macroalga Stoechospermum marginatum: isotherm, kinetic and thermodynamic studies. *Chemical Engineering Journal*, v. 195-196, p. 297-306, 2012.

FLORES, P.E.D. *et al.* Adsorption of Pentachlorophenol from Aqueous Solution onto Activated Carbon Fiber. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v. 45, p. 330-336, 2006.
FREITAS, J.V.; NOGUEIRA, F.G.; FARINAS, C.S. Coconut shell activated carbon as an alternative adsorbent of inhibitors from lignocellulosic biomass pretreatment. *Industrial Crops and Products*, v. 137, p. 1623, 2019.
GEORGIN, J. *et al.* Transforming shrub waste into a high-efficiency adsorbent: Application of Physalis peruvian chalice treated with strong acid to remove the 2,4-dichlorophenoxyacetic acid herbicide. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 9, n. 104574, 2021.
IARC. International Agency for Research on Cancer. Volume 113: DDT, lindane and 2,4-D. IARC Working Group. Lyon; 2–9 June 2015. IARC *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. 2018.
ISLAM, F. *et al.* Potential impact of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on human and ecosystems. *Environment International*, v.111, p. 332–351, 2018.
JAWAD, A.H.; ABDULHAMEED, A.S.; MASTULI, M.S. Acidfactionalized Biomass material for methylene blue dye removal: a comprehensive adsorption and mechanism study. *Journal of Taibah University for Science*, v. 14, n. 1, p. 305313, 2020.
NJOKU, V.O.; FOO, K.Y.; HAMEED, B.H. Microwave-assisted preparation of pumpkin seed hull activated carbon and its application for the adsorptive removal of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. *Chemical Engineering Journal*, v. 215–216, p.383–388, 2013.
NJOKU, V.O. *et al.* Adsorption of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid by mesoporous activated carbon prepared from H3PO4-activated langsat empty fruit bunch. *Journal of Environmental Management*, v. 154, p. 138-144, 2015.
OLIVEIRA, A.P. *et al*. Use of grape pomace as a biosorbent for the removal of the Brown KROM KGT dye. *Bioresource Technology Reports*, v. 2, p. 92–99, 2018.
ORDUZ, A.E.; ACEBAL, C.; ZANINI, G. Activated carbon from peanut shells: 2,4-D desorption kinetics study for application as a green material for analytical purposes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 9, n. 104601, 2021.
QIAO, S. *et al.* An investigation on the adsorption of acid dyes on bentonite based composite adsorbent. Separation and Purification Technology, v. 67, p. 218-225, 2009.
QIU, H. *et al.* Critical review in adsorption kinetic models. *Journal of Zheijang University Science*, v. 10, p. 716-724, 2009.
RAMBABU, K. *et al.* Valorization of date palm leaves for adsorptive remediation of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid herbicide polluted agricultural runoff. *Environmental Pollution*, v. 316, p. 120612, 2023.
RANGABHASHIYAM, S. *et al.* Relevance of isotherm models in biosorption of pollutants by agricultural byproducts. *Journal of Environmental Chemical Engineering A*, v. 2, p. 398-414, 2014.
SALMAN, J.M.; HAMEED, B.H. Adsorption of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and carbofuran pesticides onto granular activated carbon. *Desalination*, v. 256, p. 129–135, 2010.
SONG, Y. Insight into the mode of action of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) as an herbicide. *Journal of Integrative Plant Biology*, v. 56, p. 106–113, 2014.

ÁREA 4

CIÊNCIAS DA SAÚDE

MONITORAMENTO DA COVID-19 NA COMUNIDADE ACADÊMICA DA UTFPR *CAMPUS* DOIS VIZINHOS ATRAVÉS DE DIAGNÓSTICO MOLECULAR POR RT-qPCR

Amanda de Oliveira Sousa CARDOSO[1], Gabrielli Tuni ADAMI[1], João Pedro Maximino Gongora GODOI[1], Rúbia Santana ANDRADE[1], Edimara Salete de CARVALHO[1], Alex Batista TRENTIN[1], André Felipe BENDIX[1], Camila Luiza COMELLI[1], Douglas Fernando ZIMMER[1], Sandrieli GONÇALVES[1], Adriana Beatríz Rodríguez ORTÍZ[1], Isabela Pierozan PALUDO[1], Naiana Cristine GABIATTI[1], Flavia Regina de Oliveira BARROS[1], Juliana Morini Küpper Cardoso PERSEGUINI[1], Deborah Catharine de Assis LEITE[1], Simone Neumann WENDT[1], Betty Cristiane KUHN[1], Nédia de Castilhos GHISI[1]

[1]Grupo de pesquisa em Biologia Molecular (BioMol)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Dois Vizinhos
Dois Vizinhos – Paraná – Brasil

E-mail: biomol-dv@utfpr.edu.br

Resumo: *A pandemia da COVID-19 teve um impacto significativo em todo o mundo, resultando em milhares de pessoas infectadas e uma elevada taxa de morbidade. Os testes moleculares foram amplamente utilizados para o diagnóstico do SARS-CoV-2. O objetivo deste trabalho foi avaliar a taxas de pessoas infectadas com SARS-CoV-2 dentre os circulantes na UTFPR Campus Dois Vizinhos (DV) durante os meses de novembro de 2021 e maio de 2023. A metodologia envolveu a coleta quinzenal de amostras de secreções da nasofaringe, realizadas na UTFPR, seguida pela realização do teste de RT-qPCR utilizando o Kit Biomol One Step/Covid-19. Durante o período de novembro de 2021 até maio de 2023, foram coletadas um total de 1850 amostras. Foi observado um aumento no número de casos positivos em janeiro de 2022, o que pode estar relacionado à disseminação da nova variante Ômicron da COVID-19. No entanto, no período de janeiro a maio de 2023, não foram detectados casos positivos. A pandemia da COVID-19 destacou a importância da ciência em todos os aspectos da sociedade. As universidades, como centros fundamentais de desenvolvimento e disseminação do conhecimento científico, desempenharam um papel essencial no monitoramento da progressão da doença, e na conscientização da comunidade durante esse período desafiador.*

Palavras-chave: *SARS-CoV-2; Coronavírus; Assintomáticos; Pandemia.*

INTRODUÇÃO

O SARS-CoV-2 foi reportado inicialmente em meados de dezembro de 2019, em Wuhan, na China. Trata-se de um vírus RNA envelopado, agente causador da Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS), que infectou milhões de pessoas ao redor do mundo (DA SILVA, S. J. R. *et al*., 2022). O vírus se espalha pelo trato respiratório principalmente por intermédio de gotículas salivares, secreções respiratórias e contato direto com alguém contaminado (KUMAR *et al*., 2021).

Os testes moleculares, como o RT-qPCR, são amplamente utilizados no diagnóstico da COVID-19 devido à sua alta especificidade e capacidade de fornecer resultados rápidos na detecção do RNA do SARS-CoV-2 (PASCARELLA; TANG, 2020).

Este estudo apresenta relevância pela sua essência emergente por amplas discussões acerca da maior crise sanitária vivenciada pela sociedade contemporânea, que interfere diretamente em todos estratos sociais. A detecção ágil do vírus assume um papel de vital importância no tratamento e controle da doença. Neste contexto, visando o avanço e o bem-estar da população em geral, o propósito deste projeto foi a realização de amostragem para o monitoramento da COVID-19 através do diagnóstico molecular para estudantes, funcionários e comunidade externa, ao mesmo tempo em que promove a capacitação de profissionais como medida preventiva para enfrentar a pandemia.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os vírus pertencentes à família *Coronaviridae* têm a capacidade de infectar principalmente aves e mamíferos. Além disso, foi constatado que esses vírus podem também infectar células humanas, causando infecções no sistema respiratório, tanto no trato respiratório superior quanto no inferior (ZHU *et al*., 2020). Em alguns casos, os sintomas podem se manifestar como leves problemas respiratórios, semelhantes a um resfriado comum. No entanto, essas infecções podem progredir para manifestações mais graves, como bronquite, pneumonia e síndrome respiratória aguda grave. Em situações mais críticas, a infecção pode levar ao óbito (SCHOEMAN; FIELDING, 2019).

No início da pandemia de COVID-19, o diagnóstico da doença era desafiador devido à diversidade de sintomas que poderiam ser facilmente confundidos com outras enfermidades (KARIMI *et al*., 2021). Além disso, uma das principais preocupações relacionadas à

COVID-19 é a presença de indivíduos infectados que permanecem assintomáticos, uma vez que eles têm o potencial para transmitir o vírus durante todo o período infeccioso, uma vez que ainda não há uma explicação clara para essa condição (FERREIRA NETTO; CORRÊA, 2020).

Os testes moleculares, como o RT-qPCR (reação de transcriptase reversa seguida de reação em cadeia da polimerase), são considerados o padrão ouro para o diagnóstico direto do vírus SARS-CoV-2. Esses testes envolvem a detecção do RNA viral por meio da transcrição reversa quantitativa da reação em cadeia da polimerase em tempo real. Eles são altamente sensíveis, específicos e rápidos na detecção do vírus, superando outras metodologias como a sorologia (KUMAR *et al*., 2020; LEE *et al*., 2021).

O RT-qPCR apresenta um desempenho otimizado pois é capaz de identificar casos positivos mesmo em fases iniciais da contaminação, incluindo o período de incubação e após o desaparecimento dos sintomas. Isso torna o teste molecular uma ferramenta valiosa no controle da propagação da COVID-19, permitindo a identificação precoce de casos e o isolamento de indivíduos infectados (SILVA *et al*., 2020).

METODOLOGIA

Coletas na UTFPR

O projeto foi submetido e aprovado pelo conselho de ética em pesquisa com seres humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) com número de parecer 5.100.638. Com a implementação do Laboratório Multiusuário de Biologia Molecular e Análises Biológicas (BioMol) na UTFPR, no auge da pandemia, em 12 de novembro de 2021 se deu o início das coletas quinzenais de secreções de nasofaringe em alunos, servidores e da comunidade externa na Universidade Tecnológica Federal do Paraná *Campus* Dois Vizinhos (DV), contendo o número mínimo pretendido de 50 amostras por coleta, com a vantagem adicional de que o teste poderá ser repetido, se necessário.

A equipe treinada foi responsável pela abordagem dos indivíduos nas dependências da universidade para explicação dos termos da pesquisa, em seguida, eram coletadas informações previamente aprovadas pelo conselho de ética e realizada a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Após o preenchimento dos formulários, a coleta do material biológico foi realizada por um profissional previamente treinado e paramentado com Equipamentos de Proteção Individual (EPI).

Rotina Laboratorial

A extração do material genético (RNA total) foi realizada a partir da inserção de 20 µL da amostra com 20 µL de proteinase K (200 mg), em seguida, incubadas em banho seco por 5 minutos a 95 °C.

Os testes de RT-qPCR foram realizados em *pools*, sendo inseridos cerca de cinco amostras por poço. A amplificação ocorreu a partir do Kit Biomol OneStep/Covid-19 (IBMP), onde foi possível identificar o agente etiológico através dos alvos da região conservada ORF1ab, região da proteína do nucleocapsídeo N e gene endógeno humano como controle interno. Os sinais de fluorescência foram captados pelo termociclador CFX96™ (Biorad) nos canais FAM (ORF1ab), HEX/VIC (N gene), ROX (controle interno) e analisados com o software CFX Maestro Software™ (BioRad) de acordo com as recomendações do fabricante (IBMP, 2021).

Em todos os testes foram utilizados Controle Positivo (CP), Controle Negativo (CN), Controle Sem Amostra (NTC), Amostra Humana Sabidamente Negativa (HSC) e Amostra Humana Sabidamente Positiva (CP+). Os resultados foram interpretados como positivos ou negativos para presença do agente etiológico SARS-CoV-2. Caso algum pool apresentasse resultado positivo as cincos amostras eram testadas separadamente para identificação dos casos positivos. Após a amplificação, todas amostras brutas foram armazenadas em ultrafreezer a -80 °C.

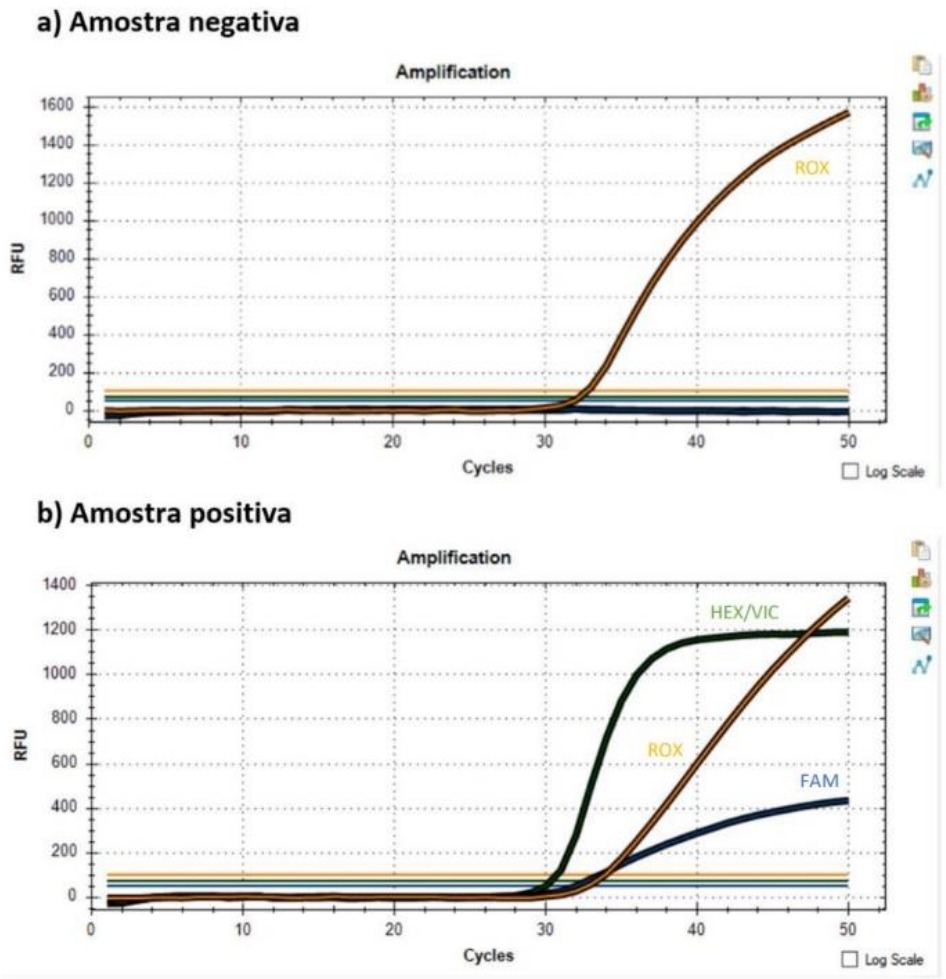
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados das coletas realizadas na UTFPR *Campus* Dois Vizinhos foram obtidos no período de novembro de 2021 até maio de 2023 totalizando 1850 amostras, vale ressaltar que os meses de janeiro (2022/2023) e fevereiro (2023) não obtiveram o número mínimo de cinquenta amostras, tendo em vista, as férias de alunos e servidores, resultando em um baixo nível de circulação de pessoas na universidade.

Após o processamento das amostras, utilizando-se o protocolo pré-estabelecido pelo fabricante, foi verificado à amplificação dos alvos nos canais FAM (ORF1ab), HEX/VIC (N

gene) e ROX (controle interno), sendo consideradas negativas as amostras que amplificaram somente o controle interno no canal ROX (Figura 1a) e positivas as amostras que amplificaram o ROX (controle interno), FAM (ORF1ab) e/ou HEX/VIC (N gene) conforme a Figura 1b (IBMP, 2021).

Figura 1 – Gráficos gerados pelo CFX Maestro Software (BioRad)™.

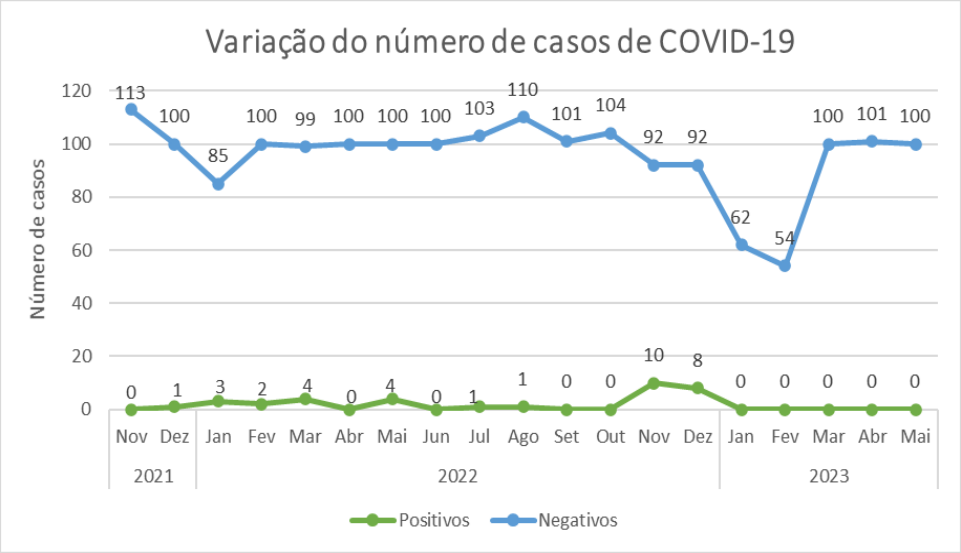


Fonte: Autoria própria (2023)

Os resultados positivos podem ser observados na Figura 2, ao qual houve um aumento notável no número de casos positivos em momentos específicos da pandemia. O aumento do número de casos positivos em janeiro (2022) pode estar relacionado com o contágio pela nova variante do COVID-19, Ômicron, ao qual foi detectada no final de novembro de 2021 (CHENCHULA, S. *et al.*, 2022). Os casos positivos se mantiveram na média de três casos até março (2022). Com retorno das aulas presenciais em março de 2022, o uso de

máscaras era obrigatório nas dependências da universidade, refletindo no resultado de abril (2022) com nenhum caso positivo.

Figura 2 - Variação do número de casos positivos e negativos de novembro (2021) até maio (2023).



Fonte: Autoria própria (2023)

Ao final de março (2022) a reitoria da UTFPR desobrigou o uso de máscaras nas dependências da universidade, ou seja, o uso passou a ser facultativo. Os resultados apresentados em maio (2022) com quatro casos positivos podem estar relacionados com essa medida tomada pela instituição. Porém, até agosto, os casos se mantiveram entre 0 e 1, voltando a crescer nos meses de novembro e dezembro de 2022 com 10 e 8 casos positivos respectivamente.

No ano de 2023 não foi detectado nenhum caso positivo no período de janeiro a maio. Tal fato está relacionado com o programa de vacinação, pois segundo os dados recolhidos pelo TCLE cerca de 61,24 % estão vacinados com três ou mais doses, 37,40 % com duas doses, 1,14 % com uma dose e 0,22 % não se vacinou.

Vale ressaltar que no estudo conduzido por Vasconcelos *et al.* (2023), foram encontradas evidências de uma diminuição nos casos positivos e mortes em Dois Vizinhos, à medida que a cobertura vacinal aumentava ao longo de um ano após a administração da primeira dose da vacina em janeiro de 2021. Os resultados indicaram uma correlação entre o aumento

da cobertura vacinal e a redução dos casos e mortes na cidade, em particular, após a vacinação de 15 mil habitantes, o que representa aproximadamente 35,21 % da população total de 41.124 habitantes. Essas descobertas ressaltam a importância da vacinação em massa como uma estratégia eficaz para controlar a propagação de doenças infecciosas e mitigar seus impactos na saúde pública. No entanto, é fundamental considerar que esses resultados se referem especificamente à cidade de Dois Vizinhos e não podem ser generalizados para outras regiões sem levar em conta as características locais.

Por fim, as pessoas com diagnóstico positivo para SARS-CoV-2 receberam através de e-mail ou aplicativo de mensagens *whatsapp* o laudo confirmando o resultado do diagnóstico, adicionalmente ao laudo, foram encaminhadas orientações de isolamento social e encaminhamento para o posto de saúde mais próximo de sua residência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pandemia de COVID-19 foi uma das mais significativas crises sanitárias da história recente, provocando uma comoção global devido à enorme quantidade de casos e óbitos. Além disso, essa crise teve um impacto profundo na economia e na sociedade. Através dos resultados obtidos é possível concluir que não houve um contágio massivo na universidade no período de novembro de 2021 a maio de 2023. Pode-se concluir também que o projeto voltado a comunidade interna e externa à UTFPR destaca o prestígio da universidade em desenvolver alternativas, soluções e prestar assistência em momentos críticos de pandemia, fomentando a interação entre ensino, pesquisa e extensão ao formar profissionais capacitados.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório Multiusuário de Análises Biológicas e Biologia Molecular (BioMol) da UTFPR - Dois Vizinhos com apoio do Rotary Club de Dois Vizinhos e da Prefeitura Municipal de Dois Vizinhos.

REFERÊNCIAS

CHENCHULA, S. *et al*. Current evidence on efficacy of COVID-19 booster dose vaccination against the Omicron variant: A systematic review. *Journal of Medical Virology*, v. 94, n. 7, p. 2969-2976, 2022.

DA SILVA, S. J. R. *et al*. Two Years into the COVID-19 Pandemic: Lessons Learned. *ACS infectious diseases*, v. 8, n. 9, 2022.

FERREIRA NETTO, R. G; CORRÊA, J. W. N. Epidemiologia do surto de doença por coronavírus (COVID-19). *Revista Desafios*, v. 7, n. supl., p. 18-25, 2020.

IBMP - INSTITUTO DE BIOLOGIA MOLECULAR DO PARANÁ. Kit Biomol OneStep/COVID-19. Curitiba, 2021.

KARIMI, F. *et al*. Clinical and laboratory findings in COVID-19 adult hospitalized patients from Alborz province/Iran: comparison of rRT-PCR positive and negative. *BMC Infectious Diseases*, v. 21, n. 1, p. 1-8, 2021.

KUMAR, A. *et al*. COVID-19 Pandemic: Mechanism, Diagnosis and Treatment. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, v. 96, p. 299-308, 2020.

KUMAR, A. *et al*. Wuhan to World: The COVID-19 Pandemic. *Front Cell Infect Microbiol*. v. 11: 596201, 2021.

LEE, C. J. *et al*. Diagnostic evaluation of qRT-PCR-based kit and dPCR-based kit for COVID-19. *Genes Genomics*, v. 43, n. 11, p. 1277-1288, 2021.

PASCARELLA, G. *et al*. COVID-19 diagnosis and management: a comprehensive review. *Journal of internal medicine*, v. 288, n. 2, p. 192-206, 2020.

SCHOEMAN, D.; FIELDING, B. C. Coronavirus envelope protein: current knowledge. *Virology journal*, v. 16, n. 1, p. 1-22, 2019.

SILVA, S. J. R. *et al*. Clinical and laboratory diagnosis of SARS-CoV-2, the virus causing COVID-19. *ACS infectious diseases*, v. 6, n. 9, p. 2319-2336, 2020.

TANG, Y. *et al*. Laboratory diagnosis of COVID-19: current issues and challenges. *Journal of clinical microbiology*, v. 58, n. 6, 2020.

VASCONCELOS, M. W. *et al*. Relationship between SARS-CoV-2 vaccination and cases, program breakthrough cases, and deaths in Dois Vizinhos, Paraná, Brazil. *Journal of Medical Virology*, v. 95, n. 6, 2023.

ZHU, N. *et al*. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *The New England Journal of Medicine*. v. 382, n. 8, p. 727-733, 2020.

CAPACIDADE ANTIOXIDANTE, TEOR DE POLIFENÓIS TOTAIS E FLAVONOIDES DE GRÃOS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS

Luana Alberti NORONHA[1], Franciane Silvana FORMENTINI [2], Eloá Angélica KOEHNLEIN[1,2]

[1] Departamento de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Laranjeiras do Sul
Laranjeiras do Sul – Paraná - Brasil

[2] Departamento de Nutrição
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Realeza
Realeza – Paraná - Brasil

E-mails: luananoronha27@outlook.com; francineformentini@hotmail.com; eloa.koehnlein@uffs.edu.br

Resumo: *Os alimentos de origem vegetal possuem diversos compostos bioativos com propriedades antioxidantes, entre eles os polifenóis e flavonoides, considerados os principais antioxidantes da dieta. Apesar das controvérsias, estudos sugerem que estes compostos possam ser encontrados em maior quantidade em alimentos orgânicos do que nos convencionais, devido a fatores envolvidos com o processo de produção destes compostos. O presente estudo teve como objetivo avaliar e comparar o teor de polifenóis, flavonoides e capacidade antioxidante total do arroz branco, feijão preto, milho e soja produzidos por sistemas orgânicos e convencionais. Para tanto, foram selecionadas amostras orgânicas e convencionais dos referidos grãos, dos quais foram feitas extrações e analisadas por meio de métodos colorimétricos. Observou-se padrões distintos de compostos bioativos nos grãos analisados. Em geral, o arroz apresentou maior teor de polifenóis, flavonoides e capacidade antioxidante em cultivo orgânico. A soja apresentou maiores teores de polifenóis e capacidade antioxidante no cultivo orgânico e flavonoides no convencional. Já o milho e feijão apresentaram maiores quantidades de polifenóis, flavonoides e capacidade antioxidante na cultura convencional. Pode-se concluir que os grãos analisados submetidos a diferentes sistemas de produção apresentaram distintos comportamentos nos teores de polifenóis e flavonoides. É importante destacar a necessidade de estudos futuros para determinação do perfil dos compostos presentes nesses alimentos, bem como para avaliação de amostras com condições de cultivo controladas.*

Palavras-chave: *Sistemas de produção; Compostos bioativos; Antioxidantes.*

INTRODUÇÃO

Os efeitos benéficos do consumo de frutas, legumes e verduras (FLV) vêm sendo estudados na diminuição dos riscos de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), relacionadas ao estresse oxidativo, originado de um desbalanço na

produção e neutralização de radicais livres, acumulando espécies reativas. Os efeitos protetores relacionados às FLV se baseiam no fato destes alimentos possuírem compostos bioativos com atividade antioxidante, como polifenóis e flavonoides (CHANDRASEKARAN; IDELCHIK; MELENDEZ, 2017).

Apesar da abundância dos polifenóis nos alimentos de origem vegetal, seu consumo pela população brasileira é baixo em relação a outros países, e esse fato pode ser devido à baixa ingestão de FLV (menor que 5%), com uma dieta baseada na combinação típica de arroz e feijão e um alto consumo de café, pão de sal e milho, esses alimentos são os maiores contribuintes de polifenóis e flavonoides na dieta brasileira (CORRÊA *et al.*, 2015; KOEHNLEIN *et al.*, 2014).

Embora existam controvérsias, os estudos têm demonstrado que, em média, alimentos de culturas orgânicas possuem maiores concentrações de carboidratos e compostos bioativos (antioxidantes, fenólicos, flavonoides, antocianinas, carotenoides e vitamina C) e menores concentrações de vitamina E, proteínas, aminoácidos, fibras, metais tóxicos e resíduos de pesticidas, quando comparados aos cultivados convencionalmente. Isto deve-se ao fato de que o uso de produtos químicos, podem afetar a absorção de minerais e influenciar na expressão gênica e proteica, resultando em um perfil de metabólitos secundários diferentes (BARAŃSKI *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2012).

Assim, esse trabalho teve como objetivo comparar teores de polifenóis totais, flavonoides e capacidade antioxidante em amostras de soja, milho, feijão preto e arroz branco polido, alimentos predominantes na dieta brasileira, orgânicos e convencionais disponíveis para comercialização no sudoeste do Paraná-BR.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os compostos bioativos são metabólitos secundários das plantas, produzidos para proteção, coloração e conferir aroma e sabor. Situações de estresse e pressão exercida pelo ambiente, como ataque de pragas, podem influenciar na maior produção destes compostos. Assim, além da importância das fontes alimentares, o modo de produção pode incrementar o consumo destes compostos (LIMA *et al.*, 2012; KESARWANI *et al.*, 2014).

A comparação do cultivo de alimentos orgânicos e convencionais é delicada, visto que para uma boa comparação há necessidade de detalhes como avaliar a mesma cultivar, proximidade das propriedades, meio de cultivo semelhante e mesmas condições climáticas. Rahman *et al.* (2021) verificaram que a maioria das diferenças entre produtos orgânicos e convencionais está ligada a diferenças das culturas, fertilizantes, ambiente e manejo de pragas e os orgânicos possuem maiores teores de polifenóis, provavelmente, devido aos mecanismos de defesa da planta e ausência de fertilizantes e pesticidas sintéticos.

Além da hipótese de se obter maior quantidade de compostos bioativos em alimentos orgânicos, as ações dos resíduos de agrotóxicos no organismo não são totalmente conhecidas. Entre os efeitos descritos, tem-se danos nos sistemas nervoso e respiratório, órgãos reprodutivos, disfunções imunológicas e endócrinas, alterações genéticas e prejuízos à biodiversidade, essa forma de cultivo vem se sobressaindo na produção e comercialização no Brasil, destaque para soja, hortaliças e café (FERRAZ *et al.*, 2013; FRIEDRICH, 2013).

Devido ao acesso à informação e preocupações com a saúde, os consumidores estão dispostos a pagar mais por produtos orgânicos, pois estes são livres de fertilizantes sintéticos, fungicidas, inseticidas e herbicidas, passando segurança para o consumidor, um dos pontos que estão a procura em um alimento, não apenas por saúde, mas também devido a preocupação com o meio ambiente (RAHMAN *et al.*, 2021).

METODOLOGIA

Duas amostras orgânicas e duas convencionais de arroz branco polido tipo I, feijão preto, soja e milho foram coletadas entre setembro e novembro de 2015. Amostras de soja, arroz e feijão convencionais foram adquiridas nos mercados do sudoeste do Paraná-BR. Enquanto milho, foram amostras transgênicas convencionais doadas por cerealistas da região. Uma amostra orgânica de feijão preto e arroz branco, adquiridas por *e-commerce*, em lojas situadas no Paraná, as demais, doadas por associações e cerealistas de orgânicos regionais.

Os grãos foram lavados em água corrente e submetidos à cocção, simulando a forma habitual de preparo, de acordo com a padronização da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) para arroz e feijão. A soja, cozida em água até que estivesse macia sem rompimento da casca, a água do cozimento foi desprezada. O milho, triturado em moinho,

para obter farinha, após, cozido na forma de mingau com água (polenta). Soja, feijão e arroz foram triturados, com auxílio de um multiprocessador de alimentos doméstico, e submetidos a extração de acordo com Faller e Fialho (2009), com pequenas modificações.

Para cada amostra fez-se dois tipos de extração. Os compostos fenólicos solúveis foram extraídos com metanol 50% e os hidrolisáveis com metanol 50% acidificado com ácido clorídrico 1,2 M. Após as amostras foram submetidas ao banho-maria a 37ºC em agitação por duas horas ao abrigo da luz. Após essa etapa, as amostras foram centrifugadas a 3500 rpm por 5 minutos e duplamente filtradas com papel filtro para proceder às determinações de compostos fenólicos, flavonoides e capacidade antioxidante total. Todas as extrações e análises foram realizadas em triplicata.

As concentrações de fenólicos totais foram determinadas com o método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965). Os flavonoides, através da técnica descrita por Alothman, Bhat e Karim (2009), com pequenas modificações. E, para determinar a capacidade antioxidante total (CAT) realizou-se o ensaio TEAC, seguindo Fu *et al*. (2011).

Os dados foram analisados de forma descritiva, expressos em média e desvio padrão, utilizando o GraphPad Prisma® 5.0 para análise dos dados. A comparação entre amostras orgânicas e convencionais, realizada pelo teste *t-student* com 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores referentes à concentração de compostos fenólicos nos grãos orgânicos e convencionais estudados.

Tabela 1 - Teor em polifenóis totais de extratos solúveis e hidrolisáveis de grãos orgânicos e convencionais.

	Extratos Solúveis (µg EAG/g AC)		**Extratos Hidrolisáveis (µg EAG/g AC)**	
	Orgânico	**Convencional**	**Orgânico**	**Convencional**
Arroz	26,2±1,8^{a}	20,8±1,6^{b}	74,8±2,3^{a}	76,9±8,8^{a}
Feijão	534,1±25,5^{a}	647,1±62,5^{b}	475,7±28,0^{a}	587,6±23,6^{b}
Milho	277,7±24,6^{a}	336,9±26,6^{b}	307,8±26,4^{a}	346,4±38,3^{a}
Soja	1055,5±95,7^{a}	1038,6±21,6^{a}	686,4±15,8^{a}	534,6±35,0^{b}

µg EAG/g AC: Micrograma de Equivalente de Ácido Gálico por grama de alimento cozido.
Letras diferentes na mesma linha, para cada tipo de extrato, representam valores significativamente diferentes, $p<0,05$.

Fonte: Autoria própria (2023).

A soja apresentou teores de polifenóis em extratos hidrolisáveis, maiores em cultivo orgânico, diferente do encontrado por Balisteiro, Rombaldi e Genovese (2013). Já, feijão e milho apresentaram maiores teores nas amostras convencionais, sendo significativo em ambos os tipos de extração para o feijão, enquanto o milho apenas no extrato solúvel. Enquanto Asami *et al.* (2003) encontraram maiores concentrações de polifenóis em amostras de milho de produção sustentável, orgânica e convencional, respectivamente.

O arroz apresentou o mesmo comportamento anterior para flavonoides (Tabela 2): maiores teores nas amostras orgânicas, com diferença significativa apenas nos extratos hidrolisáveis, diferente do encontrado por Kesarwani *et al.* (2014). Enquanto que o feijão apresentou maiores concentrações no cultivo convencional, a soja apresentou teores maiores nos extratos solúveis das amostras convencionais em relação às orgânicas. Balisteiro, Rombaldi e Genovese (2013) encontraram quantidades menores de isoflavonas, subclasse dos flavonoides, em soja orgânica, contudo, os níveis variaram conforme o tipo de cultivo, inferindo que o tipo de cultivo pode influenciar nos compostos bioativos.

Tabela 2 - Flavonoides de extratos solúveis e hidrolisáveis de grãos orgânicos e convencionais.

	Extratos Solúveis (µg EC/g AC)		**Extratos Hidrolisáveis (µg EC/g AC)**	
	Orgânico	**Convencional**	**Orgânico**	**Convencional**
Arroz	5,5±0,6^{a}	4,9±1,1^{a}	13,3±0,4^{a}	11,8±1,0^{b}
Feijão	175,7±3,4^{a}	210,8±12,2^{b}	143,7±4,6^{a}	180,9±16,8^{b}
Milho	48,8±12,6^{a}	58,0±2,6^{a}	78,6±8,5^{a}	69,5±11,7^{a}
Soja	290,4±38,5^{a}	372,1±16,2^{b}	99,5±14,4^{a}	116,3±12,2^{a}

µg EC/g AC: Micrograma de Equivalente de Catequina por grama de alimento cozido.
Letras diferentes na mesma linha, para cada tipo de extrato, representam valores significativamente diferentes, $p<0,05$.

Fonte: Autoria própria (2023).

A soja, em ambos os extratos, apresentou valores significativamente maiores de CAT nas amostras orgânicas (Tabela 3), diferente de Balisteiro, Rombaldi e Genovese (2013). O feijão apresentou maior CAT nas amostras convencionais, nos dois extratos, enquanto o milho, apenas nos extratos solúveis convencionais. O arroz teve maior CAT no cultivo

orgânico em extratos solúveis, outros estudos também encontraram valores maiores de CAT em amostras orgânicas de arroz (KESARWANI *et al.*, 2013, 2014).

Tabela 3 - Capacidade Antioxidante de extratos solúveis e hidrolisáveis de grãos orgânicos e convencionais.

	Extratos Solúveis (µM ET/g AC)		**Extratos Hidrolisáveis (µM ET/g AC)**	
	Orgânico	**Convencional**	**Orgânico**	**Convencional**
Arroz	108,7±7,4^{a}	79,1±8,7^{b}	47,8±10,3^{a}	50,7±7,3^{s}
Feijão	3199,3±149,4^{a}	4266,6±332,8^{b}	2700,4±137,2^{a}	3814,2±260,2^{b}
Milho	930,4±45,8^{a}	1088,6±58,0^{b}	382,2±55,1^{a}	444,6±47,0^{a}
Soja	2261,4±44,7^{a}	2083,1±166,8^{b}	1707,6±136,8^{a}	1461,6±183,1^{b}

µM ET/g AC: MicroMol Equivalente de Trolox por grama de alimento cozido.
Letras diferentes na mesma linha, para cada tipo de extrato, representam valores significativamente diferentes, $p<0,05$.

Fonte: Autoria própria (2023).

O feijão foi o único grão que apresentou diferença significativa em todas as análises, com teores mais elevados na cultura convencional. A maior diferença encontrada foi na CAT dos extratos hidrolisáveis, onde a média das amostras convencionais em que CAT foi 41,2% maior que a média orgânica.

Comparando as concentrações de compostos nos dois tipos de extratos do mesmo grão nas duas formas de cultivo, foi possível observar que os cereais (arroz e milho), apresentaram teores maiores de polifenóis e flavonoides nos extratos hidrolisáveis em relação aos solúveis, enquanto o contrário foi observado nas leguminosas (feijão e soja).

Todos os grãos apresentaram valores maiores para CAT nos extratos solúveis. Faller e Fialho (2009, 2010) encontraram maiores concentrações de polifenóis nos extratos hidrolisáveis de batata, brócolis, cebola, cenoura, repolho branco, banana, laranja, maçã, mamão, manga e tangerina, e nos extratos solúveis de tomate. Portanto, a matriz do alimento e quantidade de fibras presente, pode influenciar na biodisponibilidade e na quantidade de compostos extraíveis do alimento, explicando, assim, a grande diferença entre as extrações de alguns grãos (HERVERT-HERNÁNDEZ *et al.*, 2011).

Quaisquer fatores, ambientais ou não, que possam aumentar o estresse sofrido pela planta resultam em aumento da produção de compostos bioativos (LIMA *et al.*, 2012). Em estudo com arroz branco convencional e orgânico, em diferentes épocas, foi evidenciado que diferentes estações de produção, temperatura e radiação solar foram mais condicionantes

para diferenças na concentração de polifenóis e CAT do que o tipo de prática utilizada (KESARWANI *et al.*, 2014), estes fatores podem ter interferido no estudo atual já que as condições ambientais de cultivo não foram controladas, devendo ser levado em consideração que estas amostras podem apresentar resíduos de produtos químicos.

Estudos que compararam alimentos orgânicos e convencionais também encontraram quantificações e perfil de compostos bioativos e antioxidantes diferenciadas entre vários alimentos, ora maior em cultivo orgânico, ora em convencional, sugerindo que os padrões de compostos influenciáveis pelos tipos de cultivos são de cada tipo de alimento (FALLER; FIALHO, 2009, 2010; BUNEA *et al.*, 2012; BALISTERO; ROMBALDI; GENOVESE, 2013; MULERO; PARDO; ZAFRILLA, 2010; BARAŃSKI *et al.*, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que o feijão preto, arroz branco, milho e soja submetidos a diferentes formas de cultivo apresentaram distintos comportamentos nos teores de polifenóis, flavonoides e capacidade antioxidante. Além disso, as diferenças encontradas entre os extratos solúveis e hidrolisáveis podem ser resultantes da matriz do alimento. Destaca-se a importância desse estudo, devido à escassez de pesquisas sobre o mesmo tema, comparando polifenóis, flavonoides e CAT de grãos orgânicos e convencionais.

São necessários novos estudos com amostras cultivadas sob condições controladas para a detecção de diferenças de perfil de polifenóis, suas subclasses e CAT em alimentos orgânicos e convencionais, com diferentes quantidades de insumos químicos adicionados aos convencionais para verificação de alterações na produção de compostos em resposta a diferentes concentrações e variedade de produtos químicos utilizados.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com apoio financeiro com bolsa PIBIC/CNPq, através do edital Nº 281/UFFS/2015 e bolsa CAPES/DS, pelo edital Nº 1142/GR/UFFS/2022. Doação de reagentes pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) e Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Doação de amostras pela Associação de Estudos, Orientação e Assistência Rural (ASSESOAR) de Francisco Beltrão-PR, Cataratas do Iguaçu Produtos

Orgânicos LTDA, Cerealista Boaro e Cia LTDA, Cerealista Coagro LTDA, de Capanema-PR.

REFERÊNCIAS

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A.A. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*, v.115, p. 785-8, 2009.

ASAMI, D.K. *et al.* Comparison of the Total Phenolic and Ascorbic Acid Content of Freeze-Dried and Air-Dried Marionberry, Strawberry, and Corn Grown Using Conventional, Organic, and Sustainable Agricultural Practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.51, p.1237-1241, 2003.

BALISTEIRO, D.M.; ROMBALDI, C.V.; GENOVESE, M.I. Protein, isoflavones, trypsin inhibitory and in vitro antioxidant capacities: Comparison among conventionally and organically grown soybeans. *Food Research International*, v.51, p.8-14, 2013.

BARAŃSKI, M. *et al.* Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition*, v.112, n.05, p.794-811, 2014.

BUNEA, C. *et al.* Carotenoids, total polyphenols and antioxidant activity of grapes (*Vitis vinifera*) cultivated in organic and conventional systems. *Chemistry Central Journal*, v.6, n.66, 2012.

CHANDRASEKARAN, A.; IDELCHIK, M. del P. S.; MELENDEZ, J. A. Redox control of senescence and age-related disease. *Redox Biology*, v. 11, p. 91–102, 2017.

CORRÊA, V.G. *et al.* Estimate of consumption of phenolic compounds by Brazilian population. *Revista de Nutrição*, Campinas, v.28, n.2, p.185-196, 2015.

FALLER, A.L.K.; FIALHO, E. The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. *Food Research International*, v.42, p.210-15, 2009.

FALLER, A.L.K.; FIALHO, E. Polyphenol content and antioxidant capacity in organic and conventional plant foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.23, p.561-8, 2010.

FERRAZ, A.P.C.R.; MALHEIROS, J.M.; CINTRA, R.M.G. A produção, o consumo e a composição química dos alimentos orgânicos. *Revista Simbio-Logias*, v.6, n. 9, 2013.

FRIEDRICH, K. Desafios para a avaliação toxicológica de agrotóxicos no Brasil: desregulação endócrina e imunotoxicidade. *Vigilância Sanitária em Debate*, v.1, n.2, p.2-15, 2013.

FU, L. *et al.* Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry*, v.129, p.345-50, 2011.

HERVERT-HERNÁNDEZ, D. *et al.* The contribution of fruits and vegetables to dietary intake of polyphenols and antioxidant capacity in a Mexican rural diet: Importance of fruit and vegetable variety. *Food Research International*, v.44, p. 1182-1189, 2011.

KESARWANI, A.; CHIANG, P.Y.; CHEN, S.S.; SU, P.C. Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Organically and Conventionally Grown Rice Cultivars Under Varying Seasons. *Journal of Food Biochemistry*, v.37, p. 661-668, 2013.

KESARWANI, A.; CHIANG, P.Y; CHEN, S.S. Distribution of Phenolic Compounds and Antioxidative Activities of Rice Kernel and Their Relationship with Agronomic Practice. *The Scientific World Journal*, 2014.
KOEHNLEIN, E.A. e*t al.* Total antioxidant capacity and phenolic content of the Brazilian diet: a real scenario. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, Early Online, p. 1-6, 2014.
LIMA, G.P.P. *et al.* Organic and conventional fertilization procedures on the nitrate, antioxidants and pesticide content in parts of vegetables. *Food Additives and Contaminants: Part B*, v.5, n.3, p. 188-193, 2012.
MULERO, J.; PARDO, F.; ZAFRILLA, P. Antioxidant activity and phenolic composition of organic and conventional grapes and wines. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.23, p.569-574, 2010.
RAHMAN, S. M. E. *et al.* Consumer preference, quality, and safety of organic and conventional fresh fruits, vegetables, and cereals. *Foods*, v. 10, n. 1, p. 105, 2021.
SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, v.16, p.144-158, 1965.

PERFIL DE CONSUMO DE ALIMENTOS FUNCIONAIS POR MULHERES ATENDIDAS EM UM AMBULATÓRIO DE NUTRIÇÃO

Luana Alberti NORONHA[1], Caroline Aparecida LAZARIN[2], Eloá Angélica KOEHNLEIN[1,2]

[1] Departamento de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Laranjeiras do Sul
Laranjeiras do Sul – Paraná - Brasil

[2] Departamento de Nutrição
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Realeza
Realeza – Paraná - Brasil

E-mails: luananoronha27@outlook.com; Caroline_lazarin@hotmail.com; eloa.koehnlein@uffs.edu.br.

Resumo: *Existe importante relação entre consumo de alimentos funcionais e a redução do risco de doenças, devido à presença de compostos bioativos capazes de promover benefícios à saúde. Assim, esse estudo teve como objetivo avaliar o perfil de consumo de alimentos funcionais de mulheres atendidas em um ambulatório de Nutrição do sudoeste do Paraná-BR. Dados de 33 mulheres adultas e idosas foram analisados com relação às características sociodemográficas, clínicas e antropométricas. O perfil de consumo de alimentos funcionais foi investigado por meio de um questionário. Do total de entrevistadas, 72,73% referiram conhecer algum alimento que auxilia na redução do risco de doenças e 48,49% relataram consumir diariamente algum alimento que contribui na redução do risco de doenças, sendo que os compostos organossulfurados apresentaram 100% de consumo regular, seguido das catequinas (90,91%). O consumo regular de isoflavonas não foi observado em nenhuma participante. Notou-se, portanto, que a maioria das mulheres avaliadas relatou conhecer e consumir alimentos que possuem efeitos positivos na redução do risco de doenças e que o consumo regular de compostos bioativos relacionou-se aos alimentos de consumo habitual e não intencional.*

Palavras-chave: *Dieta; Compostos bioativos; Antioxidantes.*

INTRODUÇÃO

As doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) são um problema de saúde pública mundial, e dentre os fatores de risco para as mesmas destacam-se tabaco, bebida alcoólica, sedentarismo e alimentação inadequada (BRASIL, 2021; WHO, 2014).

Os alimentos são fontes de vitaminas e minerais que estão envolvidos nas funções corporais metabólicas e funcionais essenciais, e adicionalmente apresentam compostos

bioativos que vêm sendo extensamente estudados. Os alimentos denominados funcionais, além de seu valor nutricional, auxiliam em condições de saúde, principalmente na redução do risco de DCNT como dislipidemias, câncer, diabetes *mellitus* e doenças cardiovasculares (GRANATO *et al.*, 2020).

Devido a relação entre o consumo de alimentos funcionais, principalmente de origem vegetal, e condições de saúde, esse estudo teve como objetivo avaliar o perfil de consumo de alimentos funcionais em mulheres adultas e idosas atendidas em um ambulatório de Nutrição no Sudoeste do Paraná.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conceito de alimento funcional surgiu na década de 1980 no Japão, quando programas foram desenvolvidos com objetivo de produzir alimentos mais saudáveis para uma população com expectativa de vida muito alta. O conceito diz respeito a alimentos que quando consumidos regularmente, dentro de uma dieta diversificada, produzem efeitos benéficos à saúde além da função básica de nutrição, ainda, são seguros para consumo sem supervisão médica (BERNARDES; PESSANHA; OLIVEIRA, 2010; BRASIL, 1999).

Os compostos bioativos, também conhecidos como fitoquímicos são encontrados nos alimentos funcionais, incluindo um conjunto amplo de compostos divididos em categorias: fenóis, carotenoides, compostos sulfurados, alcalóides e fitoesteróis. Nos últimos anos, os compostos mais citados e pesquisados na literatura foram os pré e probióticos e antioxidantes, porém, a era dos alimentos funcionais ainda é inicial, sendo que as pesquisas estão se intensificando (MORAND; TOMÁS-BARBERÁN, 2019; GRANATO *et al.*, 2020).

Devido ao desenvolvimento de DCNT, das mudanças de hábitos alimentares e do estilo de vida decorrentes do processo de industrialização, os consumidores passaram a compreender melhor a relação do alimento com a saúde, demandando alimentos produzidos e processados de forma sustentável, seguros, frescos, naturais e com valor nutricional, o que vem fazendo com que aumente a procura por produtos funcionais (RONCONI, 2009; PUTNIK *et al.*, 2018).

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada com mulheres adultas e idosas, com idade entre 20 a 70 anos que procuraram atendimento nutricional pela primeira vez em uma Clínica-Escola de Nutrição, no sudoeste do estado do Paraná-BR, durante o período de março a junho de 2015. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal da Fronteira Sul, sob o nº CAEE 39607714.7.0000.5564.

As características sociodemográficas, clínicas e antropométricas das participantes do estudo foram coletadas dos prontuários e incluíram dados relativos à idade, presença de patologias, renda familiar, peso e estatura. O diagnóstico nutricional foi realizado através do cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC), classificado de acordo com a Organização Mundial da Saúde (1998) para as mulheres com idade de 20 a 59 anos, e para as idosas (≥60 anos) seguindo a classificação do Nutrition Screening Initiative (1994).

Para avaliação do conhecimento acerca dos alimentos funcionais foi aplicado um questionário composto de sete perguntas (cinco objetivas e duas descritivas) elaborado pelos autores, com base no proposto por Ronconi, 2009 e Rocha, Nacif e Viebing (2007). Para avaliação do consumo desses alimentos, foi formulado pelos autores um questionário de frequência de consumo alimentar (QFCA) qualitativo, contendo 50 alimentos funcionais, fontes dos principais compostos bioativos com evidências na redução do risco de doenças. Para análise, os alimentos foram agrupados de acordo com os principais bioativos presentes e considerou-se como “consumo regular” aqueles que apresentaram ingestão em quatro ou mais vezes na semana (BRASIL, 2012).

Foi realizado um teste-piloto para verificação de possíveis falhas e erros dos instrumentos elaborados. O Microsoft Office Excel® 2010 foi usado para realizar a estatística descritiva e os dados foram expressos em média, desvio-padrão e frequência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra foi constituída de 33 mulheres, principalmente adultas (≥ 20 anos). A renda mensal da maioria foi de 1-3 salários mínimos (60,61%) e 69,70% apresentaram alguma patologia, e 87,88% das mulheres apresentavam excesso de peso (Tabela 1).

Resultados semelhantes ao deste estudo foram encontrados por Saccon *et al.* (2015), que, ao avaliar o perfil nutricional de pacientes em um ambulatório de Nutrição verificaram

que 73,70% dos pacientes eram do sexo feminino, 85% do total apresentavam excesso de peso. Oliveira e Pereira (2014), em uma Clínica-Escola de Nutrição em Belo Horizonte, também verificaram que a maioria dos participantes (85%) apresentavam excesso de peso.

Tabela 1 – Perfil sociodemográfico, clínico e nutricional de mulheres adultas e idosas, atendidas em um ambulatório de Nutrição (2015).

Variável	**n**	**%**
Faixa etária		
20 a 30 anos	14	42,42
31 a 59 anos	17	51,52
≥ 60 anos (idosas)	2	6,06
Renda mensal*		
1-3 salários mínimos	20	60,61
≥ 4 salários mínimos	13	39,39
Patologias		
Obesidade	7	21,21
Enxaqueca	3	9,09
Hipertensão arterial	3	9,09
Gastrite	4	12,12
Outras	6	18,18
Nenhuma	10	30,31
Estado Nutricional		
Eutrofia	4	12,12
Sobrepeso	20	60,61
Obesidade	9	27,27

*Salário mínimo em 2015: R$ 788,00.

Fonte: Autoria própria (2023).

Apenas seis (18,18%) entrevistadas relataram conhecer sobre alimentos funcionais, porém 72,73% referiram ter conhecimento que esses alimentos podem auxiliar na redução do risco de doenças e 48,49% mencionaram consumir esses alimentos diariamente (Tabela 2). Rocha, Nacif e Viebig (2007), que também avaliaram o conhecimento sobre alimentos funcionais de 30 pacientes em uma Clínica-Escola de Nutrição de São Paulo e verificaram que pequena parte dos participantes (36,7%) tinham conhecimento sobre o assunto. Wadi e Ferrari (2017) investigando o conhecimento e consumo de alimentos funcionais por 45 profissionais da saúde em Araguaia-AM, identificaram que 36% desconheciam o conceito.

Tabela 2 – Conhecimento sobre alimentos funcionais e relação com a redução do risco de doenças por mulheres adultas e idosas atendidas em um ambulatório de Nutrição (2015).

Variável	**n**	**%**
Conhecimento sobre alimentos funcionais		
Sim	6	18,18
Não	27	81,82
Consumo de alimentos funcionais diariamente		
Sim	16	48,49
Não	17	51,51
Conhecimento sobre alimentos que podem auxiliar na redução do risco de doenças		
Sim	24	72,73
Não/não sei	9	27,27
Alimentos que podem auxiliar na redução do risco de doenças		
Berinjela	7	29,17
Laranja	5	20,83
Gengibre	3	12,50
Feijão	3	12,50
Aveia	3	12,50
Maracujá	2	8,33
Limão	2	8,33
Cenoura	2	8,33
Beterraba	2	8,33
Abacaxi	1	4,17
Brócolis	1	4,17
Tomate	1	4,17
Chuchu	1	4,17
Alcachofra	1	4,17
Batata doce	1	4,17
Proteína de soja	1	4,17
Maçã	1	4,17
Chia	1	4,17
Benefícios dos alimentos funcionais na redução do risco de doenças		
Redução do colesterol	7	29,17
Prevenção do câncer	3	12,50
Constipação intestinal	3	12,50
Perda de peso	3	12,50
Redução da pressão arterial	2	8,33
Antibiótico	2	8,33

Controle da diabetes *mellitus*	2	8,33
Anti-inflamatório	1	4,17
Redução dos triglicerídeos	1	4,17

Fonte: Autoria própria (2023).

Dentre os alimentos relatados que poderiam auxiliar na redução do risco de alguma doença, a berinjela (29,17%) e a laranja (20,83%) foram os mais citados. O efeito benéfico mais mencionado, foi a redução do colesterol (29,17%). De todas as associações entre alimento e possível efeito benéfico citados pelas entrevistadas, 85,19% apresentaram evidência científica (Tabela 3).

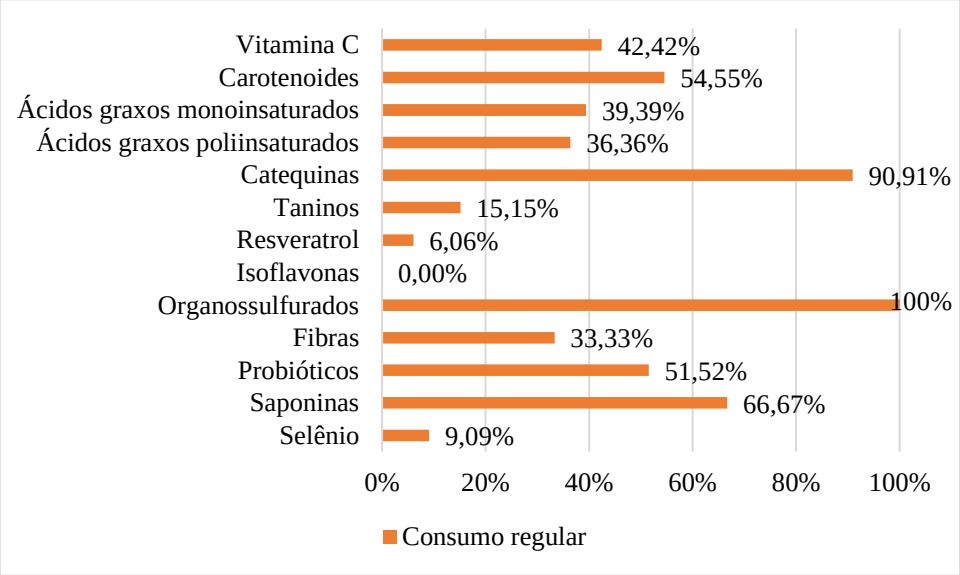
Os dois destaques alimentares na redução do risco de doenças possuem fundamentação científica: a berinjela possui substâncias fitoquímicas importantes para dislipidemia e obesidade (GONÇALVES *et al.*, 2006), enquanto a laranja, fonte de ácido ascórbico, possui papel essencial como antioxidante e atua na prevenção e tratamento do câncer e na diminuição do risco de DCV (COSTA; ROSA, 2010).

Por meio da aplicação do QFCA foi possível identificar quais compostos bioativos possuíam consumo regular pelas mulheres. Os compostos organossulfurados presentes no alho e cebola apresentaram 100% de consumo regular, seguido das catequinas (90,91%) e das saponinas (66,67%). Ao contrário, o grupo das isoflavonas apresentou consumo irregular por todas as pesquisadas (Gráfico 1).

Silva *et al.* (2010) ao avaliar o consumo e conhecimento da população atendida pela Estratégia de Saúde da Família sobre os alimentos funcionais, também identificaram o alho (78,2%) e a cebola (81,2%) como os maiores representantes do consumo. Tal resultado pode ser explicado pelo fato destes alimentos serem utilizados habitualmente na forma de tempero. Vale ressaltar que o tratamento térmico diminui a concentração destes compostos no alho, sendo necessárias orientação para melhor aproveitamento (KLASSA *et al.*, 2013).

O grupo das catequinas, presente nos chás e na erva mate, exercendo função na redução do risco de DCV (BERNARDES; PESSANHA; OLIVEIRA, 2010), foi o segundo a ter maior percentual de consumo regular (90,91%). A maior contribuição para esse consumo ocorreu pela ingestão da erva mate na forma de chimarrão, bebida amplamente consumida na região estudada.

Gráfico 1 – Frequência relativa de consumo regular de compostos bioativos por mulheres adultas e idosas atendidas em um ambulatório de Nutrição (2015).



Fonte: Autoria própria (2023).

Destacou-se também o consumo regular de saponinas, encontradas nas leguminosas, carotenoides, presentes em alimentos com pigmentação amarela, alaranjada e vermelha. As primeiras exercem efeitos na redução do colesterol, possuem ação antioxidante e melhoram a imunocompetência do organismo (COSTA; ROSA, 2010). Os carotenoides também possuem ação antioxidante e atuam na prevenção do câncer (AMANCIO; SILVA, 2012). Ambos possuem fontes alimentares compondo parte da dieta habitual, assim, explicando o consumo regular.

O baixo consumo de soja e derivados, fontes de isoflavonas, também foi descrito por Bedani *et al.* (2007) na cidade de Araraquara-SP, sendo explicado pelo alto número de não consumidores de soja quando comparado aos consumidores, o que pode ser associado à falta de conhecimento da sobre a qualidade nutricional da soja, seus benefícios para saúde e o não hábito de consumo (PASCUAL-TERESA *et al.*, 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível identificar que a maioria das mulheres avaliadas relatou conhecer e consumir alimentos que possuem efeitos positivos na redução do risco de doenças. Além disso, verificou-se que o consumo de alimentos com compostos bioativos foi proveniente principalmente de alimentos da dieta habitual e não inseridos a partir do conhecimento.

No atual contexto de epidemia da obesidade e aumento de casos DCNTs que trazem inúmeros malefícios para a saúde e com grande desafio terapêutico, enfatiza-se a importância da atuação do profissional nutricionista na disseminação destas informações, formação de parcerias entre governo, indústria de alimentos e universidades para melhorar os conhecimentos sobre os riscos e os benefícios de tais alimentos, aliando-os à um boa saúde.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com apoio financeiro com bolsa CAPES/DS, pelo edital Nº 1142/GR/UFFS/2022 (código de financiamento 001).

REFERÊNCIAS

AMANCIO, R. D.; SILVA, M. V. da. *Consumo de carotenoides no Brasil: a contribuição da alimentação fora do domicílio*. 2012.

BEDANI, R. *et al.* Consumo de soja e seus produtos derivados na cidade de Araraquara-SP: um estudo de caso. *Alimentos e Nutrição*, v. 18, n. 1, p. 27–34, 2007.

BERNARDES, N. R.; PESSANHA, F. F.; OLIVEIRA, D. B. Alimentos funcionais: Uma breve revisão. *Ciência e cultura*, v. 6, n. 2, p. 11-20, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Portaria nº 398 de 30 de abril de 1999*. Diretrizes Básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. Vigitel Brasil 2011: Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. Vigitel Brasil 2021: Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. *Alimentos Funcionais: Componentes bioativos e efeitos fisiológicos*. Rio de Janeiro: Rubio. 2010.

GRANATO, D. *et al*. Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual review of food science and technology*, v. 11, p. 93-118, 2020.

GONÇALVES, M. C. *et al.* Berinjela (Solanum melongena L.): mito ou realidade no combate as dislipidemias? *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2006.
KLASSA, B. *et al.* Avaliação do efeito do alho (Allium sativum L.) sobre o colesterol plasmático em coelhos com hipercolesterolemia induzida. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v.* 15, p. 557–565, 2013.
MORAND, C.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Contribution of plant food bioactives in promoting health effects of plant foods: why look at interindividual variability?. *Dr. Dietrich Steinkopff Verlag GmbH and Co. KG*, 2019.
OLIVEIRA, T. R. P. R.; PEREIRA, C. G. Perfil de pacientes que procuram a Clínica de Nutrição da PUC MINAS e Satisfação quanto ao Atendimento. *Percurso Acadêmico*, v. 4, n. 8, p. 268–282, 2014.
PASCUAL-TERESA, S. de *et al.* Absorption of isoflavones in humans: Effects of food matrix and processing. *Journal of Nutritional Biochemistry*, v. 17, n. 4, p. 257–264, 2006.
PUTNIK, P. *et al*. Novel food processing and extraction technologies of high-added value compounds from plant materials. *Foods*, v. 7, n. 7, p. 106, 2018.
ROCHA, C. S.; NACIF, M. A. L. VIEBIG, R. F. Conhecimentos sobre Alimentos Funcionais de Pacientes Atendidos em Clínica-Escola em uma Universidade do Grande ABC. *Rev Nutr Paut*, v. 82, p. 33-37, 2007.
RONCONI, A. P. S. Alimentos funcionais em alimentação coletiva: um estudo exploratório no extremo sul catarinense. Criciúma: 2009.
SACCON, T. D. *et al.* Perfil e evolução do estado nutricional de pacientes que frequentam um ambulatório de nutrição do Sul do Brasil. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria*, v. 35, n. 3, p. 74–82, 2015.
SILVA, R. E. R *et al*. Avaliação do consumo e conhecimento sobre alimentos funcionais na estratégia saúde da família em uma unidade básica de saúde no bairro de Itaquera. *Rev Nutr Paut*, v. 18, p. 10-14, 2010.
LIPSCHITZ, D. A. Screening for nutritional status in the elderly. *Prim Care*, v. 21, n. 1, p. 55-67, 1994.
WADI, J. M. L.; FERRARI, C. K. B. Conhecimento e consumo de alimentos funcionais por profissionais da Estratégia de Saúde da Família de um município da Amazônia Legal. *RBONE - Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento*, v. 11, n. 65, p. 304–321, 2017.
WHO. World Health Organization. Global status report on noncommunicable diseases 2014. Geneva: WHO, 2014.
WHO. World Health Organization. Obesity: preventing and e managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation on Obesity. Geneva: WHO, 1998.

ÁREA 5

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

HEMILAMINECTOMIA TORACOLOMBAR EM CÃO COM DOENÇA DO DISCO INTERVERTEBRAL HANSEN TIPO I: RELATO DE CASO

Diany Teles BRUSCHI[1], João Felipe da Silva MIELKE[2]

[1]Médica Veterinária
Pós Graduada em Neurologia Veterinária
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Discente de Medicina Veterinária
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Realeza
Realeza – Paraná - Brasil

E-mails: dianyteles@icloud.com, joao.mielke@estudante.uffs.edu.br

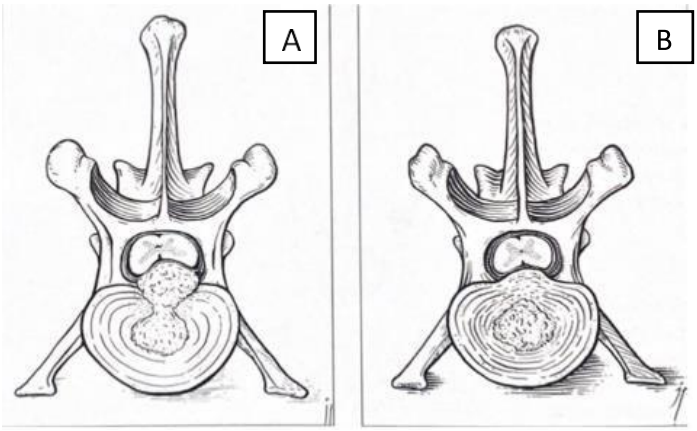
Resumo: *A doença do disco intervertebral (DDIV) toracolombar é uma afecção neurológica frequente em cães de raças pequenas, onde os animais com características condrodistróficas têm mais predisposição à doença. As principais alterações clínicas neurológicas vistas nesses animais são a paraplegia, paraparesia, ataxia proprioceptiva, retenção vesical, incontinência urinária e até mesmo a perda de dor profunda. O prognóstico desta doença se baseia desde o início na severidade da lesão, até a conduta terapêutica escolhida para o tratamento. Ao longo de anos muitas pesquisas foram realizadas para o tratamento da DDIV, desta forma, temos um grande debate entre as literaturas sobre abordagens cirúrgicas e tratamento clínico. O presente trabalho tem como objetivo relatar um caso de DDIV toracolombar Hansen tipo I, em um cão fêmea, SRD de 5 anos de idade. A doença se apresentou de forma aguda, tendo piora clínica em menos de 24 horas, onde o animal foi submetido a exames complementares e encaminhado para cirurgia de descompressão medular; a técnica cirúrgica escolhida foi a hemilaminectomia. A abordagem cirúrgica feita se demonstrou satisfatória perante os sinais clínicos apresentados pelo animal. Após a cirurgia, o mesmo foi encaminhado para a reabilitação, tendo assim uma modulação da dor mais efetiva o que lhe proporcionou uma recuperação mais ágil e uma melhora na qualidade de vida.*

Palavras chaves: *Lesão medular; neurocirurgia veterinária; discopatia.*

INTRODUÇÃO

A doença do disco intervertebral (DDIV) é uma da afecção neurológica comum em cães, sendo decorrente da degeneração do disco intervertebral (CHAVES *et al.*, 2017), é classificada em dois tipos. A forma caracterizada pelo rompimento do ânulo fibroso, com consequente extravasamento do núcleo pulposo e compreensão da medula espinhal ou de raízes nervosas, é denominada Hansen tipo I. A forma de apresentação da doença onde não existe o rompimento do ânulo fibroso, mas ocorre a compressão da medula espinhal pela protrusão do disco intervertebral, é denominada Hansen tipo II, como mostra a figura 1. (SANTOS *et al.*, 2012).

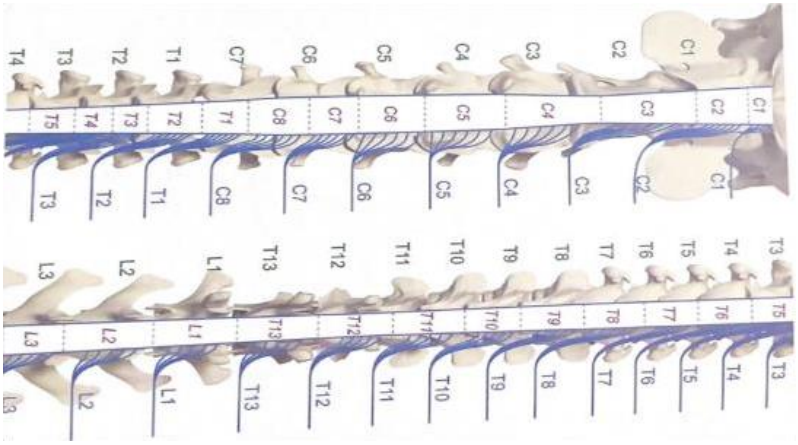
Figura 1. Extrusão Hansen tipo I (A), Protrusão Hansen tipo II (B).



Fonte: Wheeler & Sharp (1999, p.16)

Segundo Wheeler; Sharp (1999); Hummel; Vicente (2019), as divisões da medula espinhal diferem da correspondência vertebral, conforme a figura 2. Os mesmos autores destacam que as regiões mais acometidas são a cervical e a toracolombar representados respectivamente pelos segmentos medulares de C1 – T2 e T11 – L3.

Figura 2 Segmentos medulares vertebral, cervical e toracolombar.



Fonte: Dewey; Da Costa (2017, p. 380)

Fatores como localização, quantidade de material presente no canal vertebral e a velocidade de impacto do conteúdo discal, influenciam diretamente no aparecimento e na evolução dos sinais clínicos, em alguns casos pode se observar déficits bilaterais, quando as lesões são amplas e estão associados à tumefação (edema), porém os déficits são geralmente mais pronunciados no lado da lesão (DEWEY; DA COSTA, 2017). Nas afecções toracolombares, quando há uma extrusão ou protrusão de disco, os sinais neurológicos comumente apresentados pelo paciente são ataxia, paraparesia (paresia dos membros pélvicos), déficit proprioceptivo, retenção urinária, e, em casos mais graves, perda da dor profunda, como mostra a tabela 1. Um fator importante para elaboração de um prognóstico é a avaliação da sensibilidade à dor profunda e do reflexo extensor cruzado, animais que não possuem a sensibilidade à dor profunda por mais de 48 horas e apresentam reflexo de extensor cruzado, tendem a ter um prognóstico ruim e indicam graves lesões na medula espinhal (WHEELER; SHARP, 1999; HUMMEL; VICENTE, 2019).

Tabela 1. Classificação gradual da evolução dos sinais clínicos na DDIV

GRAUS	SINAIS NEUROLÓGICOS
1	Presença de dor e cifose
2	Ataxia proprioceptiva em membros posteriores, perda da propriocepção e paresia, retenção urinária.
3	Paresia severa, mas com algum grau de movimento.
4	Paralisia dos membros posteriores com preservação da dor profunda, perda do movimento de cauda e controle das fezes.
5	Paralisia com perda da dor profunda.

Fonte: Hummel; Vicente (2019, p. 284)

Para Wheeler; Sharp (1999), a DDIV toracolombar é geralmente menos dolorosa que a DDIV cervical, no entanto o animal pode apresentar postura cifótica, relutância em correr ou saltar. Durante a avaliação neurológica podemos provocar uma dor mais intensa através dapalpação epaxial da coluna vertebral, podendo a mesma ser uma dor isolada e ser interpretada erroneamente como uma dor abdominal.

Hummel; Vicente (2019) destacam a importância de uma avaliação neurológica minuciosa do paciente, a partir disso consegue- se delimitar a região da lesão. Pacientes com DDIV toracolombar podem apresentar postura cifótica devido o quadro álgico, déficits proprioceptivos de um ou ambos os membros pélvicos, ataxia proprioceptiva, com reflexos de membros pélvicos normais a aumentados, teste de panículo pode estar normal ou ausente, caudal à lesão.

O diagnóstico presuntivo da doença é baseado pelos sinais clínicos e pela exclusão de outras patologias da medula espinhal, sendo necessária a realização de exames complementares. A avaliação radiográfica simples é um exame de triagem, que pode mostrar uma estenose foraminal e calcificações discais, porém possui uma acuracidade de somente 35% (HUMMEL; VICENTE 2019; DEWEY *et al.*, 2017).

Uma ferramenta de imagem muito utilizada no auxílio do diagnóstico de DDIV é a mielografia, um exame radiográfico onde é injetado no espaço subaracnóideo medular um contraste iodado,

permitindo delimitar a medula espinhal (ROBERTS *et al.*, 1993).

A tomografia computadorizada (TC) pode ser feita sem a injeção de contraste no canal vertebral, sendo assim ela se torna menos invasiva que a mielografia, ela é mais precisa para tecidos duros, mas pode ser utilizada em patologias de tecidos moles. A sensibilidade entre a mielografia e a TC para diagnóstico de lesões extrusivas não se difere, tendo a TC uma sensibilidade maior para patologias crônicas de disco por conta da presença de mineralizações (HUMMEL; VICENTE, 2019).

A ressonância magnética (RM) é o método de diagnóstico mais preciso para tecidos moles, como medula espinhal e raízes nervosas, e permite a visualização direta das estruturas, possibilitando uma maior caracterização dos distúrbios espinhais, se tornando mais eficaz e sensível ao diagnóstico, quando comparada à TC e à mielografia, tendo somente como desvantagem o tempo de realização do exame e o custo elevado (DEWEY; DA COSTA , 2017).

O tratamento médico pode ser dividido em conservador e/ou cirúrgico. Para pacientes que não apresentam paralisia, o tratamento se baseia em confinamento restrito durante quatro semanas e administração de anti-inflamatórios. O repouso do animal ajudará na diminuição da inflamação da medula espinhal e intradiscal, facilitando a estabilização do disco rompido por meio de fibrose (FOSSUM *et al.*, 2005; DEWEY; DA COSTA, 2017).

O estado neurológico do paciente vai determinar se o mesmo necessita de cirurgia, nesse tipo de tratamento, são removidas partes do disco rompido que estão comprimindo a medula espinhal, através das técnicas descritas, que são: laminectomia, hemilaminectomia e pediculectomia. A técnica a ser realizada depende do local da lesão e da preferência do cirurgião, sendo as técnicas de laminectomia e hemilaminectomia as mais indicadas para serem realizadas em hérnias de disco toracolombar (JERICÓ *et al.*, 2015).

Segundo estudos realizados por Wheeler; Sharp (1999), a técnica empregada de hemilaminectomia é o tratamento cirúrgico mais indicado, para a maioria dos paciente que apresentam déficit neurológicos de 2 ou mais graus. Os mesmos autores salientam que a técnica de laminectomia apresenta desvantagens para leões toracolombares, uma vez que ela pode causar uma grande instabilidade biomecânica, tornando-a menos utilizada para essa região.

METODOLOGIA

Um canino, fêmea, com cinco anos de idade, sem raça definida, foi atendido no dia 26/10/2021 na emergência da clínica Menin Centro Veterinário, apresentando paresia de membros pélvicos com dor intensa em região toracolombar, o quadro se apresentou de forma aguda sem histórico prévio de doença medular.

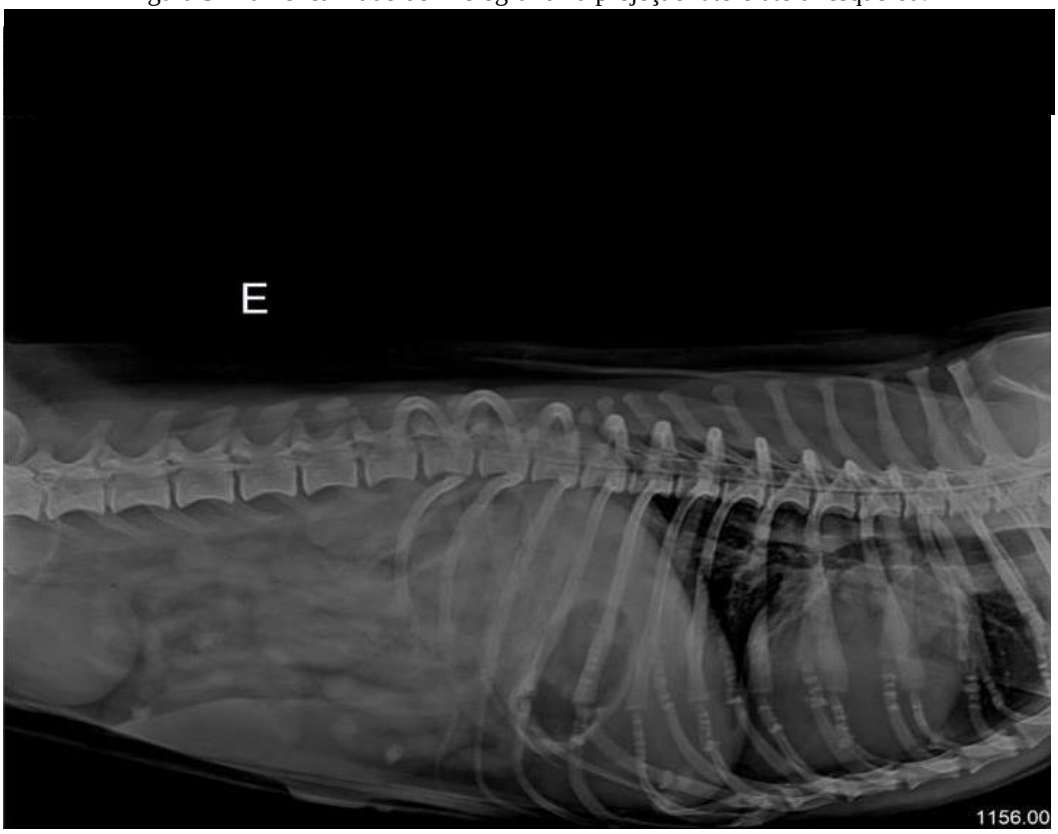
De imediato foi realizada a estabilização do paciente com acesso venoso periférico para manutenção da hidratação e de via para administração de drogas, o médico veterinário plantonista administrou dipirona 40mg/kg, dexametasona 0,25mg/kg e metadona 0,3mg/kg, após estabilização do quadro álgico foi realizado raio-x simples da coluna, não evidenciando nenhum acometimento vertebral.

O paciente foi encaminhado para o serviço de neurologia no dia 27/10/2021 pela manhã onde foi realizado o exame neurológico minucioso, destacando-se como alterações clínicas, paralisia de membros pélvicos com preservação da dor profunda, indicando uma DDIV de grau 4 como relatado por Hummel; Vicente (2019) na tabela 1. Foi observado ainda durante o exame neurológico, flacidez de membros pélvicos, déficits propioceptivos de membros pélvicos, retenção urinária, reflexos patelar, tibial cranial e isquiático normais, com teste de panículo e reflexo flexor normal e dor à palpação toracolombar.

Assim como indicado por Fossum *et al.*, (2005); Dewey; Da Costa, (2017), o paciente permaneceu fechado em gaiola, mantendo a prescrição anti-inflamatória e analgésica feita pelo médico plantonista. Às 13:30 horas do mesmo dia o animal foi reavaliado a fim de acompanhar se a lesão medular havia tido progressão. Os reflexos continuaram iguais, porém o paciente apresentou uma evolução rápida do quadro, evoluindo para grau 5, onde já não apresentava dor profunda, assim como descrito por Hummel; Vicente (2019), mudando o prognóstico para desfavorável.

Foi então solicitado ao tutor a realização do exame de mielografia, que foi realizado com contraste pela região intratecal (subaracnóidea) correspondente à região vertebral entre C1-C2. Assim como descrito por Marinho *et al.*, (2014), o meio de contraste utilizado foi o de iohexol na dose de 0,2ml/kg e teve progresso até a região de coluna torácica (T12) como mostra na figura 3 .

Figura 3 Exame realizado de mielografia na projeção laterolateral esquerda.



Fonte: Autoria própria (2021).

Após a realização do exame, o animal foi encaminhado para cirurgia na cidade de Cascavel – PR, onde foi solicitada a realização da tomografia para melhor diagnóstico da lesão e para o cirurgião poder fazer o planejamento cirúrgico e decidir qual o lado deverá ser operado, a tomografia foi realizada nos segmentos vertebrais: de T10 – L3.

O exame identificou tumefação (edema) entre T12 – T13 como descrito por Dewey; Da Costa (2017), o que justifica o contraste da mielografia não ter progredido, e evidenciou-se extrusão discal ventral lateralizada para o lado esquerdo em T13 – L1.

A técnica escolhida pelo cirurgião foi a hemilaminectomia, assim como proposto por Jericó e colaboradores (2015), do lado esquerdo. No pós-operatório, foi administrado metilprednisolona na dosede 0,5mg/kg durante 10 dias SID (a cada 24 horas), Citoneurin® 5000 1 comprimido SID durante 30 dias, cefalexina 500mg na dose de 20mg/kg BID (a cada 12 horas) durante 10

dias e dipirona, na dose de 40mg/kg, BID durante 5 dias. O paciente foi submetido à reabilitação e voltou a deambular após 15 dias da cirurgia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A doença do disco intervertebral vem sendo estudada ao longo de anos, e, segundo pesquisas, a DDIV toracolombar é uma das afecções neurológica mais comum em cães de pequeno porte, sendo as Hansen tipo I (extrusões) as mais frequentes, tendo uma casuística média entre 66 e 87% dos casos (HUMMEL; VICENTE, 2019).

O paciente relatado acima, canino, SRD, no primeiro atendimento de plantão noturno, apresentava quadro de dor em coluna toracolombar, associado ao quadro de paraparesia de início agudo, com presença de profunda, tendo uma evolução rápida para a perda de dor profunda em menos de 24 horas. O exame radiográfico simples pôde descartar outras alterações ósseas, como fraturas ou luxações, já com a mielografia, realizada no dia seguinte, confirmou-se a suspeita de DDIV, evidenciando alteração entre T12 e T13. Portanto, como descrito por Roberts e colaboradores (1993), a mielografia não pode nos dar um diagnóstico definitivo, mas ela pode apontar locais com lesões em nível medular. Além disso, de acordo com Wheeler; Sharp (1999) a idade do paciente no dia do atendimento, de 5 anos, se enquadra na idade proposta descrita para acometimento da enfermidade, que é entre 3 e 6 anos.

O método de diagnóstico mais avançado para DDIV é a ressonância magnética, porém, como descrito por Jericó et al., (2015), a tomografia computadorizada é um método sofisticado e não invasivo, quando comparado à mielografia, além de ser rápido, mesmo que necessite de anestesia, e ter uma sensibilidade diagnóstica similar à mielografia. A TC no relato de caso descrito acima se mostrou mais eficaz para fechar o diagnóstico, uma vez que pôde nos mostrar o edema provocado pela extrusão discal e o local correto dela, evidenciando o lado com mais conteúdo discal presente, auxiliando, assim, o cirurgião antes do procedimento cirúrgico.

Com relação à conduta terapêutica Wheeler; Sharp (1999), propõem que o tratamento não cirúrgico se baseie em uso de anti-inflamatórios e confinamento do animal

em gaiolas pequenas quando o mesmo apresentar lesões de grau 4. O paciente descrito chegou para atendimento em grau 4 e permanecia com terapias analgésicas e anti-inflamatórias, e também em repouso absoluto, com acompanhamento médico veterinário, onde pôde se observar a evolução do quadro de modo muito rápido, tendo a evolução para o grau 5, sem dor profunda, em menos de 24 horas, levando, deste modo, à intervenção cirúrgica.

A técnica cirúrgica de hemilaminectomia, escolhida pelo cirurgião, é o tratamento de escolha para a maioria dos cães, visto que animais com grau 5 devem ser considerados casos emergenciais, preconizando a realização cirúrgica em 24 horas (WHEELER; SHARP 1999). O paciente acima relatado foi operado 48 horas após o quadro ter evoluído para grau 5, e mesmo assim teve uma resposta satisfatória, com o retorno do controle da micção alguns dias após a cirurgia, voltando a caminhar depois de 15 dias do procedimento.

Como descrito por Hummel; Vicente (2019), 58% dos casos operados com 48 horas, apresentam retorno funcional da micção e das atividades motoras, e o prognóstico pode variar, dependendo do tipo de impacto e das lesões que ocorreram na medula espinhal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do caso descrito podemos concluir que, a mielografia é um exame que nos auxilia em casos de discopatia, porém ela não é tão eficaz para localização de lesão, visto que a extrusão discal pode provocar edema medular, podendo o contraste não passar pelo mesmo, tornando a tomografia ou ressonância um exame necessário e de mais precisão. Conclui-se também que neste cão com diagnóstico de DDIV toracolombar, sem percepção à dor profunda, até 48 horas após a lesão, o tratamento cirúrgico se mostrou eficaz e satisfatório para a recuperação funcional do paciente, devolvendo ao mesmo o controle de micção e das atividades motoras.

REFERÊNCIAS

CHAVES, R. O; POLIDORO, D. N.; FERANTI, J. P. S.;FABRETTI, A. K.; COPAT, B.; GOMES, L. A.; MAZZANTI, A. *Avaliação clínica de cães com doença do disco intervertebral (Hansen tipo I) submetidos à descompressão cirúrgica: 110 casos*. Pesquisa veterinária Brasileira, vol. 37, núm. 8, 2017, pp. 835– 839. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pvb/a/SLsWBMsybVd3vkqjXGZbkHC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 julho 2022.

DEWEY, C. W; DA COSTA, R. C. *Neurologia Canina e Felina – guia prático*. 1. Ed. São Paulo: Guará, 2017.

FOSSUM, T. W; DUPREY, L. P; *et al.*, *Cirurgia de pequenos animais*. 2. Ed. São Paulo: Roca, 2005.

HUMMEL, J.; VICENTE, G. *Tratado de Fisioterapia e Fisiatria de pequenos animais*. 1. Ed. São Paulo: Payá, 2019.

JERICÓ, M. M; DE ANDRADE NETO, J. P; KOGIKA, M. M. *Tratado de Medicina Interna de Cães e Gatos*. 1. Ed. Rio de Janeiro: Roca, 2015.

MARINHO, P. V. T.; MINTO, B. W.; ZANI, C. C.; SOUZA, E. S.; DAL PIETRO, P. S.; HELENA, N.; SOUZA, L.; AUGUSTO, J.; CANOLA, J. C.; DE NARDI, A. B. *Mielografia lombar no diagnóstico de extrusão do disco intervertebral toracolombar em cães: estudo prospectivo. In.*Semina: Ciências Agrárias, vol. 35, núm. 4, julho-agosto, 2014, pp. 1871-1879 Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744142018>. Acesso em: 04 agosto 2022.

ROBERTS, R.E.; SELCER, B.A. *Myelography and epidurography. Veterinary Clinics of North America*: Small Animal Practice, vol. 23, núm. 2, 1993, pp.307-329.

SANTOS R. P.; BECKMANN D.V.; AIELLO G.; BERTÉ L.; RIPPLINGER A.; NETO D.P.; MAZZANTI A. 2012. *Functional recovery in paraplegic dogs with thoracolumbar intervertebral disc disease without deep pain perception submitted to surgical treatment: 15 cases* 2006-2010. Disponível em: < https://www.scielo.br/j/pvb/a/W7LXt4Yy7Bm8sKGqfWNS3nP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 julho 2022.

WHEELER, S. J; SHARP, N. J. H. *Diagnóstico e Tratamento cirúrgico das Afecções espinhais do Cão e do Gato*. 1. Ed. São Paulo: Manole, 1999.

ELETROENCEFALOGRAFIA EM CÃES: REVISÃO DE LITERATURA

João Felipe da Silva MIELKE[1], Diany Teles BRUSCHI[2], Amanda Knorst BELLON[3], Gentil Ferreira GONÇALVES[4]

[1]Discente de Medicina Veterinária
Universidade Federal da Fronteira Sul - *Campus* Realeza
Realeza - Paraná - Brasil

[2]Médica Veterinária
Pós Graduada em Neurologia Veterinária
Francisco Beltrão - Paraná - Brasil

[3]Residente em Diagnóstico por Imagem Veterinário pelo Centro de Ciências Agroveterinárias
Universidade do Estado de Santa Catarina - *Campus* Lages
Lages - Santa Catarina - Brasil

[4]Docente Associado III do curso de Medicina Veterinária
Universidade Federal da Fronteira Sul - *Campus* Realeza
Realeza - Paraná - Brasil

E-mails: joao.mielke@estudante.uffs.edu.br, dianyteles@icloud.com, amandabellon34@gmail.com, gentil.goncalves@uffs.edu.br

Resumo: *A eletroencefalografia é um exame neuroclínico com aplicabilidade variável na rotina médica veterinária, o qual apresenta vantagens significativas por ser um método não invasivo. Na medicina humana, o EEG é amplamente utilizado e difundido nas unidades e centros de terapia intensiva com foco na saúde cognitiva dos pacientes. Contudo, a técnica é pouco empregada e descrita na literatura médica veterinária, principalmente na abordagem de situações de trauma cranioencefálico ou politraumatismo. Assim, este trabalho tem como propósito a realização de uma revisão sistemática e analítica da literatura utilizando a base de dados do PubMed, Google Acadêmico e SciELO com a finalidade de obter dados acerca da monitoração da atividade elétrica cerebral de pacientes da espécie canina, abordando a forma de emprego dos eletrodos, incluindo o posicionamento anatômico, totalidade numeral pareada e as possíveis frequências e amplitudes de captação. Dessa forma, espera-se obter informações adequadas frente a captação do traçado eletroencefalográfico em cães e as possíveis condições que resultam na escassez de EEG na literatura veterinária em casos de trauma cranioencefálico ou politraumatismo.*

Palavras-chave: *EEG; neurologia; fisiologia neural; pequenos animais.*

INTRODUÇÃO

O Eletroencefalograma (EEG) é um método de gravura da atividade elétrica formada no córtex cerebral a partir de eventos eletrofisiológicos neurais, captados no formato de ondas por meio de eletrodos. Esses, são distribuídos e inseridos sequencialmente sobre as camadas adjacentes às regiões anatômicas constituintes do encéfalo de modo não invasivo, por meio de um exame de monitoramento denominado de eletroencefalografia (COLLURA, 1993; KLEIN, 2014).

A formação da atividade elétrica neuronal é um processo dependente do somatório de potenciais pós-sinápticos excitatórios e inibitórios, que ocorrem nas células nervosas do córtex cerebral (GOMES, 2015). Comumente classificados em PEPS e PIPS, e o somatório representa a mudança de potencial elétrico celular e a formação da amplitude em volts no EEG (KLEIN, 2014).

O sistema nervoso central (SNC) em sua conformação dispõe de células especializadas em processos sinápticos de comunicação e em ações de manutenção, como as funções nutricionais, de defesa e suporte estrutural, representados respectivamente pelos neurônios e células gliais (JAMES, 2014). A formação da atividade elétrica nas células do SNC são elucidados a partir da evidenciação das lâminas que compõem e separam as áreas corticais em camadas, processo que teve notório início com a teoria neuronal proposta por Santiago Ramón y Cajal, durante suas pesquisas no século XIX (CARLOS, 2015).

Dessa forma, o córtex encefálico é dividido em camadas que seguem do I ao VI, da porção mais superficial e de proximidade à calota craniana, até as zonas mais profundas e de difícil acesso, respectivamente. Nessas áreas, as celularidades de predominância majoritária são os neurônios piramidais e as células estreladas, sendo que os neurônios piramidais possuem função excitatória e de projeção, enquanto que as células estreladas atuam como interneurônios de associação, o que pode acarretar em eventos inibitórios ou excitatórios (KLEIN, 2014).

As células possuem potencial de repouso o que permite a manutenção da homeostasia da membrana celular baseada no princípio do fluxo e transporte de íons por canais iônicos e carreadores (KOESTER e SIEGELBAUM, 2014; PRESTON e WILSON,

2014). Assim, quando ocorre um PEPS a tendência é que o fluído extracelular dos neurônios daquela localidade se torne negativo, devido à entrada citoplasmática de cargas positivas e a saída de cargas negativas. Quando esse processo ocorre em áreas profundas do córtex, com base no princípio de condução de volumes, o fluido extracelular cortical superficial torna-se eletricamente catiônico e predispõem a voltagens positivas no EEG, com deslocamento da curva de registro para baixo. Desse modo, o inverso também é válido, ao passo que um PEPS nas zonas corticais superficiais acarretam em fluído extracelular aniônico e voltagem negativa no EEG, com deslocamento da curva de registro para cima (KLEIN, 2014).

Para a análise do EEG, são observados a amplitude e a frequência das ondas, de forma que para a amplitude se utiliza como critério de avaliação a voltagem (mV), efeito dependente do número de potenciais pós-sinápticos excitatórios que ocorre e a quantidade de neurônios corticais que são estimulados em conjunto. Assim, quanto mais células nervosas corticais apresentam PEPS, maior é a amplitude registrada. Por outro lado, a frequência é um marcador em Hertz (Hz) do total de vezes que se repetem os eventos excitatórios e está diretamente relacionado às sinapses realizadas pelo Sistema de Ativação Reticular Ascendente (SARA) com os neurônios do córtex cerebral (KLEIN, 2014).

Na Medicina Humana, o EEG possui amplo campo de utilização. Sendo indicado aos pacientes internados em centros de terapia intensiva acometidos por lesões de concussão, traumatismo cranioencefálico, acidente vascular cerebral, hidrocefalia, epilepsia, doenças neurodegenerativas e análise das fases do sono (FRIEDMAN *et al.,* 2009). Além disso, o EEG apresenta significativa importância na avaliação da atividade elétrica nos eventos concomitantes à detecção da morte encefálica e nos procedimentos de controle dos parâmetros do paciente em resposta à administração de anestésicos e sedativos, denominado índice bispectral (BIS) (LUCCAS *et al.,* 1998; GUERRERO e NUNES, 2003).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diferentes potenciais de ação vêm sendo estudados no âmbito da neurologia clínica, com a finalidade de elucidação da eletrogênese nervosa e as vias de produção. Desse modo, observa-se a existência de potenciais espontâneos e evocados, ambos relacionados à atividade elétrica, mas com mecanismos de formação diferentes. No âmbito do EEG, a atividade elétrica é formada a partir de um potencial espontâneo e natural, que independe de estímulos advindos do meio externo, contrapondo-se aos potenciais evocados que dependem de impulsos excitatórios extrínsecos ao indivíduo (DEWEY *et al.,* 2016).

Opostamente aos potenciais observados nos músculos esqueléticos e em nervos, o potencial registrado no EEG comporta-se como potencial de campo produzido por meio da atividade da população neuronal (PESARAN *et al.,* 2018). Desse modo, ocorre a formação de dipolos com o surgimento e dissipação de cargas elétricas positivas e negativas, repentinamente. Assim, há produção e atividade do fluxo iônico no meio intra e extracelular, que posteriormente contribuem na formação do traçado eletroencefalográfico (CASPERS *et al.,* 1979).

As divergências observadas no traçado eletroencefalográfico registrado em diferentes áreas do crânio são um resultado dos potenciais de ação aferentes, que estimulam de forma concomitante alguns pontos encefálicos, enquanto em outras localidades o estímulo intrínseco é momentaneamente inexistente. Dessa maneira, potenciais aferentes breves propiciam ondas de curta duração e por sua vez, potenciais prolongados tendem a formação de ondas longas (CASPERS *et al.,* 1979).

Os eletrodos quando associados ao registrador de ondas possuem a função de formação de canais e a montagem de arranjos, posteriormente. Ambos os termos, empregam os processos de registro e agrupamento para obtenção eletroencefalográfica da atividade elétrica cortical, a qual é captada pelo sistema conjuntamente a partir da fonte inicial do estímulo eletrogênico (HOLLIDAY e WILLIAMS, 1999; DEWEY *et al.,* 2016).

Na Medicina Humana, diferentemente da Medicina Veterinária, o processo de colocação dos eletrodos, bem como a sua totalidade usual, seguem um sistema padronizado com base em recomendações internacionais pela *International Federation of Clinical*

Neurophysiology (IFCN) (GONÇALVES *et al.,* 2022). Dessa forma, para a mensuração da atividade elétrica é utilizado o sistema 10-20, em que se preservam o número de eletrodos que serão posicionados no couro cabeludo com base na polaridade (par ou ímpar) e o distanciamento entre os locais de fixação topográfica (PELLEGRINO e SICA, 2004).

Na esfera da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) a monitoração neurofisiológica dos pacientes comatosos ou acometidos por lesões neurológicas críticas, como por exemplo o traumatismo cranioencefálico (TCE) leve ou agudo, apresenta demasiada importância devido a atividade vital exercida pelo cérebro (FRIEDMAN *et al.,* 2009). Nesse sentido, a utilização do EEG na UTI possui notória relevância pela aplicabilidade da ferramenta eletroencefálica no diagnóstico de isquemia cerebral tardia, distúrbios epileptiformes e no prognóstico da saúde cognitiva e neuronal dos pacientes (WAZIRI *et al.,* 2009).

METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura entre os anos de 1971 à 2022, com intuito de encontrar dados acerca da monitoração da atividade elétrica cerebral de pacientes da espécie canina, abordando a forma de emprego dos eletrodos, incluindo o posicionamento anatômico, totalidade numeral pareada e as possíveis frequências e amplitudes de captação utilizando a base de dados do PubMed, Google Acadêmico e SciELO.

Dessa maneira, a busca foi realizada e divida nas seguintes etapas: 1) Trabalhos que respondem aos questionamentos listados acima são inseridos em banco de dados criado pelos autores, acrescidos do Digital object identifier (DOI) e links necessários para localização do trabalho; 2) Os trabalhos selecionados e previamente incluídos no banco de dados são analisados pelos autores em seleção manual e extraído as informações necessárias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na revisão de literatura, nota-se que em Medicina Veterinária, a carência de um sistema de padronização que albergue conceitos base tal qual o número de eletrodos, sua localização topográfica e nomenclaturas no EEG, compõem a gama de fatores que interferem na avaliação diagnóstica e consequentemente, na escolha e utilização do procedimento dentre os neurologistas veterinários. Fator que proporcionou ao longo dos anos a introdução de diversas adaptações e variações técnicas do habitual sistema 10-20, utilizado amplamente na Medicina Humana (JAMES, 2014).

Além disso, conforme PELLEGRINO e SICA, (2004) preconiza-se a utilização de eletrodos intra-dérmicos ou transdérmicos, devido ao maior desenvolvimento do músculo temporal nessas espécies. Além disso, podem ser utilizados cerca de 12 pares de eletrodos, denominados com letras e números, representativos ao local de fixação com base na referência anatômica, diferenciados em ímpar (numeração entre 1 e 3) e par (numeração entre 2 e 4). De modo que, ao fim do posicionamento, eletrodos ímpares estarão sobre o hemisfério esquerdo do crânio, enquanto os eletrodos pares estarão sobre o hemisfério direito (Tabela 1).

Tabela 1 - Posicionamento dos eletrodos pela nomenclatura cerebral, abreviação e área encefálica de projeção da atividade elétrica.

Nomenclatura e hemisfério cerebral	Sigla e número	Área cerebral alvo
Fronto-polares esquerdo e direito	Fp1 e Fp2	Giro frontal superior do córtex frontal
Frontal esquerdo e direito	F3 e F4	Giro pré-central do córtex frontal
Parietal esquerdo e direito	P3 e P4	Giro ectomarginal do córtex occipital
Occipital esquerdo e direito	O3 e O4	Giro marginal do córtex occipital
Temporal esquerdo e direito	T3 e T4	Sulco lateral ou fissura Sylviana do córtex temporal
Vértice ventral	Cz	Fissura longitudinal do córtex parietal
Occipital médio	Oz	Fissura longitudinal do córtex occipital

Fonte: tabela adaptada com base em Pellegrino e Sica, (2004).

A gravura da atividade elétrica encefálica em pequenos animais, pode ser obtida a partir de cinco padrões de onda com diferentes frequências em Hertz (Hz), sendo elas: ondas *delta* (0,5-4 Hz), *teta* (4-7 Hz), *alfa* (8-13 Hz), *beta* (13-30 Hz) e *gama* (30-60 Hz) (KLEIN, 2014; JAMES, 2014). Também, em cães os principais comprimentos de onda observados compreendem o ritmo teta e alfa, com predominância da banda alfa e com variáveis entre 6 a 12 Hz (REDDING *et al.,* 1978).

Pacientes animais indicados ao EEG necessitam de alguns cuidados antecedentes e no decurso do exame, vislumbrando a redução da formação de artefatos no traçado

eletroencefalográfico (BRAUER, 2010). Dessa maneira, o manejo correto do paciente para a realização do procedimento clínico deve ocorrer em um ambiente sem interferência sonora e luminosa (JOAS *et al.,* 1971). Também, é necessária a contenção química dos animais e na literatura, é possível encontrar uma ampla variação de combinações farmacológicas, que incluem tranquilizantes, opióides, sedativos, anestésicos locais, gerais, dissociativos e inalatórios (JAMES *et al.,* 2011; LEITE e ARIAS, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a revisão de literatura realizada neste trabalho, pode-se observar que dados e informações pertinentes à execução do EEG em cães são existentes, porém pouco completos se comparados aos da Medicina Humana. Além disso, a inexistência de trabalhos de EEG em cães com trauma cranioencefálico ou politraumatismo, pode estar relacionado a produção de artefatos no traçado eletroencefalográfico devido a falhas na contenção química, execução e escassez de padronização técnica. Dessa maneira, tornam-se necessários novos estudos que possam promover a elucidação do exame e consequentemente, auxiliar na atuação do neurologista veterinário e na promoção do bem-estar animal.

REFERÊNCIAS

BRAUER, C. Electroencephalographic studies in dogs and cats. 2010. Dissertação (Doutorado) - University of Veterinary Medicine Hannover, Center for Systems Neuroscience Hannover, Hannover, 2010. Disponível em: https://elib.tiho-hannover.de/servlets/MCRFileNodeServlet/etd_derivate_00001138/brauer c_ws10.pdf.

CARLOS, J. A. Santiago Ramón y Cajal: uma biografía científica. In: FERREIRA, F. R. M.; HADDAD, H. JR.; NOGUEIRA, M. I.; PESSOA, O. JR. *História e Filosofia da Neurociência*. 1. ed. São Paulo: LiberArs, p. 11-49. 2015.

CASPERS, H.; SPECKMANN, EJ.; ANDERSON, P. In:___. *Origin of cerebral field potential: International Symposium, Muenster, Germany.* 1. ed. Stuttgart: Thieme, 1979.

COLLURA, T. F. History and evolution of electroencephalographic instruments and techniques. *Journal Clinical Neurophysiology*, v. 10, n. 4, 1993.

DEWEY, C. W.; COSTA, R. C.; DUCOTÉ, J. M. Neurodiagnostics. In: DEWEY, C. W.; COSTA, R. C. *Practical Guide to Canine and Feline Neurology*. 3. ed. Hoboken: Wiley Blackwell, p. 61-82, 2016.

FRIEDMAN, D.; CLAASSEN, J.; HIRSCH, L. J. Continuous Electroencephalogram Monitoring in the Intensive Care Unit. *International Anesthesia Research Society*. 2. ed. Anesthesia & Analgesia. v. 109, p. 506-523, 2009.

GOMES, M. M. Bases fisiológicas do eletroencefalograma. *Revista Brasileira de Neurologia,* v. 51, n. 1, 2015.

GONÇALVES, A. P.; SILVADO, C. E.; MEIRA, I. D.; BRAGATTI, J. A.; CABOCLO, L. O.; GUARANHA, M. B.; DA CONCEIÇÃO, P. O.; DE OLIVEIRA, P. A. L.; MARINHO, T. F. Tradução e Adaptação para a Língua Portuguesa - Brasil do Glossário Revisado dos Termos Mais Comumente Usados por Eletroencefalografistas Clínicos e Proposta Atualizada do Formato do Laudo de EEG. *Clinical Neurophysiology Practice,* v. 7. p. 78-95, 2022.

GUERRERO, P. N. H.; NUNES, N. Monitoramento do índice bispectral em cães. *Semina: Ciências Agrárias,* v. 24, n. 1, p. 163-170, 2003.

HOLLIDAY, T. A.; WILLIAMS, C. Clinical Electroencephalography in Dogs. *Veterinary Neurology and Neurosurgery,* v. 1, n. 1, p. 3-20, 1999.

JAMES, F. Introduction to electroencephalography. In: RISIO, L.; PLATT, S. *Canine and feline epilepsy: diagnosis and management***.** 1. ed. Oxfordshire: CABI, p. 325-345, 2014.

JAMES, F. M. K; ALLEN, D. G; BERSENAS, A. M. E; GROVUM, W. L; KERR, C. L; MONTEITH, G; PARENT, J. M; POMA, R. Investigation of the use of three electroencephalographic electrodes for long-term electroencephalographic recording in awake and sedated dogs. *American Journal of Veterinary Research,* v. 72, n. 3, p. 384-390, 2011.

JOAS, T. A.; STEVENS, W. C.; EGER, E. I. Electroencephalographic seizure activity in dogs during anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia,* 8. ed. ELSEVIER. v. 43, p. 739-745, 1971.

KLEIN, B. G. O Eletroencefalograma e os Potenciais Evocados Pelos Sentidos. In:___. *Cunningham Tratado de Fisiologia Veterinária.* 5. ed. Rio de Janeiro: GEN Guanabara Koogan, p. 368-378, 2014.

KOESTER, J.; SIEGELBAUM, S. A. O potencial de membrana e as propriedades elétricas passivas dos neurônios. In: KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M.;

SIEGELBAUM, S. A.; HUDSPETH, A. J. *Princípios de Neurociências,* 5. ed. Porto Alegre: AMGH, p. 121-130, 2014.

LEITE, K. M.; ARIAS, M. V. B. Eletroencefalografia na Medicina Veterinária - revisão de literatura. *Medvep,* v. 11, n. 38, p. 1-14, 2013.

LUCCAS, F. J. C.; BRAGA, N. I. O.; SILVADO, C. E. S. Recomendações técnicas para o registro do eletroencefalograma (EEG) na suspeita da morte encefálica. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria,* v. 56, n. 3B, p. 697-702, 1998.

PELLEGRINO, F. C.; SICA, R. E. P. Canine electroencephalographic recording technique: findings in normal and epileptic dogs. *Clinical Neurophysiology,* v. 115, n. 2, p. 447-448, 2004.

PRESTON, R. R.; WILSON, T. E. Fisiologia da Célula e da Membrana. In:___. *Fisiologia ilustrada.* 1. ed. Porto Alegre: ARTMED, p. 1-25, 2014.

REDDING, R. W. Canine electroencephalography. In: HOERLEIN, B. F. *Canine neurology.* 3. ed. Philadelphia: Saunders, p. 150-206, 1978.

WAZIRI, A.; CLAASSEN, J.; STUART, R. M.; ARIF, H.; SCHMIDT, J. M.; MAYER, S. A.; BADJATIA, N.; KULL, L. L.; CONNOLLY, E. S.; EMERSON, R. G.; HIRSCH, L. J. Intracortical electroencephalography in acute brain injury. *Annals of Neurology.* 3. ed. Wiley Online Library. v. 66, p. 366-377, 2009.

microRNAS DA VIA DE SINALIZAÇÃO DA INSULINA ENVOLVIDOS NA MANIFESTAÇÃO DE *WHITE STRIPING* EM FRANGOS DE CORTE AOS 28 DIAS DE IDADE

Mariane SPUDEIT DAL PIZZOL[1], Adriana Mércia GUARATINI IBELLI[2,3], Maurício Egídio CANTÃO[2], Jane de OLIVEIRA PEIXOTO[2,3], Lana TEIXEIRA FERNANDES[2], Marcos Antônio ZANELLA MORÉS[2], Francelly Geralda CAMPOS[4], Haniel CEDRAZ DE OLIVEIRA[4], Mônica CORRÊA LEDUR[1,2]

[1] Programa de Pós-graduação em Zootecnia,
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/Oeste) – *Campus* Chapecó
Santa Catarina – Brasil

[2] Embrapa Suínos e Aves – Concórdia
Santa Catarina – Brasil

[3] Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias,
Universidade do Centro-Oeste, Guarapuava
Paraná – Brasil

[4] Programa de Pós-graduação em Zootecnia,
Universidade de Viçosa, Viçosa
Minas Gerais – Brasil

E-mails: mari_spudeit@hotmail.com, adriana.ibelli@embrapa.br, mauricio.cantao@embrapa.br, jane.peixoto@embrapa.br, lanatf@yahoo.fr, marcos.mores@embrapa.br, francelly.campos@ufv.br, hanielcedraz@gmail.com, monica.ledur@embrapa.br.

Resumo: *O grande desempenho dos frangos de corte modernos é advindo de décadas de seleção e melhoramento genético, contudo, verificou-se nos últimos anos um aumento na incidência de miopatias peitorais. White Striping (WS) é uma miopatia caracterizada pelo aparecimento de estrias brancas no músculo peitoral das aves, sendo responsável pela desvalorização da carne, acarretando prejuízos para a cadeia de produção. A etiologia desse distúrbio ainda não é bem esclarecida, mas acredita-se que há um componente genético envolvido com o desencadeamento dessa desordem. Deste modo, neste estudo, verificou-se o perfil de expressão diferencial de microRNAs (miRNAs) entre frangos normais e afetados com WS, e em quais vias metabólicas seus genes alvo podem atuar. Foram identificados 5 miRNAs diferencialmente expressos no contraste entre os grupos, sendo eles: gga-miR-375, gga-miR-200b-3p, gga-miR-429-3p, gga-miR-1769-5p e gga-miR-200a-3. Os alvos preditos resultaram no enriquecimento funcional das vias de sinalização ERBB, autofagia, via de sinalização da insulina, via de sinalização FoxO, ciclo celular, endocitose, via de sinalização MTOR e vias metabólicas. Dentre elas, uma via importante é a via de sinalização da insulina, cuja desregulação pode estar relacionada com características observadas em animais afetados com WS. Por isso,*

sugere-se que os miRNAs expressos diferencialmente entre frangos normais e afetados podem estar atuando sobre essa via, sendo um gatilho para a manifestação de WS.

Palavras-chave: *Epigenética; MicroRNAs; White Striping; Frangos de corte.*

INTRODUÇÃO

Uma das preocupações da avicultura de corte é o aumento na ocorrência de miopatias peitorais, como por exemplo, *White Striping* (WS), que se apresenta com uma prevalência cada vez maior na produção intensiva e têm causado diversos prejuízos. Esta miopatia WS é caracterizada por estrias esbranquiçadas que se formam paralelamente ao músculo peitoral das aves, sendo compostas principalmente por tecido adiposo e fibrótico (PETRACCI; CAVANI, 2012; KUTTAPPAN *et al.*, 2013a). O distúrbio interfere negativamente no rendimento dos filés afetados (BRAMBILA; BOWKER; ZHUANG, 2016) e também prejudica seu valor nutricional, com aumento na deposição de lipídios e colágeno no tecido à medida que acontece uma diminuição do conteúdo proteico (MUDALAL *et al*., 2014). Além das alterações físico-químicas no músculo desses animais, WS afeta diretamente a aceitabilidade da carne pelos consumidores, sendo que pesquisas relatam que até 50% das pessoas não comprariam filés afetados com qualquer nível de WS em razão de sua aparência (KUTTAPPAN *et al*., 2012a).

As perdas relacionadas às miopatias peitorais em frangos de corte acontecem devido as condenações de carcaças próximas a 0,8% causadas pelos distúrbios, e também pela depreciação de até U$1,86 (R$ 5,90) por quilograma de carne afetada (ZANETTI *et al*., 2018). A menor aceitação comercial dos filés *in natura* acaba levando essa carne à fabricação de subprodutos, o que provoca uma desvalorização desses cortes. Porém, mesmo durante o processamento, o menor rendimento e a alteração das características da carne também representam um problema, muitas vezes tornando necessárias intervenções da indústria para correção da textura, cor e pH dos produtos (BRAMBILA; BOWKER; ZHUANG, 2016), gerando um prejuízo ainda maior para a cadeia de produção avícola.

Diversos estudos têm sido conduzidos a fim de esclarecer a real etiologia da manifestação de WS e acredita-se que há um componente genético importante envolvido no desencadeamento desta miopatia (ALNAHHAS *et al*., 2016; PAMPOUILLE *et al*., 2018; MARCHESI *et al*., 2019; PRAUD *et al*., 2020; MARCIANO *et al*., 2021). Portanto,

como ainda não há relatos na literatura abordando o papel da regulação gênica mediada por microRNAs sobre o desencadeamento de WS, o objetivo deste trabalho foi investigar uma via potencialmente controlada pela atividade de miRNAs que possa estar relacionada com a manifestação de WS em frangos de corte.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Estima-se que de 1957 até 2005, o crescimento de frangos de corte com 42 dias de idade aumentou cerca de 400%, alcançando uma redução de 50% na taxa de conversão alimentar e um aumento de aproximadamente 80% no rendimento do músculo peitoral (ZUIDHOF *et al*., 2014). Distúrbios metabólicos como WS vêm sendo correlacionados com essa elevação na taxa de rendimento do músculo peitoral (KUTTAPPAN *et al*., 2012b), sendo relatada uma prevalência de até 96% nos frangos de corte (somando-se os casos em estágio inicial até os mais severos) (TIJARE *et al*., 2016).

White Striping é uma miopatia degenerativa que afeta o músculo *pectoralis major* (PMM) das aves, provocando uma série de alterações físico-químicas e histológicas no tecido (KUTTAPPAN *et al*., 2013a). As principais lesões observadas no músculo dos animais acometidos por WS são: miodegeneração, necrose, infiltração por linfócitos e macrófagos, fibrose, lipidose e outras alterações degenerativas e regenerativas (KUTTAPPAN *et al*., 2013a; TROCINO *et al*., 2015). Também é relatado que o músculo de frangos com WS apresenta aumento de lise, mineralização e inflamação intersticial das fibras, hipereosinofilização, perda das estrias cruzadas, internalização do núcleo, fibras fragmentadas e com tamanhos irregulares (KUTTAPPAN *et al*., 2013a). Ressalta-se ainda que essas alterações não estão relacionadas a agentes infecciosos e não representam risco a saúde do consumidor.

Estudos anteriores já associaram o crescimento rápido dos frangos de alto rendimento com maior predisposição ao desenvolvimento de miopatias peitorais (JOINER *et al*., 2014). A herdabilidade para WS já foi estimada em 0,19 a 0,34 (BAILEY *et al*., 2015) e muitos genes já foram associados com a manifestação de WS, como por exemplo genes reguladores da regeneração e reparo de fibras musculares (*MYH15*, *MYH1E*, *MYH1B*, *MYH1F*, *MYH13* e *MYOCD*), genes relacionados com fibrose e adipose (*PDGFRα*), genes reguladores da composição da matriz celular e sarcolema (*COL6A3*, *FN1* e *SGCB*) e até

mesmo genes que já foram associados a distúrbios neuromusculares em humanos (*FN1, COL6A3, SGCB, e LRSAM*) (PAMPOUILLE *et al*., 2018).

Marchesi *et al*. (2019) identificaram 1441 genes diferencialmente expressos (DE) entre o músculo peitoral de frangos afetados com WS e frangos normais aos 42 dias de idade. Nesse estudo, os 10 genes mais expressos e os 10 menos expressos no grupo afetado com WS regulavam atividades relacionadas à fisiologia muscular, angiogênese e inflamação. Considerando o conjunto inteiro de genes DE, foram observados processos biológicos associados à hipóxia, estresse oxidativo, inflamação, resposta a lesão muscular, metabolismo de carboidratos, entre outros (MARCHESI *et al*., 2019).

Os mecanismos epigenéticos regulam a expressão gênica e participam da maioria dos processos celulares, sendo que os mecanismos mais conhecidos são a metilação do DNA, a modificação química das histonas e o silenciamento gênico guiado por microRNAs (miRNAs) (SKVORTSOVA; IOVINO; BOGDANOVIĆ, 2018). Os miRNAs são RNAs não codificantes, com cerca de 18 a 25 nucleotídeos, que formam um complexo de silenciamento gênico pós-transcricional (RISC) em associação com uma proteína chamada Argonauta (HUTVAGNER; ZAMORE, 2002). A função desta proteína é degradar um RNA mensageiro (RNAm) antes que ele seja traduzido pela maquinaria ribossômica da célula, enquanto o papel do miRNA é identificar o RNAm a ser degradado; essa identificação acontece pela complementariedade de bases (MOURELATOS *et al*., 2002). Apesar de ter sido identificado que os miRNAs regulam funções fisiológicas importantes nos organismos, ainda não existem estudos relatando a influência dos miRNAs no desencadeamento de WS em frangos de corte.

METODOLOGIA

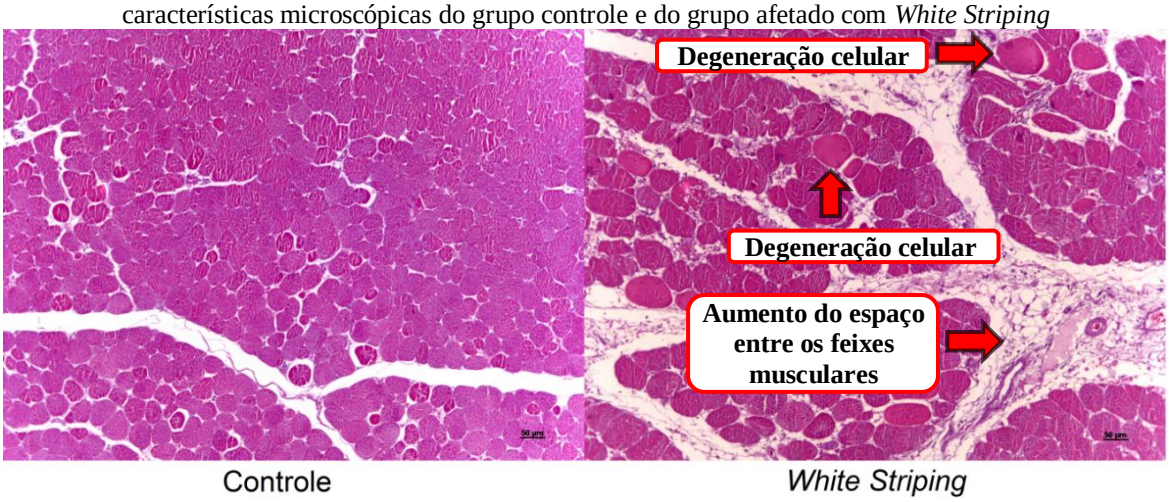
Este trabalho foi realizado na Embrapa Suínos e Aves, situada em Concórdia – Santa Catarina, Brasil. Foram coletadas amostras de músculo peitoral de 30 frangos de 28 dias de idade de uma linhagem comercial de crescimento rápido. As aves foram criadas de acordo com as recomendações comerciais de manejo para a linhagem. Por meio de análise macroscópica durante a coleta, foram identificados frangos normais e afetados com WS, levando em consideração os padrões visuais característicos para WS definidos por Kuttappan *et al*. (2013) (Figura 1).

Figura 1 – Dois peitos de frangos de corte aos 28 dias de idade representando as características macroscópicas do grupo controle e do grupo afetado com *White Striping*

Fonte: Autoria própria (2023)

Posteriormente, as amostras selecionadas foram submetidas à análise histopatológica para confirmação da presença de lesões características de WS nos animais afetados e ausência dessas lesões no grupo controle (Figura 2). Para a análise de miRNA, as amostras mais representativas de cada grupo foram selecionadas, sendo três para o grupo controle e cinco para o grupo afetado com WS.

Figura 2 – Imagem histológica de dois peitos de frangos de corte aos 28 dias de idade representando as características microscópicas do grupo controle e do grupo afetado com *White Striping*



Fonte: Autoria própria (2023)

O RNA total foi extraído das amostras de cada grupo, sendo posteriormente avaliados quanto a sua integridade em eletroforese em gel de agarose 1% por 90 minutos. A qualidade dos RNAs também foi verificada em equipamento Bioanalyzer Agilent 2100, sendo consideradas íntegras as amostras com Número de Integridade de RNA (RIN) maior que oito. As amostras foram quantificadas em equipamento Biodrop. As bibliotecas de miRNAs foram construídas com o kit QIAseq miRNA Library Kit (Qiagen) e o sequenciamento de foi realizado em equipamento NextSeq (Illumina), no Laboratório Central de Tecnologias de Alto Desempenho em Ciências da Vida (LaCTAD), na UNICAMP, Campinas, SP, seguindo o protocolo *single-end* (1x75 pb).

Os arquivos brutos FASTQ do sequenciamento passaram por um controle de qualidade com a ferramenta Trimmomatic (BOLGER *et al*., 2014), onde foram removidas as sequências com qualidade Phred média ≤20, com tamanho <18 nucleotídeos, sendo descartadas as bases no início e no final das sequências (bases N). Em seguida foi utilizado o programa UMI-tools para retirar as sequências de Identificadores Moleculares Únicos (UMI) das amostras e a partir das sequências limpas foi possível utilizar o programa miRDeep2 (FRIEDLÄNDER *et al*., 2012) para identificar as sequências de miRNAs, mapeá-las contra o genoma da galinha (*Gallus gallus*, versão 6.0) e quantificar os miRNAs das amostras. Foram utilizados os parâmetros padrões sugeridos pelo programa. Para identificação dos miRNAs conhecidos foram utilizadas as informações das bases de dados miRBase 22.1 (GRIFFITHS-JONES *et al*., 2006) e MirGeneDB 2.1 (FROMM *et al*., 2020).

Após a contagem de miRNAs, a expressão diferencial foi realizada utilizando-se o pacote edgeR do R. Os miRNAs DE foram corrigidos para testes múltiplos, considerando o FDR (*False Discovery Rate*) ≤0,05 como diferença significativa entre os grupos. Os miRNAs DE tiveram seus RNAm preditos através da ferramenta online sRNAtoolbox (RUEDA *et al*., 2015), com os parâmetros *default* do programa. Esta ferramenta reúne os resultados dos programas Pita, miRanda, TargetSpy e Simple Seed Analysis. Com a identificação dos possíveis genes alvo dos miRNAs, as análises de Ontologia Gênica (GO) foram realizadas com a ferramenta ShinyGO (GE; JUNG; YAO, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 5 miRNAs DE entre os grupos normal e afetado com WS (Tabela 1). Quatro deles estavam menos expressos e um deles superexpresso nos animais afetados com WS.

Tabela 1 – miRNAs diferencialmente expressos entre frangos de corte de 28 dias afetados com *White Striping* e frangos do grupo controle.

miRNAs	logFC	logCPM	LR	p-value	FDR
gga-miR-375	-4,48	3,51	20,13	7,22E-06	0,0022
gga-miR-200b-3p	-2,90	4,84	13,74	0,00021	0,0230
gga-miR-429-3p	-2,56	4,25	13,58	0,00023	0,0230
gga-miR-1769-5p	3,67	0,37	11,86	0,00057	0,0435
gga-miR-200a-3p	-2,74	7,17	11,37	0,00074	0,0451

* logFC: *log fold-change*; logCPM: *log copy per million*; LR: *likelihood-ratio*; FDR: *false discovery rate*.
Fonte: Autoria própria (2023)

Para os 5 miRNAs DE foram preditos 4103 transcritos alvos no genoma de *Gallus gallus* e com a ferramenta Biomart do Ensembl, chegamos ao resultado de 2176 genes alvo para os miRNAs. Destes, 2131 já eram anotados e puderam ser utilizados para a análise de GO, em que foram identificadas 8 vias de atuação significativamente enriquecidas para os genes alvo dos miRNAs DE, sendo elas: via de sinalização *ERBB*, autofagia, via de sinalização da insulina, via de sinalização *FoxO*, ciclo celular, endocitose, via de sinalização *MTOR* e vias metabólicas. Destacamos que a plataforma ShinyGO indicou que a via de sinalização da insulina é composta por 114 genes, dos quais 29 foram identificados como alvos para os miRNAs DE encontrados em nosso trabalho (Tabela 2).

Tabela 2 – Genes alvo preditos para os miRNAs diferencialmente expressos entre frangos com WS e o grupo controle envolvidos na via de sinalização da insulina.

Genes alvo							
AKT1	*BRAF*	*CALM*	*EIF4E*	*EIF4E2*	*FASN*	*FBP2*	*FOXO1*
IRS4	*KRAS*	*MAPK10*	*MAPK9*	*NRAS*	*PDPK1*	*PHKB*	*PIK3CB*
PIK3CD	*PIK3R1*	*PPP1CC*	*PPP1R3A*	*PRKAA1*	*PRKAA2*	*PRKACB*	*PRKAR1A*
PRKCI	*RAPGEF1*	*RHEB*	*SHC3*	*SOS2*			

Fonte: Autoria própria (2023)

A via de sinalização da insulina regula os níveis de glicose nos animais, além de sinalizar a síntese de glicogênio nos tecidos e também compartilhar seus receptores com fatores de crescimento (*IGF – Insulin Growth Factors*) (CARVALHEIRA; ZECCHIN; SAAD, 2002). Essa via atua na manutenção do tecido adiposo dos animais e desempenha um papel crucial durante o crescimento dos indivíduos (EBRAHIMI *et al.*, 2019).

Esta via atua como reguladora chave do aumento da densidade lipídica em frangos (ALVARENGA *et al.*, 2011), por isso, é possível que os miRNAs que atuam na via insulínica possam ser responsáveis pelo aumento na deposição de lipídios no músculo peitoral de frangos com WS. Além disso, alterações na via de sinalização da insulina comumente dão origem a outros distúrbios fisiológicos, como por exemplo a resistência à insulina, que é um fator conhecido nas desordens metabólicas que afeta o tecido adiposo e o músculo esquelético (EBRAHIMI *et al.*, 2019). Alterações nesses dois tecidos também são relatadas em animais com WS, sendo possível que os miRNAs que afetam a via da insulina estejam relacionados com algumas dessas alterações.

Um dos miRNAs DE entre frangos com WS e frangos normais foi o gga-miR-375, sendo ele menos expresso nos animais afetados. Em outras espécies, o miR-375 já foi descrito como regulador importante da secreção de insulina e controle de glicose sanguínea (EL OUAAMARI *et al.*, 2008). O mir-375 também já foi associado com desenvolvimento muscular e deposição de gordura em galinhas (FU *et al.*, 2018). Outro miRNA DE foi o miR-200b, que demonstrou ser importante no início do desenvolvimento do tecido adiposo em frangos (NEMATBAKHSH *et al.*, 2021). Em nosso estudo, este miRNA foi menos expresso em frangos com WS, podendo favorecer o aparecimento desta condição. Esta é a primeira vez que esses miRNAs que participam da via de sinalização de insulina foram associados com o desenvolvimento da miopatia WS em frangos de corte.

Os miRNAs identificados em nosso estudo apresentam um potencial controle sobre genes da via de sinalização da insulina, indicando uma atividade importante dos miRNAs no metabolismo lipídico e insulínico, possivelmente envolvidos no aparecimento de WS.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram identificados miRNAs diferencialmente expressos entre frangos de corte normais e afetados por *White Striping* aos 28 dias de idade que desempenham um papel importante na via de sinalização da insulina. Estes dados apontam uma possível explicação para o aumento na deposição de lipídios no músculo peitoral de aves com WS, bem como de outras características relacionadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UDESC/Oeste - Chapecó, a FAPESC pela bolsa de mestrado concedida a MSDP, a Embrapa Suínos e Aves pelo financiamento do projeto, ao programa Embrapa/CNPq pela bolsa de LTF, a CAPES pela bolsa de FGC e ao CNPq pela bolsa de pós-doutorado de HCO e de produtividade em pesquisa das autoras AMGI e MCL. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento "001".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALNAHHAS, N. *et al*. Genetic parameters of White Striping in relation to body weight, carcass composition, and meat quality traits in two broiler lines divergently selected for the ultimate pH of the pectoralis major muscle. *BMC genetics*, v. 17, n. 1, p. 1-9, 2016.
ALVARENGA, R. R. *et al*. Lipoprotein metabolism in poultry. *World's Poultry Science Journal*, v. 67, n. 3, p. 431-440, 2011.
BAILEY, R. A. *et al*. The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. *Poultry Science*, v. 94, n. 12, p. 2870-2879, 2015.
BRAMBILA, G. S.; BOWKER, B. C.; ZHUANG, H. Comparison of sensory texture attributes of broiler breast fillets with different degrees of White Striping. *Poultry science*, v. 95, n. 10, p. 2472-2476, 2016.
BOLGER, A. M.; LOHSE, M.; USADEL, B. Trimmomatic: a flexible trimmer for Illumina sequence data. *Bioinformatics*, v. 30, n. 15, p. 2114-2120, 2014.
CARVALHEIRA, J. B. C; ZECCHIN, H. G.; SAAD, M. J. A. Vias de sinalização da insulina. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v. 46, p. 419-425, 2002.
EBRAHIMI, R. *et al*. The role of microRNAs in the regulation of insulin signaling pathway with respect to metabolic and mitogenic cascades: A review. *Journal of cellular biochemistry*, v. 120, n. 12, p. 19290-19309, 2019.
EL OUAAMARI, A. *et al*. miR-375 targets 3′-phosphoinositide–dependent protein kinase-1 and regulates glucose-induced biological responses in pancreatic β-cells. *Diabetes*, v. 57, n. 10, p. 2708-2717, 2008.
FRIEDLÄNDER, M. R. *et al*. miRDeep2 accurately identifies known and hundreds of novel microRNA genes in seven animal clades. *Nucleic acids research*, v. 40, n. 1, p. 37-52, 2012.
FROMM, B. *et al*. MirGeneDB 2.0: the metazoan microRNA complement. *Nucleic acids research*, v. 48, n. D1, p. D132-D141, 2020.
FU, S. *et al*. Characterization of miRNA transcriptome profiles related to breast muscle development and intramuscular fat deposition in chickens. *Journal of Cellular Biochemistry*, v. 119, n. 8, p. 7063-7079, 2018.
GE, S. X.; JUNG, D.; YAO, R.. ShinyGO: a graphical gene-set enrichment tool for animals and plants. *Bioinformatics*, v. 36, n. 8, p. 2628-2629, 2020.

GRIFFITHS-JONES, S. *et al.* miRBase: microRNA sequences, targets and gene nomenclature. *Nucleic acids research*, v. 34, n. suppl_1, p. D140-D144, 2006.
HUTVÁGNER, G.; ZAMORE, P. D. A microRNA in a multiple-turnover RNAi enzyme complex. *Science*, v. 297, n. 5589, p. 2056-2060, 2002.
JOINER, K.S. *et al*. Evaluation of capillary and myofiber density in the pectoralis major muscles of rapidly growing, high-yield broiler chickens during increased heat stress. *Avian diseases*, v. 58, n. 3, p. 377-382, 2014.
KUTTAPPAN, V. A. *et al.* Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of White Striping. *Poultry Science*, v. 91, n. 5, p. 1240-1247, 2012a.
KUTTAPPAN, V. A. *et al.* Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, v. 91, n. 10, p. 2677-2685, 2012b.
KUTTAPPAN, V. A. *et al.* Pathological changes associated with White Striping in broiler breast muscles. *Poultry Science*, v. 92, n. 2, p. 331-338, 2013a.
MARCHESI, J. A. P. *et al*. Whole transcriptome analysis of the pectoralis major muscle reveals molecular mechanisms involved with white striping in broiler chickens. *Poultry science*, v. 98, n. 2, p. 590-601, 2019.
MARCIANO, C. M. M. *et al.* Differential Expression of Myogenic and Calcium Signaling-Related Genes in Broilers Affected With White Striping. *Frontiers in Physiology*, v. 12, 2021.
MOURELATOS, Z. *et al.* miRNPs: a novel class of ribonucleoproteins containing numerous microRNAs. *Genes & development*, v. 16, n. 6, p. 720-728, 2002.
MUDALAL, S. *et al*. Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast fillets affected by White Striping. *Poultry science*, v. 93, n. 8, p. 2108-2116, 2014.
NEMATBAKHSH, S. *et al.* Molecular regulation of lipogenesis, adipogenesis and fat deposition in chicken. *Genes*, v. 12, n. 3, p. 414, 2021.
PAMPOUILLE, E. *et al.* Mapping QTL for White Striping in relation to breast muscle yield and meat quality traits in broiler chickens. *BMC genomics*, v. 19, n. 1, p. 1-14, 2018.
PETRACCI, M.; CAVANI, C. Muscle growth and poultry meat quality issues. *Nutrients*, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2012.
PRAUD, C. *et al*. Molecular phenotyping of White Striping and Wooden Breast myopathies in chicken. *Frontiers in Physiology*, v. 11, p. 633, 2020.
RUEDA, A. *et al*. sRNAtoolbox: an integrated collection of small RNA research tools. *Nucleic acids research*, v. 43, n. W1, p. W467-W473, 2015.
SKVORTSOVA, K.; IOVINO, N.; BOGDANOVIĆ, O. Functions and mechanisms of epigenetic inheritance in animals. *Nature reviews of Molecular cell biology*, v. 19, n. 12, p. 774-790, 2018.
TIJARE, V. V. *et al*. Meat quality of broiler breast fillets with White Striping and Woody Breast muscle myopathies. *Poultry Science*, v. 95, n. 9, p. 2167-2173, 2016.
TROCINO, A. *et al.* Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of White Striping and Wooden Breast in broiler chickens. *Poultry science*, v. 94, n. 12, p. 2996-3004, 2015.
ZANETTI, M. A. *et al*. Economic losses associated with Wooden Breast and White Striping in broilers. *Seminário: Ciências Agrárias*, v. 39, n. 2, p. 887-891, 2018.
ZUIDHOF, M. J. *et al*. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. *Poultry Science*, v. 93, n. 12, p. 2970-2982, 2014.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO QUÍMICA E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE SORVETE DE GUABIJÚ

Elisandra DETONI[1], Daneysa Lahis KALSCHNE[2], Anandra BEDENDO[2], Tatiane BERTOLDO[2], Celeide PEREIRA[2], Ângela Claudia RODRIGUES[2]

[1]Departamento de Alimentos
Universidade Estadual de Ponta Grossa – *Campus* Uvaranas
Ponta Grossa – Paraná - Brasil

[2] Departamento de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Medianeira
Medianeira – Paraná - Brasil

E-mails: elisandradetoni@hotmail.com, daneysa@hotmail.com, anandrabedendo@gmail.com, tatibertoldo1237@hotmail.com, celeide@utfpr.edu.br, angelac.utfpr@gmail.com

Resumo: *O sorvete é um alimento nutritivo e que pode ser enriquecido com a adição de frutos na composição. Algumas espécies de plantas nativas do Brasil apresentam frutos comestíveis com potencial de aplicação no desenvolvimento de produtos, como o guabijú. Desta forma, o objetivo do trabalho foi desenvolver formulações de sorvete, com adição de guabijú liofilizado. O sorvete foi desenvolvido utilizando três concentrações diferentes do guabijú liofilizado em pó, sendo 4%, 8% e 12% e analisados quanto as características físico-químicas, antioxidante e sensorial. Dentre os dados obtidos, enfatizou-se que a utilização do fruto liofilizado resultou em formulações de sorvetes com características físicas e químicas distintas, destacando-se maior teor de carboidratos, (20,33* g 100 g^{-1}*), dureza (481,40 N), overrun (49,22%) e atividade antioxidante (EC_{50} 472 g g^{-1} DPPH) para amostra F12. Também foi evidenciado que as formulações de sorvete mantiveram a cor roxa característica do fruto utilizado. Na aceitação sensorial, a adição de até 8% de guabijú liofilizado em pó no sorvete foi aceito pelos consumidores para os atributos avaliados.*

Palavras-chave: *Myrcianthes pungens; Análise sensorial; Atividade antioxidante.*

INTRODUÇÃO

O sorvete é um produto composto principalmente por leite, açúcar, emulsificantes, estabilizantes e aromatizantes. Sua estrutura é formada por cristais de gelo, bolhas de ar e glóbulos de gordura parcialmente coalescidas e dispersas em uma emulsão mantida pelo congelamento (GOFF; HARTEL, 2013). Embora o sorvete forneça nutrientes básicos ao organismo, o enriquecimento com ingredientes naturais, pode aumentar seu valor nutricional e torná-lo mais atrativo aos consumidores (CRUXEN *et al*., 2017; VITAL *et al*., 2022).

Por ser um produto com boa aceitação sensorial, apreciado por diversas faixas etárias e classes sociais, o sorvete é um alimento com potencial na incorporação de novos ingredientes. Desta forma, elementos naturais como as frutas podem ser adicionadas em sua composição, melhorando assim as características finais do produto e proporcionando efeitos benéficos ao organismo, devido a presença de compostos bioativos (VITAL *et al*., 2022).

Existe uma grande diversidade de frutas no mundo, muitas delas são de espécies nativas e sem exploração comercial como o guabijú (*Myrcianthes pungens*). Esse fruto é nativo do Brasil e é apreciado por sua suculência e sabor doce, além de ser fonte de compostos antioxidantes (DALLA NORA *et al*., 2014; SERAGLIO *et al*., 2018).

A utilização de frutos de espécies nativas no desenvolvimento de produtos contribui para o enriquecimento nutricional, inovação das características sensoriais, como a cor e o sabor, além de promover o crescimento do setor comercial, visto que existe uma demanda em novas experiências sensoriais por parte dos consumidores (RODRIGUES *et al*., 2018).

Embora a maioria das frutas sejam perecíveis, a utilização de técnicas de processamento proporciona um aumento em sua vida útil, garantindo que possam ser usados por um período maior. Como na aplicação da liofilização, que promove a remoção da água do alimento e contribui na retenção da cor e dos nutrientes (FELLOWS, 2017).

Considerando o potencial que o guabijú pode oferecer em inovação sensorial, os objetivos do trabalho foram desenvolver formulações de sorvete adicionadas com o fruto liofilizado em forma de pó, avaliar as características físico-químicas e aceitação sensorial dos produtos obtidos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O sorvete é uma mistura congelada que pode ser definida como um produto alimentício obtido a partir de uma emulsão de gordura e proteína, com ou sem adição de outros ingredientes e que tenham sido submetidas ao congelamento (BRASIL, 2005).

A popularidade do sorvete está associada a características como o congelamento parcial e sensação refrescante produzida quando o produto é consumido. A maciez do produto envolve principalmente a incorporação do ar no momento da agitação (CRUZ *et al*., 2009). E como é um produto bem aceito por diversos públicos, torna-se um veículo promissor para incorporação de novos ingredientes.

Dados da literatura indicaram a aplicação de frutas nativas do Brasil na elaboração de sorvetes, como o uso de farinha da casca da jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) de acordo com Lamounier *et al*., (2015), de polpa de butiá (*Butia odorata*) por Cruxen *et al*., (2017), extratos de jabuticaba (*Plinia cauliflora*) por Böger *et al*., (2019) e polpa de jambolão (*Syzygium cumini*) por Vital *et al*., (2022). Assim, pode-se enfatizar que o sorvete é uma matriz capaz de ser agregar nutrientes e inovar em suas características, gerando opções mais saudáveis aos consumidores.

Outro potencial ingrediente para incorporação em sorvetes, é o fruto guabijú. Essa baga arredondada, possui a polpa amarelada, de uma a duas sementes, casca aveludada que quando madura é de cor roxo escuro (DALLA NORA *et al*., 2014; SERAGLIO *et al*., 2018).

Além da possibilidade na inovação em cor e sabor que o fruto pode oferecer, o guabijú demonstrou características bioativas, devido a presença de carotenoides, antocianinas e compostos fenólicos na composição (DALLA NORA *et al*., 2014; DETONI *et al*., 2021). Estes compostos estão associados a atividade antioxidante que promove efeitos benéficos ao organismo humano.

O guabijú é um fruto com pouca exploração comercial, consumido regionalmente durante seu período de maturação. Como apresenta em sua composição quantidades significativas de compostos bioativos, pode utilizar-se de suas propriedades para o desenvolvimento de produtos.

METODOLOGIA

Os frutos de guabijú foram coletados na cidade de Francisco Beltrão, Paraná (Brasil), e beneficiados para o processo de liofilização (Labconco*, FreeZone - Freeze Dry System 12L, Kansas, USA*). Para a aplicação no sorvete, as frutas secas foram trituradas em moinho (IKA A11 *basic*, *Staufen*, Alemanha) para obtenção do pó.

O sorvete foi elaborado com os ingredientes leite integral UHT, açúcar cristal, leite em pó integral, gordura vegetal, xarope de glucose, estabilizante liga neutra, emulsificante *Emustab* e guabijú liofilizado em pó. Foram desenvolvidas três formulações, sendo adicionados os teores de 4%, 8% e 12% de guabijú liofilizado a cada 100 mL de leite das formulações. Desta forma, as formulações foram denominadas como F4, F8 e F12.

Após o balanceamento do mix de ingredientes, ocorreu a pasteurização da calda a 80 ºC por 15 segundos e a maturação por 12 h a 10 ºC. Na sequência, acrescentou-se na calda o guabijú liofilizado em pó e procedeu-se uma homogeneização. Logo após, realizou-se o batimento por aproximadamente 25 min e em seguida o sorvete foi congelado (– 18 ºC).

Para caracterizar as amostras obtidas, foram realizadas as análises da composição proximal (cinzas, lipídios, proteína, umidade e carboidratos) de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008) e valor calórico (MARSHALL *et al*., 2003). Os parâmetros de cor: L*, a* e b*, os ângulos de tonalidade (hº) e saturação (C*) foram analisados em colorímetro (Konica Minolta CR 400, Toquio, Japão).

A textura do sorvete foi avaliada em analisador de textura (TA HD *plus*, *Stable* Micro *System*, *Godalming, UK*) conforme Kurt e Atalar (2018). Em cada amostra realizou-se uma medição com uma sonda cilíndrica acoplada a uma célula de carga de 0,1 N. Os resultados foram expressos no parâmetro dureza (força em *Newton*).

O *overrun* do sorvete foi determinado conforme Soukoulis e Tzia (2018), onde a % de *Overrun* = (volume final – volume inicial) / volume inicial × 100.

A atividade antioxidante foi determinada pelo método de captura do radical livre 2,2-*difenil-1-picril-hidrazil* (DPPH; *Sigma Aldrich, Saint Louise*, EUA) de acordo com Rufino *et al*., (2007). Alíquotas do extratos elaborados com sorvete foram diluídos e pipetados em tubos de ensaio para posterior adição do reagente DPPH. Após período de reação, a absorbância das amostras foi lida em espectrofotômetro UV-Vis (*Perkin Elmer Lambda XLS, Beaconsfield, UK*) a 515 nanômetros. O resultado foi calculado com base em uma curva padrão construída com DPPH e suas diluições. Os dados foram expressos em EC_{50} (g g^{-1} DPPH).

A análise sensorial ocorreu no laboratório de análise sensorial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Medianeira. O sorvete desenvolvido atendeu aos padrões microbiológicos exigidos e foi aprovado pelo Comitê de Ética de Pesquisa em Seres Humanos (CAAE: 09322819.1.0000.0092). Participaram da análise 120 provadores não treinados, dentre alunos, professores e funcionários da UTFPR aos quais foram solicitadas informações para caracterização do perfil, tais como grau de instrução e consumo de sorvete.

As amostras de sorvete foram servidas de forma monádica, aleatória e balanceada, codificadas com três dígitos aleatórios em recipientes de 30 g. As análises foram realizadas em cabines individuais sob luz branca. Foram realizados os testes sensoriais de aceitação, para avaliar os atributos aparência, cor, odor, cremosidade, textura quanto a presença de partículas, sabor e impressão global, mediante escala hedônica estruturada em 9 pontos (1: desgostei muitíssimo e 9: gostei muitíssimo), e intenção de compra que consistiu na utilização da escala de 5 pontos (1: certamente não compraria e 5: certamente compraria).

Os resultados das análises realizadas foram expressos pela média ± desvio padrão e avaliados estatisticamente por meio da ANOVA e Teste de Tukey, considerando o nível de significância de 5% ($p < 0,05$) com auxílio do software *Statistica* versão 8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 demonstra as características visuais das formulações de sorvete obtidas a partir do guabijú liofilizado em pó. Os resultados para as análises físico-químicas e sensorial das formulações de sorvete são indicados na Tabela 1.

Figura 1 – Formulações de sorvete obtidas a partir do guabijú liofilizado

Fonte: Autoria própria (2023).

Tabela 01 – Caracterização físico-química e sensorial das formulações de sorvete com guabijú

Parâmetros	F4	F8	F12
Umidade (g 100 g^{-1} b.u.)	63,47 ± 2,12^{a}	62,08 ± 2,17^{ab}	59,24 ± 1,87^{b}
Cinzas (g 100 g^{-1} b.s.)	2,79 ± 0,16^{a}	2,80 ± 0,07^{a}	2,12 ± 0,05^{b}
Carboidratos (g 100 g^{-1} b.s.)	14,70 ± 0,81^{c}	17,22 ± 0,64^{b}	20,33 ± 0,16^{a}
Lipídios totais (g 100 g^{-1} b.s.)	9,47 ± 0,10^{a}	7,40 ± 0,17^{b}	7,11 ± 0,22^{b}
Proteína bruta (g 100 g^{-1} b.s.)	10,43 ± 0,25^{a}	10,50 ± 0,33^{a}	10,06 ± 0,36^{a}
Valor calórico (Kcal)	185,74 ± 3,24^{a}	177,47 ± 0,41^{b}	185,85 ± 1,08^{a}
L*	70,81 ± 1,82^{a}	64,95 ± 1,20^{b}	49,70 ± 1,89^{c}
a*	-1,89 ± 0,04^{a}	0,98 ± 0,06^{b}	1,27 ± 0,03^{c}
b*	7,23 ± 0,35^{a}	6,60 ± 0,07^{a}	3,40 ± 0,05^{b}
C*	7,41 ± 0,30^{a}	6,63 ± 0,09^{b}	3,63 ± 0,03^{c}
h°	104,60 ± 1,71^{a}	82,47 ± 0,67^{b}	69,53 ± 0,60^{c}
***Overrun* (%)**	45,64 ± 0,32^{b}	45,41 ± 0,31^{b}	49,22 ± 1,24^{a}
Dureza (N)	268,77 ± 7,21^{b}	234,75 ± 5,08^{c}	481,40 ± 5,71^{a}
EC_{50} (g g^{-1} DPPH)	1829,72 ± 48,27^{a}	528,82 ± 0,48^{b}	472,03 ± 3,34^{c}
Aparência	7,31 ± 1,50^{a}	7,15 ± 1,50^{a}	7,22 ± 1,52^{a}
Cor	7,00 ± 1,58^{a}	7,07 ± 1,51^{a}	7,13 ± 1,66^{a}
Odor	7,00 ± 1,50^{a}	7,10 ± 1,48^{a}	6,98 ± 1,44^{a}
Cremosidade	7,59 ± 1,44^{a}	7,78 ± 1,11^{ab}	7,33 ± 1,51^{b}
Textura (presença de partículas)	7,59 ± 1,31^{a}	7,45 ± 1,56^{a}	6,79 ± 1,83^{b}
Sabor	8,07 ± 0,98^{a}	7,91 ± 1,25^{a}	7,48 ± 1,53^{b}
Impressão global	7,63 ± 1,04^{a}	7,63 ± 1,10^{a}	7,33 ± 1,32^{b}
Intenção de compra	4,03 ± 0,89^{a}	4,04 ± 1,02^{a}	3,7 ± 1,06^{b}

Médias ± desvios padrão das amostras em triplicata; b.u.: base úmida; b.s.: base seca; ^{a,b,c}: letras sobrescritas diferentes nas linhas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2023).

Na composição físico-química do sorvete, a umidade das amostras foi diferente para as formulações F4 e F12, mas ambas não diferiram da amostra F8, enquanto as cinzas foram significativamente diferentes para a amostra F12. Observou-se que quanto maior a quantidade de guabijú liofilizado adicionado ao sorvete, maior o conteúdo de carboidratos e menor o de lipídeos. Já no teor de proteínas não houve diferença significativa entre as três

formulações (p <0,05). O valor calórico foi maior nas amostras F4 que obteve maior teor de lipídios, e F12 com maior conteúdo de carboidratos. De forma similar, Kurt e Atalar (2018) reportaram em seu estudo que a maior adição de sementes de marmelo em pó, reduziu a umidade das amostras de sorvete. Böger *et al*., (2019) identificaram em seu trabalho que o teor de gordura dos sorvetes diminuiu com o aumento da concentração de extrato de jabuticaba adicionado ao produto, semelhante ao ocorrido com o sorvete de guabijú.

Verificou-se que para a cor dos sorvetes, conforme aumentou-se a concentração de guabijú liofilizado, menores os valores de L*, b*, C* e h^0 e maior foi o valor do parâmetro a* indicando tonalidades mais intensas, características ao fruto utilizado. Böger *et al.*, (2019) também constataram que o aumento da concentração do extrato de jabuticaba em amostras de sorvetes diminuiu o valor de L* e b* e aumentou o valor de a*. A cor predominante é uma das vantagens da secagem por liofilização em frutos e vegetais, além da preservação de compostos bioativos devido a utilização de baixas temperaturas (SCHWARTZ *et al*., 2017).

A taxa de *overrun* das formulações de sorvete de guabijú foi de 45,41% a 49,22%, sendo maior do que valor reportado por Kurt e Atalar (2018) para sorvete com sementes de marmelo em pó (28,24%), demonstrando que o processo de batimento do sorvete com guabijú foi adequado para incorporação de ar na massa. O o*verrun* é um parâmetro que confere textura leve e agradável e influência nas características físicas como a dureza e o derretimento do produto (CRUXEN *et al*., 2017).

A textura, expressa pelo parâmetro da dureza, foi significativamente diferente (p<0,05). Na amostra F12 verificou-se a maior média (481,40 N) enquanto para F8 a menor (234,75 N). Vários fatores podem afetar a dureza de sorvetes incluindo *overrun* e o perfil lipídico do produto (GÓRAL *et al*., 2018; SILVA *et al*., 2013). Cabe destacar, que o maior teor de pó de guabijú liofilizado adicionado em F12 contribuiu para o menor teor de lipídios (7,11 g 100 g^{-1}) e consequentemente a maior dureza. Assim, pode-se enfatizar que as amostras F4 e F8 apresentaram textura mais cremosa em relação a amostra F12.

A quantidade de guabijú liofilizado adicionado influenciou na atividade antioxidante (EC_{50}) das amostras de sorvete, resultando em maior potencial para F12, em relação às formulações F4 e F8. Todas as amostras de sorvete diferiram estatisticamente para este parâmetro (p<0,05). Böger *et al.*, (2019) evidenciaram níveis expressivos de atividade antioxidante em sorvete com extrato de jabuticaba, porém no sorvete de guabijú elaborado,

constatou-se maior atividade antioxidante (EC_{50}: 472,03 g g^{-1} DPPH) em comparação com o autor citado (sorvete com 15% do extrato de jabuticaba = EC_{50}: 7573 g g^{-1} DPPH).

Na análise sensorial, os avaliadores pertenciam 59% ao gênero feminino e 41% ao masculino, em sua maioria (87%) com idade entre 18 e 25 anos, grau de instrução superior incompleto (87%) e consumidores ocasionais de sorvete (57%). Em relação ao conhecimento sobre o guabijú, 81% declararam não conhecer o fruto e os outros 19% já ouviram falar ou consumiram a espécie.

Os sorvetes avaliados não apresentaram diferença significativa para os atributos de aparência, cor e odor ($p<0,05$). A formulação F12 diferiu da amostra F4 para o atributo de cremosidade e diferiu das amostras F4 e F8 para os atributos de textura, sabor e impressão global demonstrando uma média estatisticamente menor.

A textura avaliada na análise sensorial do sorvete foi em relação a presença das partículas do guabijú liofilizado em pó. Para amostra F12 esse foi o atributo com menor aceitação sensorial, demonstrando que a incorporação de 12% do fruto em pó resultou em maior percepção dos grânulos do pó de guabijú. Desta forma, os avaliadores preferiram as amostras com menores teores adicionados (F4 e F8). Dados similares foram reportados por Lamounier *et al*., (2015) para o sorvete com farinha de casca de jabuticaba. Os autores relataram que a textura da formulação de sorvete desenvolvida com 10% de adição de farinha de casca de jabuticaba demonstrou uma média de aceitação menor.

Para todos os atributos avaliados, inclusive a intenção de compra, não houve diferença significativa entre as amostras F4 e F8, indicando que a adição de até 8% de guabijú liofilizado em pó foi considerada sensorialmente aceita pelos consumidores. Desta forma, os resultados sensoriais obtidos representaram uma possibilidade de uso do guabijú liofilizado como um ingrediente promissor na indústria, uma vez que o sorvete teve boa aceitação sensorial e intenção de compra na escala de “possivelmente compraria”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adição de 4%, 8% e 12% de guabijú liofilizado em pó permitiu a obtenção de sorvetes com características físico-químicas relevantes que contribuíram para o enriquecimento do produto, como a atividade antioxidante. Observou-se também que nas formulações desenvolvidas manteve-se a cor predominante ao fruto, atendendo ao esperado.

A aplicação de um fruto nativo processado gerou uma perspectiva de sua utilização como um novo ingrediente no setor alimentício. Na aceitação sensorial, a adição de até 8% de guabijú liofilizado em pó no sorvete foi aceito pelos consumidores. Dada a intenção de compra das amostras (F4 e F8), o uso do guabijú liofilizado surge como uma possibilidade de uso em outras preparações alimentícias, além do sorvete.

REFERÊNCIAS

BÖGER, B. *et al*. Use of jabuticaba (*Plinia cauliflora*) skin in the processing of ice creams. *Revista chilena de nutrición*, v. 46, n. 2, p. 154–159, 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC n° 266 de 22 de setembro de 2005. Aprovar o Regulamento técnico para gelados comestíveis e preparados para gelados comestíveis**.** *Diário Oficial da União*. Brasília, D.F., setembro de 2005.

CRUXEN, C. E. DOS S. *et al*. Probiotic butiá (*Butia odorata*) ice cream: Development, characterization, stability of bioactive compounds, and viability of Bifidobacterium lactis during storage. *LWT - Food Science and Technology*, v. 75, p. 379–385, 2017.

CRUZ, A. G. *et al*. Ice-cream as a probiotic food carrier. *Food Research International*, v. 42, n. 9, p. 1233–1239, 2009.

DALLA NORA, C. *et al*. The characterisation and profile of the bioactive compounds in red guava (*Psidium cattleyanum* Sabine) and guabiju (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand). *International Journal of Food Science and Technology*, v. 49, n. 8, p. 1842–1849, 2014.

DETONI, E. *et al*. Guabijú (*Myrcianthes pungens*): Characterization of in natura and lyophilized Brazilian berry. *Research, Society and Development,* v. 10, n. 3, p. 1–13, 2021.

FELLOWS, P. J. Freeze drying and freeze concentration. *In*: Fellows, P. J. (Ed.). *Food Processing Technology*. 4° ed, p. 929–945, [*S.l.*] Elsevier, 2017.

GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. Composition and Formulations. *In*: Springer science+ business media (Ed.). *Ice Cream*. 7th. ed, p. 929–945, Boston, MA: Springer US, 2013.

GÓRAL, M. *et al*. Impact of stabilizers on the freezing process, and physicochemical and organoleptic properties of coconut milk-based ice cream. *LWT - Food Science and Technology*, v. 92, p. 516–522, 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físicos-químicos para análise de alimentos*. 4° Eds. São Paulo, 1020p. 2008.

KURT, A.; ATALAR, I. Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream. *Food Hydrocolloids*, v. 82, p.186–195, 2018.

LAMOUNIER, M. L. *et al*. Desenvolvimento e caracterização de diferentes formulações de sorvetes enriquecidos com farinha da casca da jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*). *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 70, n. 2, p. 93–104, 2015.

MARSHALL, R. T.; GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. Composition and Properties. *In*: K. A. Publishers (Ed.), *Ice Cream*. 6°ed, v. 168, p. 11–54. Springer US, 2003.

RODRIGUES, J. *et al*. Avaliação sensorial e físico-química de sorvete com polpa de açaí e proteína do soro do leite. *Ambiência*, v. 14, n. 2, p. 225–236, 2018.

RUFINO, M. DO S. M. *et al*. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agroindústria Tropical*, p. 1–4, 2007.

SCHWARTZ, S. J. *et al*. Colorants. *In*: Damodaran, S.; Parkin, K. L.; Fennema, O. R. (Eds.). *Fennema's Food Chemistry*. 5° ed, p. 680–752. New York: Taylor & Francis, 2017.

SERAGLIO, S. K. T. *et al*. Nutritional and bioactive potential of *Myrtaceae* fruits during ripening. *Food Chemistry*, v. 239, p. 649–656, 2018.

SILVA, A. C. DA *et al*. Influence of milk type in texture and stability of ice cream. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 68, n. 393, p. 26–35, 2013.

SOUKOULIS, C.; TZIA, C. Grape, raisin and sugarcane molasses as potential partial sucrose substitutes in chocolate ice cream: A feasibility study. *International Dairy Journal*, v. 76, p. 18–29, 2018.

VITAL, A. R. *et al*. Caracterização química e compostos bioativos do sorvete de polpa de jambolão. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 6, p. e23011628900, 26 abr. 2022.

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE JABUTICABAS TRATADAS COM ÁCIDO SALICÍLICO E ARMAZENADAS SOB TEMPERATURA AMBIENTE E REFRIGERAÇÃO

Natália Moraes de OLIVEIRA[1], Bruna Gomes das Virgens GOBBI[1], Sarah Nicolle Carvalho de LIMA[1], Américo Wagner JÚNIOR[2], Luciano LUCCHETTA[3]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2]Curso de Agronomia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Dois Vizinhos
Dois Vizinhos – Paraná - Brasil

[3] Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: natalia.1997@alunos.utfpr.edu.br, bruna.gobbi15@hotmail.com, sarahnicolle16@hotmail.com, americowagner@utfpr.edu.br, lucchetta@utfpr.edu.br

Resumo: *Este estudo avaliou o efeito do ácido salicílico (AS) na conservação pós-colheita de jabuticabas (Plinia cauliflora) armazenadas em temperatura ambiente e sob refrigeração. O objetivo foi investigar os efeitos do AS na perda de massa, incidência de murchamento e incidência de podridão das frutas ao longo de um período de armazenamento de 8 dias. Foram utilizadas três concentrações de AS (0, 1,5 e 3,0 mM), e as jabuticabas foram submetidas a tratamentos de imersão nas soluções de AS por 3 minutos. Os frutos foram então armazenados em temperatura ambiente (23 ± 1°C) e sob refrigeração (8°C). Os parâmetros avaliados foram perda de massa, incidência de murchamento e incidência de podridão, medidos nos dias 0, 4 e 8 de armazenamento. Os resultados mostraram que a refrigeração contribui mais significativamente na conservação, considerando que teve papel importante na redução de perda de massa e menor incidência de murchamento e podridão. Por outro lado, o AS não teve efeito significativo como esperado. A maior dose de AS (3,0 mM) combinada com a refrigeração contribuiu para a redução da podridão ao longo do período de armazenamento. O uso de ácido salicílico apresentou um efeito satisfatório na qualidade pós-colheita das jabuticabas, principalmente no controle de podridões.*

Palavras-chave: *Jabuticaba; Ácido salicílico; Conservação pós-colheita; Refrigeração.*

INTRODUÇÃO

A jabuticaba é uma fruta nativa muito apreciada pelas suas características qualitativas sensoriais e nutritivas. Um dos principais limitantes da oferta mais ampla desta fruta é seu período de conservação pós-colheita reduzido (3 a 4 dias) e rápido processo de senescência. Como estratégia de conservação podemos lançar mão do uso de refrigeração, tratamento com algum produto ou a combinação destes.

O ácido salicílico é uma opção viável e natural, com capacidade de interferir na atividade metabólica do vegetal e estimular a resistência a condições adversas. Segundo Borsatti (2014), o tratamento pós-colheita de frutas com ácido salicílico (AS) para conservação da qualidade pós-colheita de frutas, hortaliças e flores proporciona melhores resultados em relação a não utilização do mesmo (BORSATTI, 2014).

A aplicação de AS na dose de 2 mM em amora preta mostrou bons resultados na conservação por pelo menos 6 dias de armazenamento a 8°C (BORSATTI *et al*, 2015). O tratamento com AS resultou em redução da velocidade de maturação e senescência e redução da incidência de podridão. Este efeito pode ser vinculado a uma indução de resistência do fruto, ativação de enzimas e aumento dos teores de antocianinas e flavonoides.

O AS demonstrou ser eficaz na redução de podridões, manutenção de firmeza e conservação de qualidade em geral em testes com tratamento em pré e pós-colheita de pêssego (BARRETO *et al*, 2017). A aplicação de AS reduziu a perda de massa dos frutos e a incidência de podridões, quando aplicou-se a concentração de 2 mM na pré-colheita e 1 mM na pós-colheita.

Sanches *et al* (2015) obtiveram bons resultados com aplicação de AS na prevenção de podridões em jabuticaba durante 8 dias de armazenamento à temperatura ambiente. A concentração de 4,0 mM de AS foi a mais eficiente. Além disso, neste período houve importante manutenção das características físico-químicas, bioquímicas e organolépticas da jabuticaba.

A refrigeração é o método mais popularmente utilizado na conservação de frutas devido a sua eficiência no armazenamento prolongado (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O uso de tratamentos como o AS associado a refrigeração pode melhorar a conservação.

Considerando o potencial de efetividade já demonstrados pelo AS e refrigeração na conservação de frutas, este estudo avaliou a aplicação de AS em jabuticabas armazenadas em temperatura ambiente e sob refrigeração no período de 8 dias.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A jabuticabeira é uma árvore nativa do Centro-Sul do Brasil, que apresenta a particularidade da frutificação em troncos e ramos da planta. Seu fruto é amplamente apreciado no país, tanto para consumo *in natura* como na fabricação de derivados, sendo que a obtenção de derivados é uma alternativa para comercialização entressafras e diminuir o desperdício de frutos. A comercialização da jabuticaba ocorre principalmente por venda direta do produtor, oriunda de atividade extrativista e em mercados atacadistas, concentrada nos meses de colheita (setembro e outubro) devido a alta perecibilidade do fruto (JÚNIOR; DANNER; CITADIN, 2022).

A qualidade das frutas envolve atributos como aparência, textura, sabor, valor nutritivo e segurança alimentar, que são determinantes para a aceitação do consumidor (JÚNIOR; DANNER; CITADIN, 2022). Como frutas não climatéricas, as jabuticabas apresentam um constante declínio na taxa de respiração e crescente processo de senescência após a colheita (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006). A respiração do fruto é o principal processo metabólico e está diretamente relacionada com as reações bioquímicas que ocorrem (KOBLITZ, 2018). Desta maneira, o controle da respiração é crucial para manter a qualidade e prolongar a vida de prateleira do fruto (JÚNIOR; DANNER; CITADIN, 2022).

Diversos fatores interferem na respiração dos frutos, entre eles, fatores extrínsecos como temperatura, concentração de gases na atmosfera, umidade relativa, danos físicos e tratamentos químicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O abaixamento da temperatura é o principal método de conservação utilizado, uma vez que desacelera as reações metabólicas, retarda a senescência, o desenvolvimento de microrganismos e diminui a perda de umidade (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

Segundo Einhardt, Lima e Andrade (2017), o ácido salicílico é um composto fenólico natural que é capaz de induzir a resistência a patógenos e reduzir a atividade enzimática

precursora para a síntese de etileno em plantas. O etileno, por sua vez, é um composto orgânico produzido por tecido vegetais conhecido como hormônio de maturação e envelhecimento (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006). Logo, reduzir a produção de etileno vai auxiliar na conservação do fruto, e por isso, vem sendo estudado e aplicado na pós-colheita como uma opção viável. Diante disso, a baixa temperatura combinada com a aplicação do ácido salicílico auxiliam no controle da respiração e produção de etileno do fruto, atenuando a senescência e prolongando a vida de prateleira. A conservação pós-colheita de jabuticabas em temperatura ambiente é curta (4 dias). Portanto, a utilização de ferramentas e produtos combinados podem ser uma alternativa interessante no prolongamento da manutenção das características de qualidade e também na inibição de podridões, por pelo menos 8 dias.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Francisco Beltrão, no laboratório de frutas e hortaliças. O estudo foi conduzido com jabuticabas (*Plinia cauliflora),* variedade Sabará, provenientes de pomar didático da UTFPR - Campus Dois Vizinhos. Nos experimentos de conservação pós-colheita utilizou-se ácido salicílico (AS) submetidos a armazenamento em temperatura ambiente e refrigeração.

Os frutos maduros foram colhidos, selecionados e higienizados. O estudo foi em delineamento fatorial casualizado com dois fatores (AS e temperatura). Foram testados as seguintes doses de AS: 0, 1,5 e 3 mM. As frutas foram submetidas a imersão nas soluções de AS durante 3 minutos. Posteriormente ao tratamento com AS as frutas foram armazenadas em temperatura ambiente (AMB) (23 ± 1°C) e sob refrigeração (REF) (8°C). Cada tratamento foi composto de 20 unidades de frutas em bandeja de isopor, recoberto com filme PVC, tendo três repetições.

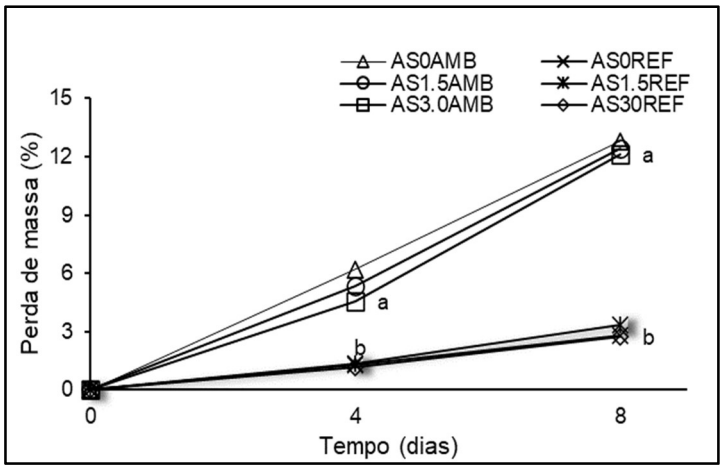
Neste experimento foram avaliados: perda de massa, obtida através da diferença entre a massa da matéria fresca do dia da instalação do experimento (dia 0) e as massas obtidas após 4 e 8 dias, expresso em percentual; incidência de murchamento e incidência de podridões dos frutos avaliadas visualmente, considerando a ocorrência em nível severo de

incidência, expressa em percentual. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey em nível de significância de 5%, conforme os índices de cada dia avaliado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A perda de massa na pós-colheita é resultado principalmente da respiração e transpiração dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Perdas entre 3% e 6% são suficientes para afetar a qualidade, além de resultar em perda de massa comercializável (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Em armazenamento a temperatura ambiente, as doses de AS testadas não foram suficientes para prevenir a perda de massa, mesmo na embalagem (Figura 1). O armazenamento REF mostrou-se importante na redução da perda de massa, estando abaixo 3%, mesmo aos 8 dias ($p \leq 0,05$). Por outro lado, o armazenamento AMB atinge em torno de 12% de perda de massa neste período.

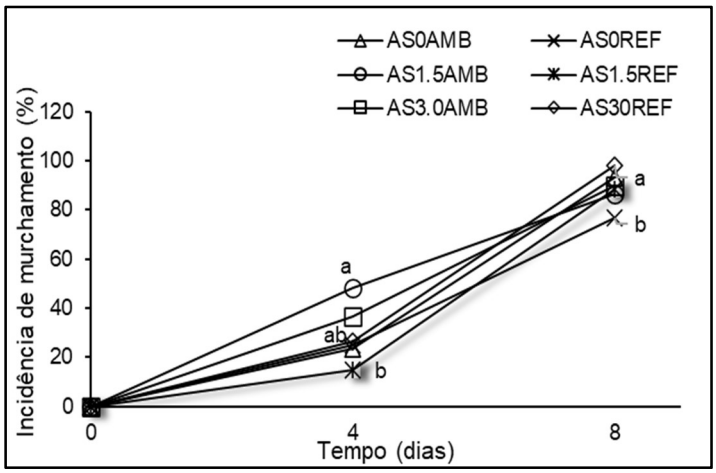
Figura 1 - Perda de massa (%) de jabuticabas tratadas com solução de ácido salicílico a concentração de 0, 1,5 e 3,0 mM e armazenadas em temperatura ambiente (23 ± 1°C) e refrigeração (8°C)



Fonte: Autoria própria (2023)

A incidência de murchamento (Figura 2) também foi afetada positivamente pela refrigeração ($p \leq 0,05$), sem influência do AS. O tratamento sem a presença de AS se mostra com menor ocorrência de murchamento, destacando-se positivamente os tratamentos AS1,5REF aos 4 dias e AS0REF aos 8 dias. Mesmo assim, todos os tratamentos apresentaram murchamento acima de 70% aos 8 dias de armazenamento, mesmo AS0REF.

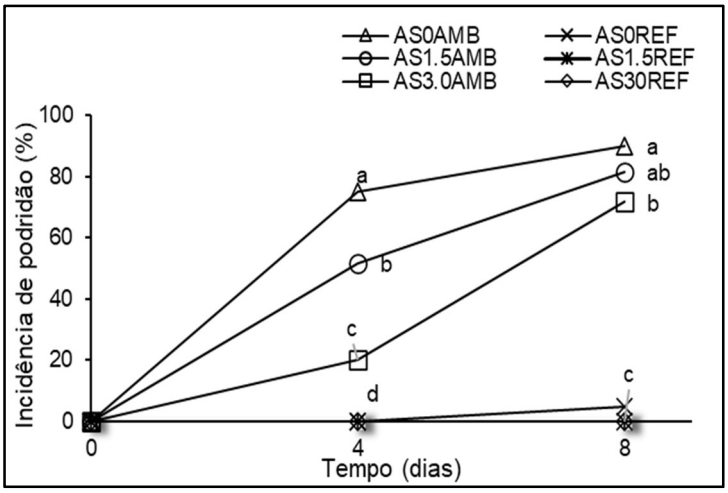
Figura 2 - Incidência de murchamento (%) de jabuticabas tratadas com solução de ácido salicílico a concentração de 0, 1,5 e 3,0 mM e armazenadas em temperatura ambiente (23 ± 1°C) e refrigeração (8°C)



Fonte: Autoria própria (2023)

A utilização de AS se mostrou eficiente na redução da incidência de podridão com o aumento das doses, assim como a refrigeração combinou para este efeito positivo (Figura 3). Aos 4 dias de armazenamento, a maior dose testada (3,0 mM) possibilitou a diminuição de 80% para 20%, enquanto que aos 8 dias de 90% para 70%. Mesmo em temperatura ambiente o AS teve papel significativo ($p \leq 0,05$) ao reduzir a incidência de podridão. Quando combinamos com a refrigeração os efeitos são ainda mais importantes, mantendo-se estáveis ao longo do período de armazenamento e próximas a zero.

Figura 3 - Incidência de podridão (%) de jabuticabas tratadas com solução de ácido salicílico a concentração de 0, 1,5 e 3,0 mM e armazenadas em temperatura ambiente (23 ± 1°C) e refrigeração (8°C)



Fonte: Autoria própria (2023)

A aplicação de AS demonstrou semelhante efeito em amora-preta (BORSATTI *et al*, 2015), *Physalis peruviana* L. (EINHARDT; LIMA; ANDRADE, 2017), pêssego (BARRETO *et al*, 2016), jabuticaba (SANCHES *et al*, 2015) e acerola (MAZARO *et al*, 2015). O AS atua na redução de podridões e na ativação da resistência sistêmica adquirida (RSA). Sendo a RSA explicada pela manifestação ou produção de um sinal liberado a partir do sítio de infecção que provoca a necrose e a translocação deste sinal para outras partes da planta, induzindo reações de defesa contra infecções (SILVA *et al*, 2008).

A podridão de jabuticabas pode estar associada a diversos gêneros de fungos e bactérias, mas principalmente ao gênero fúngico *Rhizopus* e a espécie *Pectobacterium corotovorum*. Ambos possuem habilidades saprofíticas e podem afetar os frutos desde o campo, mas a maior incidência é na pós-colheita (JÚNIOR; DANNER; CITADIN, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de AS possui efeito satisfatório na qualidade de jabuticabas, especialmente no controle de podridões nos frutos, atuando na diminuição significativa da incidência independente da refrigeração. Para a perda de massa, não houve efeito evidente do AS. Entretanto a refrigeração é determinante para a conservação das jabuticabas, tornando preferível a associação de ambos para a manutenção da qualidade pós-colheita.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Francisco Beltrão, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa e ao Sr. Américo Wagner Júnior pela parceria.

REFERÊNCIAS

BARRETO, C. F. *et al*. Ácido salicílico na pós-colheita para redução de podridão parda e manutenção qualidade de pêssego 'Chiripá'. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 17, n. 1, p. 50-57, 2016. Disponível em: https://www.redalyc.org/journal/813/81346341007/html/. Acesso em: 30 ago. 2023.

BARRETO, C. F. *et al*. Conservação de pêssegos 'Rubimel' com uso de ácido salicílico na pré e pós- colheita. *Revista Espacios*, vol. 38, n. 36, p. 3, 2017. Disponível em: https://www.revistaespacios.com/a17v38n36/a17v38n36p03.pdf. Acesso em: 30 ago. 2023.

BORSATTI, F. C. *Ácido salicílico na qualidade pós-colheita de frutos, hortaliças folhosas e flores*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2014. 81 f. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/856. Acesso em: 30 ago. 2023.

BORSATTI, F. C. *et al*. Indução de resistência e qualidade pós-colheita de amora-preta tratada com ácido salicílico. *Rev. Bras. Frutic*., Jaboticabal - SP, v. 37, n. 2, p. 318-326, Junho 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbf/a/9Bzp75kRKpshZyzj53qqzkG/. Acesso em: 30 ago 2023.

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

EINHARDT, P. M; LIMA, C. S. M; ANDRADE, S, B. Ácido salicílico na conservação pós-colheita de frutos de *Physalis peruviana* L. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 18, núm. 1, p. 53-59, 2017. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/813/81351597008.pdf. Acesso em: 30 ago. 2023.

JÚNIOR, A. W.; DANNER, M. A.; CITADIN, I. *Jabuticabeiras*. 1. ed. Curitiba, PR: EDUTFPR, 2022. 1 arquivo texto (452 p.): PDF; 35,7 MB. *E-book*. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/29752. Acesso em: 30 ago. 2023.

KOBLITZ, M. G. B. *Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

MAZARO, S. M. *et al*. Qualidade pós-colheita de acerolas tratadas com ácido salicílico. *Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. v. 10, n. 4, p. 512-517, 2015. Recife, PE, UFRPE. Disponível em: http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v10i4a5190. Acesso em: 30 ago. 2023.

OETTERER, M; REGITANO-D'ARCE, M. A. B; SPOTO, M. H. F. *Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Barueri, SP: Manole, 2006.

SANCHES, A. G. *et al*. Qualidade e resistência pós-colheita de jabuticabas tratadas com ácido salicílico. *Acta Iguazu*, Cascavel, v. 4, n. 4, p. 28 - 40, 2015. Disponível em: https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/13539. Acesso em: 30 ago. 2023.

SILVA, R. A. *et al*. *Defesa de plantas contra ataque de fitopatógenos*. Seropédica, RJ: Embrapa, Agrobiologia, 2008. 49 p. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/630318/1/doc250.pdf. Acesso em: 30 ago. 2023.

USO DE SUBSTRATO COMPOSTADO DE CAMA DE AVIÁRIO NO DESENVOLVIMENTO DE *Ilex paraguariensis*

Denise Andreia SZYMCZAK[1], Maria Luiza KOCK[2]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: denisea@utfpr.edu.br, marialuizakock@gmail.com

Resumo: *O desenvolvimento da sociedade juntamente com a crescente necessidade de produzir significativas quantidades de alimento, tem garantido prejuízos para o meio ambiente devido à quantidade de resíduos gerados e com áreas sendo degradadas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do composto proveniente da compostagem de cama de aviário e de poda urbana no desenvolvimento de Ilex paraguariensis (erva-mate). A compostagem, realizada na área experimental da UTFPR – FB, foi monitorada por meio dos parâmetros pH, teor de água, temperatura e teor de sólidos voláteis. Após o tratamento, os compostos foram avaliados quanto ao potencial para produção de mudas de erva-mate. Para essa produção utilizaram-se cinco tratamentos, T1:30 % de composto e 70 % de terra de subsolo; T2:20 % de composto e 80 % de terra de subsolo; T3:10 % de composto e 90 % de terra de subsolo; T4:0 % de composto e 100 % de terra de subsolo; T5:Substrato comercial. Para acompanhamento das mudas, verificou-se as características fitomorfológicas, altura da parte aérea, diâmetro do coleto e número de folhas. A partir dos valores médios de todos os parâmetros fitomorfológicos analisados, observou-se que não foram obtidas diferenças significativas no crescimento em altura, do diâmetro de coleto e do número de folhas entre os tratamentos avaliados. Deste modo, foi possível obter um composto estável a partir do resíduo de cama de aviário e poda urbana.*

Palavras-chave: *Compostagem, Resíduos sólidos, Áreas degradadas.*

INTRODUÇÃO

A erva-mate é uma espécie arbórea típica de regiões subtropicais e apresenta importância econômica e social especialmente para os estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná. Amplamente conhecida e utilizada na produção do chimarrão, também apresenta potencial para outras aplicações na indústria como corante, conservante alimentar, medicamentos, produtos de higiene e cosméticos (MACCARI e MAZUCHOWSKI, 2000).

Nas últimas décadas, a perda de áreas de ervais por culturas agrícolas, principalmente pela soja foi significativa (DA CROCE e FLOSS, 1999). No entanto, as mudas utilizadas para o estabelecimento dos ervais são de baixa qualidade, pois dentre vários fatores, é reflexo das propriedades físicas e químicas do substrato.

Dentre as várias opções de substratos para produção de mudas, uma alternativa que se mostra promissora é o composto orgânico, oriundo da compostagem de resíduos. A região Sudoeste do Paraná é grande produtora de frangos, e gera um resíduo chamado de cama de aviário. Esse material é rico em nitrogênio produzido pelas aves durante o período de confinamento. Se descartado de forma incorreta, pode gerar vários prejuízos ao meio ambiente, tais como poluição de recursos hídricos, do ar e do solo.

Nesse sentido, dado o tratamento adequado, o passivo ambiental pode tornar-se um ativo ambiental, por meio de alterações físico-químicas da matéria obtida no final da compostagem. O composto obtido no final do processo poderá ser utilizado para o desenvolvimento de mudas, que poderão ser empregadas para projetos de recuperação de áreas degradadas e na arborização urbana.

O objetivo deste tralho foi avaliar a eficiência do composto proveniente da compostagem de cama de aviário e de poda urbana no desenvolvimento de *Ilex paraguariensis* (Erva-mate).

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduos sólidos são gerados desde o princípio da civilização, por todas as atividades desenvolvidas. No entanto, antes da segunda guerra mundial esses resíduos, em sua maioria orgânicos, apresentavam rápida decomposição e eram gerados em menores quantidades per capta. Entretanto, atualmente os resíduos produzidos têm em suas composições elementos

químicos e muitas vezes tóxicos que além de serem prejudiciais ao ser humano, podem poluir o solo, e além de tudo, apresentam lenta degradação (JULIATTO; CALVO; CARDOSO, 2012).

Segundo Lima (1995), resíduo sólido é qualquer resíduo resultante das atividades do homem na sociedade, em que sua origem e formação é dependente de vários aspectos, como por exemplo, os hábitos e costumes da população, nível educacional e a área relativa de produção.

De acordo com a NBR 10.004/2004, os resíduos sólidos são definidos como resíduos no estado sólido ou em estado semi-sólido, sendo resultante de atividades industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

No Brasil, no ano de 2010 foi instituída a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, pela Lei Federal nº 12.305/2010 a qual estabelece os objetivos, diretrizes, instrumentos, princípios, meta e ações que devem ser tomadas onde se visa a gestão integrada dos resíduos sólidos (IPEA, 2012).

COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

A Resolução CONAMA nº 481/2017, estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos. Além desta Resolução, segundo a instrução normativa nº 46/2011 do Ministério de da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, compostagem é definida como um processo físico-químico, que pode ser realizada de modo natural ou controlada, utilizando matérias primas de origem animal ou vegetal, a. Ao passo que o produto resultante da compostagem chamado de composto orgânico

A compostagem apresenta-se como um processo de tratamento de resíduos orgânicos que, pode ser realizada utilizando resíduos de fontes diversas, como o resíduo urbano, industrial, agrícola e florestal. Nesse processo, ocorre de forma biológica, a decomposição e estabilização de substratos, e este, processo depende de algumas condições que favorecem seu desenvolvimento de forma controlada (CERRI, 2008).

Ainda segundo Cerri (2008), a compostagem é um processo de oxidação biológica em que os organismos presentes no processo de degradação dos nutrientes liberam vapor d'agua e dióxido de carbono, ocorrendo naturalmente no ambiente. O processo completo da compostagem até a produção obtenção do material estável ocorre no período de

aproximadamente de 90 a 120 dias, se as condições como umidade, teor de água, aeração, relação carbono/nitrogênio, temperatura e pH estiverem reguladas (CERRI, 2008).

O processo de compostagem apresenta uma série de vantagens, dentre elas, além de transformar um passivo ambiental em ativo ambiental, também a redução da carga de resíduos orgânicos destinados aos aterros sanitários e, consequentemente, contribui para a diminuição da emissão dos gases causadores do efeito estufa (GOMES et al., 2015).

Existem várias maneiras de realizar o processo de degradação de matéria orgânica através da compostagem. Podem ser realizados projetos em pequena ou grande escala, utilizando composteiras, que podem ser construídas de alvenaria, madeira ou arame, ou ainda, sem a utilização de estruturas, mudando apenas a forma como é ela é montada, podendo ser em pilha, em formato trapezoidal ou triangular (SOUZA et al., 2001).

ILEX PARAGUARIENSIS

O francês Auguste de Saint Hilaire identificou e catalogou, em 1820, a *Ilex paraguariensis* (erva-mate), a qual recebeu este nome dado a localização onde foi encontrada, em uma região do Paraguai chamada Paraguai (OLIVEIRA e ROTTA, 1985).

A erva-mate é encontrada no Paraguai, e no Brasil, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e em algumas regiões do Mato Grosso do Sul e de São Paulo, em que aproximadamente 596 municípios desenvolvem a atividade de ervateira (ESMELINDRO et al., 2002). Segundo Daniel (2009), a erva-mate se encontra em floresta ombrófila mista, e se localiza no sub-bosque, ou seja, abaixo das árvores de grande porte.

Segundo Wendling (2016), a erva-mate integra sistemas agroflorestais, e está economicamente presente para a manutenção do pequeno produtor rural. Ainda segundo o autor, são cerca de 486 municípios entre os estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul que empregam aproximadamente 710 mil trabalhadores neste setor.

Para se obter o bom estabelecimento e desenvolvimento de espécies nativas, é importante que as mudas tenham qualidade. A referida qualidade pode ser afetada pelo tipo de semente, substrato, adubação e manejo utilizado em seu desenvolvimento (CALDEIRA et al., 2008). De acordo com Quadros (2009), a *Ilex Paraguariensis* possui grande importância econômica e cultural para o sul do Brasil. As pessoas tomam o tradicional chimarrão, que é um chá de sabor amargo realizado com a erva, o qual tem mudanças no

gosto de acordo com os aspectos em que a planta foi submetida enquanto estava se desenvolvendo (ZERBIELLI, 2016).

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no município de Francisco Beltrão, Paraná, na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). As três pilhas de compostagem foram montadas com dois tipos de resíduos, sendo eles a cama de aviário e o resíduo de poda de árvores. O primeiro é um material rico em nitrogênio, e foi obtido a partir de doação de um avicultor da região. O segundo, foi fornecido pela Secretaria de Meio Ambiente de Francisco Beltrão já triturado.

Para o monitoramento das pilhas, foram analisados semanalmente pH, teor de água e sólidos voláteis. O processo de compostagem encerrou-se quando o composto apresentou características estáveis de temperatura ambiente por quatro semanas consecutivas. Ao fim do processo de compostagem, os compostos foram peneirados e encaminhados para a produção de mudas.

O produto resultante da compostagem foi utilizado no replantio de mudas de *Ilex paraguariensis*. Estas mudas foram obtidas no viveiro municipal de Flor da Serra do Sul. As mudas foram dispostas individualmente em vasos com 5,5 litros de capacidade e realizou-se cinco tratamentos que consistem em diferentes proporções de substrato proveniente da compostagem e de terra de subsolo. As combinações utilizadas foram: T1: 30% de composto e 70% de terra de subsolo; T2: 20% de composto e 80% de terra de subsolo; T3: 10% de composto e 90% de terra de subsolo; T4: 0% de composto e 100% de terra de subsolo; T5: 100% Substrato comercial. A terra de subsolo (Latossolo Vermelho distrófico) foi retirada de Francisco Beltrão, no campus da Universidade Federal Tecnológica do Paraná, na camada de 20 cm a 40 cm de profundidade.

Para a realização das análises, foram utilizados cinco mudas em cada tratamento, para assim aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos, e totalizando uma quantidade de 25 mudas. A disposição de cada bloco e tratamento foram aleatorizadas para reduzir o erro amostral do experimento.

Foram analisados parâmetros fitomorfológicos como o diâmetro do coleto, altura e número de folhas entre os indivíduos produzidos nos diferentes substratos sob as mesmas condições de insolação.

Logo após o replantio, foi aferida a altura, o número de folhas e o diâmetro de coleto de cada muda de erva-mate, obtendo a medida de referência para comparação com as medidas posteriores. Novas medições foram realizadas a cada 15 dias e ao final, nos 60 dias (maio e junho de 2021).

Para obter maior confiabilidade nos resultados de crescimento das mudas, foram realizados análise de variância (ANOVA), o teste de Tukey com o nível de significância 5%, sendo estes testes realizados no software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O incremento médio (diferença da altura da muda quando foi transplantada e durante o experimento) foi de 4,8 cm. Os tratamentos T1, T3 e T5 apresentaram as maiores alturas, porém não foram significativos estatisticamente (Tabela 1).

Isso pode estar relacionado ao fato de a erva-mate ser uma espécie secundária inicial, o que denota um crescimento mais lento em comparação com espécies pioneiras. Além do mais, o período do ano no qual o experimento foi realizado (outono/inverno) também representa a estagnação do crescimento vegetativo em todas as plantas. Pimentel (2016), salienta que pesquisas com crescimento de plantas no período de inverno, sofrem influência do estágio de dormência das plantas nesse período.

Tabela 1- Média do incremento de crescimento dos parâmetros fitomorfológicos das mudas de erva-mate.

Tratamento	Altura das mudas (cm)	Diâmetro de coleto (mm)	Número de folhas
T1	5,2 [a]	1,76 [b]	17 [c]
T2	4,6 [a]	1,17 [b]	16 [c]
T3	5,2 [a]	1,1 [b]	19 [c]
T4	3,9 [a]	1,1 [b]	19 [c]
T5	5,2 [a]	1,21 [b]	18 [c]
Média Geral	4,8	1,27	18
CV (%)	12%	22,3%	8%

*Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de tukey ao nível de 5% de significância. **Em que: T1: 30% de composto + 70% de terra de subsolo; T2: 20% de composto + 80% de terra de subsolo; T3: 10% de composto + 90% de terra de subsolo; T4: 0% de composto + 100% de terra de subsolo; T5: Substrato comercial.

Possivelmente seja necessário estudar outras proporções do mesmo composto, para efetivar sua influência sobre o desenvolvimento das mudas de erva-mate sobre as condições impostas para seu crescimento e aumentar o tempo de desenvolvimento do estudo, pois autores como Coelho et al. (2000), Pimentel (2016) Santin (2004) e Poletto et al. (2010) realizaram seus estudos com maior tempo de duração.

O incremento médio do diâmetro de coleto das mudas de erva-mate foi de 1,27 cm. Os tratamentos T1e T5 apresentaram os maiores diâmetros, porém não foram significativos estatisticamente. O tratamento menos atrativo para crescimento em altura e para diâmetro foi o T4 que usou 0 % de composto e 100 % de terra de subsolo. Isso demonstra que a adição de composto orgânico na formulação do substrato auxilia no desenvolvimento de plantas de erva-mate. Além disso, o uso de resíduos compostados é extremamente importante para dar destino correto ao resíduo que antes era um problema a ser resolvido.

Em testes de cultivo de mudas de erva-mate em diferentes proporções entre terra de subsolo e esterco de gado, Santin (2004), obteve que o melhor desenvolvimento do diâmetro de coleto foi o tratamento de 10% de esterco e 90% de terra de subsolo.

Neste trabalho foi possível identificar que o desenvolvimento das mudas com o substrato que é vendido comercialmente, também foi estatisticamente igual ao dos outros tratamentos que utilizaram o composto, sendo utilizado 100 % de substrato nos vasos, assim percebe-se que não há necessidade de adquirir esse tipo de produto, uma vez que a custo zero, pode-se produzir composto e obter os mesmos resultados nas proporções utilizadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento das mudas de erva-mate resultou estatisticamente igual com cada um dos parâmetros mensurados, duas observações devem ser levadas em consideração. A primeira é que o desenvolvimento do tratamento que tinha substrato comercial foi igual aos que tinham o composto, então não se faz necessário comprar o substrato uma vez que o mesmo resultado pode ser obtido pelo composto.

Posteriormente, mesmo os resultados não se diferirem uns dos outros, a alternativa de utilizar resíduo que é um passivo ambiental e torná-lo um ativo ambiental (composto), torna a compostagem uma possibilidade ambientalmente viável.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Norma Brasileira nº 10.004 de 31 de maio de 2004. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ, 2004.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 17 mai. 2019.

CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G.N.; FENILLI, T.A.B.; HARBS, R.M.P. composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. Scientia Agraria, [s.l.], v. 9, n. 1, p.027-36, 1 jan. 2008.

CERRI, C.E.P.; OLIVEIRA, E.C.A.; SARTORI, R.H.; GARCEZ, T.B. Compostagem. Apostila da disciplina de matéria orgânica do solo. ESALQ, Piracicaba, SP.2008.

COELHO, G. C.; RACHWAL, M.; SCHNORRENBERGER, E.; SCHENKEL, E. P.; Efeito do sombreamento sobre a sobrevivência, morfologia e química da erva-mate. In: Congresso sul-americano da erva-mate, 2.; reunião técnica do cone sul sobre a cultura da erva-mate, 3., 2000, Encantado. Anais. Porto Alegre: UFRGS; FEPAGRO, 2000. p. 396-399.

DANIEL, O. Erva-mate: sistema de produção e processamento industrial. Dourados, MS: UFGD; 288p. UEMS, 2009.

ESMELINDRO, M. C. et al. Caracterização físico-química da erva-mate:Influência das etapas do processamento industrial. Ciência e Tecnologia Alimentar, Campinas, v.22, n.2, p.193-204, 2002.

GOMES, L. P.; KOHL, C. A.; SOUZA, C. L. L.; REMPEL, N.; MIRANDA, L. A. S.; MORAES, C. A. M. Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. V. 20, n.3. Rio de Janeiro, 2015.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais. Relatório de pesquisa. Brasília, 2015. 74 p.

JULIATTO, D. L.; CALVO, M. J.; CARDOSO, T. E.. Gestão integrada de resíduos sólidos para instituições públicas de ensino superior. Revista Gestão Universitária na América Latina - Gual, [s.l.], v. 4, n. 3, p.170-193, 5 jun. 2012. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

LIMA, L. M. Q. Lixo – Tratamento e Biorremediação. 3ª ed., São Paulo: Hemus, 1995.

OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate (Ilex paraguariensis St. Hil.). In: seminário sobre atualidades e perspectivas florestais - silvicultura da erva-mate, 10., 1985, Curitiba. Anais...Curitiba: Embrapa-CNPF, 1985. p.17-36.

PIMENTEL, N. Miniestaquia e Qualidade das Mudas de Erva Mate. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciencias Rurais, Programa de Pós-Graduação em engenharia Florestal, RS, 2016.

POLETTO, I.; MUNIZ, M.F.B.; CECONI, D. E.; MEZZOMO, R.; RODRIGUES, J. Influência da inoculação de Fusarium spp. e níveis de sombreamento no crescimento e desenvolvimento da ervamate. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 513-521 jul./set. 2010.

QUADROS, K.M. Propagação vegetativa de erva-mate (Ilex paraguariensis Saint HilaireAquifoliaceae). 2009. 69f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SANTIN, D., HOPPE, J. M., CECONI, D. E., SCHUMACHER, M. V. Uso de substratos alternativos com solo no desenvolvimento inicial de mudas de erva-mate (Ilex paraguariensis)

St. Hill.). In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. Anais. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p. 200-205.
SOUZA, F, A.; AQUINO, A. M.; RICCI, M.S.F.; FEIDEN, A. Compostagem. Seropédica, RJ: EMBRAPA, 2001. 11p (Comunicado Técnico, 50).
WENDLING, I. Melhoramento de erva-mate: perspectivas. Seminário Erva-Mate XXI: Modernização no cultivo e diversificação do uso da erva-mate, 2016, Curitiba. Anais. Colombo: Embrapa Florestas, 2016.
ZERBIELLI, L. C. Produtividade, luminosidade, composição química e qualidade da erva-mate. Guarapuava, 2006. 50f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal.

ESTUDO COMPARATIVO DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE COM UTILIZAÇÃO DE NANOCARBONO

Resumo: *Os benefícios da nanotecnologia para a agricultura têm recebido bastante atenção nas pesquisas atuais. O uso de nanocarbono em fertilizantes tem se mostrado bastante promissor e um dos grandes desenvolvedores de Nanofertilizantes é a China. O presente estudo apresenta uma análise comparativa dos processos de produção de fertilizantes com a utilização de nanocarbono, com foco nas patentes CN102206124 e CN102816003. Foram comparadas as vantagens, desvantagens, similaridades e diferenças. A eficiência no aumento da produtividade agrícola com aplicação de nanopartículas em fertilizantes parece relevante, no entanto, ainda há necessidade de mais estudos acerca do impacto ecotoxicológico dessas nanopartículas.*

Palavras-chave: *Nanofertilizante; Agricultura; Toxicidade; Patente.*

INTRODUÇÃO

Ao compreender em detalhes as características e os benefícios proporcionados pelos fertilizantes com nanocarbono, é possível explorar seu potencial para aumentar a eficiência e a sustentabilidade da agricultura, promovendo práticas agrícolas mais responsáveis e amigáveis ao meio ambiente.

No contexto de seu uso como fertilizantes, pesquisas verificaram que a germinação foi maior para sementes contendo nanocarbonos, métodos analíticos indicaram que os esta substância é capaz de penetrar no revestimento espesso da semente e favorecer a absorção de água dentro das sementes (Khodakovskaya *et al*, 2009).

Outras pesquisas mostraram que o uso da zeólita na agricultura representa uma boa opção nanotecnológica, como fertilizante de liberação lenta, corretivo do solo, uso eficiente da água de irrigação e como substrato para o crescimento de plantas em bioespaços (Mendez-Argüello *et al*, 2016).

Ainda é controverso o uso de nanocarbono. Se por um lado há um incremento da produção agrícola, por outro, há o risco da toxicidade (Popescu *et al*, 2013).

No entanto, é importante salientar que a literatura científica ainda carece de estudos de longo prazo sobre o uso de fertilizantes de nanocarbono. Portanto, é necessário evitar conclusões precipitadas e promover uma abordagem cautelosa diante dessa questão.

O presente estudo apresenta uma análise comparativa dos processos de produção de fertilizantes com a utilização de nanocarbono, com foco nas patentes CN102206124 e CN102816003 (disponíveis em: https://pss-system.cponline.cnipa.gov.cn; https://patents.google.com/patent/CN102206124A/en?oq=CN102206124). Ambas as patentes descrevem formulações de fertilizantes que incorporam nanocarbono, fornecendo benefícios adicionais para o crescimento e desenvolvimento de plantas.

O objetivo deste estudo é avaliar as vantagens e desvantagens de cada uma dessas patentes, identificar suas similaridades e diferenças. Além disso, busca-se destacar a importância de considerar o impacto ambiental desses processos de produção, levando em conta o contexto atual em que a preservação do meio ambiente é uma preocupação fundamental.

Deve-se sempre lembrar que este estudo não sanará as dúvidas com relação à segurança relacionada à saúde humana e ao meio ambiente. Como há falta de estudos específicos sobre a alimentação humana e o impacto ambiental associado ao uso desses fertilizantes, é possível que existam impactos negativos desconhecidos em ambos os aspectos.

No contexto de seu uso como fertilizantes, pesquisas verificaram que a germinação foi maior para sementes contendo nanocarbonos, métodos analíticos indicaram que os esta substância é capaz de penetrar no revestimento espesso da semente e favorecer a absorção de água dentro das sementes (Khodakovskaya *et al*, 2009).

Outras pesquisas mostraram que o uso da zeólita na agricultura representa uma boa opção nanotecnológica, como fertilizante de liberação lenta, corretivo do solo, uso eficiente da água de irrigação e como substrato para o crescimento de plantas em bioespaços (Mendez-Argüello *et al*, 2016).

Ainda é controverso o uso de nanocarbono. Se por um lado há um incremento da produção agrícola, por outro, há o risco da toxicidade (Popescu *et al*, 2013).

No contexto de seu uso como fertilizantes em sistemas hidropônicos, observa-se que os nanocarbonos apresentam toxicidade para as plantas. No entanto, é importante ressaltar que essa observação não pode ser generalizada para o solo (na dosagem ideal não há efeitos ruins).

Algumas pesquisas feitas com testes in vitro demonstraram toxicidade do nanocarbono, porém é fundamental considerar que, nesse caso específico, o nanocarbono não foi utilizado em conjunto com o fertilizante, ou como um fertilizante, no solo.

Os estudos realizados em animais aquáticos com o nanocarbono revelaram efeitos adversos, porém é relevante destacar que o nanocarbono estava incorporado na água, onde aparentemente é mais comum tal situação.

É notável ressaltar que, apesar da crescente utilização de fertilizantes de nanocarbono, a disponibilidade de estudos de longo prazo nessa área ainda é limitada na literatura científica. Diante dessa lacuna, é essencial adotar uma abordagem cuidadosa e evitar conclusões precipitadas, destacando a necessidade de pesquisas adicionais para uma compreensão mais aprofundada dos potenciais impactos e benefícios associados a esses fertilizantes.

METODOLOGIA

Na metodologia empregada neste estudo, realizou-se uma busca online no depósito de patentes chinesas para identificar as patentes relevantes relacionadas ao tema em questão. Foi conduzido um estudo comparativo detalhado entre as patentes selecionadas. Esse processo permitirá uma análise mais aprofundada das características, vantagens, desvantagens e informações disponíveis em cada uma das patentes, possibilitando uma compreensão mais abrangente do assunto em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No contexto da presente investigação, foram analisadas duas patentes relevantes que descrevem a aplicação de fertilizantes à base de nanocarbono, destacando suas vantagens e desvantagens. A Tabela 1 apresenta as principais diferenças e semelhanças de produção dos nanofertilizantes chineses.

A primeira patente, CN102206124, ressalta diversas vantagens desse tipo de fertilizante. Observou-se uma redução significativa na volatilização dos Gases de Efeito Estufa (GEE), resultando em benefícios ambientais e contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, constatou-se que a taxa de fertilização com o uso desses fertilizantes é de 50% a 70% superior em comparação com a fertilização convencional, o que pode resultar em um aumento da produtividade agrícola.

A presença do nanocarbono no fertilizante também demonstrou a capacidade de aumentar a permeabilidade e a adsorção de antibióticos, intensificando seu efeito benéfico no controle de doenças. Outra vantagem observada foi a economia de aproximadamente 30% a 50% na quantidade de fertilizante aplicado em comparação com fertilizantes comuns. Além disso, constatou-se que esses fertilizantes têm potencial para tratar diversas doenças em diferentes culturas, bem como purificar o solo contaminado pelo metal pesado cádmio.

Tabela 1 – Tabela de comparação entre as patentes CN102206124 e CN102816003

	CN102206124	CN102816003
Vantagens	A volatilização dos GEE é diminuída.	A taxa de fertilização é 50% a 70% a mais do que na convencional. O nanocarbono presente no fertilizante aumenta a permeabilidade e a adsorção de antibióticos, intesificando seu efeito. Economiza cerca de 30% a 50% da quantidade aplicada de fertilizante no solo em comparação com o fertilizante comum. Trata diversas doenças em

		diferentes culturas. Purifica a poluição do solo por cádmio.
Desvantagens	É fácil de se decompor em condições de alta temperatura e umidade. Geralmente, a taxa de utilização de nitrogênio deste fertilizante é de apenas 25% a 30% e o período de efeito do fertilizante é de apenas 30 a 40 dias.	Por se tratar de um fertilizante orgânico, o mesmo apresenta as mesmas desvantagens para tal: se mal feito, o fertilizante pode contaminar o solo com patógenos.
Diferenças	Utilização dos ingredientes DCD e amônia.	Fermentação do meio de cultura pelas bactérias antibacterianas. Mistura com fertilizante orgânico. Inoculação das bactérias no fertilizante.

Fonte: Autoria própria (2023)

No entanto, também foram identificadas algumas desvantagens associadas aos fertilizantes à base de nanocarbono. Em condições de alta temperatura e umidade, esses fertilizantes têm a tendência de se decompor facilmente, o que pode comprometer sua eficácia. Além disso, a taxa de utilização de nitrogênio desses fertilizantes geralmente é baixa, variando de apenas 25% a 30%, e o período de efeito do fertilizante é relativamente curto, durando de 30 a 40 dias. Vale ressaltar que, por serem fertilizantes orgânicos, eles compartilham as desvantagens típicas desse tipo de fertilizante, como o risco de contaminação do solo por patógenos.

Ao comparar as duas patentes, observa-se que ambos os fertilizantes são à base de nanocarbono, fornecendo benefícios semelhantes em termos de permeabilidade, adsorção de antibióticos e purificação do solo contaminado por cádmio.

No entanto, percebe-se diferenças significativas em relação aos ingredientes utilizados. A patente CN102206124 menciona a utilização de DCD – dicianodiamida (inibidor da nitrificação do nitrogênio amoniacal) e amônia, enquanto a patente CN102816003 descreve

a fermentação do meio de cultura por bactérias antibacterianas, a mistura com fertilizante orgânico e a inoculação de bactérias no fertilizante.

É importante destacar que ambas as patentes apresentam informações faltantes que limitam uma análise mais abrangente. As informações ausentes incluem a fórmula molecular, o tipo de nanocarbono utilizado, as proporções das substâncias presentes, bem como uma visão geral mais detalhada das vantagens e desvantagens de cada método utilizado para a concepção da invenção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escassez de pesquisas de longo prazo sobre o assunto ressalta a necessidade de conduzir estudos adicionais e avaliações rigorosas, tanto para compreender os efeitos na saúde humana como para avaliar os impactos ambientais antes de considerar a utilização desses fertilizantes em larga escala na produção de alimentos e em práticas agrícolas. É fundamental obter um conhecimento aprofundado dos potenciais riscos associados ao uso desses fertilizantes, tanto para a saúde humana como para a preservação do meio ambiente.

Devido à ausência de informações (Fórmula molecular, tipo de nanocarbono usado, proporções das substâncias, um panorama de vantagens e desvantagens de cada um dos diferentes métodos usados para se fazer a invenção) essenciais em ambas as patentes analisadas, torna-se inviável conduzir uma investigação abrangente e reproduzir os resultados mencionados. É imprescindível que os depositantes de patentes chinesas adotem medidas efetivas para assegurar a integridade e a completude dos dados fornecidos, permitindo assim que outras pessoas possam reproduzir e validar os resultados descritos.

Além disso, é fundamental que sejam estabelecidos mecanismos de revisão e aprimoramento do processo de submissão de patentes, a fim de garantir a inclusão de todas as informações necessárias para uma avaliação criteriosa. Dessa forma, promoveremos um ambiente mais propício à pesquisa científica e à inovação tecnológica, no qual a transparência e a replicabilidade das descobertas são valorizadas e respeitadas.

Dessa forma, este estudo visa contribuir para o avanço do conhecimento científico nessa área, fornecendo informações relevantes para pesquisadores, agricultores e profissionais do setor agrícola interessados em utilizar fertilizantes com nanocarbono como uma alternativa promissora para o aumento da produtividade agrícola, ao mesmo tempo em que se busca a preservação e proteção do ambiente.

REFERÊNCIAS

AAZAMI, Ali Mohammad; MEHRABANI, Vojodi Lamia; HASHEMI, Tahereh; BAGHER, Hassanpouraghdam Mohammad; RASOULI, Farzad. Soil-based nano-graphene oxide and foliar selenium and nano-Fe influence physiological responses of 'Sultana' grape under salinity. Scientific Reports, v. 12, n. 1, p. 4234 2022.

BEGUM, Parvin; FUGETSU, Bunshi. Phytotoxicity of multi-walled carbon nanotubes on red spinach (Amaranthus tricolor L) and the role of ascorbic acid as an antioxidant. Journal of Hazardous Materials, v. 243, p. 212-222, 2012.

BULMARO MENDEZ ARGUELLO, RICARDO HUGO LIRA SALDIVAR., ILEANA VERA REYES. Respuestas fisiológicas de plantas cultivadas en bioespacios por efecto de nanofertilizantes y zeolita. Disonível em: http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/333

CHINA, https://pss-system.cponline.cnipa.gov.cn/conventionalSearch, acesso em maio de 2023. APUD: https://patents.google.com/patent/CN102206124A/en?oq=CN102206124 e https://patents.google.com/patent/CN102816003A/en?oq=CN102816003

HAO, Yi et al. Carbon nanomaterials alter plant physiology and soil bacterial community composition in a rice-soil-bacterial ecosystem. Environmental pollution, Elsevier, v. 232, p. 123–136, 2018.

KHODAKOVSKAYA, M.; DERVISHI, E.; MAHMOOD, M.; XU, Y.; LI, Z.; WATANABE, F.; BIRIS, A. S. ACS Nano 2009 3 (10), 3221-3227. DOI: 10.1021/nn900887m

LAM, Chiu-wing et al. A review of carbon nanotube toxicity and assessment of potential occupational and environmental health risks. Critical reviews in toxicology, Taylor & Francis, v. 36, n. 3, p. 189–217, 2006.

LIN, Chun et al. Studies on toxicity of multi-walled carbon nanotubes on arabidopsis t87 suspension cells. Journal of Hazardous Materials, Elsevier, v. 170, n. 2-3, p. 578–583, 2009.

POPESCU, B. M.; ALI, N.; BASTUREA, G.; COMSA, G. I.; MATERON, L. A.; CHIPARA, M.; Appl. Surf. Sci. 2013, 275, 2.

SAFDAR, Mahpara et al. Engineering plants with carbon nanotubes: a sustainable agriculture approach. Journal of Nanobiotechnology, BioMed Central, v. 20, n. 1, p. 1–30, 2022.

STAMPOULIS, Dimitrios; SINHA, Saion K.; WHITE, Jason C. Assay-dependent phytotoxicity of nanoparticles to plants. Environmental science & technology, v. 43, n. 24, p. 9473-9479, 2009.

WANG, Shiya; LIU, Ying; WANG, Xinyi; XIANG, Hongtao; KONG, Deyong; WEI, Na; GUO, Wei; SUN, Haiyan. Effects of concentration-dependent graphene on maize seedling development and soil nutrients. Scientific Reports, v. 13, n. 1, p. 2650, 2023.

ABORDAGEM GERAL DA HÉRNIA PERINEAL EM CÃES: REVISÃO DE LITERATURA

Vitor Angelo MUSIAL[1], Heloisa Vieira CORDEIRO[1], Matheus Campos ALVES[1]

[1]Departamento Acadêmico de Medicina Veterinária
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Realeza
Realeza – Paraná - Brasil

E-mails: vitor.musial94@gmail.com, heloisa.cordeiro@estudante.uffs.edu.br,
matheus.alves@estudante.uffs.edu.br

Resumo: *A hérnia perineal é uma condição patológica em que alguns órgãos da cavidade abdominal caudal encontram-se na região perineal devido a fragilidade muscular da região, geralmente acometendo cães machos não castrados de idade mais avançada. A hérnia pode ser unilateral ou bilateral e, dependendo do conteúdo presente, os sinais clínicos podem variar desde constipação, disquezia e tenesmo a disúria e estrangúria. O diagnóstico é baseado na anamnese, no exame físico e nos sinais clínicos, podendo ou não associar a métodos de diagnóstico por imagem. O tratamento pode ser conservacional ou cirúrgico, onde há ampla variedade de técnicas descritas na literatura. Este trabalho objetiva realizar uma revisão de literatura perante ao conteúdo sobre hérnia perineal em cães, de maneira a abordar a fisiopatogenia, sinais clínicos, diagnóstico, tratamento e complicações.*

Palavras-chave: *Caninos; Diafragma pélvico; Herniorrafia; Períneo.*

INTRODUÇÃO

As hérnias ocorrem devido a fragilidade de estruturas que compõem a parede muscular, seja de origem congênita ou adquirida, em determinada região do organismo. Assim, é promovida a protusão das vísceras através de um orifício entre os grupos musculares enfraquecidos ao subcutâneo (SMEAK, 2012). Para estruturação de uma hérnia verdadeira, a matéria que a compõe é denominada conteúdo herniário, a qual passou por um anel herniário até a formação de um novo espaço revestido por um saco herniário (FARIA *et al.*, 2016).

Além das hérnias verdadeiras, pode-se classificá-las em falsas quando essas não apresentam o saco peritoneal de revestimento, em que as causas, geralmente, relacionam-se a episódios de trauma. Ainda há outras classificações, como quanto à possibilidade ou não de

redutibilidade, a presença de conteúdo simples ou múltiplo e a localização anatômica do defeito muscular (SMEAK, 2012).

Essas que ocorrem no períneo, representam grande parte da casuística cirúrgica da região, essencialmente relacionadas ao enfraquecimento do diafragma pélvico de forma a possibilitar a passagem ao subcutâneo de gordura retroperitoneal, vesícula urinária, reto, próstata e demais estruturas. Geralmente, acomete caninos machos não castrados geriatras, sendo a patogenia não totalmente esclarecida, mas associada a fatores de crescimento prostática, degeneração muscular e outros (FOSSUM, 2019).

A apresentação pode ser unilateral ou bilateral, apesar de que o desenvolvimento de uma pode estar relacionado com a formação da alteração contralateralmente (RAISER, 1994). Ademais, as hérnias são nominadas conforme a respectiva localização na região perineal, sendo estas: Dorsal, caudal, ciática e ventral (FOSSUM, 2019). Em geral, a hérnia perineal ocorre devido defeito entre a musculatura do esfíncter externo do ânus e elevador do ânus, denominada de hérnia perineal caudal (BELLENGER; CANFIELD, 2003).

Os sinais clínicos, na maior parte dos casos, incluem aumento de volume unilateral ou bilateral na região perineal, constipação, disquezia e tenesmo devido ao fato do acúmulo de fezes no reto com anormalidade em seu trajeto (HEDLUND, 2002). Ademais, quando há retroflexão da vesícula urinária e hiperplasia prostática, o paciente pode apresentar disúria e estrangúria, e quando associada a estrangulação intestinal e azotemia, trata-se de uma situação de emergência (FOSSUM, 2019).

O diagnóstico da afecção tem como base a interpretação do histórico do paciente e a realização de inspeção visual e exame físico, em que há verificação de aumento de volume na região perineal. A palpação retal pode ser associada, a qual trará informações quanto ao volume prostático e possíveis anormalidades estruturais do reto. Exames radiográficos e ultrassonográficos são úteis para identificação da natureza do conteúdo presente na hérnia, o qual auxilia na classificação da gravidade do caso (BELLENGER; CANFIELD, 2003).

O uso de emolientes, laxantes e a realização de enemas pode auxiliar no alívio da constipação e demais sinais clínicos, da mesma forma a sondagem uretral ou a cistotomia percutânea é uma alternativa para o esvaziamento da vesícula urinária. Porém, tais medidas são paliativas, logo para resolução do caso o tratamento é cirúrgico, em que o cirurgião pode optar por diferentes técnicas citadas na literatura (ARONSON, 2012).

As principais técnicas de herniorrafia ou demais abordagens cirúrgicas associadas ao tratamento das hérnias perineais descritas por Fossum (2019), são: Herniorrafia tradicional, herniorrafia por transposição do músculo obturador interno e deferentopexia. A transposição do músculo glúteo superficial (WEAVER; OMAMEGBE, 1981) e do músculo semitendinoso (BARBOSA *et al*., 2015) são outras técnicas descritas. Ademais, estratégias como a colopexia e a omentopexia podem ser consideradas (D'ASSIS *et al*., 2010).

Assim, entende-se que as hérnias perineais em cães podem se apresentar de diferentes maneiras, com sinais clínicos e gravidade variadas. Também, relata-se diversas estratégias diagnósticas e terapêuticas disponíveis para o uso do médico veterinário. Porém, muitas das vezes as informações presentes nos livros não abordam de maneira completa a magnitude do assunto, de maneira a exigir do profissional pesquisas elaboradas e com diferentes referenciais para complementar o aprendizado e, finalmente, desenvolver conhecimento suficiente para a abordagem mais adequada aos distintos pacientes.

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

O períneo, em pequenos animais, refere-se ao segmento corporal que reveste a porção mais caudal da pelve e circunda o ânus e o canal urogenital. O diafragma pélvico é um aglomerado de músculos estriados esqueléticos os quais revestem a parte dorsal da região. Além do diafragma pélvico, ainda há o diafragma urogenital, responsável pelo revestimento ventral. Os principais músculos da região são: Esfíncter anal externo, elevador do ânus, coccígeo, obturador interno, glúteo superficial, ísquiouretral, bulbocavernoso e isquiocavernoso, além dos ligamentos sacrotuberosos (DYCE; SACK; WENSING, 2010).

As herniações perineais, mais comumente relatadas, acometem os músculos elevador do ânus, esfíncter anal e obturador interno, sendo classificada em hérnia caudal. Quando a falha está entre os músculos coccígeos e o ligamento sacrotuberoso é chamada de hérnia ciática, já ao afetar o músculo elevador do ânus e os músculos coccígeos denomina-se hérnia dorsal e entre o músculo bulbocavernoso e isquiocavernoso, entende-se como hérnia ventral, a menos relatada. Podem acometer um ou os dois lados (FOSSUM, 2019; ZORAN, 2005).

Não há clareza quanto ao mecanismo exato na formação das hérnias perineais, porém entende-se que múltiplos fatores correlacionam-se para sua etiopatogenia, sendo os principais a hiperplasia prostática e a degeneração muscular senil ou neurológica (MILECH *et al.*,

2011). O crescimento prostático anormal pode ser devido a predisposição congênita em algumas raças, a alterações hormonais e a patologias prostáticas (GULARTE; GROTH; MARTINS, 2018). De maneira geral, haverá compressão da porção final do intestino e uretra de modo a exigir excessivamente do diafragma pélvico para as excreções, levando-o a exaustão (ZORAN, 2005).

Há uma hipótese de Zoran (2005), que a degeneração muscular do períneo pode estar relacionada a prostatomegalia, compressão dos nervos pudendos e atrofia neurogênica, porém, não é claro se o evento é uma causa ou uma consequência do aumento de volume prostático. Ademais, essa debilidade do diafragma pélvico pode ter como etiologia a genética do animal, em que a degeneração progride conforme a idade (RIBEIRO, 2010).

A afecção é comumente relatada em cães machos a partir de cinco anos não castrados, em que esse grupo representa 93% dos casos de hérnia perineal para a espécie. Em felinos, geralmente há o acometimento de gatos machos castrados com apresentação bilateral e aumento de volume discreto, sendo ainda considerada uma patologia pouco frequente (FOSSUM, 2019; ASSUMPÇÃO; MATERA; STOPIGLIA, 2016).

As fêmeas caninas também podem ser acometidas, porém há menor casuística devido ao músculo elevador do ânus apresentar maior resistência, volume e adesão no seu ponto dorsal de fixação, de forma a propiciar maior firmeza ao diafragma pélvico (ASSUMPÇÃO; MATERA; STOPIGLIA, 2016). Ademais, alguns autores correlacionam a hérnia perineal ao crescimento prostático (MILECH *et al*., 2011). As raças que apresentam maior predisposição a hérnia perineal são: Boston Terriers, Boxers, Welsh Corgis, Pequinês, Collies, Poodles, Kelpies, Dachshunds, Old English Sheepdogs e Mongrels (FOSSUM, 2019).

. Os sinais clínicos e a gravidade do caso podem variar principalmente devido ao conteúdo presente na hérnia e se há ou não o encarceramento de vísceras. A retroflexão da vesícula urinária pode levar a quadros de estranguria, disúria e anúria, com possibilidade de doença renal aguda. Ademais, o aprisionamento crônico de alças intestinais pode provocar isquemia e necrose do segmento intestinal Tais fatores contribuem para a condução do caso ao mau prognóstico (BELLENGER; CANFIELD, 2003).

Entre as principais possibilidades de conteúdo presente nas hérnias, cita-se: gordura retroperitoneal, reto, cólon, vesícula urinária, próstata, intestino delgado e coleção de líquido seroso. O conteúdo pode ou não ser redutível. Ademais, o reto pode apresentar alterações

como saculação, dilatação, desvios e divertículos, os quais podem acentuar a gravidade do caso e exigem abordagens cirúrgicas corretivas próprias associadas a herniorrafia (SMEAK, 2012).

Os pacientes com hérnia perineal classicamente apresentam aumento de volume unilateral ou bilateral na região do períneo. Ademais, pode-se evidenciar constipação, disquezia, tenesmo, disúria e estrangúria associados a hiperplasia prostática e compressão da porção final do trato intestinal e ureteres (HEDLUND, 2002). A presença de nodulações de coloração creme a vermelho-marrom podem estar relacionadas a hematomas maduros ou ao desenvolvimento de hipóxia tecidual e reabsorção do tecido adiposo anteriormente ali presente (BELLENGER; CANFIELD, 2003).

O diagnóstico pode ser elaborado mediante associação crítica da anamnese, com o exame físico, os sinais clínicos do animal e até por meio da realização de exame radiográfico, ultrassonográfico ou uretrocistografia retrógrada. Também, a palpação retal é útil para identificação do volume prostático, a avaliação de possíveis alterações retais e a análise do nível de atrofia do diafragma pélvico (DeNOVO; BRIGHT, 2008).

Com pouca frequência a radiografia é optada como método de diagnóstico para hérnia perineal, porém, pode evidenciar informações relevantes quanto ao quadro clínico do paciente por possibilitar a visibilização de estruturas como a próstata, intestino e vesícula urinária (DUPRÉ; BRISSOT, 2014). Para identificação da vesícula, pode-se optar pela uretrocistografia retrógrada (DeNOVO; BRIGHT, 2008).

A terapêutica pode ser conservadora ou cirúrgica, em que a primeira baseia-se no alívio da constipação e da disúria (OLIVEIRA *et al*., 2014). Pode-se optar pelo uso de laxantes hidrofílicos ou emolientes fecais, a realização periódica de enemas e o uso de estimulantes do peristaltismo intestinal. Preconiza-se dieta com elevado teor de fibras e umidade e baixo índice de gordura (FERREIRA; DELGADO, 2003).

Os pacientes que apresentam retroflexão da vesícula urinária geralmente estão associados a alterações laboratoriais de azotemia, hipercalemia, hiperfosfatemia e leucocitose por neutrofilia (DUPRÉ; BRISSOT, 2014). Nesses casos, a realização de procedimento anestésico é de risco, logo a recomendação inicial é a estabilização do quadro clínico. Para esvaziamento da vesícula urinária, quando a sondagem vesical não obter resultados positivos é recomendada a realização de cistocentese (SMEAK, 2012).

O tratamento cirúrgico é preconizado na maior parte dos casos, pois baseia-se na correção direta do defeito muscular por acesso perineal, na reposição das vísceras e ainda pode ser associado a demais técnicas preventivas via celiotomia (D'ASSIS *et al*., 2010). Mortari e Rahal, (2005), trazem como as técnicas mais praticáveis a herniorrafia tradicional, a transposição do músculo obturador interno, a transposição do músculo glúteo superficial, a transposição do músculo semitendinoso, a colopexia, a cistopexia e a deferentopexia.

A principal vantagem da herniorrafia tradicional é devido a maior facilidade na realização da técnica, porém durante a síntese da região ventral do períneo é relatado um certo nível de complexidade (DOREA *et al*., 2002). De maneira geral, as demais técnicas de transposição muscular conferem maior resistência a região fragilizada, sendo opções interessantes em caso de atrofia severa do diafragma pélvico, porém há maior dificuldade na realização dos procedimentos e menor número de relatos na literatura (RIBEIRO, 2010).

Os procedimentos mediante celiotomia (colopexia, cistopexia e deferentopexia) objetivam, principalmente, diminuir a tensão sobre o diafragma pélvico, prevenir a retroflexão da vesícula urinária e a herniação do reto. Geralmente, essas técnicas são associadas as corretivas por acesso perineal, mas podem ser desenvolvidas como medida única de tratamento (D'ASSIS *et al*., 2010).

Ademais há possibilidade do emprego de implantes sintéticos ou biológicos. Silva *et al* (2019) relata sucesso na aplicação de malha de polipropileno em um cão de sete anos com 37 Kg para correção de hérnia perineal. Quanto às opções de implantes biológicos cita-se o uso de pericárdio bovino (MARQUES; RUSSO; IBAÑEZ *et al*., 2015) e pericárdio equino (ZERWES *et al*., 2011), porém há maior custo associado.

A associação da orquiectomia ao procedimento de correção da hérnia é contestada (HAYES JUNIOR; WILSON; TARONE, 1978). Um estudo demonstra que as concentrações de testosterona e 17β-estradiol em cães com hérnia perineal não alteram-se significativamente em comparação aos animais sadios e de mesma idade. Assim, a orquiectomia em conjunto a herniorrafia não é preconizada, apenas quando há um fator contribuinte como hiperplasia prostática responsiva a castração (DeNOVO; BRIGHT, 2008).

Quanto aos cuidados pós-operatórios, o uso de antimicrobianos é indicado somente quando o paciente apresentar-se apático ou mediante verificação de isquemia tecidual, necrose ou contaminação, com início do tratamento 12 horas após o procedimento (SEIM III,

2004). Analgésicos e anti-inflamatórios são úteis na diminuição da dor, na redução do edema e no fornecimento de maior conforto na recuperação do animal (DUPRÉ; BRISSOT, 2014).

Algumas das possíveis complicações após a intervenção cirúrgica são: infecção da ferida e deiscência da sutura, incontinência fecal, tenesmo, prolapso retal e paralisia do nervo ciático. Porém, quando a técnica cirúrgica é bem aplicada as complicações pós-operatórias podem ser evitadas (RIBEIRO, 2010).

METODOLOGIA

Refere-se a uma revisão de literatura classificada como narrativa, segundo Correia e Mesquita (2014). Assim, foram abordados tópicos relativos a conceitualização e classificação das hérnias, com ênfase a perineal em cães, de maneira a compilar em um único trabalho os principais assuntos referentes a sua etiopatogenia, apresentações clínicas e laboratoriais, métodos de diagnóstico, as diversas abordagens cirúrgicas terapêuticas e o prognóstico, com objetivo de compactar e agrupar os conhecimentos fragmentados, com diferentes referenciais teóricos.

Como critério de inclusão foram selecionados livros, artigos e revisões bibliográficas que abordassem o tema hérnia perineal em cães tendo estes, preferencialmente, sido publicados entre os anos de 2010 e 2023. Porém, trabalhos icônicos ou aqueles que melhor abordaram os conceitos essenciais ao assunto adentraram na revisão de literatura.

As ferramentas de pesquisa científica PUBMED, SciELO e Google Acadêmico foram utilizadas para a busca por artigos, sendo respeitados os critérios de inclusão previamente expostos. Com intuito de auxiliar na procura, utilizou-se das seguintes palavras-chave: Cão; cirurgia; diafragma pélvico; hérnia perineal e hiperplasia prostática. O critério de seleção dos livros para uso referencial teve como base os livros de cirurgia veterinária mais renomados publicados dentre o período anteriormente abordado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Denota-se que diversas informações referentes à hérnia perineal em cães estão disponíveis em livros, artigos e revisões de literatura, porém em muitos casos, as informações

estão fragmentadas, de forma a não abranger amplamente o conteúdo. Assim, para se aprofundar no assunto torna-se necessário o dispêndio maior de tempo para leitura de diferentes trabalhos.

Ademais, há casos em que as literaturas recentes divergem em comparação ao que é exposto em escritas mais antigas, as quais os resultados perduraram por muitos anos. Como por exemplo, a indicação ou não da associação da orquiectomia a correção da hérnia perineal, a qual é indicada por Hayes Junior *et al* (1978), e indicada apenas com ressalvas por DeNovo e Bright (2008).

Observa-se que existem diferentes métodos de diagnóstico, os quais podem ser empregados com determinados propósitos específicos (DUPRÉ; BRISSOT, 2014). Também, diversas técnicas de tratamento são relatadas, desde as conservativas às cirúrgicas diretas ou preventivas, o que denota a gama de possibilidades de escolhas possíveis pelo médico veterinário para realização conforme o conhecimento da técnica, as condições do paciente e, eventualmente, as condições financeiras do tutor (Fossum, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hérnia perineal é uma afecção patológica que acomete, principalmente, cães machos não castrados de idade mais avançada. Os sinais clínicos irão variar conforme o conteúdo presente na hérnia. O diagnóstico é, basicamente, realizado mediante anamnese, exame físico e sinais clínicos. Existem métodos de tratamento conservadores e métodos cirúrgicos com diferentes técnicas relatadas. O compilado geral de informações sobre hérnia perineal em um único trabalho é útil para o entendimento da afecção e para auxiliar o médico veterinária em sua conduta médica.

REFERÊNCIAS

ARONSON, L. R. Rectum, Anus, and Perineum. In: TOBIAS K. M.; JOHNSTON S. A. *Veterinary Surgery Small Animal*. Missouri: Elsevier Saunders, 2012. p. 1564-1601.

ASSUMPÇÃO, T. C. A.; MATERA, J. M.; STOPIGLIA, A. J. Herniorrafia perineal em cães – revisão de literatura . *Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP*. São Paulo: Conselho Regional de Medicina Veterinária, v. 14, n. 2, p. 12-19, 2016.

BARBOSA, P. M. L. *et al*. Kinetic Gait Analysis of Dogs Submitted to Bilateral Perineal Hernia Repair Using Semitendinosus Muscle Transposition. *Indian Journal of Applied Research, Ahmedabad*, India, v. 5, n. 3, p. 544-547, 2015.

BELLENGER, C. R.; CANFIELD, R. B. Perineal hernia. In: SLATTER, D. *Textbook of Small Animal Surgery* 3.ed. Philadelphia : Saunders,. v. 34, p. 487-498, 2003.

CORREIA, A. M. R.; MESQUITA, A. *Mestrados e Doutoramentos*. Porto: Vida Econômica Editorial, p. 328, 2014.

D'ASSIS, M. J. M. H *et al*. Colopexia e deferentopexia associadas à omentopexia no tratamento da hérnia perineal em cães: um estudo de trinta casos. Ciência Rural, v. 40, p. 341-347, 2010.

DeNOVO Jr., R. C.; BRIGHT, R. M. Doença retroanal: doenças do reto – hérnia perianal. In: ETTINGER, S. J.; FELDMAN, E. C. *Tratado de medicina veterinária: doenças do cão e do gato*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 1327-1329, 2008.

DOREA, H. C. *et al*. Herniorrafia perineal em cães: estudo retrospectivo de 55 casos. *ARS Veterinária*, v. 18, p. 20-24, 2002.

DUPRÉ, G. P.; BRISSOT, H. N. Hérnia perineal. In: *Mecanismos das doenças em cirurgia de pequenos animais*. 3 ed. São Paulo: Roca, v. 13, p. 91-97, 2014.

DYCE, K. M; SACK, W. O; WENSING, C. J. G. A Pelve e os Órgãos Reprodutivos de Cães e Gatos. In: ___. *Tratado de Anatomia Veterinária*. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 898-940, 2010.

FARIA. *et al*. Fisiopatologia e tratamento de hérnia abdominal iatrogênica em felino - relato de caso. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*. v.38, p.26-32, 2016.

FERREIRA, F; DELGADO, E. Hérnias perineais nos pequenos animais, *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 98, 3-9, 2003.

FOSSUM, T. W. Surgery of the Digestive System. In: _____. *Small Animal Surgery*. 5 ed. Philadelphia: Elsevier, p. 331-511, 2019.

GULARTE, F. C.; GROTH, A.; MARTINS, L. R. Hiperplasia Prostática Benigna em Cães: uma revisão. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, p. 43-51, 2018.

HAYES JUNIOR, *et al*. The epidemiologic features of perineal hernia in 771 dogs. *Journal American Animal Hospital Association*, Lakewood, CO, v. 14, n. 6, p. 703-707, 1978.

HEDLUND, C. S. Hérnia perineal. In: T.W. Fossum (Ed.) *Small Animal Surgery*. 2 ed. St. Louis: Mosby, p.433-437, 2002.

MARQUES, D. R. C; RUSSO, C; IBAÑEZ, J. F. Utilização de pericárdio bovino conservado em glicerina 98% na herniorrafia perineal em cães–Relato de 12 casos. *Arquivo de ciências veterinárias e zoologia* UNIPAR, v. 18, n. 3, p. 185-190, 2015.

MILECH, V. *et al*. Herniorrafia perineal em cão – Relato de caso. In: *XX Congresso de Iniciação Científica/ III Mostra Científica*, UFPEL, Rio Grande do Sul, 2011.

MORTARI, A. C; RAHAL, S. C. Hérnia perineal em cães. *Ciência rural*, v. 35, p. 1220-1228, 2005.

OLIVEIRA, A. C. F *et al*. *Hérnias perineais em canídeos: estudo de 26 casos*. Tese (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2014.

RAISER, A. G. Herniorrafia perineal em cães – análise de 35 casos. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. v. 31, n. 3/4, p. 252-260, 1994.

RIBEIRO, J. C. Hérnia perineal em cães: Avaliação e resolução cirúrgica – artigo de revisão. *Revista Lusófona de Ciência e Medicina Veterinária*. Lisboa, v. 3, p. 26-35, 2010.

SEIM III, H.B. Perineal hernia repair. In: *WORLD CONGRESS IN SMALL ANIMAL VETERINARY MEDICINE*, 29, 2004, Rhodes. Proceedings... Rhodes: Alta Grafico Publisher, v. 1, p. 833-836, 2004.

SILVA, H. F *et al*. Correção de hernia perianal em cão utilizando tela de polipropileno. *Ciência Animal*, v. 29, n. 4, p. 135-144, 2019.

SMEAK, D. D. Abdominal Wall Reconstruction and Hernias. In: TOBIAS, K. M; JOHNSTON, S. A. *Veterinary Surgery Small Animal***.** 2 ed. Missouri: Elsevier Saunders, p. 3630-3690, 2012.

WEAVER, A. D.; OMAMEGBE, J. O. Surgical treatment of perineal hernia in the dog. *Journal of Small Animal Practice*, Oxford, v. 22, n. 12, p. 749-758, 1981.

ZERWES, M. B. C *et al*. Avaliação do tratamento cirúrgico da hérnia perineal em cães com o reforço de membrana de pericárdio equino preservado em glicerina a 98%. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v. 48, n. 3, p. 220-227, 2011.

ZORAN, D. L. Rectoanal Disease In: ETTINGER, S. J; FELDMAN E. E.C. *Textbook of Vererinary Internal Medicine*. 6 ed. St. Louis, Missouri: W.B. Saunders, v. 2, p. 1408-1420, 2005.

INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO DO MEIO E FORMA DE ARMAZENAMENTO NO DESEMPENHO DE *SOURDOUGHS*

Rebeca Duarte de SOUZA[1], David Fernando DOS SANTOS[2], Gabrielle Aparecida CARVALHO[1], Simone OLIVEIRA[1], Aline B. PAGNUSSATI[1], Anne J.S. SANTOS[1], Danyely A. SANTOS[1], Dawyson C. HECKLER[1], Larissa Canhadas BERTAN[1,3], Cátia Tavares dos Passos FRANCISCO[1,3]

[1]Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Laranjeiras do Sul, Laranjeiras do Sul – Paraná – Brasil.

[2]Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos
Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo – São Paulo – Brasil.

[3]Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Laranjeiras do Sul, Laranjeiras do Sul – Paraná – Brasil.

E-mails: rebeca.souza@estudante.uffs.edu.br, davidfernandods@gmail.com, gabrielleapcarvalho@gmail.com, monyoliveira89@gmail.com, alinepagnussatti@outlook.com, anne_jhennifer@outlook.com, danyelyalvesdossantos@gmail.com, dawysonch@hotmail.com, larissa.bertan@uffs.edu.br, catia.passos@uffs.edu.br

Resumo: *O sourdough é feito com uma mistura de farinha e água para preparação de pães de fermentação natural. A demanda deste tipo de produto tem crescido e seu armazenamento é um desafio para a indústria, pois pode sensibilizar a microbiota presente. Devido a isso, este trabalho teve como objetivo elaborar pães de fermentação natural a partir da obtenção de sourdoughs de farinha de trigo tipo I e integral, com 3 composições diferentes, e com condições diferentes de armazenamento. Para isso os sourdoughs foram submetidos a caracterização microbiológica e físico-química, e os pães produzidos passaram por uma caracterização físico-química. Os sourdoughs foram armazenados sob refrigeração, a 22,5 °C e liofilizados. As formulações armazenadas a 22,5 °C, apresentaram os melhores resultados na caracterização dos pães produzidos e a técnica de liofilização se demonstrou ineficaz na preservação das propriedades funcionais do fermento, e a refrigeração a 7 °C pode não atender aos parâmetros de qualidade desejados nos pães produzidos.*

Palavras-chave: *Pão de fermentação natural; Farinha de trigo tipo 1; Farinha de trigo integral;Conservação.*

INTRODUÇÃO

O pão tem sido produzido pelo homem a mais de 2 mil anos e pode ser considerado um dos alimentos mais consumidos, apresentando diferentes formatos e inúmeras formulações. No Brasil, estima-se que 76% da população consome pães no café da manhã, o que resulta em 22,61 kg de pão por habitante no país (ABIP, 2020). Entre as diversas

técnicas de fermentação de massa panificada, a mais antiga é a fermentação natural. Esta é uma nova tendência do mercado, que vem ganhando espaço, devido a melhoria nos atributos de qualidade e maior tempo de vida de prateleira (ABIP, 2020).

O *sourdough*, "massa azeda", nome de origem inglesa é feito com uma mistura de água e farinha que é incubada sob temperatura controlada, ou não, por um período de tempo. Esse processo resulta na fermentação por um ecossistema microbiano composto de bactérias e de leveduras. A microbiota do *sourdoughs* é influenciada pelo tipo de farinha que é adicionada à mistura, temperatura e hidratação do inóculo (DE VUYST *et al.*, 2017; Lau *et al.*, 2021). A qualidade do *sourdough* foi testada através das análises físico-químicas e microbiológicas, também foram elaborados pães, a fim de verificar a influência do fermento através de análises físico-químicas. Todos os sourdoughs foram analisados quanto a acidez titulável, pH e contagem de bactérias ácido lácticas, bactérias ácido acéticas e leveduras. Os pães foram analisados quanto ao pH, a acidez total titulável (ATT), a densidade (g/cm^3) e análise colorimétrica. Este trabalho teve como objetivo a elaboração de pães de fermentação natural a partir da obtenção de *sourdoughs* de farinha de trigo tipo 1 e integral, com 3 composições diferentes, e com condições diferentes de armazenamento. Para isso os *sourdoughs* foram submetidos a caracterização microbiológica e físico-química, e os pães produzidos passaram por uma caracterização físico-química.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O uso da fermentação natural em massas é um bioprocesso utilizado a milhares de anos, sendo considerada uma prática bastante benéfica na fabricação de pães. A atividade de bactérias ácidos lácticas e de leveduras, presentes no processo de fermentação, pode melhorar a textura, o volume e ainda aumentar a vida útil do produto, como também, remover antinutrientes como o fitato (KATINA *et al.*, 2005; POUTANEN *et al.* 2009), conferindo sabor azedo e aroma (ARENDT *et al.* 2007; KOATINA *et al.* 2005). Um fator importante para a eficácia do processo fermentativo do *sourdoughs* é a temperatura em que a fermentação ocorre. Em temperaturas mais altas (>30 °C) o aumento da produção de ácido láctico é favorecido. Já em temperaturas menores (25- 28 °C) observa-se um crescimento de leveduras, produção de etanol e formação de sabor (MORONI *et al.*, 2011). Para a indústria de alimentos é interessante que esse processo de fermentação natural preserve os

microrganismos ali existentes por longos períodos, além de garantir a padronização deste inóculo. No entanto, esse processo pode ocasionar a inativação das células durante a estocagem e o congelamento (KETS, *et al.*,1996). A liofilização é um método de preservação por sublimação e em seguida, dessorção, onde a água presente é previamente congelada, sem passar para o estado líquido, originando um produto seco. No entanto, embora seja uma ótima técnica para preservar microrganismos (JAY, 2005), pode promover alta taxa de inativação celular, mas permanece estável durante o período de estocagem (JENNEGS, 2009), devido a isso, as técnicas de conservação precisam ser investigadas.

METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizadas farinhas do tipo I e integral da marca ANACONDA® adquiridas no comércio local de Laranjeiras do Sul/PR. Três diferentes tipos de *sourdoughs* foram preparados onde S1 foi composto por 100% de farinha de trigo tipo I (FTTI), S2 por 100% de farinha de trigo integral (FTI) e S3 por 50% de FTTI e 50% FTI, de acordo com as recomendações de Minervini et al, 2016, foi realizada a mistura em um Becker de 500 mL e homogeneizada durante 5 min com auxílio de um garfo e incubada a 30 °C por 24 h (GARZON et al, 2021). Cinco transferências sucessivas foram realizadas (*backslopping*), a cada 24 h, trocando o substrato disponível para o *vbcv* com 50 g de farinha e 50 mL de água.

Posteriormente, para avaliar a influência do armazenamento na qualidade do fermento. Estes fermentos foram armazenados a 7 °C e a 22,5 °C, e liofilizados. Para a liofilização 200 g do fermento foi congelado a -80 °C durante 48 h, em potes de polipropileno com tampa e após desidratado em liofilizador (delta 1-24), durante 10 dias e armazenado sob vácuo, em saco de polipropileno, sob refrigeração a 4 °C. Uma parte dos fermentos S1, S2 e S3 que foram armazenados sob refrigeração foram reativados após 24 h de armazenamento, sob as mesmas condições do *backslopping*. Os *sourdoughs* armazenados sob liofilização foram hidratados, após 6 dias, durante 24 h e reativados, sob as mesmas condições do *backslopping*, durante 24 h. Os fermentos S1, S2 e S3 armazenados a 7 °C e a 22,5 °C foram reativados, sob as mesmas condições, após 1 dia de armazenamento.

Os pães foram elaborados, de acordo com testes preliminares, utilizando as seguintes proporções: 500 g de farinha de trigo especial tipo I, 300 mL de água, 125 g de *sourdough* e 10 g de sal, sendo misturados por 5 minutos em baixa velocidade (velocidade 1), utilizando

batedeira planetária e em seguida alternando para a alta velocidade (velocidade 2), por 10 minutos. A massa então foi sovada em cilindro automático e modelada, sendo acrescentado realizado ao final um corte na parte superior do pão. A massa foi então deixada fermentar overnight a 30 °C. Após esse tempo de fermentação, as massas foram pré-assadas a 220 °C por 20 min, em forno doméstico e armazenadas a 4 °C, embaladas em sacos de polipropileno de baixa densidade, para que fossem então assadas totalmente a 230 °C por 20 min, no dia das análises (6 dias após a elaboração). Após a etapa de assamento ser encerrada, os pães descansaram por aproximadamente 4 h. A metodologia foi baseada em Clement et al, 2020.

Para a caracterização físico-química as amostras foram preparadas misturando 10 g de amostra foram homogeneizados em 100 mL de água destilada e homogeneizando a mistura de amostra, 25 mL dessa mistura foram destinados para a análise. As medidas de pH foram realizadas usando pHmetro digital. A acidez titulável foi determinada pela titulação da mistura de amostra com NaOH 0,1 Mol/L, utilizando fenolftaleína como indicador (CLEMENT, *et al.*, 2020). Foram avaliadas fatias de 15 mm dos pães, através de medidor de croma (Konika), tendo como escala CIE, L*, A*, B*, para avaliação da cor do miolo. Os pães foram pesados e seu volume determinado pela técnica dos grãos de Canola (AOAC,2000), onde o pão foi imerso em grãos e o volume ocupado pelo pão foi usado para determinar o volume do pão, através da Equação 2. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

$$\text{Densidade } (g,mL^{-1}) = \text{massa/volume} \quad (2)$$

Para as análises microbiológicas as amostras foram preparadas utilizando 25g de sourdough homogeneizados em 225 mL de água peptonada 0,1% e homogeneizado em Stomacher por 2 min a 231 rpm. Após este procedimento, foi realizada a diluição seriada da amostra. Para a contagem microbiana de bactérias ácido láticas foi usado Agar MRS, pH 5,5, por plaqueamento em profundidade e foram incubadas anaeróbiamente a 35 °C por 48 h (SILVA, 2017). Para a contagem de leveduras, foi utilizado meio GYP, pela técnica de espalhamento em superfície e incubadas a 25 °C por 72 h (SILVA, 2017). Para a contagem de bactérias ácido acéticas foi utilizado o Ágar GYC: contendo 10% de glicose, 1.0% extrato de levedura, 2.0% CaCO3 e 1.5% ágar (GULLO e GIUDICI, 2008) e incubadas a 30 °C por

72 h. As respostas obtidas foram analisadas por teste F, e, havendo diferença, neste teste, foi aplicado o teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO INICIAL DOS SOURDOUGHS

Na Tabela 1, são apresentadas as características químicas, físico-químicas e microbiológicas dos *sourdoughs* obtidos com diferentes tipos de farinha. Os valores encontrados de pH para as três amostras foram: S1 de 3,74, S2 de 3,94, e S3 de 3,67. O pH considerado ideal para o fermento ser utilizado na panificação se encontra numa faixa de 3,9 a 4,5, mensurados após 8 horas da última alimentação. Neste caso o pH da amostra S2 foi considerado o mais adequado, sendo medido 24 h após a alimentação. As amostras S2 e S3 foram as que apresentaram os maiores valores de acidez titulável: 18,27 ± 0,30 e 19,0 ± 0,5 meq, respectivamente, apresentando similaridade entre si ($p>0,05$). A amostra S1 foi a que apresentou a menor acidez, 15,0 ± 0,2 meq, se diferindo das demais ($p<0,05$).

Tabela 1 – Análises químicas, físico-químicas e microbiológicas do *Sourdough* com diferentes composições de substrato

Caracterização do sourdough			
Amostra	pH	Acidez Titulável (meq)	Bactérias ácido láticas (UFC)
S1	$3,74±0,03^{b}$	$15,0±0,2^{b}$	$6,87x10^{8}$
S2	$3,94±0,04^{a}$	$18,27±0,30^{a}$	$1,275x10^{9}$
S3	$3,67±0,04^{b}$	$19,0±0,5^{a}$	$6,84x10^{8}$

Fonte: Autoria própria (2023). Letras diferentes na mesma coluna significam médias significativamente diferentes ($p>0,05$).

Os resultados mostraram que quanto mais farinha integral houver no fermento preparado maior será a quantidade de ácido fítico, resultando em uma acidez titulável da amostra mais elevada, tais resultados estão de acordo com Pozrl (2009), que demonstrou a influência de utilizar a farinha integral, farinha refinada e a mistura entre as duas no processo de fermentação. Portanto podemos considerar que a acidez não tem um valor pré-definido e seu sabor, sendo ameno ou intenso, é característico do pão de fermentação natural, e que a melhor acidez variará da aceitação de pessoa para pessoa.

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS FORMULAÇÕES DE SOURDOUGHS

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos a partir de pães produzidos com os *sourdoughs*. Fica destacado o resultado de densidade, onde a amostra S1 produziu um pão com densidade muito acima do desejado, em comparação com as demais amostras. A partir deste resultado optou-se pela descontinuidade deste *sourdough*. O pão produzido com fermentação natural, possui pH baixo e uma alta taxa de ácido lático e ácido acético, tem maior volume e taxas mais baixas de endurecimento durante o armazenamento (GÜL *et al.*, 2005). Os demais resultados demonstram não haver diferença estatística entre as amostras de S2 e S3, exceto por variação nos parâmetros a* e b*, relacionados com as cores da amostra.

Tabela 2 – Caracterização dos pães produzidos com as formulações de sourdough.

Caracterização dos Pães						
Amostra	pH	Acidez Titulável (meq)	Densidade (g/mL)	L	a*	b*
S2	4,57±0,02^{b}	1,0±0,2^{a}	0,47	69,48±0,57^{a}	0,86±0,15^{b}	14,60±0,25^{b}
S3	4,62±0,03^{b}	1,6±0,4^{a}	0,54	70,52±2,08^{a}	1,30±0,18^{a}	14,35±0,45^{b}
S1	5,01±0,04^{a}	1,0±0,2^{a}	1,03	72,71±1,33^{a}	0,34±0,07^{c}	17,33±0,63^{a}

Fonte: Autoria própria (2023). Letras diferentes na mesma coluna significam médias significativamente diferentes (p>0,05).

Outro ponto a ser ressaltado, é o pH do pão elaborado com S2 foi o que apresentou o menor resultado entre os três tratamentos, o que vem de acordo com os resultados de Reale (2004), que teve resultados parecidos pois observou que o ácido fítico, que é presente em maiores proporções na farinha integral, é o responsável por apresentar um meio mais ácido em comparação com as outras farinhas.

Na Tabela 3 é possível avaliar o impacto de diferentes métodos de armazenamento nos parâmetros de qualidade dos *sourdoughs* produzidos. Em termos de pH a amostra S3 armazenada a 7 °C foi a única que saiu da faixa desejada (3,9 – 4,5), com pH de 3,68 ± 0,01 e acidez de 8,3 ± 0,3 meq. Isso pode ser uma consequência dos resultados de leveduras e bactérias láticas, visto que o valor de 10^4 foi o menor valor encontrado para leveduras, e o valor de 1,7 x 10^8 UFC foi um valor intermediário para bactérias ácido láticas. A maior acidez encontrada foi da amostra S2 a 22 °C, com um valor de 15,9 ± 0,3 meq e pH de 4,05 ± 0,01, essa diferença pode ser relacionada com o maior resultado de leveduras com 3,2 x 10^8 UFC e um baixo valor de bactérias ácido láticas (3,5 x 10^6 UFC). Comparando estas e seus resultados de acidez titulável e pH com os resultados de leveduras e bactérias ácido

láticas, é possível inferir que a variação na presença de leveduras e bactérias ácido láticas gera a produção de diferentes ácidos orgânicos com valores de pH diferentes e por isso os de acidez titulável não se refletem linearmente nos valores de pH.

Além disso, os *sourdoughs* liofilizados apresentaram maior valor de pH e menor acidez titulável em relação a mesma amostra armazenada a 7 °C e a 22 °C, isso pode ser relacionado a menor capacidade deste método de preservar as leveduras e bactérias ácido láticas, essas amostras chegam a ter 100 vezes menos UFC quando comparadas com outros métodos de armazenamento, afetando sua viabilidade de aplicação.

Tabela 3-Análises químicas, físico-químicas e microbiológicas do Sourdough com diferentes métodos de armazenamento.

Amostra	pH	Acidez Titulável (meq)	Leveduras	Bactérias ácido láticas
S2 Lio	4,45±0,03^{a}	6,7±0,2^{d}	<2x10^{6}	1x10^{6}
S2-7°C	4,09±0,01^{bc}	8,9±0,5^{bc}	1,2x10^{7}	2,9x10^{8}
S2-22°C	4,05±0,01^{c}	15,9±0,3^{a}	3,2x10^{8}	3,5x10^{6}
S3- Lio	4,13±0,05^{b}	6,9±0,4^{d}	<10^{6}	2,95x10^{8}
S3-7°C	3,68±0,01^{e}	8,3±0,3^{c}	10^{4}	1,7x10^{8}
S3-22°C	3,90±0,01^{d}	9,7±0,1^{b}	1,7x10^{6}	5,4x10^{7}

Fonte: Autoria própria (2023). Letras diferentes na mesma coluna significam médias significativamente diferentes (p>0,05).

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados da caracterização dos pães produzidos com os *sourdoughs* armazenados. Os pães apresentaram resultado entre 4,00 e 4,90, sendo mais elevado na amostra S2 22 °C, e a acidez titulável entre 1,27 e 2,13. As alterações na acidez desses tipos de pães podem estar relacionadas à síntese de ácidos acético e lático, que representam 95-98% da acidez, relatada por estudos de processos indiretos e massas (STAUFFER, 1990).

Ao observar resultados de densidade, é possível observar o padrão de densidades maiores em pão de *sourdoughs* armazenados a 7 °C, 0,65 e 0,63 g/mL, e menores em armazenados 22 °C, 0,39 e 0,34 g/mL. Esse resultado demonstra o impacto da baixa temperatura a pouco desenvolvimento dos microrganismos do fermento, acarretando baixa formação de gases durante a fermentação evitando a expansão da massa (LAZO-VÉLEZ, 2021).

Podemos notar pelos resultados expostos na Tabela 4 que a acidez titulável houve diferença estatística entre os resultados obtidos para os três tratamentos, no qual apresentou

maior valor em 22,5 °C e menor densidade, sendo assim obteve uma melhor formação da rede de glúten e um aumento na retenção de gases e com sabor mais pronunciado. Os *sourdoughs* armazenados a 22,5 °C apresentaram maior presença de leveduras em comparação com os demais métodos (Tabela 3). Portanto, as leveduras são essenciais para a produção de pães na fermentação natural, pois promovem melhores características sensoriais, auxiliando a fermentação convertendo açúcares em etanol e dióxido de carbono (LI, 2022).

Tabela 4 - Análises físico-químicas de pães produzidos com *sourdoughs* armazenados em diferentes condições.

Caracterização dos Pães						
Amostra	pH	Acidez Titulável (meq)	Densidade (g/mL)	L	a*	B*
S2 7°C	4,00±0,12^{c}	1,60±0,20^{ab}	0,65	64,56±4,40^{a}	1,08±0,22^{bc}	18,66±1,38^{a}
S2 22°C	4,90±0,04^{a}	1,27±0,11^{b}	0,39	61,98±0,69^{a}	0,37±17^{c}	16,56±0,19^{a}
S3 7°C	4,26±0,09^{b}	2,13±0,11^{a}	0,63	62,39±3,60^{a}	2,12±0,32^{a}	18,76±0,52^{a}
S3 22°C	4,31±0,02^{b}	1,80±0,35^{ab}	0,34	58,00±1,09^{a}	1,27±0,38^{b}	17,43±0,89^{a}

Fonte: Autoria própria (2023). Letras diferentes na mesma coluna significam médias significativamente diferentes (p>0,05).

Quanto aos parâmetros colorimétricos do miolo dos pães não há diferença significativa entre as amostras no parâmetro L, referente a luminosidade, e no parâmetro b*, relacionado as cores amarelo e azul. Porém existem diferenças significativas nos parâmetros a*, relacionados as cores vermelho e verde. Essas diferenças têm relação com a reação de *Maillard* que é influenciada pela natureza dos açúcares e aminoácidos envolvidos, e a temperatura do processo (BOBBIO, 2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente trabalho foi possível produzir e caracterizar um *sourdough* capaz de produzir pães, mesmo após período de armazenamento. O armazenamento de fermentos naturais para aplicação em panificação é um problema, visto a perda da qualidade e rendimento dele, assim trabalhos como este se mostram importantes com o crescente interesse dos consumidores por produtos de fermentação natural. Com isso, as formulações armazenadas a 22,5 °C, apresentaram os melhores resultados na caracterização dos pães produzidos, demostrando o desafio do armazenamento de *sourdoughs*, onde técnicas como a liofilização foram demonstradas como ineficazes na preservação das propriedades

funcionais do fermento, e a refrigeração a 7 °C pode não atender aos parâmetros de qualidade desejados nos pães produzidos.

AGRADECIMENTOS

David Fernando dos Santos agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida durante a redação deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP). *Indicadores da panificação e confeitaria brasileira 2020*. 2020. Disponível em: https://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2021/01/Indicadores2020-abip.pdf. Acesso em: 23.06.2023

ARENDT, E.K.; RYAN, L.A.M.; DAL BELLO, F. Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*, v.24, n.2, p.165-174, 2007.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. *Química do processamento de alimentos. 3. ed*. Varella, 2001

CLEMENT, H.; PROST, C.; RANNOU, C.; CHIRON, H.; BONNAND-DUCASSE, M.; COURCOUX, P.; ONNO, B. Can instrumental characterization help predicting sour taste perception of wheat sourdough bread, *Food Research International*, v.133, p. 109159, 2020.

DE VUYST, L.; KERREBROECK, S.V.; LEROY, F. Microbial ecology and process technology of sourdough fermentation. *Adv. Appl Microbiol*, v. 100, p. 49-160, 2017.

GARZON, R.; SKENDI, A.; LAZO-VELEZ, M.A.; PAPAGEORGIOU, M.; ROSELL C.M. Interaction of dough acidity and microalga level on bread quality and antioxidant properties. *Food Chemistry*, v. 344, p. 128710 , 2021.

GÜL, H.; ÖZÇELIK, S.; SAGDIÇ, O.; CERTEL, M. Sourdough bread production with lactobacilli and S. cerevisiae isolated from sourdoughs, *Process Biochemistry*, v. 40, p. 691–697, 2005.

GULLO, M.; CAGGIA, C.; DE VERO, L.; GIUDICI, P. Characterization of aceti acid bacteria in ‘‘traditional balsamic vinegar’’. *International Journal of Food Microbiology*, v. 106, p. 209-212, 2006.

JAY, J. M. *Microbiologia de Alimentos, 6. ed*. Artmed, 2005.

JENNINGS, T. A. *Lyophilization: Introduction and basic principles*. Boca Raton: CRC Press LLC, 2009.

KATINA, K., ARENDT, E., LIUKKONEN, K. H., AUTIO, K., FLANDER, L., POUNTANEN, K.. Potential of sourdough for healthier cereal products, *Trends in Food Science & Technology*, v. 16, n. 1–3, p. 104-112, 2004.

KATINA, K., SALMENKALLIO-MARTTILA, M., PARTANEN, R., FORSSELL, P., & AUTIO, K. Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread, *Lebensmittel - Wissenschaft und Technologie*, v. 39, n. 5, p. 479-491, 2005.

KETS, E.P.W.; TEUNESSEM, P.JM., DE VONT, J.A.A. Effect of compatible solutes on survival of lactic acid bacteria subjected to drying, *Applied and Environmental Microbiology*, v. 62, p. 259-261, 1996.

LAU, S.W., CHONG, A.Q., CHIN, N.L., TALIB, R.A., BASHA R.K.. Sourdough Microbiome Comparison and Benefits, *Microorganisms*, v. 9, n. 7, p. 1355, 2021.

LAZO-VELEZ, M.A.; GARZON, R.; GUARDADO-FELIX, D.; SERNA-SALDIVAR, S.O.; ROSELL, C.M. Selenized chickpea sourdoughs for the enrichment of breads. *LWT - Food Science and Technology*, v. 150, p. 112082, 2021.

LI H.; HU S.; FU J.; Effects of acetic acid bacteria in starter culture on the properties of sourdough and steamed bread, *Grain & Oil Science and Technology*, v. 5, n. 1, p. 13-21, 2022.

MINERVINI, F.; CELANO, G.; LATTANZI, A.; ANGELIS, M.D.; GOBBETTI, M. Added ingredients affect the microbiota and biochemical characteristics of durum wheat type-I sourdough, *Food Microbiology*, v. 60, p. 112-123, 2016.

MORONI, A.V.; DAL BELOO, F.; ZANNINI, E.; ARENDT, E.K. Impact of sourdough on buckwheat flour, bater and bread: Biochemical, rheological and textural insights, *Journal of cereal Science*, v. 54, n. 2, p. 195-202, 2011

POUTANEN, K.; FLANDER, L.; KATINA, K. Sourdough and cereal fermentation in a nutricional perspective, *Food Microbiology*, v. 26, n. 7, p. 693-699, 2009.

POŽRL, T. *et al.* Phytate degradation during breadmaking: the influence of flour type and breadmaking procedures, *Czech Journal of Food Sciences*, v. 27, n. 1, p. 29-38, 2009.

REALE, A., L. MANNINA, P. TREMONTE, A.P. SOBOLEV, M. SUCCI, E. SORRENTINO and R. COPPOLA, 2004. Phytate degradation by lactic acid bacteria and yeasts during the wholemeal dough fermentation: A 31P NMR study, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 52, p. 6300-6305, 2004.

SILVA, N. et al. *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos, 5. ed.* Livraria Varela, 2017.

STAUFFER, C.E. *Functional additives for bakery foods*. Vani Nostrand Reinhold, 1990.

INFUSÕES DE CHÁ MATE COM ADIÇÃO DE PITANGAS E JABUTICABAS DESIDRATADAS

Bruna Gomes das Virgens GOBBI[1], Sarah Nicolle Carvalho de LIMA[1], Luciano LUCCHETTA[2]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: bruna.gobbi15@hotmail.com, sarahnicolle16@hotmail.com, lucchetta@professores.utfpr.edu.br

Resumo: *Dentro da família Myrtaceae se destacam a jabuticaba e a pitanga. A caracterização dessas frutas nativas brasileiras tem gerado interesse na comunidade cientifica devido ao seu elevado valor nutritivo e de suas propriedades funcionais, em que incluem os compostos fenólicos totais, as antocianinas, flavonoides e carotenoides que proporcionam uma alta capacidade antioxidante. A erva mate e a infusão da mesma também é referência em fenólicos totais, como os flavonoides, e aliados a adição de insumos apresentam-se interesses nutricionais. Análises de pH, acidez e sólidos solúveis desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de produtos, aliados ao projeto de mistura. O objetivo deste trabalho se deu na infusão de chá -mate adicionados de casca de jabuticaba e pitanga, ambos desidratados, e consequentemente avaliados as características físico-químicas e colorimétricas das formulações. A adição das frutas nativas à infusão de chá-mate resultou em uma diminuição do pH, o que consequentemente aumentou a acidez. Este efeito ocorreu devido à presença significativa de ácidos orgânicos nas frutas utilizadas. Ao adicionar a jabuticaba e a pitanga houve uma alteração nos índices de coloração (Hue). Duas formulações apresentaram os maiores índices de coloração, sendo elas 30% de pitanga e jabuticaba, respectivamente, já a amostra de controle apresentou o menor índice devido à ausência de antocianinas. Diante disso, verificou-se que quanto maior a quantidade de frutas adicionadas, mais intensa se torna a coloração, e que os parâmetros físico-químicos influenciam diretamente na cor das infusões.*

Palavras-chave: *Antocianinas; Infusões; Jabuticaba; Pitanga.*

INTRODUÇÃO

Dentre as inúmeras espécies nativas brasileiras podemos destacar a jabuticaba e a pitanga, onde também são exploradas comercialmente nas formas secas e processadas com isso, a família *Myrtaceae* apresenta grande potencial econômico. A caracterização das frutas nativas brasileiras tem ganhado interesse da comunidade científica juntamente com a quantificação dos seus componentes bioativos sendo importantes para a compreensão do seu valor nutritivo e de suas propriedades funcionais (CANUTO *et al*., 2010). Dentre estes compostos destacam-se os fenólicos totais, as antocianinas, flavonoides e carotenoides que lhe conferem uma elevada capacidade antioxidante.

A erva mate também é rica em fenólicos totais bem como a infusão da erva-mate e de interesse nutricional, como os flavonoides. No sul do Brasil, a erva-mate tem se destacado na produção e consumo da mesma em bebidas tradicionais como o chimarrão, tererê e o chá-mate. O chá-mate conhecido como uma bebida milenar feita através de infusão de ervas também apresentam interesses nutricionais provindos da erva mate e aliados a adição de outros insumos.

A qualidade dos produtos alimentícios é muitas vezes influenciada pela proporção de ingredientes individuais presentes em sua composição. O uso de projetos de mistura e análises correspondentes desempenham um papel fundamental no desenvolvimento e otimização desses produtos (DINGSTAD *et al*., 2003). Neste estudo a casca de jabuticaba desidratada e pitanga desidratada foi utilizada para o preparo de infusões de chá mate e avaliada as características físico-químicas e colorimétricas dessas formulações.

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

Existem mais de 300 espécies de frutas nativas existentes no Brasil, muitas destas são pouco conhecidas e consumidas, apesar de alto potencial de produção e mercado. A maioria destas plantas frutíferas tem origem na Amazônia e no Cerrado, no entanto, com estudos foram capazes de se adaptar a diferentes regiões do país. A Embrapa mantém no Banco Ativo de Germoplasma (BAG), 16 espécies nativas e 2 exóticas de frutas nativas do

Sul do país, dentre elas estão a jabuticabeira (*Plinia sp*) e pitangueira (*Eugenia uniflora)* (EMBRAPA, 2012; GOBBI, B. et al., 2022).

Segundo o Censo Agropecuário em 2017, a pitanga teve uma produção de 199 toneladas com a maior concentração em Pernambuco, já a jabuticaba teve uma quantidade produzida de 3.751 toneladas com a maior concentração de produção em Goiás.

A pitanga faz parte da família Myrtaceae e é conhecida por sua casca lisa e brilhante, que possui uma tonalidade vermelho alaranjada. Sua polpa é suculenta e seu sabor é uma combinação de doce e ácido (EMBRAPA, 2015). A pitanga (*Eugenia Uniflora*) é rica em componentes como compostos fenólicos, fibras e antocianinas. Nos últimos anos, têm sido realizados diversos estudos sobre a aplicação da pitanga em diferentes formas, levando em consideração sua alta perecibilidade por ser uma fruta (SILVA, 2013). Dentre as pesquisas realizadas, destaca-se o uso de polpas congeladas e em pó, a adição do fruto em produtos lácteos e a sua utilização em infusões, como demonstrado neste trabalho.

A jabuticaba *(Myrciaria cauliflora*), pertencente à família Myrtaceae, assim como a pitanga, é uma fruta encontrada em todo o território brasileiro, desde os estados mais frios, como o Rio Grande do Sul, até os climas mais quentes, como o estado do Pará (LIMA, *et al*., 2008). Além de ser altamente adaptável ao clima, a jabuticaba possui um alto potencial de produção e um curto tempo de vida após a colheita. Por conta disso, a indústria tem investido em produtos à base de jabuticaba, como polpas congeladas, geléias, vinagres, vinhos, doces em calda, pastas e infusões para bebidas. A jabuticaba é uma fruta rica em nutrientes, como fibras e carboidratos, e também contém compostos bioativos, como compostos fenólicos e antocianinas (BAPTISTELLA; COELHO, 2019; MATTA *et al.*, 2005).

A erva-mate, pertencente à família Aquifoliaceae, é originária de países sul-americanos, como Paraguai, Argentina e Brasil (RESENDE *et al*., 2000). No Brasil, a região que se destaca na produção e consumo da erva-mate é o sul do país, em que é utilizada tradicionalmente em bebidas como chá-mate, chimarrão e tererê (BERKAI; BRAGA, 2000; SCHINELLA; FANTINELLI; MOSCA, 2005; MENDES; CARLINI, 2007; ARÇARI *et* al., 2011; FAGUNDES, *et al*., 2015).

As antocianinas são os compostos responsáveis pela coloração da jabuticaba e da pitanga. Elas são compostas por grupos de hidroxilas cuja absorção de comprimento de onda varia, resultando em cores que vão do laranja, no caso da pitanga, até o azul-avermelhado da jabuticaba. Esses pigmentos são instáveis e podem sofrer alterações na cor do fruto de acordo com fatores como pH, acidez, temperatura e modo de armazenamento (RIBEIRO, 2007).

METODOLOGIA

Neste experimento foi utilizado delineamento experimental de erva mate tostada, casca de jabuticaba desidratada e pitanga desidratada.

A formulação de infusão padrão (controle) utilizada foi de 100% de erva mate tostada. Nas formulações contendo frutas, utilizou-se quantidades máximas de até 30% em relação a erva mate tostada. Os limites mínimos e máximos de fruta foram estabelecidos em pré-testes, 0% e 30%, respectivamente. As proporções mínimas e máximas dos componentes numa mistura sempre igual a 1 (100%/100g) e as quantidades dos componentes a serem utilizados nas misturas (formulações), assim como em pseudocomponentes, estão apresentadas na Tabela1.

Tabela 1 - Delineamento de misturas para superfícies limitadas transformadas em pseudocomponentes

	Componentes originais (100%)	
Formulações	X_1	X_2
F_1	30	0
F_2	22,5	7,5
F_3**(C)	15	15
F_4	7,5	22,5
F_5	0	30

Em que, X_1 (Jabuticaba); X_2 (Pitanga); C = Ponto Central; ** Repetição do Ponto Central;
Fonte: Autoria própria (2023).

Para avaliação do experimento foram analisados os parâmetros de pH, acidez (%), sólidos solúveis (°Brix) e coloração (ângulo Hue).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados das formulações adicionadas de fruta não apresentaram diferença entre si ($p \leq 0,05$), portanto optou-se por utilizar a média em relação a infusão controle. A adição de fruta na mistura para infusão de chá mate reduziu o pH e consequentemente ocorre o aumento da acidez (Tabela 2). A jabuticaba e a pitanga são frutas consideradas ácidas, com boa quantidade de ácidos orgânicos. Possuem principalmente ácido cítrico e ácido málico, que podem contribuir para o aumento da acidez da bebida final. As frutas também contribuem com o aumento dos sólidos solúveis da bebida, pois contém açúcares e outros compostos solúveis em água que podem ser dissolvidos durante o processo de infusão. A alteração destes parâmetros pode afetar as características da bebida bem como, o sabor, aromas e aparência.

Tabela 2 - Índices de pH, acidez e Sólidos solúveis de chá mate adicionado de jabuticaba e pitanga.

Formulação	pH	Acidez	Sólidos solúveis (°Brix)
Controle	5,56±0,14[a]	0,592±0,000[b]	1,10±0,173[b]
Média das formulações	4,30±0,01[b]	1,28±0,13[a]	1,76±0,25[a]

* Média das formulações (1,2,3,4 e5) ± média do desvio padrão
Fonte: Autoria própria (2023).

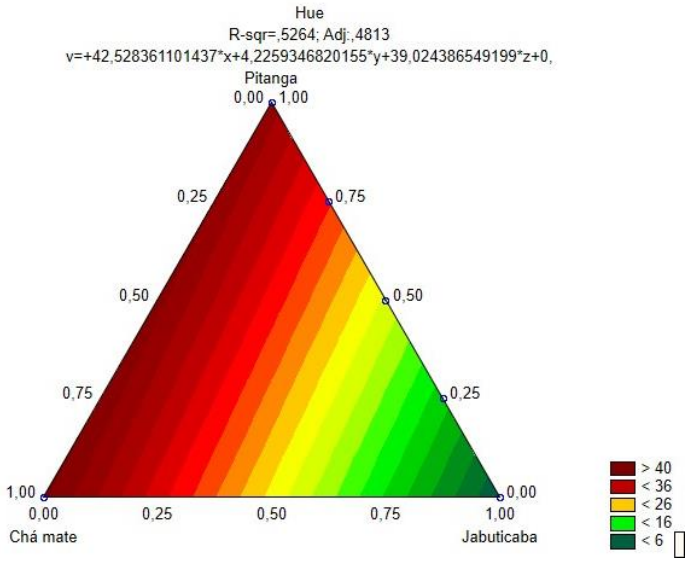
O índice de coloração L é uma medida de luminosidade ou brilho da cor de um objeto, variando de (0) preto a 100 (branco). A cromaticidade (C*) diminuiu, sendo que estes índices se referem a uma medida da intensidade da cor, que varia de 0 (sem cor) a 100 (cor pura). A adição de frutas como a jabuticaba e pitanga á infusão de chá mate alterou os índices de coloração (Hue) do controle e das formulações 1,2,3,4 e 5.

As diferentes quantidades de fruta adicionadas de cada fruta mostram a tendência de coloração e comportamento. Diante disso, as formulações F1 e F5 preparada com 30% de pitanga e jabuticaba, respectivamente apresentaram os maiores níveis de coloração, já o controle (somente chá mate) mostrou o menor índice de coloração, devido à ausência das antocianinas das frutas. Com o aumento da acidez a coloração tende a se tornar mais avermelhada, com isso a cromaticidade (C*) e o ângulo Hue sofrem alterações.

No centro do espaço L*C*h°, são os valores mínimos de saturação, nas extremidades aumenta-se o valor de saturação. A saturação está diretamente relacionada à concentração

da cor e é um indicador quantitativo da intensidade (FERREIRA *et al.*, 2017). É possível observar na Figura 1 que ambos estão presentes nas extremidades do diagrama, o que significa um valor alto de saturação, os valores de pH e acidez explica as cores mais intensas. A pitanga apresentou uma coloração vermelha com um índice > 40; a jabuticaba apresentou uma tonalidade mais amarelada, em que é representa pelo diagrama no valor < 26 e; o controle (chá mate) apresentou uma coloração com índice > 40, semelhante com a adição da pitanga.

Figura 1 - Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo linear para coloração (Hue)



Fonte: Autoria própria (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que as frutas (jabuticaba e pitanga), desempenham um papel crucial na intensidade das cores nas infusões, devido ao seu alto teor de antocianinas. Observou-se que quanto maior a quantidade de frutas adicionadas, mais intensa se tornou a coloração. Além disso, constatou-se que fatores como pH, acidez e sólidos solúveis influenciam diretamente na cor das infusões.

Esses resultados evidenciam a importância de compreender e controlar esses parâmetros para obter infusões com cores visualmente agradáveis e mais atraentes. Desse modo, ao considerar a preparação de infusões e a busca por cores especificas, é essencial

levar em conta os fatores químicos e físicos que afetam a tonalidade e a intensidade da cor resultante.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Araucária e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas e auxílio financeiro que possibilitou a dedicação e realização do trabalho.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pelo conhecimento oferecido.

REFERÊNCIAS

ARÇARI, D. P., *et al.* (2011). Effect of matetea (Ilexparaguariensis) supplementation on oxidative stress biomarkers and LDL oxidisability in normo-and hyperlipidaemic humans.*Journal of Functional Foods*,3(3), 190-197.

BAPTISTELLA, C. S. L; COELHO, P. J. Jabuticaba do Quintal para Produção de Mercado. *Análises e Indicadores do Agronegócio*, São Paulo, v. 14, n. 12, dez. 2019. Disponível em: http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14735 . Acesso em: 10 set. 2022.

BERKAI, D., BRAGA, C. A. (2000).500 anos de história da erva-mate. Editora Cone Sul.

CANUTO, G. A.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade antirradical livre. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.32, p. 1196-1205, 2010.

DINGSTAD *et al*. (2003). *"Métodos de modelagem para experimentos de mistura cruzada - um estudo de caso da produção de salsichas*." Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems , vol. 66, nº. 2, junho de 2003, pp. 175–90. ScienceDirect , https://doi.org/10.1016/S0169-7439(03)00031-5.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. Banco ativo de germoplasma de fruteiras nativas brasileiras do sul do Brasil. Folder, Pelotas, 2012.

EMBRAPA FLORESTAS. Valor nutricional da pitanga. Folder, Colombo, 2015.

FAGUNDES, A., *et al.* (2015). *Ilex Paraguariensis: composto bioativos e propriedades nutricionais na saúde*. RBONE-Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento,9(53), 213-222.

FERREIRA, Marcos David; SPRICIGO, Poliana Cristina. Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. EMBRAPA, 2017.

FOLDER_BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE FRUTEIRAS NATIVAS DO SUL DO BRASIL (embrapa.br).

GOBBI, B., *et al.* Percepção dos usuários do *Instagram* relação às frutas nativas brasileiras. 2022, p. 1.www.even3.com.br.

LIMA, A. J. B. *et al*. *Caracterização química do fruto jabuticaba (Myrciaria cauliflora Berg) e de suas frações.* Archivos Latinoamericanos de Nutrición, v. 58, n. 4, p. 416-21, dez. 2008. Disponível em: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0004-06222008000400015&lng=es&nrm=iso&tlng=p.

MATTA, V. M., *et al*. Polpa de fruta congelada. Agroindustrial Familiar. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 38 p.

MENDES, F. R., CARLINI, E. A. (2007). Brazilian plants as possible adaptogens: an ethnopharmacological survey of books edited in Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*,109(3), 493-500.

RIBEIRO, Eliana P. *Química de alimentos*. São Paulo: Editora Blucher, 2007. E-book. ISBN 9788521215301. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521215301/. Acesso em: 20 jun. 2023.

SCHINELLA, G., FANTINELLI, J. C., MOSCA, S. M. (2005). Cardioprotective effects of Ilex paraguariensis extract: evidence for a nitric oxide-dependent mechanism. Clinical Nutrition,24(3), 360-366.

SILVA, P. B. Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de Physalis. sp. 2013. Dissertação (Mestrado) -Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

RESENDE, M. D. V., *et al.*e(2000). Programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela EMBRAPA: resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones. Embrapa Florestas-Circular Técnica (INFOTECA-E).

MALHAS DE SOMBREAMENTO NA CLASSIFICAÇÃO COMERCIAL DE FRUTAS DE MORANGO CULTIVAR RANDOCE EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO

Elaine Rodrigues dos SANTOS[1], Claudia Simone Madruga LIMA[2], Josué Reis dos SANTOS[3] Josimeire Aparecida LEANDRINI [2], Cácea Furlan Maggi CARLOTO [2]

[1] Discente, Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal da Fronteira Sul- Campus Laranjeiras do Sul
Laranjeiras do Sul- Paraná - Brasil

[2] Departamento de Agronomia,
Universidade Federal da Fronteira Sul- Campus Laranjeiras do Sul
Laranjeiras do Sul- Paraná – Brasil

[3] Departamento de Biologia
UNINTER– Laranjeiras do Sul
Laranjeiras do Sul- Paraná – Brasil

E-mails: rdselaine@hotmail.com; claudia.lima@uffs.edu.br; josuédsantos@gmail.com; jaleandrini@uffs.edu.br; cacea.maggi@uffs.edu.br;

Resumo: *O morango apresenta grande interesse comercial devido às suas propriedades nutritivas e sua produção é quase totalmente voltada para a comercialização in natura, sendo necessária a boa apresentação das frutas, deste modo, o manejo produtivo é fundamental para garantir frutas com bom aspecto visual, e assim as malhas de sombreamento podem contribuir neste processo. O objetivo neste trabalho foi realizar a classificação comercial de frutas de morango cultivados em canteiro sob diferentes colorações de malhas de sombreamento (preto, branco, azul, vermelho e sem malha – 30%). Foram utilizadas frutas da cultivar Randoce de dias curtos. O espaçamento entre plantas foi de 0,40 m em linha dupla. Todas as formas de adubação e demais tratos culturais foram realizados de acordo com o que estabelece a legislação de orgânicos. O delineamento experimental foi ao acaso em unifatorial (5 colorações de malhas de sombreamento), com três repetições de 10 frutas cada. As avaliações realizadas foram de acordo com as Normas de Classificação do Morango. De acordo com os resultados obtidos tem-se que para a variável classe 15, morangos sob malha de coloração azul apresentaram a maior porcentagem (70%), entretanto para classe 35 morangos sob malha de coloração vermelha foram os que apresentaram maior porcentagem (70%). Morangos cultivados sob malha de coloração azul apresentaram maior porcentagem de deformação (3,1%), danos superficiais (1,8%) e frutas ocas (0,5%), os morangos cultivados sem malha, apresentaram maior porcentagem de lesão profunda (1%). Malhas de sombreamento influenciam significativamente a classificação comercial de frutas de morango.*

Palavras-chave: *Fragaria X ananassa Duch; Pós-Colheita; Defeitos; Deformação.*

INTRODUÇÃO

Entre as pequenas frutas a cultura do morangueiro apresenta grande importância econômica devido sua grande aceitação pelos consumidores, podendo ser consumida de diferentes formas, tanto *in natura* como em produtos industrializados na forma de doces, iogurtes, geleias e sorvetes (RICHTER, 2018).

Diversos fatores ambientais podem afetar a capacidade produtiva e a qualidade dos frutos, entre eles a temperatura e a radiação solar afetam diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas de morangueiro (PALENCIA *et al*., 2013).

Dependendo da prática cultural utilizada, as características qualitativas e quantitativas do morangueiro podem ser alteradas, positivamente ou não. Uma das práticas culturais que podem ser utilizadas é o cultivo com malhas ou telas de sombreamento. As malhas atuam diretamente no espectro de radiação que atingem as plantas, alterando o crescimento, a produção e a qualidade dos produtos cultivados, além disso, pode oferecer proteção física, pois diminui a intensidade de ventos, e altera a temperatura em seu interior, causando mudanças no microclima (OLIVEIRA *et al*., 2021).

Diante disto, este trabalho teve como objetivo realizar a classificação comercial de frutas de morango em função de diferentes colorações de malhas de sombreamento.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O morango é um pseudofruto originário do clima mediterrâneo que possui grande importância econômica, sendo um dos produtos com maior aceitação no mercado nacional e internacional (KARLINSKI, 2023; LUI *et al*., 2023). Isso ocorre, pois, seus frutos são ricos em antioxidantes, em vitaminas A, E, C, B5 e B6, além de possuir cálcio, ferro e outros minerais (FRANCO, 2022), e são apreciados por sua coloração vermelha, sua textura, suculenta, aroma e seu sabor doce frutado (FAN *et al*., 2021).

A mudança do estágio de crescimento vegetativo dos morangos para o estágio reprodutivo, depende principalmente de dois fatores ambientais, a temperatura e o fotoperíodo. Esses fatores e a relação entre eles afeta diretamente a produtividade e a qualidade do fruto (PÁDUA *et al*., 2015).

Comercialmente as cultivares de morangueiro são classificadas de acordo com a resposta das plantas ao fotoperíodo para iniciar o florescimento, podendo ser cultivares

de dias curtos, longos ou dias neutros. As cultivares de dia curto são dependentes da temperatura e do fotoperíodo, necessitando condições especiais para que entrem na fase reprodutiva, e florescem quando o comprimento do dia se torna menor que 14 horas, e quando as temperaturas são inferiores a 15ºC (MOLINA, 2016). A cultivar Randoce é uma cultivar de dia curto, precoce e de alta produtividade, além de possuir vigor médio (LIMA, 2023).

Com relação à classificação, os morangos são classificados em duas classes: classe 15, que contempla frutos com diâmetro maior ou igual a 15 até 35; e classe 35, com frutos com diâmetro maior que 35 mm, e em três categorias (extra; categoria 1 e categoria 2), classificados conforme a quantidade de defeitos presentes nos frutos. Os defeitos podem ser graves que inviabilizam o consumo e afetam a aparência e valor do produto, ou leves que não impedem o consumo do produto, mas diminuem seu valor. São considerados defeitos graves a presença de podridão, frutos passados, ou imaturos, com deformação grave, ausência de cálice e sépalas, com dano mecânico, ocos, com presença de lesão profunda, e/ou presença de materiais estranhos. Enquanto defeitos leves abrange frutos com coloração não característica, dano superficial cicatrizado, deformação leve, oco, e presença de materiais estranhos (FLORES-CANTILLANO, 2010).

Uma prática cultural que pode ser utilizada a fim de melhorar as características quantitativas e qualitativas das plantas é o uso de malhas de sombreamento. Elas vão atuar influenciando na transferência de radiação afetando a atividade fotossintética das plantas de acordo com a coloração e percentual de sombreamento que estão proporcionando (SANTOS, 2023), além de amenizar a ação dos raios solares e dessa forma torna-se uma possibilidade de estudo e avaliação do desenvolvimento das culturas nessas condições (AHEMD *et al*.,2016).

Diversas cores de malhas estão disponíveis no mercado podendo ser utilizadas no cultivo de plantas, conforme mostram alguns estudos, na produção de flores (CALABONI, 2015; NASCIMENTO, 2018; BECKER, 2021), plantas medicinais (CHAGAS *et al.*, 2013), hortaliças (HIRATA, 2015; OLIVEIRA *et al*., 2021; VEIGA COSTA, 2023) e frutíferas (SANTOS, 2023), entre outros.

Conforme a coloração da malha utilizada, diferentes influências podem ser causadas nas plantas, através de reações que alteram seu desenvolvimento, podendo beneficiar ou não o cultivo, interferindo na produção e qualidade das frutas (BRANT *et al.*, 2009). Entre elas, a mais comumente utilizada são as malhas de coloração preta, que atuam na redução da incidência de radiação direta sob as plantas e atuam reduzindo a fotorrespiração.

Existem também malhas de coloração azul que vão atuar no comprimento de onda de 440-490 nm, intensificando o fototropismo e a fotossíntese (RODRIGUES, 2002), que dependendo das condições ambientais pode influenciar no crescimento, desenvolvimento e aclimatação de plantas.

Outras opções de malhas são a de coloração vermelha e as de coloração branca. As vermelhas são responsáveis por transferir a luz do espectro das ondas vermelho e vermelho distante sendo eficientes no desenvolvimento das plantas (LI, 2006), podendo aumentar o acúmulo de amido de algumas espécies. (HENRIQUE *et al.*, 2011), enquanto, as malhas de coloração branca não atuam interferindo no espectro de luz transmitida, mas proporcionam redução da radiação ultravioleta, além de promover o aumento da temperatura ambiente, ao dificultar a circulação do ar. (COSTA *et a*l., 2011).

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no laboratório e na área experimental do setor de Horticultura, ambos pertencentes à Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Laranjeiras do Sul/PR. A localização do experimento na área experimental foi de a 25° 24' 28" latitude sul e 52° 24' 57" longitude oeste, sob altitude de 841 m. O solo da região é classificado como um LATOSSOLO VERMELHO Eutróférrico (EMBRAPA, 2006). O clima da região é classificado como Cfb, clima temperado com verão ameno, segundo a classificação de Köeppen, e temperatura média anual entre 18º e 19º e precipitação de 1800 a 2000 mm/ano (CALVIGLIONE *et al.*, 2000).

O delineamento experimental foi ao acaso, unifatorial com 5 colorações de malhas de sombreamento e três repetições de 10 plantas cada. A cultivar Randoce foi cultivada em sistema orgânico de produção em quatro diferentes malhas de sombreamento: preto, branco, azul, vermelho e sem malha, todos com percentual de 30%.

O cultivo em solo deu-se início com o preparo dos canteiros, realizando gradagem, confecção dos canteiros, adubação e correção do solo seguindo o Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (PAVINATO, 2017). Os canteiros apresentavam as seguintes dimensões: 6,00 m de comprimento, 1,00 m de largura e 0,30 m de altura.

O plantio das mudas foi realizado dia 19 de junho de 2020, com espaçamento de 0,40 m x 0,40 m entre plantas e linhas. A irrigação, foi realizada por gotejamento, de forma geral a frequência estabelecida foi de três vezes distribuída ao longo do dia com pulsos de 4 minutos. Nos dias mais quentes, passou-se a ser realizada uma quarta irrigação ao longo do dia. No período de primavera e verão, utilizou-se um aspersor na parte inferior das bancadas acionado juntamente com a irrigação.

A adubação foi realizada três vezes por semana através de fertirrigação por meio de fontes orgânicas, sendo utilizado o fertilizante Super Magro, preparado de acordo com o proposto por Trés e Resende (1995). As demais práticas de manejo foram realizadas de acordo com a legislação de orgânicos (MACHADO *et al*., 2016) conforme as necessidades das plantas e o controle de insetos-pragas e doenças.

As avaliações realizadas foram de acordo com as Normas de Classificação do Morango sendo verificado classe, defeitos graves (deformação e lesão profunda) e defeitos leves (dano superficial e oco). Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística através do programa Sisvar 5.6. A análise de variância (ANOVA) foi realizada pelo teste F, quando significativa a variância aplicou-se o teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 1) tem-se que para a variável classe 15, morangos sob malha de coloração azul apresentaram a maior porcentagem (70%) diferindo estatisticamente dos demais, entretanto para classe 35 morangos sob malha de coloração vermelha foram os que apresentaram maior porcentagem (70%) diferindo estatisticamente dos demais. Corroborando com isso Octaveus *et al.*, (2017), ao avaliar telas de sombreamento na classificação de frutos da cultivar San Andreas, obteve maiores porcentagem de frutos da classe 15 sob malhas de coloração azul (80%), e maior porcentagem de frutas da classe 35 sob malha de coloração vermelha (60%).

Tabela 01- Classe, defeitos graves e defeitos leves de frutas de morango cultivar Randoce oriundas de diferentes colorações de malhas de sombreamento em sistema orgânico de produção.

Malhas de sombreamento	Classe (%)		Defeitos graves		Defeitos leves (%)	
	15	35	Deformação (%)	Lesão profunda (%)	Dano superficial	Oco
Sem malha	38 b	62 b	0,50 b	1,00 a	1,00 a	0,00 b
Azul	70 a	30 c	3,10 a	0,00 b	1,80 a	0,50 a
Branca	40 b	60 b	0,50 b	0,00 b	0,00 b	0,80 a
Preta	35 b	65 b	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 b
Vermelha	30 b	70 a	0,00 a	0,00 b	0,00 b	0,00 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância. Fonte: Autoria própria (2023).

A maior porcentagem de frutos classe 35 obtidos na malha de coloração vermelha pode ter ocorrido pois a exposição à luz vermelha e vermelha distante influencia o desenvolvimento de cloroplastos influenciando os fitocromos da planta aumentando a capacidade fotossintética consequentemente aumentando os fotoassimilados permitindo um maior desenvolvimento dos frutos (KASPERBAUER; HAMILTON, 1984), além disso a transferência de luz do espectro de ondas vermelha é maior ao comparar com outras colorações de malhas, promovendo melhor qualidade de luz e luz difusa resultando em maior desenvolvimento vegetativo, consequentemente produtivo (LI, 2006).

Morangos cultivados sob malha de coloração azul apresentaram maior porcentagem de deformação (3,1%), danos superficiais (1,8%) e frutas ocas (0,5%). Resultado também encontrado por Octaveus *et al.,* (2017) em morangos cultivados sob malha de coloração azul apresentaram maior porcentagem de deformação (2,5%), danos superficiais (1,5%) e frutas ocas (0,5%). Já existem comprovações de que alguns comprimentos de onda emitidos por superfícies exercem algum tipo de atração sobre os insetos podendo

ser atraídos ou repelidos por diferentes comprimentos de ondas eletromagnéticas coloridas policromáticas (OLIVEIRA *et al*., 2008; FRAGA *et al*., 2011). Michelon *et al*., (2022) ao avaliar cores de armadilhas na atração de grupos funcionais de insetos em hortas observou que as armadilhas de coloração azul claro, azul escuro e amarelo, foram mais atrativas para insetos-pragas.

Isso pode explicar a maior presença de deformação e danos superficiais, resultantes do cultivo sob malha de coloração azul devido a atratividade de insetos que podem causar injúrias, além disso, a malha azul é mais energética ocasionando uma excitação de elétrons fazendo com que a planta gaste mais energia, interferindo na produção e qualidade dos frutos (TAIZ *et al*. 2017) acumulando menos fitomassa, comparado às outras malhas de sombreamento e, por conseguinte, apresentando maior desuniformidade na produção, apresentando maiores porcentagens de frutas ocas.

Os morangos cultivados sem malha, apresentaram a maior porcentagem de lesão profunda (1%), pela sua exposição a diversas intempéries, como o ataque de pragas e doenças acometidas, juntamente com as condições climáticas favoráveis permitem um acesso livre insetos, fungos e outros micro-organismos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As telas de sombreamento podem atuar afetando a classificação de frutas do morangueiro. Malhas de coloração proporcionam maior produção de frutos da classe 35, enquanto malhas de coloração azul, produzem maior porcentagem de frutos com deformações e danos nas frutas de morangueiro.

REFERÊNCIAS

AHEMS, H.A.; AL-FARAJ, A.A.; ABDEL-GHANY, A.M. Shanding greenhouses to improve the microclimate, energy and water saving in hot regiions: A review. *Scientia Horticulturae*, v. 201, p. 36-45, 2016.

BRANT, R. S. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa culti-vada sob malhas fotoconversoras. *Ciência Rural*. Santa Maria, v. 9, n.5, p. 1401-1407, 2009.

BECKER, D. *Utilização de telas de sombreamento e mulching no cultivo de gladíolo e validação do modelo Phenoglad no Paraná*. Dissertação de mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2021.

CALABONI, C. *Utilização de malhas coloridas em cultivo protegido no desenvolvimento de duas espécies de helicônias em vaso*. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. São Paulo, Piracicaba, 2015.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. *Cartas Climáticas do Paraná.* Londrina: IAPAR, 2000. CD ROM.

CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B.; BERTOLUCCI, S. K. V.; COSTA, A. G.; JESUS, H. C. R. de; ALVES, P. B. Produção, teor e composição química do óleo essencial de hortelã-japonesa cultivada sob malhas fotoconversoras. *Horticultura Brasileira*, *31*(2), 297–303. 2013.

COSTA, R.; CALVETE, E.; REGINATTO, F.; CECCHETTI, D.; LOSS, J.; RAMBO, A.; TESSARO, F. Telas de sombreamento na produção de morangueiro em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 29 (1), 98-102, 2011.

EMBRAPA, 2006. *Centro Nacional de Pesquisa de Solos.* Sistema brasileiro de classificação de solos. 306.

FAN, Z.; HASING, T.; JOHNSON, T.S.; GARNER, D.M.; SCHWIETERMAN, M.L.; BARBEY, C.R.; COLQUHOUN, T.A.; SIMS, C.A.; RESENDE, M.F.R.; WHITAKER, V.M. Strawberry sweetness and consumer preference are enhanced by specific volatile compounds. *Horticulture Research*, v.8, n. 1, p.66, 2021.

FLORES-CANTILLANO, R. F.; SILVA, M. M. *Manuseio pós-colheita de morangos*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 37 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 318).

FRANCO, J. Morango: Histórias e Propriedades. *Revista Jardins.* 2022. Disponível em: < https://revistajardins.pt/morango-historia-propriedades/>. Acesso em: 10/06/2023.

FRAGA, D. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; LOPES, D. O. P.; SOUZA, L. A.; BUSOLI, A. C. Atratividade de *Doru luteipes* a Armadilhas Coloridas na Cultura Do Milho. Uberaba: *FAZU em Revista*, n. 8, p. 15-19, 2011.

HENRIQUE, P. DE C.; ALVES, J.; GOULART, P. de F. P.; DO LIVRAMENTO, D. E.; SANTOS, M. de O.; DE SOUZA, K. R.D.; SILVEIRA, H. R. *de O. Crescimento de mudas de Café Sob Malhas Coloridas.* In: VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Minas Gerais, 2011.

HIRATA, A. C. S.; HIRATA, E. K. Desempenho produtivo do agrião d'água cultivado em solo sob telas de sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 50, n. 10, p. 895-901, 2015.

KARLINSKI, L. *Monitoramento da aplicação e de resíduos de agrotóxicos em morangos produzidos em sistemas de cultivo protegido.* Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas-RS, 2023.

KASPERBAUER MJ; HAMILTON JL. 1984. Chloroplast structure and starch grain accumulation in leaves that received different red and far-red levels during development. *Plant Physiology* 74: 967-970.

LI, J.C. Uso de mallas en invernaderos. *Horticultura Internacional* n. extra: 86 91. 2006.

LIMA, J.M. de; MONTEIRO, S. M. F.; SANO, L.; MANGO, B.; RUSIN, C.; NERBASS, F. R.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. *Lançamento de cultivares de morangueiro da Universidade do Estado de Santa Catarina.* Jornal Fruta, 2023. Disponível em:< https://revistadafruta.com.br/eventos/lancamento-de-cultivares-de-morangueiro-da-universidade-do-estado-de-santa-catarina,423298.jhtml#:~:text=Bella%2C%20cultivar%20de%20dia%20neutro,qualidade%20durante%20toda%20a%20safra.>. Acesso: 10 jun. 2023.

LUI, Y.; LIU, R.; DENG, Y.; ZHENG, M.; YU, S.; NIE, Y.; LI, J.Q.; PAN, C.; ZHOU, Z.; DIAO, J. Insights into the Mechanism of Flavor Loss in Strawberries Induced by Two Fungicides Integrating Transcriptome and Metabolome Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.71, n.8, p.3906-3919, 2023.

MACHADO, R. M.; HIRTATA, A. R.; ROCHA, L. C. D.; PEGORER, A. P.; FONSECA, M.F. PASSOS, M.; PEDINI, S.; MEDAETS, J. P. *Legislação de produção orgânica no Brasil: projeto de fortalecimento da agroecologia e da produção orgânica nos SPG e OCS brasileiros.* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais,19 p.; (Caderno PROAPO, n.3). 2016.

MICHELLON, E.; HATA, F.T.; AVILA, G.A.; ROSENDO, A.A.; MORITA, M.F.; FORNACCIARI, L.V. Cores de armadilhas na atração de grupos funcionais de insetos em horta comunitária acompanhada pelo CERAUP/UEM. *40º Seminário Universitária da Região Sul*- Universidade Federal da Fronteira Sul, 2022.

MOLINA, A. M. R. *A cultura do morangueiro (Fragaria X Ananassa Duch.) no estado de Santa Catarina: sistemas de Produção e riscos climáticos*. Dissertação de Mestrado em Ciências- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

NASCIMENTO, J. G. *Malhas coloridas de sombreamento e soluções nutritivas de fertirrigação na cultura da gérbera (Gerbera jamesonii) em ambiente protegido.* Dissertação de Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2018.

OCTAVEUS, M.; DA ROSA, G. G.; LIMA, C. S. M.; SANTOS, J. R. Classificação comercial de frutas de morango oriundas de diferentes malhas de sombreamento. *XI Seminário de ensino, pesquisa e extensão*. 2022.

OLIVEIRA, E. F.; LABINAS, A. M. Análise comparativa da incidência de insetos capturados em armadilhas adesivas Biotrap® azuis e amarelas. *XXII Congresso Brasileiro de Entomologia*. 2008.

OLIVEIRA, L. G. C. de, LIMA, C. S. M.; BONOME, LT DA S.; ROSA, G. G. da. Malhas de sombreamento e concentrações de ácido salicílico no cultivo de cenoura em sistema orgânico de produção. Revista *Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha*, 22 (1), 2021.

PÁDUA, J. G., DIAS ROCHA, L. C., DIAS GONÇALVES, E., DE ARAÚJO, T. H., LOPES DO CARMO, E., & COSTA, R. Comportamento de cultivares de morangueiro em Maria da Fé e Inconfidentes, sul de Minas Gerais. *Revista Agrogeoambiental*, 7(2), 2014.

PALENCIA, P.; MARTÍNEZ, F.; MEDINA, J.J.; LÓPEZ-MEDINA, J. Strawberry yield efficiency and its correlation with temperature and solar radiation. *Horticultura Brasileira*, v. 31, n. 1, p. 93–99, 2013.

PAVINATO, P. S. *Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná.* Curitiba: SBCS/NEPAR. Acesso em: 22 jun. 2023, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER E, MULLER, I. M,; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6 ed. Porto Alegre, 2017.

TRÉS, F.; RESENDE, S. A. *SUPERMAGRO-SM. Biofertilizante Enriquecido.* Emater-Rio (Empresa de Extensão Rural). 1995, 11p.

RICHTER, A. F.; FAGUERAZZI, A. F.; ZANIN, D. S.; CAMARGO, S. S.; ARRUDA, A. L. KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; SILVA, P. S. Produtividade e qualidade de cultivares de morangueiro sob cultivo de solo e semi-hidropônico. *Revista Científica Rural*, v. 20, n. 1, p. p. 193203, 2018.

RODRIGUES, L. R. F. *Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido Jaboticabal*: Funep. 762p. 2002.

SANTOS, L. D. G. dos; LIMA, C. S. M.; BONOME, LT DA S.; ROSA, G. G. da. Colorações de malhas de sombreamento sobre a fenologia, biometria e características físico-químicas de *Physalis peruviana* L. em sistema orgânico de produção. Revista de Ciências Agroveterinárias 22(2):285-294, 2023.

VEIGA COSTA, M. *Influência de telas de sombreamento no desenvolvimento e produção de hortaliças folhosas: estudo exploratório*. Dissertação de Graduação. Universidade Federal de São Carlos, Baru, 2023.

EFEITOS DE MALHAS DE SOMBREAMENTO NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTAS DE MORANGO CULTIVAR BELLA EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO

Elaine Rodrigues dos SANTOS[1], Claudia Simone Madruga LIMA[2], Josué Reis dos SANTOS[3] Josimeire Aparecida LEANDRINI [2], Cácea Furlan Maggi CARLOTO [2]

[1] Discente, Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal da Fronteira Sul- Campus Laranjeiras do Sul
Laranjeiras do Sul- Paraná - Brasil

[2] Departamento de Agronomia,
Universidade Federal da Fronteira Sul- Campus Laranjeiras do Sul
Laranjeiras do Sul- Paraná – Brasil

[3] Departamento de Biologia
UNINTER– Laranjeiras do Sul
Laranjeiras do Sul- Paraná – Brasil

E-mails: rdselaine@hotmail.com; claudia.lima@uffs.edu.br; josuédsantos@gmail.com; jaleandrini@uffs.edu.br; cacea.maggi@uffs.edu.br;

Resumo: O objetivo nesse trabalho foi realizar a caraterização físico-química de frutas de morango oriundas de cultivo em diferentes colorações de malhas de sombreamento. As plantas foram cultivadas em canteiro sob malhas com coloração preta, branco, azul, vermelha e sem malha – 30%. Foram utilizadas frutas da cultivar Bella de dias neutros. O delineamento foi inteiramente casualizado, unifatorial com 5 colorações de malhas de sombreamento, três repetições e com 10 plantas cada. As avaliações realizadas foram massa unitária (g), diâmetro e comprimento unitário (mm), sólidos solúveis (ºBrix) e pH. Observa-se que as menores médias foram obtidas para frutas cultivadas sob malha de sombreamento de coloração azul, essas médias se diferiram estatisticamente das médias obtidas para as demais formas de cultivo. As maiores médias foram obtidas em plantas cultivados sob a malha de sombreamento de coloração vermelha com valores de sólidos solúveis 9,10 º Brix, massa unitária 19,10 g, diâmetro unitário 20,34 mm e comprimento unitário 29,30 mm, porém apenas valores obtidos para diâmetro e comprimento unitário se diferiram estatisticamente das médias obtidas para os outros cultivos. Valores de sólidos solúveis e massa unitária das frutas em malha de coloração vermelha não se diferiram estatisticamente das médias obtidas em malha de sombreamento preta, porém se diferiu de medias obtidas nos demais cultivos. Valores de pH, não se diferiu estatisticamente para as malhas de sombreamento avaliadas. A utilização de malhas de sombreamento de coloração vermelha e preta melhoram a qualidade físico-química de frutas de morango cultivar Bella.

Palavras-chave*: Fragaria X ananassa Duch; caracterização física; sólidos solúveis; cultivo.*

INTRODUÇÃO

Entre as pequenas frutas a cultura do morangueiro apresenta grande importância econômica devido sua grande aceitação pelos consumidores, podendo ser consumida de diferentes formas, tanto *in natura* como em produtos industrializados na forma de doces, iogurtes, geleias e sorvetes (RICHTER, 2018).

Diversos fatores ambientais podem afetar a capacidade produtiva e a qualidade dos frutos, entre eles a temperatura e a radiação solar afetam diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas de morangueiro (LOPEZ-ARANDA *et al*., 2011; PALENCIA *et al*., 2013).

Dependendo da prática cultural utilizada as características qualitativas e quantitativas do morangueiro podem ser alteradas, positivamente ou não. Uma das práticas culturais que podem ser utilizadas é o cultivo com malhas ou telas de sombreamento. As malhas atuam diretamente no espectro de radiação que atingem as plantas, alterando o crescimento, a produção e a qualidade dos produtos cultivados, além disso, pode oferecer proteção física, pois diminui a intensidade de ventos, e altera a temperatura em seu interior, causando mudanças no microclima (OLIVEIRA *et al*., 2021).

Diante disto, este trabalho teve como objetivo realizar a caraterização físico-química de frutas de morango da cultivar Bella oriundas de cultivo orgânico em canteiros com a utilização malhas de sombreamento de diferentes colorações.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O morango é um pseudofruto originário do clima mediterrâneo que possui grande importância econômica, sendo um dos produtos com maior aceitação no mercado nacional e internacional (KARLINSKI, 2023; LUI *et al*., 2023). Isso ocorre, pois, seus frutos são ricos em antioxidantes, em vitaminas A, E, C, B5 e B6, além de possuir cálcio, ferro e outros minerais (FRANCO, 2022), e são apreciados por sua coloração vermelha, sua textura, suculenta, aroma e seu sabor doce frutado (FAN *et al*., 2021).

A mudança do estágio de crescimento vegetativo dos morangos para o estágio reprodutivo, depende principalmente de dois fatores ambientais, a temperatura e o fotoperíodo. Esses fatores e a relação entre eles afeta diretamente a resposta da indução floral, afetando

diretamente a produtividade das plantas (DUARTE FILHO *et al*., 1999; GUTTRIDGE, 1985; SILVA *et al*., 2007). Além disso, os níveis de radiação podem resultar no aumento do tamanho dos frutos, entre outros (LARSON, 1994; SERÇE; HANCOCK, 2005).

Comercialmente as cultivares de morangueiro são classificadas de acordo com a resposta das plantas ao fotoperíodo para iniciar o florescimento, podendo ser cultivares de dias curtos, longos ou dias neutros (KIRSCHBAUM, 1998).

As cultivares de dias neutros são aquelas que independentemente do fotoperíodo vão florescer continuamente, sendo insensíveis ao fotoperíodo (CALVETE *et al*., 2008; VILLAGRÁN *et al*., 2013), tendo sua indução floral regulada pela temperatura. Em temperaturas abaixo de 28 ºC por exemplo, vai ocorrer a diferenciação das gemas vegetativas para gemas floríferas, porém é necessário que a temperatura do solo esteja acima de 12 ºC para ocorrer a diferenciação floral (VILLAGRÁN e*t al*., 2013). A cultivar Bella, lançada pelo programa de melhoramento da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), é classificada como cultivar de dia neutro e produz frutas de tamanho médio, formato cônico, firmes e brilhantes, mantendo a qualidade dos frutos durante toda a safra (LIMA *et al*., 2023).

Uma prática cultural que pode ser utilizada a fim de melhorar as características quantitativas e qualitativas das plantas é o uso de malhas de sombreamento. Elas vão atuar influenciando na transferência de radiação afetando a atividade fotossintética das plantas de acordo com a coloração e percentual de sombreamento que estão proporcionando (SANTOS, 2022). Além disso, podem proporcionar proteção física contra aves, granizo, insetos, e radiação excessiva, também podem modificar o ambiente alterando a umidade, a quantidade sombra, e a temperatura (HENRIQUE *et al*.,2011).

Diversas cores de malhas estão disponíveis no mercado podendo ser utilizadas no cultivo de plantas, conforme mostram alguns estudos, na produção de flores (NOMURA *et al.*, 2009; CALABONI, 2015; NASCIMENTO, 2018; BECKER, 2021), plantas medicinais (BRANT *et al.*, 2009; CHAGAS *et al.*, 2013), hortaliças (SARAIVA, 2012; HIRATA, 2015; OLIVEIRA *et al*., 2021; VEIGA COSTA, 2023) e frutíferas (SANTOS, 2022; HENRIQUE, 2011), entre outros.

Conforme a coloração da malha utilizada, diferentes influências podem ser causadas nas plantas, através de reações que alteram seu desenvolvimento, podendo beneficiar ou não o cultivo, interferindo na produção e qualidade das frutas (BRANT *et al*.,2009).

Entre elas, a mais comumente utilizada são as malhas de coloração preta, que atuam na redução da incidência de radiação direta sob as plantas e atuam reduzindo a fotorrespiração. Existem também malhas de coloração azul que vão atuar no comprimento de onda de 440-490 nm, intensificando o fototropismo e a fotossíntese (RODRIGUES, 2002), que dependendo das condições ambientais pode influenciar no crescimento, desenvolvimento e aclimatação de plantas.

Outras opções de malhas são a de coloração vermelha e as de coloração branca. As vermelhas são responsáveis por transferir a luz do espectro das ondas vermelho e vermelho distante sendo eficientes no desenvolvimento das plantas (LI, 2006), podendo aumentar o acúmulo de amido de algumas espécies. (HENRIQUE *et al.*, 2011), enquanto, as malhas de coloração branca não atuam interferindo no espectro de luz transmitida, mas proporcionam redução da radiação ultravioleta, além de promover o aumento da temperatura ambiente, ao dificultar a circulação do ar. (COSTA *et a*l., 2011).

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no laboratório e na área experimental do setor de Horticultura, ambos pertencentes a Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Laranjeiras do Sul/PR. A localização do experimento na área experimental foi de a 25° 24' 28" latitude sul e 52° 24' 57" longitude oeste, sob altitude de 841 m. O solo da região é classificado como um LATOSSOLO VERMELHO Eutróférrico (EMBRAPA, 2006).

O clima da região é classificado como Cfb, clima temperado com verão ameno, segundo a classificação de Koeppen, e temperatura média anual entre 18º e 19º e precipitação de 1800 a 2000 mm/ano (CALVIGLIONE *et al.*, 2000).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado e uni fatorial (5 colorações de malhas de sombreamento), com três repetições de 10 plantas cada. A cultivar Bella foi cultivado em sistema orgânico de produção em quatro diferentes malhas de sombreamento: preto, branco, azul, vermelho e sem malha todos com percentual de 30%.

O cultivo em solo deu-se início com o preparo dos canteiros, realizando gradagem, confecção dos canteiros, adubação e correção do solo seguindo o Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (PAVINATO, 2017). Os canteiros apresentavam as seguintes dimensões: 6,00 m de comprimento, 1,00 m de largura e 0,30 m de altura.

O plantio das mudas foi realizado dia 19 de junho de 2020, com espaçamento de 0,40 m x 0,40 m entre plantas e linhas. A irrigação, foi realizada por gotejamento, de forma geral a frequência estabelecida foi de três vezes distribuída ao longo do dia com pulsos de 4 minutos. Nos dias mais quentes, passou-se a ser realizado uma quarta irrigação ao longo do dia. No período de primavera e verão, utilizou-se um aspersor na parte inferior das bancadas acionado juntamente com a irrigação.

A adubação, foi realizada três vezes por semana através de fertirrigação por meio de fontes orgânicas, sendo utilizado o fertilizante Super Magro, preparado de acordo com o proposto por Trés e Resende (1995). As demais práticas de manejo foram realizadas de acordo com a legislação de orgânicos (MACHADO *et al*., 2016) conforme as necessidades das plantas e o controle de insetos-pragas e doenças.

A massa unitária (g) foi avaliada com o auxílio de balança digital semi analítica. O diâmetro e comprimento de frutas foram obtidas com o uso de paquímetro digital e os resultados expressos em milímetros.

Para a análise de sólidos solúveis retirou-se uma amostra de suco das frutas adicionando-o no refratômetro digital Hanna Hi96801 com compensação automática de temperatura, em que o resultado é expresso em graus (°) Brix. A acidez titulável em ml NaOH mensurada pela titulometria de neutralização utilizando um pHmetro digital DM-22 Digimed, com diluição de 10 ml de suco puro em 90 ml de água destilada e titulação com solução de NaOH 0,1 N até que o suco alcance a marca de viragem de pH 8,1 sendo os resultados expressos em g de ácido cítrico.$100g^{-1}$.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística através do programa Sisvar 5.6. A análise de variância (ANOVA) foi realizada pelo teste F, quando significativa a variância aplicou-se o teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores médias de sólidos solúveis, massa unitária, diâmetro unitário e comprimento unitário, foram obtidas em plantas cultivados sob a malha de sombreamento de coloração vermelha (Tabela 1).

Tabela 01- Sólidos solúveis (ºBrix), pH, massa unitária (g), comprimento e diâmetro unitário (mm) de frutas de morango cultivar Bella oriundas de diferentes colorações de malhas de sombreamento em sistema orgânico de produção.

Malhas de sombreamento	**Sólidos solúveis (ºBrix)**	**pH**	**Massa unitária (g)**	**Diâmetro unitário (mm)**	**Comprimento unitário (mm)**
Sem malha	7,50 b	3,80 a	15,10 b	17,30 b	20,00 b
Azul	5,10 c	3,90 a	14,10 c	14,10 c	18,00 c
Branca	7,00 b	3,70 a	16,70 b	16,10 b	23,20 b
Preta	8,00 a	3,80 a	18,20 a	18,20 b	25,10 b
Vermelha	9,10 a	3,90 a	19,10 a	20,34 a	29,30 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância. Fonte: Autoria própria (2023).

Resultado semelhante foi obtido por Santos (2002) ao avaliar diferentes telas de sombreamento no cultivo de *Physalis peruviana* L. que obteve maior comprimento unitário e diâmetro de frutos cultivados com malha de sombreamento vermelha.

A exposição à luz vermelha e vermelha distante influencia o desenvolvimento de cloroplastos que podem ser modificados pela influência dos fitocromos aumentando a capacidade fotossintética consequentemente aumentando os fotoassimilados permitindo um maior desenvolvimento dos frutos (KASPERBAUER; HAMILTON, 1984), além disso a transferência de luz do espectro de ondas vermelha é maior ao comparar com outras colorações de malhas, promovendo melhor qualidade de luz e luz difusa resultando em maior desenvolvimento vegetativo, consequentemente produtivo (LI, 2006).

As menores médias foram obtidas para plantas cultivadas sob malha de sombreamento de coloração azul, essas médias se diferiram estatisticamente das médias obtidas para as demais formas de cultivo (Tabela 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Costa *et al*., (2011), que ao avaliar malhas de sombreamento em morangos das cultivares Camarosa e Oso Grande obtiveram a menor massa fresca de frutos no cultivo

com tela de sombreamento azul. Corroborando com isso, Santos (2022), também obteve menores valores de diâmetro, massa com e sem cálice e sólidos solúveis em frutas de *Physalis peruviana* L. cultivadas com malhas de coloração azul.

Isso pode ter ocorrido pois as malhas azuis são mais energéticas ocasionando uma excitação de elétrons fazendo com que a planta gaste mais energia, interferindo na produção e qualidade dos frutos (TAIZ *et al*. 2017).

Valores de sólidos solúveis em malha de coloração vermelha não se diferiram estatisticamente das médias obtidas em malha de sombreamento preta (Tabela 1), porém se diferiram de médias obtidas nos demais cultivos. Resultado semelhante foi obtido por Santos (2022), que obteve maiores teores de sólidos solúveis em malhas de coloração vermelha e preta em cultivo de *Physalis peruviana* L. Segundo Chitarra e Chitarra, (2005), o sombreamento pode alterar a taxa fotossintética e, consequentemente, interferir o acúmulo de carboidratos, que constituem a maior parte do conteúdo de sólidos solúveis. Saraiva (2012), ao avaliar a tela de sombreamento preto no cultivo de pepinos observou maior teor de clorofila indicando um maior desempenho fotossintético, devido as clorofilas atuam captando energia solar e transferência dessa energia a uma molécula aprisionadora, nos centros de reação dos fotossistemas.

Valores de pH, não se diferenciou estatisticamente para as malhas de sombreamento avaliadas, resultado também obtido por Costa (2009) ao avaliar a qualidade de morangos sob telas de sombreamento em ambiente protegido. Resultado semelhante foi encontrado por Santos (2022), ao avaliar telas de diferentes colorações no cultivo de *Physalis peruviana* L. não havendo diferenças significativas entre as telas de sombreamento das colorações preta, vermelha e branca, porém com valores significativos de pH em telas de sombreamento azul.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As malhas de sombreamento interferiram no desenvolvimento de frutos da cultivar Bella. Sendo que as malhas de coloração vermelhas são indicadas para o cultivo, porém malhas de coloração azul não são indicadas para o cultivo, não houve diferença significativa para valores de pH e sólidos solúveis.

REFERÊNCIAS

BRANT, R. S. et al. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. *Ciência Rural*. Santa Maria, v. 9, n.5, p. 1401-1407, 2009.

BECKER, D. *Utilização de telas de sombreamento e mulching no cultivo de gladíolo e validação do modelo Phenoglad no Paraná***.** Dissertação de mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2021.

CALABONI, C. *Utilização de malhas coloridas em cultivo protegido no desenvolvimento de duas espécies de helicônias em vaso*. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. São Paulo, Piracicaba, 2015.

CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; CECCHETTI, D.; MARAN, R. E.; CARLI, W. de. Polinização entomófila de morangueiro cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Horticultura*, v. 21, n. 2, p. 281, jul. 2003.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. *Cartas Climáticas do Paraná.* Londrina: IAPAR, 2000. CD ROM.

CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B.; BERTOLUCCI, S. K. V.; COSTA, A. G.; JESUS, H. C. R. de; ALVES, P. B. Produção, teor e composição química do óleo essencial de hortelã-japonesa cultivada sob malhas fotoconversoras. *Horticultura Brasileira*, *31*(2), 297–303. 2013.

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.* 2ª ed., Lavras, UFLA. 785p. 2005.

COSTA, R. C. da; *Teores de clorofila, produção e qualidade de frutos de morangueiro sob telas de sombreamento em ambuente protegido*. Tese de Mestrado. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Passo Fundo- RS, 2009.

DUARTE FILHO, J.; CUNHA, R. J. P.; ALVARENGA, D. A.; PEREIRA, G. E.; ANTUNES, L. E. C. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. *Informe Agropecuário*, v. 20, n. 198, p. 30-35, 1999.

EMBRAPA, 2006. *Centro Nacional de Pesquisa de Solos.* Sistema brasileiro de classificação de solos. 306.

FAN, Z.; HASING, T.; JOHNSON, T.S.; GARNER, D.M.; SCHWIETERMAN, M.L.; BARBEY, C.R.; COLQUHOUN, T.A.; SIMS, C.A.; RESENDE, M.F.R.; WHITAKER, V.M. Strawberry sweetness and consumer preference are enhanced by specific volatile compounds. *Horticulture Research*, v.8, n.1, p.66, 2021.

FRANCO, J. Morango: Histórias e Propriedades. *Revista Jardins.* 2022. Disponível em: < https://revistajardins.pt/morango-historia-propriedades/>. Acesso em: 10/06/2023.

GUTTRIDGE, C. G. Fragaria x ananassa. In: HALEY, A. H. (Ed.). *CRC handbook of flowering*. Boca Raton: CRC Press, v. 3, p. 16-33, 1985.

HENRIQUE, P. DE C.; ALVES, J.; GOULART, P. de F. P.; DO LIVRAMENTO, D. E.; SANTOS, M. de O.; DE SOUZA, K. R.D.; SILVEIRA, H. R. de O. *Crescimento de mudas de Café Sob Malhas Coloridas*. In: VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Minas Gerais, 2011.

HIRATA, A. C. S.; HIRATA, E. K. Desempenho produtivo do agrião d'água cultivado em solo sob telas de sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 50, n. 10, p. 895-901, 2015.

KARLINSKI, L. *Monitoramento da aplicação e de resíduos de agrotóxicos em morangos produzidos em sistemas de cultivo protegido.* Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas-RS, 2023.

KIRSCHBAUM, D.S. Temperature and growth regulator effects on growth and development of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) Tese mestrado, University of Florida. Florida, 1998.

LARSON, K. D. Strawberry. In: SCHAFFER, B.; ANDERSON, P. C. *Handbook of environmental physiology of fruit crops: 1. Temperature crops.* Boca Raton: CRC Press, p. 271-297. 1994.

LI, J. C. Uso de mallas en invernaderos. *Horticultura Internacional* n. extra: 86 91. 2006

LIMA, J.M. de; MONTEIRO, S. M. F.; SANO, L.; MANGO, B.; RUSIN, C.; NERBASS, F. R.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. *Lançamento de cultivares de morangueiro da Universidade do Estado de Santa Catarina.* Jornal Fruta, 2023. Disponível em:< https://revistadafruta.com.br/eventos/lancamento-de-cultivares-de-morangueiro-da-universidade-do-estado-de-santa-catarina,423298.jhtml#:~:text=Bella%2C%20cultivar%20de%20dia%20neutro,qualidade%20durante%20toda%20a%20safra.>. Acesso: 10 jun. 2023.

LIU, Y.; LIU, R.; DENG, Y.; ZHENG, M.; YU, S.; NIE, Y.; LI, J.Q.; PAN, C.; ZHOU, Z.; DIAO, J. Insights into the Mechanism of Flavor Loss in Strawberries Induced by Two Fungicides Integrating Transcriptome, and Metabolome Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.71, n.8, p.3906-3919, 2023.

LÓPEZ-ARANDA, J. M.; SORIA, C.; SANTOS, B. M.; MIRANDA, L.; DOMINGUEZ, P.; MEDINA-MÍNGUEZ, J. J. Strawberry Production in Mild Climates of the World: A Review of Current Cultivar Use. *International Journal of Fruit Science*, vol. 11, pág. 232–244, 2011.

MACHADO, R. M.; HIRTATA, A. R.; ROCHA, L. C. D.; PEGORER, A. P.; FONSECA, M.F. PASSOS, M.; PEDINI, S.; MEDAETS, J. P. *Legislação de produção orgânica no Brasil: projeto de fortalecimento da agroecologia e da produção orgânica nos SPG e OCS brasileiros.* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais,19 p.; (Caderno PROAPO, n.3). 2016.

NASCIMENTO, J. G. *Malhas coloridas de sombreamento e soluções nutritivas de fertirrigação na cultura da gérbera (Gerbera jamesonii) em ambiente protegido.* Dissertação de Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2018.

NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; RODRIGUES, D. S.; GARCIA, V. A.; FUZITANI, E. J.; SILVA, S. H. M.-G. da. Crescimento e produção de antúrio cultivado sob diferentes malhas de sombreamento. *Ciência Rural*, v. 39 nº5, p.1394–1400, 2009.

PALENCIA, P.; MARTÍNEZ, F.; MEDINA, J.J.; LÓPEZ-MEDINA, J. Strawberry yield efficiency and its correlation with temperature and solar radiation. *Horticultura Brasileira*, v. 31, n. 1, p. 93–99, 2013.

PAVINATO, P. S. *Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná*. Curitiba: SBCS/NEPAR. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER E, MULLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6 ed. Porto Alegre, 2017.

TRÉS, F.; RESENDE, S. A. *SUPERMAGRO-SM. Biofertilizante Enriquecido.* Emater-Rio (Empresa de Extensão Rural). 1995,

RICHTER, A. F.; FAGUERAZZI, A. F.; ZANIN, D. S.; CAMARGO, S. S.; ARRUDA, A. L. KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; SILVA, P. S. Produtividade e qualidade de cultivares de morangueiro sob cultivo de solo e semi-hidropônico. *Revista Científica Rural*, v. 20, n. 1, p. p. 193203, 2018.

RODRIGUES LRF. 2002. *Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido Jaboticabal*: Funep. 762p.

SANTOS, L. D. G. dos. *Colorações de malhas de sombreamento no cultivo de Physalis Peruviana l. em sistema orgânico de produção.* Trabalho de conclusão de Curso, Bacharel em Agronomia. Universidade Federal da Fronteira Sul. Laranjeiras do Sul, 2022.

SARAIVA, G. F. R. *Influência do uso de malhas de sombreamento azul, vermelha e preta no desenvolvimento inicial do pepino Taiko.* Trabalho de conclusão de curso.Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho". Botucatu, SP. 2012.

SERÇE, S.; HANCOCK, J. F. The temperature and photoperiod regulation of flowering and runnering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, and *F. x ananassa*. *Scientia Horticulturae*, v. 103, n. 2, p. 167-177, 2005.

SILVA, A. F.; DIAS, M. S. C.; MARO, L. A. C. Botânica e fisiologia do morangueiro. *Informe Agropecuário*, v. 28, n. 236, p. 7-13, 2007.

VEIGA COSTA, M. *Influência de telas de sombreamento no desenvolvimento e produção de hortaliças folhosas: estudo exploratório*. Dissertação de Graduação. Universidade Federal de São Carlos, Baru, 2023.

VILLAGRÁN, V. D.; LAGARRAGA, M. D.; ZSCHAU, B. V. Variedades de frutilla. In. UNDURRAGA, P.; VARGAS, S. (Ed.). *Manual de frutilla. Chillán: Centro Regional de Investigacionón Quilamapu*, p. 21-30, 2013.

EFICIÊNCIA DA SECAGEM SOLAR NA REDUÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DE FOLHAS DE OSMARIM (*Helichrysum italicum G.Don f.*) E MANJERONA (*Origanum majorana L.*)

André Luís DI DOMENICO[1], Camila Nicola Boeri DI DOMENICO[2], Júlia Souza SANTOS[3]

[1]Coordenação de Administração
Universidade Paranaense – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento de Física, Estatística e Matemática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[3] Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: andre.didomenico@gmail.com, camiladomenico@utfpr.edu.br, juliasantos.2019@alunos.utfpr.edu.br

Resumo: *A determinação de umidade é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos. No processo de secagem essa determinação é fundamental, uma vez que o conhecimento do teor de umidade das matérias-primas é de fundamental importância na conservação e armazenamento, na manutenção da sua qualidade e no processo de comercialização. Neste sentido, foram analisadas a perda de umidade de amostras de osmarim (Helichrysum italicum G.Don f.) e manjerona (Origanum majorana L.), submetidas à secagem com utilização de secador solar. Durante o período de experimento, a umidade relativa média no interior da estufa foi de 41%. Já a temperatura média no interior do secador foi de 37,34ºC, sendo que a média da temperatura ambiente no período foi de 25ºC, o que mostra a eficiência do equipamento utilizado. Os resultados obtidos para o teor de água das amostras desidratadas foram de 6,69% e 8,67%, respectivamente para o osmarim e para a manjerona, e encontram-se dentro da faixa de valores estabelecidos pela legislação brasileira.*

Palavras-chave: *Desidratação; Sustentabilidade; Pós-colheita.*

INTRODUÇÃO

O consumo de temperos, especiarias, molhos e condimentos é prática cotidiana em todas as regiões do país e vem aumentando constantemente. Isso se deve ao fato de cada vez

mais as pessoas estarem valorizando a qualidade gastronômica dos pratos preparados e buscam sabores diferenciados para suas refeições.

Como os temperos são alimentos muito perecíveis, são necessários processos simples e baratos que possam oferecer maior tempo de conservação sem perder a qualidade nutricional (SOUZA, 2004).

A secagem ou desidratação é um dos procedimentos mais importantes para a diminuição da atividade de água (OLIVEIRA; SOARES, 2012). Essa tecnologia utiliza o ar quente para a transferência de calor para o alimento e a consequente vaporização da água contida neste, ocorrendo a desidratação (CELESTINO, 2010) e possibilitando o aumento de seu tempo de vida útil, combatendo a perecibilidade e evitando seu desperdício.

Dentre as possibilidades de secagem, uma das tecnologias usadas e de baixo custo é a secagem solar, que oferece, através da remoção da água, um produto com maior vida útil, maior facilidade no transporte, armazenamento e manuseio, além de ser uma tecnologia sustentável, acessível e ecologicamente viável, possível de ser utilizada por pequenos produtores.

A determinação de umidade é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos. No processo de secagem essa determinação é fundamental, uma vez que o conhecimento do teor de umidade das matérias-primas é de fundamental importância na conservação e armazenamento, na manutenção da sua qualidade e no processo de comercialização (PARK; ANTONIO, 2006).

Estudos e análises de curvas de secagem e determinação do teor de água permitem compreender e visualizar melhor o processo, assim como escolher o procedimento, o tratamento, o equipamento e a temperatura adequada para se realizar a desidratação do alimento, objetivando uma melhor qualidade sensorial e tecnológica (OLIVEIRA et al, 2002).

Dada a importância que o estudo sobre processos de secagem representa em termos científicos e tecnológicos, o presente artigo visa analisar a perda de umidade de amostras de osmarim (*Helichrysum italicum G.Don f.*) e manjerona (*Origanum majorana L.*), submetidas à secagem solar.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As ervas condimentares desempenham um papel essencial na culinária e na preparação de alimentos. Elas são amplamente utilizadas para adicionar sabor, aroma e um toque especial a uma variedade de pratos. Além disso, muitas ervas condimentares também oferecem benefícios à saúde devido às suas propriedades nutricionais e medicinais. Usualmente, sugere-se que o consumo deste tipo de produto seja realizado na sua forma in natura, pois assim assegura-se uma ação mais eficaz de seus princípios ativos. Todavia, a obtenção de folhas frescas para o consumo imediato nem sempre é viável, uma vez que problemas sazonais, climáticos e logísticos inviabilizam o consumo. Logo após a colheita, estes produtos apresentam alta umidade em sua composição química, fazendo com que o material fique suscetível ao ataque de microrganismos e sofra a degradação bioquímica através da ação enzimática. Este tipo de ataque reflete um grande problema encontrado quando se trabalha com materiais biológicos, a impossibilidade para o consumo humano

Assim, aliado a uma tendência cada vez maior de consumo de alimentos industrializados com características próximas aos alimentos *in natura*, tem se buscado formas de processamento que possibilitem a obtenção de alimentos com qualidade nutricional e com maior tempo de prateleira (SILVA, 2010). Sendo assim, um dos principais objetivos das pesquisas em conservação de ervas condimentares é o desenvolvimento de produtos com longo prazo de validade, com manutenção de suas propriedades sensoriais e nutritivas. Evidentemente, essas características aumentam a probabilidade de aceitação do produto pelos consumidores (MELONI, 2002)

Neste sentido, o processo de secagem tem-se mostrado como uma das principais formas de conservação e aproveitamento destes produtos. O processo de secagem de alimentos é uma técnica milenar utilizada para preservar os alimentos, removendo a água presente neles. A remoção da umidade impede o crescimento de micro-organismos, inibe reações químicas indesejáveis e prolonga a vida útil dos alimentos. Além disso, a secagem concentra os nutrientes e sabores dos produtos, tornando-os mais compactos e fáceis de armazenar e transportar.

Este tipo de processo torna-se ainda mais viável se utilizados secadores solares para desidratação. A secagem solar de ervas e condimentos é um método tradicional e eficiente

para preservar o sabor, aroma e propriedades medicinais desses ingredientes naturais. Além disso, a secagem solar é uma opção sustentável e de baixo custo. A energia solar é gratuita e abundante, tornando-se uma solução ecologicamente correta, não requerendo o uso de equipamentos sofisticados ou eletricidade, o que a torna acessível para produtores caseiros e pequenos agricultores.

Encontra-se, na literatura da área, diversos estudos que avaliam o processo de desidratação de plantas medicinais, aromáticas e/ou condimentares ao longo dos anos, tais como os de Lima-Corrêa et al. (2017) para o manjericão, Doymaz (2014) e Selammi et al. (2011) para o louro, Rocha et al. (2013) para o tomilho, Argyropoulos e Müller (2011) para erva-cidreira, e Akpinar e Bicer (2007) para salsa. Entretanto, ainda são escassas as pesquisas que abordam a secagem de ervas condimentares utilizando-se secadores solares e inexistentes para os produtos osmarim e manjerona por este método.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão.

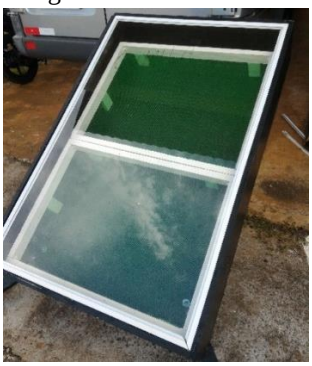
As ervas utilizadas como matéria prima foram Osmarim (*Helichrysum italicum G.Don f.*) e Manjerona (*Origanum majorana L.*).

A matéria prima *in natura* foi adquirida diretamente de um produtor, transportada até o laboratório onde foram inspecionadas e selecionadas quanto ao seu bom estado de conservação. Em seguida, as ervas tiveram sua massa medida, foram lavadas em água corrente e sanitizadas por meio de imersão em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 20 minutos. Posteriormente, as ervas foram lavadas com água para retirada do excesso da solução de sanitização.

Para a manjerona, foi utilizada amostra com massa inicial de 276g e para o osmarim, a amostra possuía massa inicial de 332g.

A secagem das ervas foi realizada em secador solar com dimensões internas de 120,5 cm de comprimento, 78,5 cm de largura e 19 cm de altura, construído em MDF naval e com a sua cobertura feita de vidro temperado de 10mm (figura 1).

Figura 1 - Secador Solar



Fonte: Autoria própria (2023)

Ao longo do processo de secagem, foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa no interior do secador solar, por meio de um termo-higrômetro digital.

A determinação do teor de umidade inicial, para cada amostra, foi feita seguindo-se as normas determinadas pelo Ministério da Agricultura, submetendo-se uma massa de 15g/20g do produto em uma estufa a uma temperatura de 105°C ± 2ºC, durante 24 horas. (CUNNIFF, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2 são mostrados à esquerda o osmarim *in natura*, antes da desidratação, e à direita o osmarim seco, após o processo de secagem.

Figura 2: Osmarim *in natura* e osmarim desidratado

Fonte: Autoria própria (2023)

Na figura 3 é possível visualizar a manjerona *in natura* e após o processo de secagem:

Figura 3: Manjerona *in natura* e manjerona desidratada

Fonte: Autoria própria (2023)

De acordo com Celestino (2010), o encolhimento do alimento é uma das principais características que podem ser observadas durante o processo de secagem, que ocorre devido ao centro do alimento ser a última parte a secar. Essa característica pôde ser observada durante a realização da secagem tanto da osmarim quanto da manjerona.

Além disso, a mudança de pigmentação é uma das características das alterações que os alimentos sofrem devido à desidratação. Segundo Schwartz & Lorenzo (1990) e Bohn & Walczyk (2004) a clorofila, pigmento responsável pela cor verde, é sensível ao pH, enzimas, temperatura, luz e oxigênio, os quais têm maior ou menor influência na sua degradação, de acordo com a atividade de água do meio. Estudos de Heaton & Marangoni (1996) indicaram que pela degradação da clorofila a cor passa de verde-brilhante para verde-oliva.

Após 48 horas de processo de secagem solar, a umidade das amostras *in natura* de manjerona foi reduzida de 76,33% para 8,67%. As amostras de osmarim *in natura* submetidas à secagem solar encontravam-se com umidade inicial de 73,03% (b.u.), e após passar 48 horas no secador solar, a umidade foi reduzida para 6,69%.

Os valores das massas (g) e das umidades (%), das amostras pré e pós-secagem, são mostradas nos quadros 1 e 2:

Quadro 1: Variação média da massa e da umidade do osmarim

Parâmetro	*In natura*	Desidratada
Massa (g)	332	82
Umidade (%, b.u.)	73,03	6,69

Fonte: Autoria própria (2023)

Quadro 2: Variação média da massa e da umidade da manjerona

Parâmetro	*In natura*	Desidratada
Massa (g)	276	56
Umidade (%, b.u.)	76,33	8,67

Fonte: Autoria própria (2023)

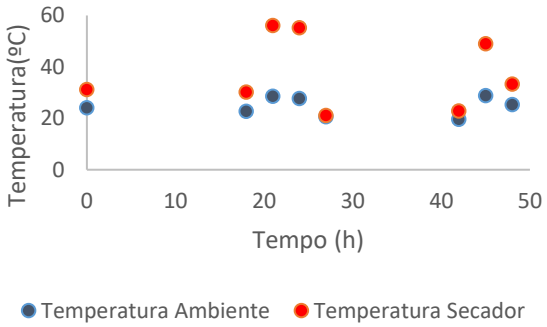
Na literatura, encontram-se estudos que corroboram os resultados aqui apresentados. Sampaio et al. (2012) ao analisarem a secagem do coentro, comentam que no início da secagem o material tem uma elevada quantidade de água não ligada que é facilmente evaporada. Segundo Ornellas (2001), os vegetais desidratados reduzem de 75% a 85% o seu peso inicial.

Conforme observado por Bezerra (2007), a redução do teor de umidade observada nas ervas secas elimina a possibilidade de deterioração microbiológica e reduz consideravelmente a velocidade das reações deteriorantes.

Durante o período de experimento, a umidade relativa média no interior da estufa foi de 41%. Já a temperatura média no interior do secador foi de 37,34ºC, sendo que a média da temperatura ambiente no período foi de 25ºC, o que mostra a eficiência do equipamento utilizado.

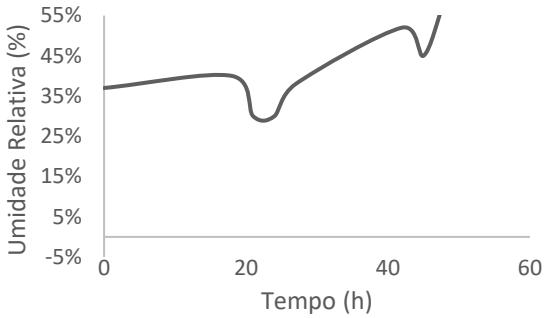
A variação da temperatura e umidade no interior do secador são mostradas pelas figuras 4 e 5, respectivamente:

Figura 4: Variação da temperatura durante o processo de secagem



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 5: Variação da umidade relativa no interior do secador solar durante o processo de secagem



Fonte: Autoria própria (2023)

Por fim, a Vigilância Sanitária (2015) determina que nos produtos vegetais secos ou desidratados o teor de água deve ser no máximo até 12%. Desta forma, os resultados referentes ao teor de água das amostras desidratadas (6,69% e 8,67% respectivamente para o osmarim e para a manjerona) encontram-se dentro da faixa de valores estabelecidos pela legislação brasileira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, mostra-se que o secador solar atinge o seu objetivo, já que propiciou a perda de umidade dos produtos até valores ideais para um armazenamento seguro, possibilitando um alimento com maior vida útil e seguro do ponto de vista microbiológico.

Neste sentido, é possível afirmar que a secagem solar de osmarim e manjerona é uma alternativa promissora na pós-colheita dessas importantes ervas. Além disso, o secador solar apresentou resultados satisfatórios no processo de secagem, promovendo a perda de água das amostras ao longo do processo, mostrando ser um equipamento eficiente e sustentável.

REFERÊNCIAS

AKPINAR, E. K.; BICER, Y. Modelling of thin layer drying kinetics of sour cherry in a solar dryer and under open Sun. *Journal of Scientific and Industrial Research*, v. 66, n. 9, p. 764-771, 2007.

ARGYROPOULOS, D.; MÜLLER, J. Effect of Convective Drying on Quality of Lemon Balm (Melissa Officinalis L.). *Procedia Food Science*, v. 1, p. 1932-1939, 2011.

ANVISA. BRASIL. *Agência Nacional de Vigilância Sanitária*. Consulta Pública nº 80. Diário Oficial da União - Brasília, DF, Brasil, 2015.

BEZERRA, T.S. *Desidratação de hortaliças: aspectos teóricos*. Universidade de Brasília, 2007, 53 p.

BOHN, T.; WALCZYK, T. Determination of chlorophyll in plant samples by liquid chromatography using zincphthalocyanine as an internal standard. *Journal of Chromatography A*, Amsterdam, v. 1024, p.123-128, 2004.

CELESTINO, S.M.C., *Princípios de Secagem de Alimentos*. Embrapa Cerrados. Planaltina, 2010. p 10.

CUNNIFF, P. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, AOAC International, Gaithersburg, MD, v.17, n.7, p. 14–15, 2002.

DOYMAZ, İ. Thin-Layer Drying of Bay Laurel Leaves (Laurus nobilis L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 38, n. 1, p. 449-456, 2014.

HEATON, J. W.; MARANGONI, A. G. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. *Trends in Food Science and Technology*, Cambridge, v.7, p.8-15, 1996.

LIMA-CORRÊA, R. A. B. et al. Thin-layer and vibrofluidized drying of basil leaves (Ocimum basilicum L.): analysis of drying homogeneity and influence of drying conditions on the composition of essential oil and leaf colour. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, v. 7, n. August 2015, p. 54-63, 2017.

MELONI, P.L.S. *Manual de produção de frutas desidratadas, Instituto de Desenvolvimento da Fruticultura e Agroindústria* – Frutal, Sindicato dos Produtores de frutas do Estado do Ceará – Sindifruta, Fortaleza-CE, 2002.

OLIVEIRA, D. C. R.; SOARES, E. K. B. Elaboração e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de produtos desidratados obtidos a partir de matérias-primas amplamente consumidas na Amazônia. *Scientia Plena*. Aracajú, v.8, n.5, 2012.

OLIVEIRA, L. F. et al. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (Passiflora edulis F. flavicarpa) para produção de doce em calda. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 22, n. 3, p. 254-258, 2002.

ORNELLAS, L. H. *Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos*. São Paulo: Atheneu, 7 ed, 2001. 350 p.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C. *Análises de Materiais Biológicos*. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2006.

ROCHA, R. P. et al. Influência do processo de secagem sobre os principais componentes químicos do óleo essencial de tomilho. *Revista Ceres*, v. 59, n. 5, 2012.

SAMPAIO, G. F. et al. *Estudo da secagem de coentro (coriandrumsativum) em secador de bandejas.* 2012.

SCHWARTZ, S. J.; LORENZO, T. V. Chlorophylls in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Cleveland, v. 29, p.1-17, 1990.

SELAMMI, I. H; WANNES, W. A; BETTAIEB, I; BERRIMA, S; CHAHED, T; MARZOUK, B; LIMAM, F. Qualitative and quantitative changes in the essential oil of Laurus nobilis L. leaves as affected by different drying methods. *Food Chemistry*. California. v. 126, p. 691 - 697, 2011.

SILVA, A. S. et al. Característica higroscópica e termodinâmica do coentro desidratado. *Revista de Ciências Agronômicas*, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 237-244, 2010.

SOUZA et al. Secador solar a baixo custo para frutas tropicais. In: *Congresso Nacional de Engenharia Mecânica*, Belém, 2004.

ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES MODELOS DE SECADORES SOLARES NA SECAGEM DE FRUTAS E HORTALIÇAS: UM ESTUDO COMPARATIVO

Julia Souza SANTOS[1], **Camila Nicola Boeri DI DOMENICO**[2]

[1]Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2]Departamento Acadêmico de Física, Estatística e Matemática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: juliasantos.2019@alunos.utf.edu.br, camiladomenico@utfpr.edu.br

Resumo: *A secagem com o uso da energia solar como forma de conservação de alimentos é uma das técnicas mais antigas utilizadas neste tipo de processo, já que o homem se viu na necessidade de proteger seus alimentos da deterioração, expondo-os em direção ao sol. Na civilização atual, a alternativa a estes problemas é a utilização de secadores solares, que são equipamentos simples e de baixo custo tecnológico, já que os secadores convencionais demandam mais custos pela sua necessidade de energia elétrica. Neste sentido, este artigo se propõe a responder ao seguinte problema: Como diferentes frutas e hortaliças se comportam após serem secas em diferentes secadores solares? As frutas e hortaliças foram escolhidas, em sua maioria, de acordo com a taxa de perda e desperdício a fim de evitá-los. Assim, foi feita a análise da eficiência de diferentes modelos de secadores solares e com isso identificadas quais frutas ou hortaliças se adaptam melhor nesse método.*

Palavras-chave: *Secadores; Energia solar; Frutas; Hortaliças.*

INTRODUÇÃO

A energia solar é gerada a partir da radiação emitida pelo sol e transformada em fonte de energia, ela vem sendo usada desde a antiguidade e está presente em sua evolução. A utilização da energia solar se faz presente a partir do momento em que o homem se viu na necessidade de proteger seu único alimento de se deteriorar, já que estavam em contato diário com parasitas, a opção a ser seguida era a secagem de alimentos expondo-os em direção ao sol. Na civilização atual, a alternativa a estes problemas é a utilização de secadores solares, que são equipamentos simples e de baixo custo tecnológico (SALEH; BADRAN, 2009) já

que os secadores convencionais demandam mais custos pela sua necessidade de energia elétrica.

Neste sentido, este artigo se propõe a responder ao seguinte problema "como diferentes frutas e hortaliças se comportam após serem secas em diferentes secadores solares?". Segundo Benali e Amazouz (2006) os alimentos são termossensíveis, então quando expostos ao calor elevado podem ser danificados, fazendo com que as características deles na secagem seja diferente para cada tipo de alimento. Utilizar o alimento em sua totalidade significa mais do que economia: significa usar os recursos disponíveis sem desperdício, reciclar, respeitar a natureza e alimentar-se bem (PASSOS, 2012).

A hipótese que se levanta frente ao problema em questão foi a análise da composição de diferentes frutas e hortaliças e como se comportam sendo secas por meio da energia solar e a alteração do tempo de exposição ao calor para cada espécie. As frutas foram escolhidas, em sua maioria, de acordo com a taxa de perda e desperdício a fim de evitá-los.

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a eficiência de diferentes modelos de secadores solar e com isso descobrir quais frutas ou hortaliças se encaixaram melhor nesse método. A importância desta pesquisa é dada pela ajuda à população local contribuindo com a economia, já que gera um subproduto com menos perecibilidade e maior possibilidade de venda.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Vários autores têm abordado a temática do uso da secagem solar, visto que é uma das formas mais promissoras e sustentáveis de produção de energia atualmente disponível. É obtida capturando a luz solar e convertendo-a em eletricidade ou calor usando painéis solares. A importância dessa fonte de energia renovável está em diversos aspectos que impactam positivamente tanto o meio ambiente quanto a sociedade como um todo.

A secagem ao sol é uma técnica viável e vantajosa para algumas aplicações. Além dos benefícios econômicos e ambientais, ela também contribui para a preservação dos alimentos, melhoria da qualidade dos produtos e desenvolvimento sustentável, mostrando seu valor em diversos contextos. Esta tecnologia baseia-se na aplicação direta ou indireta da luz solar e na circulação natural do ar para remover a umidade dos produtos e é amplamente

utilizada em climas ensolarados e áreas onde a incidência solar é abundante. Embora demore mais do que outros métodos de secagem, tem vantagens significativas.

Muitas pesquisas têm sido voltadas a essa área com foco em alimentos, como as de Mujumdar (2006, 2007, 2009, 2014), que realizou uma extensa pesquisa sobre secagem de alimentos, incluindo secagem solar, e Mohammad (2014) com pesquisas sobre o desenvolvimento de tecnologia e eficiência de sistemas de secagem solar. Já na área de secagem ao sol de frutas e vegetais, estudos significativos podem ser citados como os de Doymaz (2011) que trata sobre efeitos pré-tratamento dos alimentos e qualidade de produtos secos e de Maskan (2017) com trabalhos sobre secagem por convecção e secagem por liofilização, entre outros.

METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma pesquisa bibliográfica com fundamento em artigos científicos e livros acadêmicos para a elaboração de um artigo de revisão. As bases de dados utilizadas foram Scientific Electronic Library Online, Google Acadêmico e Periódicos CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

A pesquisa pelos artigos foi realizada usando palavras-chave como: frutas desidratadas, secagem solar, frutas e energia solar. As buscas citadas foram tanto em língua portuguesa quanto em língua inglesa com palavras como: energy efficiency, drying efficiency e domestic solar dryer.

Como critérios de escolha dos referenciais, foram utilizados nesta revisão trabalhos de conclusão de curso, artigos de congressos e artigos publicados em periódicos indexados. Esta busca de artigos para a revisão de literatura aconteceu no decorrer de três meses. No primeiro mês, realizou-se a verificação do referencial teórico; no segundo mês, a revisão da literatura; no terceiro mês, a elaboração de tabelas e a compilação de material.

A pesquisa foi realizada de modo que ela permanecesse qualitativa, sendo uma revisão de literatura comparativa, a escolha por esse método foi para que pudesse ser baseada em dados já existentes em pesquisas bibliográficas, considerando os aspectos relevantes levantados pelos seus respectivos autores, e poder ser feita a comparação de material para obtenção de um resultado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a filtragem dos autores e dos temas, totalizou-se para análise completa 34 artigos, sendo eles em sua maioria com testes feitos em frutas com a utilização de um secador solar. Com base nos dados coletados dos artigos analisados, pode-se perceber a semelhança entre algumas frutas, frutos, hortaliças e legumes, conforme destacado a seguir.

Analisando-se os estudos envolvendo o abacaxi, tanto o citado por Gomes (2015) quanto o citado por Dantas (2019), e o morango, citado por Basílio (2016), por conta das suas semelhanças na alta umidade inicial, são frutas com alta concentração de água. Fazendo uma média entre os dois artigos do abacaxi, tem-se uma umidade inicial média de ± 85,8% e utilizando a umidade inicial média do morango, também levando em conta que não se tem a mesma informação de 4 horas para todos os tipos de secadores, pode-se notar a maior eficiência do secador solar de isopor de Dantas (2019), mesmo com o secador híbrido solar-elétrico de Basílio (2016) reduzindo 75,37% em 7 horas, já que em 4 horas o secador de madeira de Dantas (2019) e o sistema de secagem de baixo custo de Gomes (2015) diminuíram cerca de 6% enquanto o secador solar de isopor de Dantas (2019) diminuiu cerca 41% em 70% do tempo total, 4 horas. A eficiência do secador híbrido solar-elétrico de Basílio (2016) se dá justamente por conta dessa hibridade, que gera maior controle de temperatura pela utilização da energia elétrica e maior custo, já o secador solar de isopor de Dantas (2019) é por conta do seu melhor isolamento térmico em relação aos outros materiais utilizados e com a variação de temperatura menor, na faixa de 40ºC a 60ºC.

Segundo Hymowitz (1970), a banana, a batata-doce e a beterraba, estão entre os alimentos mais importantes para a humanidade, assim foi feita a análise do processo de secagem destes produtos. Foi feita uma média da umidade inicial das bananas citadas por Ricci (2012), Silva (2022) e Lima (2019), das batatas-doces de Rodrigues (2021) e Lima (2019) e a beterraba de Lima (2019), já que foram encontradas similaridades entre elas, obtendo-se ± 72,3% para a banana e ± 69,75 para a batata-doce e mantendo 86% para a beterraba. O método de secagem mais eficiente para a banana foi o secador solar de baixo custo de Lima (2019) , que reduziu 55,5% em 12 horas, tendo sua eficiência reforçada pela

análise da beterraba que reduziu cerca de 85% da sua umidade em 10 horas, enquanto o menos eficiente foi o secador solar feito de tábuas citado por Ricci (2012) que precisou de três vezes o tempo para reduzir 47,3%, já para a batata-doce, a maior eficiência ficou para o protótipo de secador solar com coletor solar de Rodrigues (2021) que reduzindo 69,75% em 5 horas enquanto o de baixo custo de Lima (2019) reduziu 56,65% no dobro de tempo. A maior eficiência do secador de baixo custo de Lima (2019) se dá por ser um secador construído de aço, que atua como bom condutor de calor, e ter um processo de secagem com exposição direta, e o do protótipo de secador com coletor solar de Rodrigues (2021) se dá por conta do seu comportamento de temperatura na câmara e do coletor em função da temperatura ambiente durante o dia.

Para a análise do tomate de Barbosa (2011), da berinjela de Barbosa (2011) e de Lima (2019) e do pepino de Barbosa (2011), esta foi feita com base na definição botânica deles, já que são produtos do desenvolvimento das flores de angiospermas. Alguns frutos de determinados vegetais não são considerados frutas, pois são consumidos como alimentos salgados, como o tomate, pepino, berinjela etc. (KOBLITZ,2011). As frutas foram unificadas em uma mesma análise já que as umidades iniciais são semelhantes, para a berinjela foi estabelecido a umidade média de ± 91,4%, para o pepino foi estabelecido uma umidade intermediária de 96% e para o tomate a umidade foi mantida em 95%, se comparados separadamente, o secador solar de baixo custo de Lima (2019) apresenta maior eficiência na secagem, reduzindo cerca de 90% da umidade no mesmo período que o secador solar de sucata de Barbosa (2011), mas se analisados como um grupo, por suas características semelhantes, o secador solar de sucata de Barbosa (2011) apresenta eficiência comprovada já que está sendo usado nas três frutas reduzindo cerca de ±86,93% em um período médio de 9,33 horas, o secador faz o processo de secagem por exposição direta.

Para a análise da manga foi observada um único tipo, citada por Dantas (2019), e comparadas as suas formas de secagem. Segundo Crisóstomo (2009) o Brasil figura como um dos principais produtores da manga, que tem origem no Sul e Sudeste da Ásia. A umidade média da manga foi estabelecida em ± 81,10%, o secador que obteve maior taxa de secagem nos estudos de Dantas (2019) foi o secador de isopor fazendo com que a eficiência dele seja maior, com redução de cerca de 42% em 70% do tempo do secador de madeira, esse

comportamento pode ser justificado pela secagem no secador solar de isopor não ser interrompida e ele apresenta maior isolamento térmico.

A Goiaba vermelha dos estudos de Dantas (2019) e de Lima (2019) e o coco de Lima (2019) foram analisados juntos tanto para a avaliação da eficiência do secador solar de baixo custo de Lima (2019) quanto para uma melhor observação do comportamento de dois produtos com valores lipídicos completamente diferentes, segundo o NEPA (2011), a goiaba vermelha tendo 0,4g enquanto o coco com 4,5, mas com valores de carboidratos próximos, ficando entre 10 e 13g. Essa condição do teor lipídico do coco influi muito na secagem já que o indicado, para alguns tipos de secagem, seria emulsifica-lo com agentes emulsionantes que contribuem para o aumento da estabilidade das emulsões, já que esses compostos têm uma parte que interage com a água, e outra com afinidade por óleo (MEDEIROS, 2020).

A umidade da goiaba foi estabelecida por meio da média das umidades iniciais dos artigos analisados ficando ± 82,02%, a do coco foi mantida, o secador solar que apresentou maior eficiência tanto em relação a diminuição da umidade quanto o tempo foi o secador de isopor de Dantas (2019), já que ele secou a goiaba em ± 67% em cerca de 23% do tempo utilizado para secagem no secador solar de baixo custo de Lima (2019), 12 horas.

O secador solar de baixo custo de Lima (2019) teve sua eficiência testada em dois tipos de produtos, como o coco e a goiaba não tiveram o mesmo tempo de secagem e nem mesmo a mesma umidade inicial compatível foi observada a particularidade individual de cada um, em cerca de 41% do tempo da goiaba o coco atingiu apenas 30% de diminuição de massa úmida, enquanto a goiaba em um pouco mais que o dobro do tempo atingiu ± 76% de redução, mostrando a maior facilidade em secar produtos com teores lipídicos menores.

A cebolinha e o coentro são hortaliças muito utilizadas como condimento. O coentro é muito utilizado em sua forma in natura, mas a opção desidratada vem sendo muito procurada por se tratar de uma folhosa intolerante à baixas temperaturas, dificultando sua armazenagem na geladeira. As populações das regiões Norte e Nordeste são as maiores consumidoras dessa hortaliça condimentar (FILGUEIRA, 1982; PEDROSA et al., 1984).

Nesta análise, tem-se as umidades do coentro citado por Sousa (2018) muito próximas da umidade da cebolinha citada por Hidalgo (2021), para melhor dedução foi feita a umidade média das duas hortaliças como ±91,53% e fazendo a comparação por tempo no

secador, o que teve maior eficiência em relação ao tempo foi o secador solar direto assistido por módulo fotovoltaico de Hidalgo (2021) com cerca de 89% em 46% do tempo do secador solar de baixo custo exposto à radiação difusa de Sousa (2018) que teve redução de cerca de 90% em maior tempo.

O cupuaçu é um fruto muito comum no norte do Brasil, mais especificadamente da Amazônia. Segundo Gondim *et al*. (2001) é muito utilizado para a produção de vários subprodutos como sucos, sorvetes, biscoitos, entre outros. É um fruto com polpa e sua semente, que é o que foi analisado nesta secagem, corresponde à cerca de 17% do fruto.

A uva, por sua vez, já tem sua produção mais forte na região nordeste do Brasil, foi analisado a baga inteira, sendo composta de casca, semente e polpa, também podendo ser utilizado para a produção de sucos, geleias e doces, dependendo do seu º Brix que avalia seus sólidos solúveis. A semente do cupuaçu citada por Moraes-Duzat (2002) e a uva de Almeida (2016) foram analisados juntas tanto pela sua versatilidade quanto pela sua umidade inicial ser muito parecida, podendo assim avaliar os diferentes secadores e sua eficiência.

Para essa análise, tomou-se uma umidade inicial média para os dois, facilitando assim a análise do secador, a umidade inicial fica cerca de ± 85,55%, a uva reduziu 77,4% e a semente de cupuaçu 81,36 % em 4 dias de secagem mostrando maior eficiência no secador multiuso de Moraes-Duzat (2002) que o secador solar de material reciclável de Almeida (2016), já que o mesmo é composto de metal e madeira isolados com isopor, que promove isolamento térmico, totalmente independente de energia elétrica, utilizando painéis solares fotovoltaicos para funcionamento dos ventiladores para circulação de ar.

Nesta análise, foi observada apenas a eficiência do secador dos estudos de Barbosa (2011) em relação ao tempo de secagem, a cenoura que é uma hortaliça do grupo de raízes tuberosas, o chuchu, que é uma das 10 hortaliças mais consumidas no Brasil, segundo Lana (2010), o maxixe que é um vegetal rico em fibras e o quiabo que é um fruto muito confundido como legume por ele possuir sementes em sua parte interior assim como o tomate, eles foram secos em um mesmo secador de sucata com apenas o tempo diferente, determinando o tempo de 15 horas como o tempo máximo de secagem, correspondendo a 100% do tempo, a cenoura reduziu sua umidade em 82% em 60% do tempo, o chuchu 87,5% em 100% do tempo, o maxixe 86,7% em 73,3% do tempo e o quiabo entre 81% e 85% em 60% do tempo, com

esse tipo de análise podemos comparar que após as 9 horas de secagem, ou 60% do tempo total utilizado, a umidade reduz sua diminuição se tornando “menos eficaz”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desse modo, concluiu-se que a eficiência da secagem depende muito do modo com que o secador solar foi construído. A maioria dos secadores solares que foram abordados na análise foram feitos a partir de materiais reciclados utilizando apenas informações de transferência de calor e isolamento térmico.

As diferentes frutas e hortaliças se comportam de formas particulares assim que são expostas a radiação que atinge os diferentes tipos de secadores, o modo que foi mais efetivo foi utilizando o secador solar de isopor de Dantas (2019) e o de baixo custo de Lima (2019), sendo o de isopor mais efetivo em relação ao tempo e sendo testado nas frutas com maior porcentagem de umidade inicial, respondendo então a hipótese do comportamento das frutas sendo secas por meio da energia solar e a alteração do tempo de exposição ao calor para cada espécie, já que as frutas com maior teor de umidade sendo secas com um dos secadores mais eficientes se equipara com a secagem de frutas e hortaliças com menor umidade.

Os resultados desta análise foram satisfatórios, já que foi possível ver a eficiência de diferentes modelos de secadores solar. Para projetos futuros os mais indicados são os de baixo custo, observando sempre os materiais associados a ele, esse tipo de secador tem muita aplicabilidade em localidades com altos níveis de incidência solar, para o secador de isopor, especificadamente, poderão ser feitas medições de temperatura interna já que ele apresenta maior isolamento térmico, análises sensoriais e físico-químicas para saber se esse alimento apresenta as mesmas características de quando in natura.

A importância desta pesquisa é dada pela ajuda à população local, contribuindo com a economia e com a sustentabilidade, já que acontece o aproveitamento da energia solar fototérmica para o coletor solar, que torna o secador mais eficiente na maioria dos casos, e para ventiladores de exaustão que são acionados por painéis solares tornando o secador completamente movido à energia solar. A secagem por energia solar se mostrou muito eficiente e de baixo custo, demonstrando ótimo custo-benefício, até mesmo o secador híbrido se torna uma alternativa a fim de aumentar o valor agregado à produtos que seriam desperdiçados e aumentando a vida útil deste alimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. B. DE; LIMA, M. A. A.; SOUZA, L. G. M. DE. Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável. *Holos*, v. 4, p. 197–205, 9 set. 2016.

BARBOSA, José Rui Peres. Estudo da viabilidade de uso de secadores solares fabricados com sucatas de luminárias. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

BASÍLIO, Emiliana Pereira; CHARBEL, Andrea Lúcia Teixeira; FERREIRA, André Guimarães. Avaliação da secagem de morangos em estufa e em secador híbrido solar-elétrico. *Revista Acadêmica Conecta FASF*, v. 1, n. 1, 2016.

BENALI, M.; AMAZOUZ, M. Drying of vegetable starch solutions on inert particles: Quality and energy aspects. Journal of Food Engineering, v. 74, n. 4, p. 484–489, jun. 2006.

CRISÓSTOMO, L. A. Adubando para Alta Produtividade e Qualidade Fruteiras Tropicais do Brasil. *Embrapa*, 2009.

DANTAS, Alessandra Raquel et al. Construção e utilização de secadores solares para avaliação de desempenho na desidratação de frutas tropicais. 2019.

FILGUEIRA, F. A. R. Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças. 2. ed. São Paulo-SP: Agronômica Ceres, 1982. v. 2 357p.

GOMES, Ítalo de Andrade et al. Desenvolvimento experimental de um secador solar de frutas com aproveitamento multienergético. 2015

GONDIM, T. M. DE S. et al. Aspectos da produção de cupuaçu. www.infoteca.cnptia.embrapa.br, 2001.

HIDALGO, Letícia Ferraresi. Avaliação de processo em secador solar direto assistido por módulo fotovoltaico: aplicação para secagem de alimentos. 2021.

HYMOWITZ, T. On the Domestication of the Soybean. Economic Botany, v. 24, n. 4, p. 408–421, 1970.

KOBLITZ, Maria Gabriela B. Matérias-Primas Alimentícias - Composição e Controle de Qualidade. Grupo GEN, 2011. E-book. ISBN 978-85-277-2331-2. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-277-2331-2/. Acesso em: 23 mai. 2023.

LANA, M. M.; TAVARES, S. A. (Ed.). 50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 209 p. il. color.

LIMA, Rodrigo Azevedo de. Estudo de um secador solar de baixo custo para desidratação de alimentos. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MEDEIROS, Amanda Karoline Varela de et al. Obtenção de coco verde desidratado em secador solar pelo processo Foam-mat. 2020.

MORAES-DUZAT, Rejane et al. Secador solar multi-uso para beneficiamento de produtos naturais da amazônia. *Procedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural*, 2002.

NEPA – NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) 1ª ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2011. 38 p

PASSOS, B. D. C. Aproveitamento Integral dos Alimentos. Disponível em: <https://nutricionistasjc.wordpress.com/2012/04/16/aproveitamento-integral-dos-alimentos-2/>. Acesso em: 23 maio. 2023.

PEDROSA, F.F.; NEGREIROS, M. Z. e NOGUEIRA, I. C. C. Aspectos gerais da cultura do coentro. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, v.10, n.120, p.75-78, 1984.

RICCI, Mayara Rohenkohl; DE FREITAS BATTISTI, Juliane; SCHMIDT, Carla Adriana Pizzarro. 12-Secador solar: Processo de desidratação de frutas com diferentes tratamentos osmóticos. *Cadernos de agroecologia*, v. 7, n. 1, 2012.

RODRIGUES, Jocielys Jovelino et al. Análise cinética de secagem solar em amostras de batata doce / Kinetics of sweet potatoes samples in a solar dryer. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 4, p. 43122–43130, 29 abr. 2021.

SALEH, A.; BADRAN, I. Modeling and experimental studies on a domestic solar dryer. Renewable Energy, v. 34, n. 10, p. 2239–2245, out. 2009.

SILVA, Michel Barros. Avaliação de um secador solar em diferentes condições climáticas e meteorológicas. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 11, n. 1, p. e15411124405, 4 jan. 2022.

SOUSA, Karla dos Santos Melo de et al. Estudo da cinética de secagem do coentro sob ação da radiação direta e difusa. *Nucleus*, v. 15, n. 2, p. 423–432, 2018.

ANÁLISE ANTIFÚNGICA *IN VITRO*: ADAPTAÇÕES EM FUNÇÃO DO USO DO CARVACROL

Jaqueline PASTRO[1], Emerson Wendes Santos PARAGUASSÚ[1], Cláudia Moreira Santa Catharina WEIS[2], Felipe Guilherme Brunetto BRETSCHNEIDER[1], Franciélly STADLER[3], Edilaine Mauricia Gelinski GRABICOSKI[1], Alessandra MACHADO-LUNKES[3]

[1] Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos
Universidade Estadual de Londrina
Londrina – Paraná – Brasil

[3] Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão e Londrina
Paraná - Brasil

E-mails: jaquelinepastro@alunos.utfpr.edu.br, emersonp@alunos.utfpr.edu.br, engalimclaudiaweis@gmail.com, felipebretschneider@gmail.com, stadler.alipr@gmail.com, edilainem@utfpr.edu.br, amachado@utfpr.edu.br

Resumo: *O carvacrol é um composto natural, presente no óleo essencial de orégano que apresenta potencial antimicrobiano contra diversos microrganismos, principalmente fungos. No entanto sua aplicação na indústria de alimentos é limitada devido a alterações de aroma e sabor nos alimentos, o que torna necessário sua utilização em baixas concentrações. Para determinar sua atividade antifúngica contra Alternaria alternata, Colletotrichum gloeosporioides, Colletotrichum* sp. e *Fusarium solani, foram realizados ensaios em microplaca de 96 poços, onde houve controle da atmosfera gasosa por meio de material selante, chegando assim a concentração inibitória mínima e concentração fungicida mínima com maior confiabilidade. Os resultados mostraram que o carvacrol inibiu a proliferação do Colletotrichum* sp. *e do Colletotrichum gloeosporioides, porém os valores de concentração inibitória mínima foram superiores quando o ensaio foi realizado sem uso da borracha seladora, evidenciando que a atmosfera gasosa do carvacrol interfere na realização do ensaio.*

Palavras-chave: *Carvacrol; Fase vapor; Composto antifúngico; Análise in vitro.*

INTRODUÇÃO

As perdas pós-colheita de frutos no Brasil ficam acima de 30% em relação ao total produzido e boa parte disso ocorre por contaminações fúngicas, dentre as quais, boa parte são causadas por fungos (DUTOT; NELSON; TYSON, 2013; FAO, 2011; REIS; COSTA, 2012; SEBRAE, 2015). O percentual expressivo de desperdício desses alimentos, mostra a demanda crescente por maneiras de mitigar as perdas pós-colheita e garantir a manutenção da qualidade dos frutos, além de aumentar a vida útil destes produtos (VAN LONG, JOLY, DANTIGNY, 2016).

Tradicionalmente, como forma de diminuir as perdas ocasionadas por doenças fúngicas, se faz uso de fungicidas sintéticos (RAJENDRAN, 2016). No entanto, o uso de produtos químicos inadequados, em quantidades superiores ao necessário, assim como colheita logo após a pulverização faz com que haja níveis excessivos de pesticidas em vegetais, frutas, legumes e grãos. Esses resíduos podem causar inúmeras complicações à saúde e por isso à procura dos consumidores por alimentos mais saudáveis e seguros, faz com que seja necessário a busca por novos antimicrobianos de fontes naturais (ZABKA; PAVELA, 2013)

Um antimicrobiano obtido de fonte natural que já vem sendo estudado para a redução e controle do desenvolvimento de doenças fúngicas é o carvacrol (ABBASZADEH *et al*., 2014). O carvacrol é um fenol monoterpênico, presente majoritariamente no óleo essencial de orégano, podendo ser encontrado também no óleo essencial de tomilho (BASER, 2008; RYU *et al*., 2018). Este composto natural é usado em alimentos como aromatizante e conservante, e como agente antimicrobiano contra microrganismos resistentes a antibióticos comerciais (SUNTRES; COCCIMIGLIO; ALIPOUR, 2015). Sua utilização é permitida em doses controladas e o mesmo é classificado como seguro pelo Food and Drugs Administration (FDA) (FDA, 2011).

A aplicabilidade do carvacrol em alimentos se torna limitada em função das alterações de sabor e aroma, para isto o efeito antimicrobiano desejado deve ser alcançado em baixas concentrações, a fim de minimizar o sabor e aroma indesejado nos alimentos (SIVAKUMAR; BAUTISTA-BAÑOS, 2014). Nesse sentido, este trabalho teve como

objetivo determinar de maneira assertiva a Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Fungicida Mínima (CFM) do carvacrol frente ao *Fusarium solani*, *Alternata alternaria*, *Colletotrichum* sp. e *Colletotrichum gloeosporioides* a partir do uso de borracha seladora no ensaio antifúngico em microescala em placa de 96 poços.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O carvacrol é um fenol monoterpênico, presente majoritariamente no óleo essencial do orégano (*Origanum vulgare*) e é chamado de 5-isopropil-2-metilfenol pela IUPAC (BASER, 2008; RYU *et al*., 2018). Este composto pode ser obtido biosinteticamente a partir do γ-terpineno com o auxílio de p-isopropil tolueno, por síntese química e também por métodos biotecnológicos (BASER, 2008). O mesmo apresenta características lipofílicas, é insolúvel em água e altamente solúvel em etanol, éter etílico e acetona (SHARIFI-RAD *et al*., 2018).

O carvacrol tem sido reconhecido como um novo tipo de bioconservante devido à sua capacidade de aumentar a vida útil de frutas e vegetais, regular seu metabolismo fisiológico, aumentar sua resistência a doenças e melhorar sua qualidade de armazenamento (OCHOA-VELASCO *et al*., 2021).

Alguns estudos destacam que o carvacrol pode ser usado como agente antimicrobiano alternativo contra bactérias patogênicas como, *Escherichia coli*, *Salmonella* e *Bacillus cereus*, além de fungos como *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus ochraceus*, *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium* spp, *Penicillium citrinum*, *Penicillium chrysogenum*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizopus oryzae* (ABBASZADEH *et al*., 2014; LANDRY *et al*., 2015; ULTEE, *et al*., 2000). Um estudo mais atual realizado por Mi *et al*. (2023) observou que o tratamento com carvacrol inibiu significativamente o crescimento micelial e a germinação de esporos dos fungos *Clonostachys rosea* e *Fusariam equiseti*, comumente encontrados em kiwis.

Uma forma amplamente utilizada para verificar o desempenho de antimicrobianos naturais é a análise *in vitro*, que consiste na utilização da técnica de microdiluição em meio líquido, em que é determinada a concentração inibitória mínima (CIM) e a concentração

fungicida mínima (CFM) ou a concentração bactericida mínima (CBM) do agente estudado (FIEIRA *et al*, 2013).

Diferentes trabalhos realizaram análise antimicrobiana *in vitro* para determinar a capacidade inibitória de proliferação de microrganismos pelo carvacrol (ABBASZADEH *et al*., 2014; ADDO; LI; YU; XIAO, 2023; ARAUJO; LONGO, 2016; CACCIATORE *et al*., 2022; FREITAS *et al*., 2013). No entanto, ao observar o método descrito nos trabalhos não há relato de nenhum tipo de controle da fase vapor do carvacrol na realização destas análises, em função da sua alta volatilidade. De fato, em estudo que determinou a dose inibitória mínima por contato gasoso, o carvacrol inibiu o crescimento de *S. aureus* (ATCC 25923) e *C. albicans* (ICB12) nas concentrações de 1 $mg.mL^{-1}$ de ar e 0,25 $mg.mL^{-1}$ de ar, respectivamente (FREITAS *et al*., 2013). A atividade antimicrobiana do carvacrol em fase vapor também foi observada pelo estudo de Lopez (2007), contra uma variedade de cepas bacterianas e fúngicas. Além disso, a rápida liberação de vapor de carvacrol apresentou alta ação antimicrobiana a partir do uso de nanogeradores foto-acionados, inativando significativamente S. *aureus* e *E. coli* por meio de contato gasoso (NONG *et al*., 2021).

Assim, os resultados da ação antimicrobiana do carvacrol decorrem da habilidade que o mesmo tem de acumular-se na membrana celular devido a sua hidrofobicidade, além da possibilidade que ele tem de formar ligações liberando prótons e por consequência, provocando alterações conformacionais na membrana, ocasionando morte celular (ARFA *et al*., 2006). No primeiro caso, a hidrofobicidade é explicada pelo caráter lipofílico do carvacrol que possibilita grande interação com a bicamada lipídica da membrana citoplasmática bacteriana, ficando alinhado às cadeias de ácidos graxos causando a expansão e desestabilização da estrutura da membrana, aumentando sua fluidez e permeabilidade (ALLAOUA *et al*., 2018; GARCÍA-SALINAS, 2018; MARINELLI; STEFANO; CACCIATORE, 2018).

METODOLOGIA

Para a avaliação da atividade antifúngica *in vitro* o carvacrol (Sigma-Aldrich, USA) foi diluído em etanol 70% e sua concentração variou de 0,68-300 mM. Os fungos

filamentosos estudados foram *Colletotrichum gloeosporioides* (CBMAI 864), *Fusarium solani* (CCT 1204) e *Alternaria alternata* (CCT 2816). *C. gloeosporioides* e *A. alternata* foram cultivados em ágar extrato de malte e *F. solani* e *C.* sp. foram cultivados em ágar batata dextrose. O cultivo de *C. gloeosporioides* e de *C.* sp. foi realizado a 28 °C por oito dias, enquanto que os outros dois fungos foram cultivados a 25 °C por sete dias.

A determinação da CIM ocorreu através do método de microdiluição utilizando a microplaca de 96 poços (Fieira *et al*., 2013) e os fungos testados foram usados em uma concentração de 1×10^5 esporos.mL^{-1}. A borracha seladora de silicone (Axygen) foi utilizada devido a volatilização do carvacrol na microplaca. O crescimento do fungo foi acompanhado pela turbidez a 630 nm usando leitora TP Reader NM (Thermoplate, Curitiba, Brasil). O valor da CIM corresponde a menor concentração que o carvacrol causou 100% de inibição do crescimento dos fungos.

A CFM foi realizada retirando o volume total do poço que apresentou inibição, e esta alíquota foi adicionada em placas de Petri contendo o meio de cultivo adequado e plaqueadas pelo método de *spread plate*. Todos os ensaios microbiológicos foram conduzidos em triplicatas de duas repetições. Posteriormente as placas foram incubadas em estufas do tipo B.O.D. durante 7 dias e definido como CFM a menor concentração capaz de matar o fungo teste (Fieira *et al*., 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em trabalho prévio do grupo de pesquisa, Stadler (2018) obteve resultados de CIM para *Alternaria alternata*, *C. gloeosporioides* e *Fusarim solani* que diferiam entre si em função do protocolo de análise antifúngica em microescala em placa de 96 poços. Quando a análise era realizada sem o uso de uma borracha selante de silicone notou-se que na microplaca de 96 poços, as linhas adjacentes a linha de avaliação das diferentes concentrações de carvacrol, não havia ocorrido proliferação microbiana. Tal fato poderia estar relacionado com a capacidade que o carvacrol possui em inibir a proliferação de microrganismos na sua fase vapor, logo sem a vedação dos poços, aqueles onde a concentração empregada de carvacrol é pequena, sofre interferência da fase gasosa dos poços

em que foi utilizada maior concentração (LOPEZ *et al*., 2007). Assim, passou-se a empregar em suas análises antifúngicas uma borracha seladora para isolar a atmosfera gasosa de cada poço da microplaca de 96 poços (Tabela 1).

Com vistas a ampliar os conhecimentos sobre a capacidade antifúngica do carvacrol contra o gênero *Colletotrichum*, Bretschneider *et al*. (2019) relatou a inibição do crescimento de *Colletotrichum* sp. (Tabela 1)

Tabela 1 – CIM e CFM do carvacrol de análise antifúngica em meio líquido.

	Sem borracha		**Com borracha**	
Microrganismo	**CIM (µg.mL^{-1})**	**CFM (µg.mL^{-1})**	**CIM (µg.mL^{-1})**	**CFM (µg.mL^{-1})**
A. alternata	282	563	563	563
C. gloeosporioides	140	563	282	563
C. sp.	141	282	282	282
F. solani	3,51	282	70,8	282

Fonte: Autores, 2023.

Semelhantemente aos trabalhos prévios do grupo, as análises antifúngicas foram conduzidas usando a borracha seladora a fim de isolar a atmosfera gasosa de cada poço, para que os ensaios antifúngicos pudessem ser conduzidos de forma tal, a evitar interferência entre os poços, ou seja, garantido que não haja interferência ente os microensaios avaliados. A concentração fungicida mínima do carvacrol contra C. *gloeosporioides, C.* sp. e *A. alternata* foram superiores ao valor encontrados para a CIM conforme descritos para outros fungos do gênero *Aspergillus, Botrytis, Fusarium* (ABBASZADEH *et al*., 2014). Ainda, Semelhantemente a este trabalho que se baseou no método padrão de análise antifúngica pelo método de microdiluição (CLSI, 2002), Abbaszadeh *et al*., (2014) apresentou valores de CIM inferiores a 400 µg mL^{-1} do carvacrol para diferentes fungos, incluindo aqueles avaliados neste trabalho. Estes autores não fazem menção a ação antifúngica do carvacrol na fase vapor e tão pouco o uso da borracha seladora nos ensaios antifúngicos.

Os valores de CIM, mostrados na tabela 1, para os fungos avaliados foram de 2 a 8 vezes maiores quando se fez o uso da borracha seladora em comparação aos ensaios em que não se fez o isolamento da atmosfera de cada um dos 96 poços da microplaca. No entanto, o

carvacrol não foi capaz de modificar a CFM de todos os fungos avaliados, indicando que uma concentração eficaz para matar o microrganismo pode não ocorrer na fase de vapor. Assim, a utilização da borracha seladora permitiu definir a CIM de forma inequívoca.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O carvacrol inibiu a proliferação dos microrganismos estudados nas análises antifúngicas *in vitro* em microplacas de 96 poços. A presença da borracha de silicone na análise limitou ação antifúngica do carvacrol na fase vapor e assim, A. *alternata*, *C.* sp., *C. gloeosporioides* e *F. solani* foram mais resistentes a sua ação. Os ensaios antimicrobianos em meio líquido em placa de 96 poços utilizando agentes antimicrobianos com capacidade de expressar sua atividade biológica na fase vapor como é o caso do carvacrol, devem ser realizados com o uso de borracha seladora.

REFERÊNCIAS

ABBASZADEH, S. *et al*. Antifungal efficacy of thymol, carvacrol, eugenol and menthol as alternative agents to control the growth of food-relevant fungi. *Journal of Mycologie Médicale*, v. 24, n. 2, p.51-56, 2014.

ADDO, K A.; LI, H.; YU, Y.; XIAO, X. Unraveling the mechanism of the synergistic antimicrobial effect of cineole and carvacrol on Escherichia coli O157:H7 inhibition and its application on fresh-cut cucumbers. *Food Control*, v. 144, 2023.

ARAUJO, M. M de; LONGO, P. L. Teste da ação antibacteriana in vitro de óleo essencial comercial de Origanum vulgare (orégano) diante das cepas de Escherichia coli e Staphylococcus aureus. *Arquivos do Instituto Biológico*., v.83, p.1-7, 2016.

ARFA, A. B. *et al*. Antimicrobial activity of carvacrol related to its chemical structure. *Letters in Applied Microbiology*, v.43, n.2, p.149-154, 2006.

ALLAOUA, M. et al. Pharmacokinetic and antimicrobial activity of a new carvacrol-based product against a human pathogen, Campylobacter jejuni**.** *Journal of Applied Microbiology*, v. 125, p. 1162-1174, 2018.

BASER, K. H. C. Atividades Biológicas e Farmacológicas de Carvacrol e Carvacrol Bearing Essential Oils. *Atual Projeto Farmacêutico*, v. 14, p. 3106-3120, 2008.

BRETSCHNEIDER, F. G. B., *et al*. Atividade antifúngica *in vitro* e *in vivo* de revestimento comestível ativo contra *Colletotrichum* sp. *Higiene Alimentar*, v.33, p.2687-2691, 2019.

CACCIATORE, F. A., *et al*. Carvacrol encapsulation into nanoparticles produced from chia and flaxseed mucilage: Characterization, stability and antimicrobial activity against *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*. *Food Microbiology*, v. 108, n. 104116, 2022.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. *Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Yeasts, CLSI Document M27-A2*. CLSI, ed., 2002.

DUTOT, M.; NELSON, L.M.; TYSON, R.C. Predicting the spread of postharvest disease in stored fruit, with application to apples. *Postharvest Biology and Technology*, v. 85, n. 1, p. 45–56, 2013.

FIEIRA, C.; OLIVEIRA, F.; CALEGARI, R.P.; MACHADO, A.; COELHO, A.R. *In vitro* and *in vivo* antifungal activity of natural inhibitors against *Penicillium expansum***.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 33, p. 40-46, 2013.

FREITAS, M. A., *et al*. Avaliação in vitro da atividade antimicrobiana do carvacrol através dos métodos de contato direto e gasoso. *Bioscience Journal*, v. 29, n. 3, p. 781-786, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. *Global Food Losses and Food Waste: Extent, causes and prevention*. Rome, 2011.Disponível em: < https://www.fao.org/sustainable-food-value-chains/library/details/en/c/266053/>. Acessado em: maio/2023.

GARCÍA-SALINAS, S. *et al*. Evaluation of the Antimicrobial Activity and Cytotoxicity of Different Components of Natural Origin Present in Essential Oils. *Molecules*, [S.L.], v. 23, n. 6, p. 1399, 8 jun. 2018.

LANDRY, K. S.; MICHELI, S.; MCCLEMENTS D. J.; MCLANDSBOROUGH, L. Effectiveness of a spontaneous carvacrol nanoemulsion against *Salmonella enterica Enteritidis* and *Escherichia coli* O157:H7 on contaminated broccoli and radish seeds. *Food Microbiology*, v. 51, n. 1, p.10-17, 2015.

LOPEZ, P *et al* . Vapor-phase activities of cinnamon, thyme, and oregano essential oils and key constituents against foodborne microorganisms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, n. 1, p. 4348-4356, 2007.

MARINELLI, L.; STEFANO, A.; CACCIATORE, I. Carvacrol and its derivatives as antibacterial agents. *Phytochemistry Reviews*, [S.L.], v. 17, n. 4, p. 903-921, 16 abr. 2018.

MI, T.; *et al*. Carvacrol exhibits direct antifungal activity against stem-end rot disease and induces disease resistance to stem-end rot disease in kiwifruit. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v. 127, n. 102065, 2023.

NONG, W., *et al*. Photo-triggered on-demand carvacrol vapor release from nano-generators for non-contact bacterial inactivation between nanomaterials and bacteria. *Chemical Engineering Journal*, v. 420, n. 1, 2021.

ULTEE, A. *et al*. Antimicrobial activity of carvacrol toward *Bacillus cereus* on rice. *Journal of Food Protection*, v. 63, n. 5, p. 620-624, 2000.

RAJENDRAN, S. Acute toxic effect of pesticides on human beings: A review. *Research and Reviews: Journal of Chemistry*, v. 5, n. 2, p. 99-106, 2016.

REIS, A.; COSTA, H. *Principais doenças do morangueiro no Brasil e seu controle*. Brasília: Embrapa, 2012.

RYU, V. *et al*. Effect of ripening inhibitor type on formation, stability, and antimicrobial activity of thyme oil nanoemulsion. *Food Chemistry***,** v. 245, n.1, p. 104-111, 2018.

SHARIFI-RAD, M. *et al*. Carvacrol and human health: A comprehensive review. Phytother Research, v. 1 n. 1 p. 1-13, 2018.

SILVA, L. R. *et al*. Estimativa e causas de perdas pós-colheita de frutas frescas na Microrregião de Chapadinha, MA, Brasil. *Revista Agroambiente On-line***,** v. 12, n. 4, p. 288-299, 2018.

SISTEMA DE APOIO A MICRO E PEQUENA EMPRESA – SEBRAE. Agronegócio Fruticultura. Brasília: SEBRAE, 2015. 5 p. (Boletim Técnico).

SIVAKUMAR, D.; BAUTISTA-BAÑOS, S. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. *Crop Protection*, v. 64, n. 1, p. 27-37, 2014

STADLER, F. *Antifúngicos naturais e tiabendazol no controle de Colletotrichum gloeosporioides, Alternaria alternata e Fusarium solani*. 2018. 76 p. Dissertação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2018.

SUNTRES, Z. E.; COCCIMIGLIO, J.; ALIPOUR, M. The bioactivity and toxicological actions of carvacrol. *Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 55, n. 3, p. 304-318, 2015.

VAN LONG, N.N.; JOLY, C.; DANTIGNY, P. Active packaging with antifungal activities, *International Journal of Food Microbiology*, v. 220, p. 73 – 90, 2016.

OCHOA-VELASCO, C. E., *et al*. Starch Edible Films/Coatings Added with Carvacrol and Thymol: In Vitro and In Vivo Evaluation against Colletotrichum gloeosporioides. **Alimentos**, v. 10, n. 1, p. 175, 2021.

ZABKA, M.; PAVELA, R. Antifungal efficacy of some natural phenolic compounds against significant pathogenic and toxinogenic filamentous fungi. **Chemosphere: Environmental Toxicology and Risk Assessment**. v. 93, n. 6 p. 1051-1056, 2013.

ANALISE ANTIFÚNGICA *IN VIVO*: BUSCA DE PROTOCOLO ADEQUADO PARA MINI TOMATE COM COBERTURA COMESTÍVEL ATIVA

Cláudia Moreira Santa Catharina WEIS[1], Emerson Wendes Santos PARAGUASSÚ[2], Jaqueline PASTRO[2], Felipe Guilherme Brunetto BRETSCHNEIDER[2], Franciélly STADLER[3], Edilaine Mauricia Gelinski GRABICOSKI[2], Alessandra MACHADO-LUNKES[3]

[1] Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos
Universidade Estadual de Londrina
Londrina – Paraná – Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[3] Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão e Londrina
Paraná – Brasil

E-mails: engalimclaudiaweis@gmail.com, emersonp@alunos.utfpr.edu.br, jaquelinepastro@alunos.utfpr.edu.br, felipebretschneider@gmail.com, stadler.alipr@gmail.com, edilainem@utfpr.edu.br, amachado@utfpr.edu.br

Resumo: *Frente à necessidade de tecnologias para conservação pós-colheita de frutos, o uso de antimicrobianos naturais, como o carvacrol, em coberturas comestíveis para reduzir doenças fúngicas é uma alternativa. Assim, a potencialidade destas coberturas ativas em promover inibição do crescimento fúngico precisa ser confronta em análises antifúngicas in vitro ou in vivo frente ao fungo deteriorante de interesse. O estudo concentrou-se em mini tomates e teve como objetivo determinar o melhor protocolo de inoculação de Alternaria alternata em mini tomates com cobertura comestível ativa. Os ensaios antifúngicos in vivo tomaram como base protocolos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa para morango e maçã. Para ambos os vegetais foram feitas análises in vivo e in vitro avaliando os microrganismos que os acometem no período de pós colheita com maior frequência. Evidenciou a incidência de doenças fúngicas nos tomates após 96 horas, independentemente dos danos causados propositalmente nos frutos. Conclui-se que adequar o método de inoculação para as características específicas de cada fruto é fundamental para garantir uma análise precisa, com resultados reprodutíveis, bem como aprimorar as estratégias de aplicação de revestimentos ativos na conservação pós-colheita de frutos.*

Palavras-chave: *Frutas; Pós colheita; Revestimento ativo; Análise microbiológica.*

INTRODUÇÃO

A necessidade de aumento na qualidade pós-colheita dos alimentos frescos, em especial frutas, verduras e legumes demanda novas tecnologias para conservação e aumento da vida útil dos mesmos (OLIVAS, BARBOSA-CÁNOVAS, 2014). Estima-se que um terço das frutas e hortaliças são danificadas e descartadas durante o transporte e armazenagem (DUTOT; NELSON; TYSON, 2013; KOBLITZ, 2018; SEBRAE, 2015). O percentual expressivo de desperdício desses alimentos, mostra a demanda crescente por maneiras de mitigar as perdas pós-colheita e garantir a manutenção da qualidade dos frutos, além de aumentar a vida útil destes produtos (VAN LONG, JOLY, DANTIGNY, 2016).

Uma forma de reduzir ou controlar o desenvolvimento de doenças fúngicas é o uso de antimicrobianos naturais, como o carvacrol (ABBASZADEH *et al*., 2014). A elaboração de coberturas comestíveis passou a ser uma alternativa para a conservação de frutos póscolheita, assim que reduzem a perda de massa e a contaminação por agentes externos (SOUZA *et al*., 2012; RESENDE, 2015). No entanto, as análises antifúngicas dependem tanto da natureza do agente microbiano adicionado à cobertura, quanto do fruto utilizado.

Entre as variedades de tomate com grande potencial para ser recoberto com solução polimérica contendo carvacrol estão os mini tomates, apreciados pelo sabor adocicado (GUILHERME *et al.*, 2008), mas com alto valor agregado e baixa vida útil. A curta vida útil deve-se às suas características fisiológicas (fruto climatérico, composição química) e também a susceptibilidade à insetos e microrganismos (KOBLITZ, 2018). Concatenando o cenário de desafios para ampliação da vida útil média dos mini tomates (10 dias) (FARIA *et al.*, 2006) e as novas tecnologias para embalagens comestíveis com antimicrobianos naturais (CHIUMARELLI, FERREIRA, 2006; ESPITIA *et al.*, 2012; OLIVEIRA, CONEGLIAN, CARMO, 2015), torna-se de grande relevância o estudo para a melhoria da conservação póscolheita deste fruto.

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo determinar qual o melhor protocolo para realizar as análises antifúngicas *in vivo* de acordo com a forma de inoculação dos microrganismos em mini tomates e presença ou não de dano físico no fruto.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para aumentar qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças e consequentemente ampliar a vida útil destes produtos torna-se necessário a aplicação de tecnologia e inovação a fim de minimizar a evolução dos efeitos fisiológicos e microbiológicos durante o armazenamento (BRACKMAN *et al.*, 2007, MOHAMMAD *et al.*, 2016). As coberturas comestíveis adicionadas de antimicrobianos naturais são alternativas que controlam aspectos fisiológicos e atuam como inibidor do crescimento de microrganismos (VAN LONG, JOLY, DANTIGNY, 2016).

O tomate é um fruto climatérico, ou seja, ele mantém o processo de amadurecimento mesmo quando retirado da planta (colhido imaturo) (CHITARRA, CHITARRA, 2005). Entre as variedades promissoras comercializadas está o cereja (*Lycopersicon esculentum var. cerasiforme)* que é originário da América do Sul. Seus frutos
apresentam dimensões de 1,5-3 cm (DELIZA *et al.*, 2007) e sua demanda vem crescendo no ambiente comercial, pois além de suas características de sabor, apresentam alto valor nutricional e aparência atrativa (GUILHERME *et al.*, 2008). Porém, a variedade apresenta baixa vida útil, sendo considerado altamente perecível (HOU *et al.*, 2015).

As perdas atribuídas a frutos por ação de microrganismos estão associadas ao pH e fisiologia da casca, antes ou após a colheita. Os fungos são os principais agentes deteriorantes dos frutos (ACOSTA *et al.*, 2016). Este processo se inicia antes ou após da colheita. Os principais fungos deteriorantes de frutos são *Botrytis cinerea* (bolores cinza), *Colletotrichum* ssp. (responsável pela antracnose). Embora os fungos ataquem frutos machucados e danificados, a grande parte da deterioração ocorre na pós-colheita (JAY, 2005).

No tomate cereja, a *Alternaria alternata* causa grandes perdas pós-colheita associadas à podridão negra (YAN *et al.*, 2016; SHEMESH *et al.*, 2016). Para confirmar os resultados das análises *in vitro*, se torna necessário a realização de ensaios antifúngicos *in vivo*, e também a incidência de doenças ao longo da estocagem. De fato, o estudo realizado por Catharina *et al.* (2019) com tomates revestidos, demonstrou que o carvacrol teve ação contra o fungo *Alternaria alternata*, principalmente nas concentrações de 0,6 e 0,3 mg de carvacrol.g^{-1} de solução filmogênica em análises antifúngicas *in vitro*.

METODOLOGIA

A solução filmogênica para revestimento dos mini tomates seguiu o protocolo descrito por Romio *et al*. (2017). Na preparação de 0 mg carvacrol.g^{-1} solução de revestimento foi utilizado fécula de mandioca (ACS) (Pinduca Alimentos, Brasil), gelatina tipo A (GEL) (Gelita, Brasil), glicerol (Synth, Brasil), Miglyol 812 (Sasol, Alemanha) e lecitina (Alfa Aesar, Estados Unidos). Neste revestimento não foi adicionado carvacrol (CA) e a mesma foi nomeada de 0.0CA-ACS/GEL. O revestimento dos mini tomates aconteceu de acordo com o relatado por Bretschneider *et al*. (2019).

Resumidamente, os mini tomates (Sweet Grape ®) foram adquiridos no comércio local, selecionados com base em tamanho homogêneo, maturidade, cor e ausência de danos. Em seguida, para o ensaio antifúngico *in vivo*, os tomates uva foram superficialmente desinfetados mergulhando-os em solução de hipoclorito de sódio (2,5% de cloro ativo) por 3 min, enxaguando com água destilada estéril e secando-os à temperatura ambiente. Para a definição do protocolo de análise antifúngica *in vivo* 22 tomates previamente sanitizados foram usados.

Eles foram divididos em dois grupos, cada um contendo 11tomates. Um grupo de forma asséptica foi submetido a um dano no corpo e outro na região onde havia o pedúnculo, esse dano consistiu em um furo de 2 mm de largura por 3 mm de profundidade. O segundo grupo era constituídos de frutos nos quais não foram realizados danos, ou seja, um grupo controle. Os frutos, de ambos os grupos, foram imersos em solução de revestimento por 2 minutos e drenados para que a solução secasse sobre a superfície dos mesmos.

Em seguida, foram testados dois diferentes protocolos de inoculação de microrganismo: aspersão e injeção. Quando realizada a aspersão, o procedimento foi feito com borrifador esterilizado contendo uma solução com o fungo *Alternaria alternata* (CCT 2816) (1×10^5 esporos mL^{-1}), cerca de 2,5 mL eram aspergidos por fruto. No caso da injeção, foi feita a inoculação através de um furo de 3 mm de profundidade, produzido com a ponta da ponteira da micropipeta de 100 µL por fruto, sendo injetado, aos poucos, volume equivalente a 20 µL por fruto (10 µL em cada um dos danos). Os tomates foram colocados em embalagens plásticas de polipropileno previamente desinfetadas e incubados a 25 ºC.

Posteriormente, todo o experimento foi repetido, em triplicata, desta vez com as seguintes formas de inoculação, cada uma delas representando um tipo de tratamento: (i) por imersão, os tomates forma postos eu um béquer de 250 mL, contendo a solução de inoculo padronizada por um período de três minutos, foram precisos cerca de 10 mL de solução de inoculo por fruto; (ii) por aspersão, através do uso de borrifador esterilizado contendo a solução de inoculo padronizada, estima-se que foi preciso 2,5 mL por fruto; (iii) por injeção de 10 uL por dano, cada dano continha 3 mm de profundidade. Nesta repetição, os experimentos foram realizados com 11 frutos por tratamento e cada um deles sofreu um dano na região central do corpo e um dano onde se encontrava o pedúnculo.

Em ambos ensaios, foi avaliado o efeito do revestimento comestível na incidência da doença durante quatro dias, em que os frutos foram avaliados a cada 24 horas. Os dados de incidência de doença (mancha preta de *Alternaria*) foram expressos como a porcentagem de frutos que apresentaram sintomas de podridão fora do número total de frutos em cada tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro ensaio antifúngico *in vivo*, em que foi avaliado a incidência das doenças nos tomates recobertos pela solução 0.0CA-ACS/GEL em 96 horas todos os frutos já apresentavam doença (Tabela 1). As manifestações eram caracterizadas pela presença de manchas pretas, mofo branco ou acinzentado (CHIUMARELLI; FERREIRA, 2006; DELIZA *et al*., 2007). No entanto, notou-se que a doença não iniciou necessariamente no dano, para o caso dos tomates que sofreram injúria proposital.

Em um estudo realizado com maçãs, o método de inoculação para realização do ensaio antifúngico *in vivo* consistiu na injeção do inóculo diretamente em feridas realizadas no fruto, para que fosse possível observar o desenvolvimento da doença a partir da zona de podridão (VIEIRA *et al.*, 2013). Por outro lado, o trabalho realizado com morangos por Bretschneider *et al*. (2019), fez uso do método de inoculação por aspersão, e em função da sensibilidade do fruto não foi feito dano proposital. De fato, nos ensaios onde o dano proposital foi realizado em 24 horas de ensaio todas as unidades amostrais apresentavam

doença. Já em outro ensaio *in vivo* realizado com morangos, foi utilizado a injeção dos microrganismos no dano proposital feito na superfície do fruto (WIGATI *et al*., 2023).

Nota-se que o protocolo de inoculação para os ensaios *in vivo* não segue um padrão, dependendo não só do tipo de fruto, mas da viabilidade da execução.

Tabela 1 – Manifestação da doença fúngicas, em porcentagem, para os tomates com e sem danos

Tempo (h)	**Aspersão (% de frutos doentes)**	
	Sem dano	**Sem dano**
24	36,39	36,39
48	54,54	36,39
72	81,81	90,90
96	100	100

Fonte: Autoria própria (2023)

Para o segundo ensaio *in vivo* verificou-se que as manifestações de doença tanto para o método de inoculação por imersão, quanto injeção, foram abruptas. Por outro lado, para o método de inoculação por aspersão, as manifestações de doença foram graduais. Na tabela 2 fica claro que para imersão e injeção, em 48 horas as manifestações fúngicas já abrangiam a totalidade da amostra.

Tabela 2 - Manifestação de doença fúngicas, em porcentagem, para os tomates com diferentes métodos de inoculação

Tempo(h)	**Método de inoculação (% de frutos doentes)**		
	Imersão	**Aspersão**	**Injeção**
24	0	0	0
48	72,72	36,36	90,90
72	90,90	63,63	90,90
96	90,90	90,90	90,90

Fonte: Autoria própria (2023)

Ao levar em conta o tipo de fruto utilizado e a viabilidade do método de inoculação do microrganismo para o ensaio *in vivo*, entende-se que o melhor protocolo de inoculação de microrganismos para os mini tomates é a injeção. Assim que, a quantidade de solução com o inóculo é menor quando comparada aos demais métodos e que a doença progride de maneira localizada, o que permite melhor observação e controle do desenvolvimento da mesma.

O método de inoculação por aspersão, apesar de apresentar um desenvolvimento gradual, não direciona o fungo de forma específica, o que posteriormente dificulta a visualização clara da doença. Além disso, tanto para imersão quanto para aspersão, é necessária uma quantidade maior de inóculo.

O protocolo de inoculação por injeção é semelhante ao método utilizado por outros trabalhos que realizaram ensaio *in vivo* com tomates cereja, onde danos foram feitos na superfície do tomate e posteriormente foi realizada a inoculação (GUO *et al.*, 2023; ZHENG *et al.*, 2023; WU *et al.*, 2022). Em um trabalho mais antigo com tomate cereja, o método de inoculação empregado foi a imersão (ÁLVAREZ *et al.*, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, observou-se que a inoculação por injeção foi o método mais adequado em comparação com a aspersão e a imersão para trabalhos com mini tomates. De outro modo, a aspersão pode ser uma opção mais adequada para frutos mais sensíveis, os quais podem ser danificados pela injeção, a exemplo o morango, e ainda oferecendo uma proteção antifúngica eficiente. Portanto, a escolha do método de inoculação dependerá das características específicas dos frutos em questão.

REFERÊNCIAS

ABBASZADEH, S. *et al*. Antifungal efficacy of thymol, carvacrol, eugenol and menthol as alternative agents to control the growth of food-relevant fungi. *Journal of Mycologie Médicale*, v. 24, n. 2, p.51-56, 2014.

ACOSTA, S.; CHIRALT, A.; SANTAMARINA, P.; ROSELLO, J.; GONZÁLEZ–MARTÍNEZ, C.; CHÁFER, M. Antifungal films based on starch-gelatin blend, containing essential oils. *Food Hydrocolloids*. v. 61, p. 233-240, 2016.

ÁLVAREZ, A. *et al*. Use of an exopolysaccharide-based edible coating and lactic acid bacteria with antifungal activity to preserve the postharvest quality of cherry tomato. LWT, v. 151, p. 112225, 2021. *Elsevier BV*. http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112225.

BRACKMAN, A. *et al*. Armazenamento de tomate cultivar “Cronus” em função do estádio de maturação e da temperatura. *Ciência Rural*, v. 37, n. 5, p. 1295-1300, 2007.

BRETSCHNEIDER, F. G. B., *et al*. Atividade antifúngica in vitro e in vivo de revestimento comestível ativo contra *Colletotrichum* sp. *Higiene Alimentar*, v.33, p.2687- 2691, 2019.

CATHARINA, C. M. S.; BRETSCHNEIDER, F. G. B.; PIVA, B.; WEBER, CLEUSA, I.; STADLER, F; ROMIO, A. P. Edible coating containing carvacrol for postharvest microbiological conservation of tomatoes. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 4786-4794, 2019.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: FAEPE, 2° Edição, 2005.

CHIUMARELLI, M.; FERREIRA, M. D. Qualidade pós – colheita de tomates "Débora" com utilização de diferentes coberturas comestíveis e temperaturas de armazenamento. *Horticultura Brasileira*, v. 24, n.3, p. 381 – 385, 2006.

DELIZA, R.; ROCHA, M.C.; CARMO, M. G. F.; ABBOUD, A. C. S; Comunicado técnico: perfil sensorial de tomate tipo cereja *in natura*. *Embrapa*, 2007.

DUTOT, M.; NELSON, L.M.; TYSON, R.C. Predicting the spread of postharvest disease in stored fruit, with application to apples. *Postharvest Biology and Technology*, v. 85, n. 1, p. 45–56, 2013.

ESPITIA, P. J. P.; SOARES, N. F. F.; BOTTI, L. C. M. MELO, N. R.; PEREIRA, O. L.; SILVA, W. A. Assessment of the efficiency of essential oil in the preservation of postharvest papaya in an antimicrobial packaging system. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 15, n. 4, p. 307-316, 2012.

FARIA, T. J.; FERREIRA, R. S.; YASSUMOTO, Lidiane, SOUZA, J. R. P.; ISHIKAWA, N. K.; BARBOSA, A. M. Antifungal actibity of essential oil isolated from *Ocimungratissimum L*. (eugenol chemotype) against phytopathogenic fungi. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 49, n. 6, p. 867-871, 2006.

GUILHERME, D. O.; PINHO, L.; COSTA, C. A.; ALMEIDA, C.; PAES, M. C. D.; RODRIGUES, R. J. A.; CAVALCANTI, T. F. M.; TELES FILHO, S. C.; ENEZES, J. B.; SALES, S. S. Análise sensorial e físico – química em frutos de tomate orgânico. *Horticultura brasileira*, v.26, n.2, p.171 – 175, 2008.

GUO, Jianheng *et al*. Antifungal activity of volatile compounds from Bacillus tequilensis XK29 against Botrytis cinerea causing gray mold on cherry tomatoes. Postharvest Biology and Technology, [S.L.], v. 198, p. 112239, abr. 2023. *Elsevier BV*. http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112239.

HOU, Y.; GAO, J.; GU, li; WANG, S.; ZENG, R. Effects of agaro-oligosaccharide treatment on postharvest quality of cherry tomatoes during cold storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, n.39, p. 949-955, 2015.

JAY, J. M. Microbiologia de alimentos, 6ª Ed., Porto Alegre: Artmed, 2005.

KOBLITZ, M. G. B. Matérias - primas alimentícias: composição e controle da qualidade. *Guanabara Koogan*, 2018.

MOHAMMAD, G.; JAFARI, S. M.; DUSTI, A.; DEHRAD, D.; AMANJANI, M.; GHANBARI, V. Modeling quality changes in tomato paste containing microencapsulated olive leaf extract by accelerate shelf life testing, *Food and Bioproducts Processing*, v. 97, p.12-19, 2016.

OLIVAS, G. I.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; Edible coatings for fresh-cut fruits, *Critical reviews in Food Science and nutrition*, v. 45, p. 657-670, 2014.

OLIVEIRA, C. M.; CONEGLIAN, R. C. C.; CARMO, M. G. F. Conservação pós-colheita de tomate cereja revestidos com película de fécula de mandioca, *Horticultura Brasileira*, v. 33, n.4, p. 471-479, 2015.

RESENDE, N. S. Elaboração de bionanocompósito quitosana/nanofibra de celulose e seu efeito sobre a qualidade de morangos. 2015. 102 f. Dissertação – Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, 2015, p.102.

ROMIO, A. P.; MACHADO-LUNKES, A.; BRUSAMARELLO, C. Z.; BERTAN, L. C.; OLIVEIRA, L.; ASSIS, O. B.; TEO. Encapsulação do carvacrol em filmes comestíveis de amido de mandioca e gelatina. Anais do IX Workshop de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio. Embrapa Instrumentação, p. 213-216, 2017.

SISTEMA DE APOIO A MICRO E PEQUENA EMPRESA – SEBRAE. Agronegócio Fruticultura. Brasília: *SEBRAE*, 2015. 5 p. (Boletim Técnico).

SHEMESH, R.; KREPKER, M.; NITZAN, N.; VAXMAN, A.; SEGAL, E. Active packaging containing encapsulated carvacrol for control of postharvest decay. *Postharvest Biology and Technology*, v. 118, p. 175-182, 2016.

SOUZA, R. M. S.; SERRA, I.M. R.; MELO, T. A. Efeito de óleos essenciais como alternativa no controle de Colletotrichum gloeosporioides, em pimenta. *Summa Phytopathologica*, v.38, n.1, p.42-47, 2012.

VAN LONG, N. N.; JOLY, C.; DANTIGNY, P. Active packaging with antifungal activities. *International Journal of Food Microbiology*, v. 220, p. 73 – 90, 2016.

WIGATI, L. P. *et al*. Strawberry preservation using combination of yam bean starch, agarwood Aetoxylon bouya essential oil, and calcium propionate edible coating during cold storage evaluated by TOPSIS-Shannon entropy. Progress In Organic Coatings, [S.L.], v. 175, p. 107347, fev. 2023. *Elsevier BV*. http://dx.doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107347.

WU, X. *et al*. Fabrication of colloidal stable gliadin-casein nanoparticles for the encapsulation of natamycin: molecular interactions and antifungal application on cherry

tomato. *Food Chemistry*, [S.L.], v. 391, p. 133288, out. 2022. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133288.

YAN, F.; HU, H.; LU, L.; ZHENG, X. Rhamnolipids induce oxidative stress responses in cherry tomato fruit to *Alternaria alternata*. *Manager Science*, n.72, p. 1500-1507, 2016.

ZHENG, L. *et al*. Antifungal activity of Bacillus mojavensis D50 against Botrytis cinerea causing postharvest gray mold of tomato. *Scientia Horticulturae*, [S.L.], v. 312, p. 111841, mar. 2023. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111841.

ATIVIDADE DE ORIENTAÇÃO A RESPEITO DAS BOAS PRÁTICAS DE MANIPULAÇÃO DOS ALIMENTOS NOS CLUBES DE MÃES DE FRANCISCO BELTRÃO

Amanda Georg GEBIM[1], Barbara Giovana Lorini GIARETTA[1], Clara Cristina ANSOLIN[1], Gabriela Cassim RISSI[1], Thays Cassiano Miller DONEGA[1], Alexandre da Trindade ALFARO[1]

[1] Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: amandageorg@alunos.utfpr.edu.br, bgiaretta@alunos.utfpr.edu.br, claraansolin@alunos.utfpr.edu.br, gabrielacassimrissi@alunos.utfpr.edu.br, Thayscassiano@alunos.utfpr.edu.br, alexandre@utfpr.edu.br

Resumo: *O conhecimento sobre contaminação de alimentos, doenças transmitidas por alimentos, higiene dos alimentos e manipuladores, e o reaproveitamento de alimentos, é fundamental para a comunidade, uma vez que pode melhorar a segurança alimentar das famílias, diminuir as contaminações e o desperdício de alimentos. Diante disso, o grupo PET-Alimentos realizou palestras com os clubes de mães, como forma de disseminar esses conhecimentos . Foram realizadas visitas à três clubes de mães do município de Francisco Beltrão: Maria Tereza , Rio do Mato e Divino Mestre. Apresentações de slides foram utilizadas para abosrdar cada um dos tópicos. Além disso, foram realizadas dinâmicas para aprender a lavagem correta das mãos e compartilhado receitas para o reaproveitando alimentos. A atividade permitiu uma maior interação com a sociedade, e estímulo aos alunos que puderam colocar em prática os conhecimentos adquiridos em sala de aula.*
Palavras-chave: *Boas práticas de manipulação; doenças transmitidas por alimentos; reaproveitamento de alimentos.*

INTRODUÇÃO

As boas práticas de manipulação de alimentos são procedimentos e instruções essenciais para lidar com alimentos. Essas encontram-se contidas dentro de um manual de boas práticas, que é um documento que descreve informações sobre recebimento, armazenamento, manipulação e distribuição de alimentos (CARELLE; CÂNDIDO, 2014).

O Manual de boas práticas descreve a necessidade da correta manipulação de alimentos e instalações prediais necessárias para garantir a segurança e integridade do alimento que está sendo manipulado. Devendo sempre estar de acordo com o ponto de vista higiênico-sanitário. Essas são responsáveis por garantir um alimento saudável, seguro e padronizado ao consumidor (VENTURI, 2021).

Segundo Azevedo (2011), os grupos de clube de mães tiveram origem entre os anos 1960 e 1970, iniciados com um viés católico e uma proposta de renovação da igreja. Após as missas de domingo, as mulheres costumavam sentar-se e refletir sobre as atividades que centralizavam-se na oferta de serviços religiosos e na organização de ações comunitárias. Posteriormente essa luta passou a ter um cunho mais social, com pautas como habitação precária, falta de infraestrutura urbana, transporte público ruim e condições sanitárias deploráveis da comunidade. Desde então, os clubes de mães possuem papel essencial no crescimento e disseminação de conhecimento e informações para a comunidade ao entorno.

As mulheres que normalmente participam dos clubes de mães são responsáveis pelo lar e por proporcionar alimentos seguros para seus filhos, desse modo, informações sobre as boas práticas de manipulação de alimentos são essenciais para a redução de desperdícios de alimentos e maior segurança alimentar para a família.

O grupo PET-Alimentos encontrou nos clubes de mães um caminho viável e com grande potencial de resultados positivos para chegar até a comunidade externa propagar conhecimentos e informações sobre boas práticas de manipulação de alimentos adquiridas pelos petianos no curso de engenharia de alimentos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diversas são as possíveis contaminações em alimentos, sendo elas classificadas de modo geral em físicas, químicas e biológicas (CARELLE; CÂNDIDO, 2014). Em contaminações físicas, algum objeto estranho entra em contato com o alimento, seja partes de utensílios, cabelos ou até pedras. No caso de contaminação química, o alimento apresenta compostos químicos, sendo tóxicos ou não, de maneira acidental ou não. Já em contaminação biológica, há presença de microrganismos patogênicos ou deteriorantes, os quais podem causar doenças transmitidas por alimentos (DTAs).

Como as DTAs podem ocorrer por meio da contaminação biológica do alimento, tal contaminação pode acontecer tanto durante sua fabricação quanto seu armazenamento. As fontes desses microorganismos podem se dar pela água e pelo solo que esteve em contato com o alimento, plantas próximas, bem como utensílios e manipuladores de alimentos. No caso de intoxicação alimentar, ocorre a ingestão de toxinas produzidas por microorganismos,

ou seja, assim que ingeridas, causam sintomas. Já as infecções alimentares, os micro-organismos produzem toxinas depois do alimento ser ingerido, mas isso só irá ocorrer quando forem ingeridas altas quantidades do micro-organismo que irá produzir a toxina (SALVATIERRA, 2014).

A maior incidência de contaminações alimentares pode se dar também ao fato de higiene precária durante a manipulação dos alimentos. Segundo Ferreira (2006), um manipulador de alimentos pode se tornar um fator de contaminação quando há falta de higienização ou é realizada de forma errônea. Então, é necessário que haja procedimentos higiênicos desde as mãos até o vestuário do manipulador para que a contaminação dos alimentos causada por fatores anti-higiênicos seja evitada ao máximo.

Além disso, existem grandes chances de alimentos tanto frescos quanto processados deteriorarem por conta de métodos de conservação falhos. Com isso, sempre que possível deve-se tentar utilizar todo o alimento, se não, encontrar a maneira correta de guardá-lo para evitar sua deterioração. Deve-se levar em consideração também que o brasil desperdiça cerca de 68 mil toneladas de alimentos que poderiam ser reaproveitados (SAMPAIO *et al*, 2017). Levando isso em conta, existem maneiras simples de combater esse desperdício, como receitas para reaproveitar alimentos, como cascas de banana, de cenoura entre outros, os quais não são utilizados por falta de conhecimento de suas propriedades benéficas: é nas cascas, folhas e sementes dos alimentos que boa parte de seus nutrientes estão contidos, o que contribuiria para uma dieta mais rica.

METODOLOGIA

O grupo PET-Alimentos desenvolveu ao longo do ano de 2022 uma atividade denominada Clube de Mães. Nessa atividade, o grupo PET previamente agendava um horário com o clube respectivo e na reunião tratava sobre assuntos de interesse da comunidade relacionados à alimentos. Para tanto, foram desenvolvidas apresentações a respeito das boas práticas de manipulação de alimentos, sendo elas: a contaminação dos alimentos, doenças transmitidas por alimentos, higiene dos alimentos e manipuladores, e o reaproveitamento dos alimentos. Cada apresentação continha cerca de trinta slides e as apresentações tinham uma duração aproximada de sessenta minutos.

Foram visitados três clubes de mães no município de Francisco Beltrão- PR: clube de mães Maria Tereza, situado na comunidade sede Galdino; clube de mães Rio do Mato, localizado na comunidade de Rio do Mato; e clube de mães Divino Mestre, localizado no bairro Jardim Seminário. Após a chegada ao local, foi feita uma rápida apresentação dos membros e em seguida dave-se início a apresentação dos slides.

No primeiro tópico apresentou-se sobre a contaminação de alimentos: o que é, como ocorre, classificação dos tipos de contaminação e como evitar. Para o segundo tópico abordou-se questões relativas às doenças transmitidas por alimentos, oque são, exemplos de DTAs, suas possíveis causas e sintomas. No terceiro tópico abordou-se questões referentes a higienização, tanto pessoal como dos alimentos e utensílios,explicando a importância de uma boa higienização e como realizar uma higienização adequada das mãos e alimentos.

No quarto e último tópico abordou-se o reaproveitamento dos alimentos, o destino correto dos materiais orgânicos, os impactos ambientais, as vantagens de transformar alimentos que seriam descartados, desse modo, contribuindo para redução do desperdício, do combate à fome e a insegurança alimentar. Ao final, foi entregue para as participantes impressões de receitas com esemplos de reaproveitamento dos alimentos.

Ao final das apresentações, foi realizado um breve levantamento sobre a faixa etária dos membros e aberto para perguntas e dúvidas dos integrantes dos clubes de mães. As coordenadoras de cada clube repassam ao grupo a quantidade média de mulheres que frequentam os encontros. O levantamento a respeito da faixa etária e a ocupação dos membros é realizado ao final por meio de um diálogo descontraído, onde as participantes se apresentam e falam sobre a ocupação e idade, a partir disso fazemos uma média dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o ano de 2022 foi desenvolvida a atividade em três clubes de mães. A atividade contou com a participação de 45 mulheres de três diferentes clubes de mães, como apresentado na tabela 1. A faixa etária se encontra entre 25 e 65 anose a ocupação principal da maioria das mulheres é donas do lar.

Tabela 1 – Número de participantes de cada clube de mães

Localidade	Clubes de mães	Número de participantes
Comunidade Sede Galdino	Maria Tereza	15
Comunidade Rio do Mato	Rio do Mato	6
Bairro Jardim Seminário	Divino Mestre	24

Fonte: Autoria própria (2023)

Nos encontros, discutiu-se informações relevantes de forma clara e simples sobre a segurança alimentar, a forma correta de realizar o descarte do lixo, de manipular e preparar os alimentos, bem como as medidas adequadas para evitar contaminações e desperdício de alimentos.

No início do encontro, foi realizada uma apresentação do grupo e da universidade para familiarizar os participantes e estabelecer um contexto adequado. Essa etapa inicial foi importante para criar uma atmosfera acolhedora e estabelecer uma conexão com os presentes. Após a apresentação, os integrantes do grupo passaram a abordar os assuntos com o apoio de slides como mostrados nas figuras 1 e 2. Ao decorrer da atividade, os participantes apontaram dúvidas e mitos relacionados a manipulação de alimentos, que já ouviram e/ou presenciaram, no qual deixou o assunto mais interativo e possibilitou a desmitificação de alguns temas.

Figura 1– Apresentação do grupo PET-Alimentos realizada no clube de mães Rio do Mato

Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 2 – Apresentação do grupo PET-Alimentos realizada no clube de mães Divino Mestre

Fonte: Autoria própria (2023)

Foi incentivado também o aproveitamento integral dos alimentos e estratégias para evitar o descarte de partes comestíveis. Foi ressaltado que muitas partes que normalmente são descartadas, como cascas, talos e sementes, podem ser utilizadas em preparações culinárias, aumentando a diversidade de sabores, texturas e nutrientes nas refeições. Foram compartilhadas dicas e receitas como apresentado na figura 3, que promovem o aproveitamento integral dos alimentos, demonstrando alternativas criativas para utilizar essas partes normalmente descartadas.

Figura 3 – Receita com reaproveitamentos de alimentos disponibilizada durante a atividade

Fonte: Autoria própria (2023)

No clube de mães Maria Tereza, após a atividade ocorreu uma degustação com vários pratos levados pelas participantes, bem como um bolo de casca de banana que o grupo PET levou como exemplo de reaproveitamento de alimentos (figura 4). Essa experiência prática de aproveitamento integral dos alimentos despertou a curiosidade e motivou os participantes a explorarem novas possibilidades na cozinha, promovendo a redução do desperdício e aproveitamento de todos os nutrientes dos alimentos. A receptividade positiva ao bolo de casca de banana ressalta a importância de promover o compartilhamento de receitas e incentivar a adoção de práticas de consumo na alimentação diária.

Figura 4 – Degustação de pratos e bolo de cascas de bananas

Fonte: Autoria própria (2023)

De acordo com Heidemann *et al* (2009), quando há um treinamento aplicado às pessoas que estão ligadas a serviços que envolvem a manipulação de alimentos, pode haver uma redução no número de casos de surtos alimentares, conduzindo a uma consequente diminuição nos gastos com saúde pública e melhor qualidade de vida da população.

A atividade de extensão ofertada aos clubes de mães no município de Francisco Beltrão visou estimular a interação entre a universidade e a comunidade externa, possibilitando o compartilhamento do conhecimento adquirido por meio do ensino e da pesquisa desenvolvidos dentro da instituição. É a articulação do conhecimento científico advindo do ensino e da pesquisa com as necessidades da comunidade onde a universidade está inserida, interagindo e transformando a realidade social. Sendo assim, uma atividade muito enriquecedora para os alunos petianos, que tiveram a oportunidade de interagir com a comunidade e colocar em prática assuntos abordados no curso de engenharia de alimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desta atividade de extensão, pôde-se perceber a importância de ações sociais advindas da universidade, sendo espaço para troca de informações e momentos de reflexão. Percebe-se também a atenção e ansiedade dos participantes por conhecimento, desse modo, estimulando os alunos petianos a participar de atividades extensionistas, levando conhecimento à sociedade e colocando em prática os fundamentos teóricos adquiridos no curso de graduação.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, J.; BARLETTA, J. M. O cedem e os documentos dos clubes de mães da região sul (SP). *Cadernos Cedem.* v. 2, n. 2, p. 133-146, 2011.

CARELLE, A. C.; CÂNDIDO, C. C. *Manipulação e higiene dos alimentos.* 2 edição. São Paulo: Érica, 2014.

FERREIRA, S. M. S. *Contaminação de alimentos ocasionada por manipuladores.* 47 f. Monografia (Especialização em qualidade em alimentos), Universidade de Brasília. Brasília, 2006. Disponível em: https://bdm.unb.br/handle/10483/480. Acesso em: 19 jun. 2023.

HEIDEMANN, R. *et al.* Nível de conhecimento dos trabalhadores de indústrias de produtos suínos sobre a manipulação higiênica dos alimentos. *Revista Higiene Alimentar.* v. 23, n. 174-175, p. 47-51. São Paulo: 2009.

SALVATIERRA, C. M. *Microbiologia – Aspectos morfológicos, bioquímicos e metodológicos.* São Paulo: Érica, 2014.

SAMPAIO, I. S.; FERST, E. M.; OLIVEIRA, J. C. C. A ciência na cozinha: reaproveitamento de alimentos – nada se perde tudo se transforma. *Experiências em Ensino de Ciências*. v. 12, n. 4. 2017. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID367/v12_n4_a2017.pdf. Acesso em: 19 jun. 2023.

VENTURI, I.; ANNA, L. C. S.; SCHMITS, J. F.; *et al. Higiene e controle sanitário de alimentos.* Grupo A, 2021. *E-book.* ISBN 9786556901602.

AVALIAÇÃO DA CARGA ORGÂNICA DE DEJETOS SUÍNOS EM DIFERENTES FASES DE PRODUÇÃO: ESTUDO EM ESCALA REAL

Clenoir SOARES[1], Reinaldo BARICCATTI[1], Jair SIQUEIRA[1], Luciene TOKURA[1], Gean PASQUALI[2], Marina SBARDELOTTO[2], Beatriz CERVINSKI[3], Juliano MURBACH[1], Victor PADILHA[1], Bruna DALAROSA[4]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias e Ciências Agrárias
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *Campus* Cascavel
Cascavel - Paraná - Brasil

[2]Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental e Sanitária
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Erechim
Erechim - Rio Grande do Sul - Brasil

[3]Departamento Acadêmico de Engenharia Química
Universidade Comunitária da Região de Chapecó – *Campus* Chapecó
Chapecó - Santa Catarina - Brasil

[4]Departamento Acadêmico de Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão - Paraná - Brasil

E-mails: clenoirsoares@gmail.com, reinaldo.baricciatti@unioeste.br, jair.siqueira@unioeste.br, lucienetokura@gmail.com, geandelise@uffs.edu.br, msbardelotto01@gmail.com, biacervinski@gmail.com, julianohuckmurbach@gmail.com, victorhugolpadilha@gmail.com, brunamadeydalarosa@hotmail.com.

Resumo: *A atividade de suinocultura tem grande representatividade na economia brasileira, decorrente dos avanços genéticos, tecnológicos e de manejo, o que possibilita o aumento da produção em áreas reduzidas e, por consequência, maior geração de efluentes que demandam de tratamento. Porém, as cargas orgânicas dos dejetos suínos em diferentes fases de produção interferem na segregação das fases e diretamente na produção de biogás. O manejo, o tempo de retenção hidráulica (TRH), a densidade, o pH e a demanda química de oxigênio (DQO), são indicadores que podem auxiliar na tomada de decisão para análise do potencial de produção de biogás, em edificações com e sem ambiente controlado de temperatura e com diferentes tempos de manejo nas calhas de arraste total dos dejetos. Com base neste cenário, o objetivo deste trabalho foi realizar a avaliação da carga orgânica de dejetos suínos em diferentes fases da produção, sendo um estudo em escala real em um ciclo produtivo composto por unidade de produção de leitões (UPL) e terminação com diferenças nas edificações e no manejo. A partir dos resultados obtidos percebe-se que o manejo dos dejetos, decorrente do tipo de edificação, influenciam nas características dos dejetos gerados e, por consequência, tem interferência na produção de biogás, em virtude do processamento inicial da biomassa ocorrer no interior das instalações tornando-a menos disponível para os microrganismos dos reatores.*

Palavras-chave: *Suinocultura; Efluentes suinícolas; Edificações de pocilgas.*

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem ocorrido um aumento mundial do consumo de carne, em consequência, a atividade de suinocultura teve crescimento expressivo. Conforme dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (2021), com a expectativa de produção da carne suína o país em 2021 alcançaria até 4,700 milhões de toneladas, volume este, 6% superior ao registrado em 2020 para o mesmo período, ou seja, com 4,436 milhões de toneladas.

Por consequência do crescimento da atividade, propiciou-se o surgimento de granjas altamente tecnificadas, que permitem o aumento da produção da proteína em áreas cada vez menores, entretanto estas mudanças concentram volumes crescentes de dejetos suínos, que além de emitirem gases como o CO_2, CH_4 e os gases nitrogenados (NH_4, N_2O e N_2), se não forem bem manejados ou tratados, podem promover alterações na qualidade dos recursos naturais como solo, água e ar (URBINATI; DUDA; OLIVEIRA, 2013).

Neste sentido, a preocupação com o meio ambiente tem feito com que cada vez mais seja introduzido tratamento de efluentes com biodigestores nas atividades agropecuárias, cuja técnica consiste em um processo natural e controlado, que ocorre na ausência de oxigênio, na qual microrganismos anaeróbios degradam a matéria orgânica, transformando-a, principalmente, em biogás e biofertilizante (ABREU, 2007; KLEINSTEUBER, 2014).

Sendo assim, em virtude da concentração de grandes volumes de dejetos advindos de edificações e formas de manejo distintos que causam assoreamento no sistema, constatou-se a necessidade de avaliar a carga orgânica de dejetos suínos em diferentes fases da produção, para propor-se um novo modelo de biodigestor que seja desenvolvido e adaptado para aumentar a eficiência do sistema.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conforme apresentado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2020), quando comparado apenas com armazenamento em esterqueira, uma lagoa que armazena o efluente de um biodigestor com o tempo de retenção hidráulica (TRH) de 30 dias, emite 84% menos gases de efeito estufa em potencial de aquecimento global.

Além disso, Perdomo, Oliveira e Kunz (2003) destacam que os biodigestores realizam a redução do poder poluente e do nível de patógenos presentes no dejeto, sendo

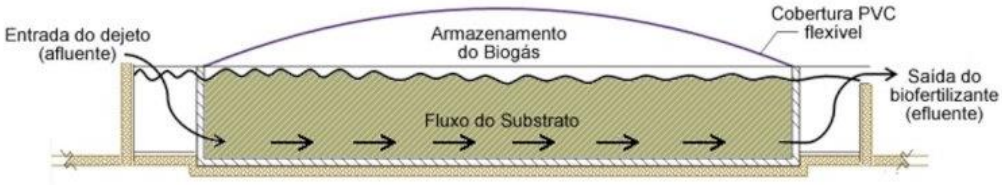
necessário menor tempo de retenção hidráulica e de área em relação a outros sistemas de tratamento.

Porém, de acordo com Kunz, Steinmetz e Amaral (2022), a falta do sistema de aquecimento de um biodigestor, tem implicações diretas na capacidade de geração de biogás e é bastante afetada em regiões com inverno mais rigoroso, pois ocasiona a variação da temperatura da biomassa em função da temperatura ambiente. Pelo regime hidráulico do reator e, geralmente, pela não utilização de um sistema de remoção de sólidos previamente instalado, haverá também uma tendência de acúmulo de lodo no fundo do tanque, criando a necessidade de descarte, que muitas vezes, é dificultado pelo desenho do biodigestor, o qual impede um descarte eficiente de sólidos.

Segundo Fernandes (2012) e Oliveira e Higarashi (2006), a manutenção da estabilidade da temperatura é muito importante para o processo, uma vez que a população microbiana responsável pela produção do gás CH_4 possui sensibilidade a variações da temperatura. Além disso, estes atores apontam que quando a temperatura da biomassa aumenta de 20°C para 35°C, tem-se um incremento na produção do biogás estimado em 30%, portanto, a temperatura é um parâmetro determinante para a bioconversão do material orgânico.

Para este estudo da avaliação da carga orgânica de dejetos suínos em diferentes fases de produção, o biorreator utilizado é o modelo fluxo pistão, também chamado de plug-flow, que é um reator de alimentação contínua caracterizado como uma lagoa retangular coberta. O modelo de reator fluxo pistão (Figura 1) permite que as partículas se locomovam na mesma sequência da direção em que elas entram no reator, o material novo adicionado ao tanque desloca o material mais antigo para o extremo oposto, fluindo como um pistão e teoricamente com a mínima dispersão longitudinal, permanecendo no tanque por um tempo suficiente para as partículas serem degradadas pelos microrganismos (LIMA, 2011).

Figura 1 - Biodigestor Modelo Fluxo Pistão (Plug Flow) – Modelo canadense



Fonte: Lima (2011)

De acordo com Cantrell et al. (2008), esse modelo de biodigestor, geralmente, é utilizado para tratamento de efluentes com baixa concentração de sólidos, até cerca de 3% ($m.v^{-1}$) de sólidos totais, e uma baixa carga orgânica volumétrica (COV), entre 0,3 a 0,5 $kgSV.m^{-3}reator.d^{-1}$. A produtividade de biogás por volume de reator encontra-se entre 0,03 $m^3.m^{-3}reator.d^{-1}$ e 0,15 $m^3.m^{-3}reator.d^{-1}$, variando de acordo com tipo de substrato, COV, temperatura de operação e TRH.

METODOLOGIA

O referido estudo trata-se de um estudo de caso, realizado em escala real, em uma Unidade Produtora de Suínos, localizada no extremo oeste do estado de Santa Catarina, em uma planta de tratamento de efluentes e geração de biogás, composta por caixa de homogeneização, três biodigestores modelo híbrido (fluxo pistão) em série, com capacidade de 1.800 m³ cada e quatro lagoas anaeróbias, conforme mostra a (Figura 2).

Figura 2 - Visualização da área de estudo

Fonte: Autoria própria (2023)

A planta destina-se ao tratamento do volume médio de efluente de 165 m³/dia, gerado por 3.500 matrizes em unidade de produção de leitões (UPL) e 10.000 animais em terminação, ou seja, diferentes fases da produção, promovendo assim efluentes com

características de volume, carga orgânica, concentração de sólidos totais e voláteis, nitrogênio, fósforo, densidade e potencial de geração de biogás, distintos.

Para avaliação da carga orgânica dos dejetos gerados nos diferentes ciclos produtivos da unidade, determinou-se um período de monitoramento de 8 (oito) dias (22/04/2020 a 29/04/2020), sendo este representativo do manejo realizado no sistema de produção da unidade produtora de suínos. In loco foram avaliados a densidade e o volume diário gerado em cada ciclo produtivo e em laboratório foram realizadas análises de demanda química de oxigênio – DQO e potencial hidrogeniônico – pH.

Fez-se o registro do volume diário de cada ciclo produtivo que era direcionado para a planta de tratamento e determinou-se a densidade do dejeto, conforme metodologia descrita por Tedesco et al., (2004), ou seja, coletou-se amostra nos pontos predeterminados, fez-se a homogeneização da mesma, mediu-se a temperatura e transferiu-se o volume em uma proveta de 1000 mL, na qual com o uso do densímetro, realizou-se a leitura da densidade (kg/m^3).

Com relação a DQO, realizou-se a avaliação através do método apresentado pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* - SMWW (2012), através do refluxo fechado, sob aquecimento por 2 horas a 148 ºC ± 2 ºC e posterior detecção fotométrica. O parâmetro pH, foi determinado por intermédio de pHmetro de bancada, conforme método 22ª ED. 4500-H+B (SMWW, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio das medições diárias de volume de cada ciclo produtivo, amostragem de campo para análise da densidade e ensaios físico-químicos de pH e DQO realizados no laboratório ambiental, obteve-se os resultados do monitoramento que estão dispostos na Tabela 1.

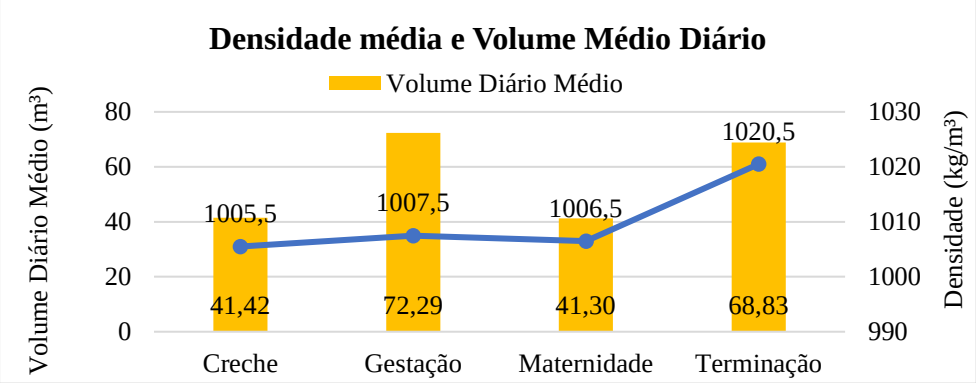
Tabela 1 - Monitoramento dos dejetos nos diferentes ciclos de produção, avaliando a densidade, o volume diário, o pH e a DQO

Data	Ciclo de Produção	Densidade (kg/m³)	Volume diário (m³)	pH	DQO (mg O_2 L^{-1})
22/04/2020	Creche	1008	41,20	6,10	50.525,00
	Terminação	1022	78,22	7,88	77.637,50
23/04/2020	Gestação	1004	74,81	8,82	8.850,00
	Maternidade	1006	37,40	7,84	14.985,00
24/04/2020	Creche	1005	46,98	6,20	40.750,00
	Terminação	1021	70,63	7,98	47.350,00
27/04/2020	Creche	1004	38,60	5,94	45.650,00
	Gestação	1005	64,63	8,24	19.170,00
	Terminação	1021	47,85	7,27	70.000,00
28/04/2020	Gestação	1011	70,92	8,37	18.420,00
	Maternidade	1007	45,19	7,66	23.670,00
29/04/2020	Creche	1005	38,90	5,97	29.200,00
	Gestação	1010	78,81	7,60	14.075,00
	Terminação	1018	78,61	7,93	44.100,00

Fonte: Autoria própria (2023)

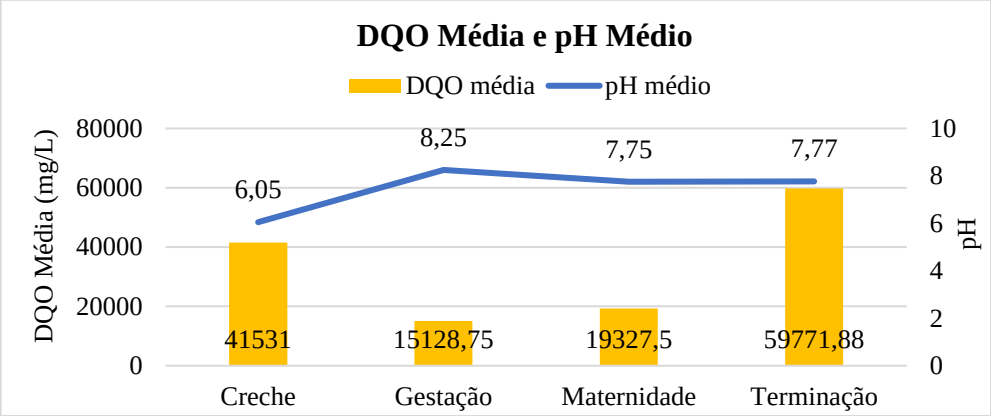
Foi possível observar na Tabela 1, que os ciclos produtivos se diferenciaram nos seus resultados. Portanto, na Figura 3, são apresentadas a densidade média e volume médio de cada ciclo produtivo e na Figura 4, o pH médio e DQO média:

Figura 3 - Volume médio diário e densidade média e nos diferentes ciclos de produção



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 4 - DQO média e pH médio nos diferentes ciclos de produção



Fonte: Autoria própria (2023)

Os ciclos de produção apresentados acima, contemplam dois tipos de edificações e manejos diferentes nos quais: a UPL (creche, gestação e maternidade) têm suas edificações construídas sem controle de ambiência, com TRH nas calhas de dejetos de 7 a 15 dias, distinto ao manejo realizado na terminação, na qual a edificação possui ambiente controlado e o TRH é variável entre 25 a 30 dias, uma vez que depende da altura da lâmina de efluente para o arraste total dos dejetos.

Devido a este modelo de manejo na terminação, onde o dejeto fica retido até 3 a 4 vezes mais tempo (25 a 30 dias, comparado a 7 a 15 dias da UPL), ocorre um processamento inicial da biomassa, tornando-a menos disponível para a microbiota dos biodigestores, promovendo nestes uma maior taxa de assoreamento e, consequentemente, redução da eficiência na produção do biogás.

Conforme Kunz e Steinmetz (2019) descrevem, o manejo inadequado nas instalações, com a retenção de dejetos por longos períodos em baias, resulta na geração de amônia que prejudica a qualidade do biogás e também pode afetar a qualidade do ar nas instalações.

Sendo assim, além da fase do suíno influenciar na produção de resíduos, uma vez que as quantidades de fezes e urina estão associadas a fatores zootécnicos e a fatores dietéticos do animal, tem-se que fatores do ambiente, como temperatura e tipo de instalação irão influenciar na densidade do dejeto (DARTORA, PERDOMO e TUMELERO, 1998).

Portanto, ao analisar as informações levantadas, verifica-se que na Figura 3, obteve-se um valor elevado para a densidade na terminação em relação a creche, gestação e maternidade, o que consequentemente, dificulta o manejo devido ao tipo de operacionalidade do

biodigestor fluxo pistão que geralmente é utilizado para tratamento de efluentes com baixa concentração de sólidos até 3% (m/v), conforme já mencionado por Cantrell et. al. (2008).

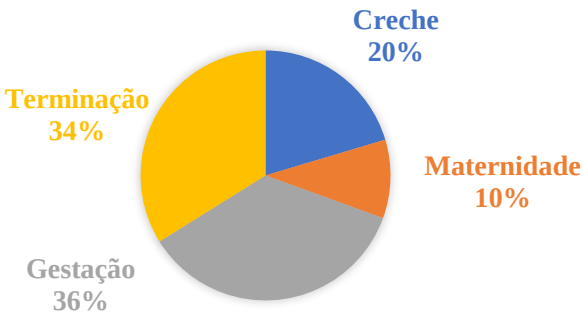
Segundo Costa (2009), para o controle do pH os valores abaixo de 6,0 e acima de 8,3 ocorre o risco de inibição das bactérias metanogênicas, devendo ser evitados. Neste estudo, conforme Figura 4, o pH médio variou entre 6,05 a 8,25, ou seja, sua variação atende ao referenciados para a faixa ideal das bactérias, não necessitando de ajustes.

Quanto as Demandas Químicas de Oxigênio apresentadas na Figura 4, obteve-se como maior DQO média dos ciclos produtivos o valor de 59.771,88 mg O2 L-1, estando esta acima do valor máximo de DQO do efluente bruto encontrado nesta mesma granja no período de verão, que foi de 22.050 mg O2 L-1 (SOARES, 2016).

Portanto, considerando que em Soares (2016) o biodigestor 1 produziu 6.623 Nm³/mês de biogás, com um assoreamento de 1,78 m em 9 anos, aproximadamente 20 cm por ano, tem-se que a densidade e a DQO apresentadas na Tabela 1, trazem problemas de operação nos biodigestores de fluxo pistão quanto ao seu TRH e produção de biogás.

Na Figura 5, é possível observar a porcentagem de contribuição de volume de dejetos de cada ciclo produtivo, onde obtém-se um total de 66% de dejetos do modelo de edificação tipo calha (creche + gestação + maternidade) e 34% do tipo fosso plano (terminação):

Figura 5 - Contribuição dos dejetos de cada ciclo produtivo no período de 8 dias



Fonte: Autoria própria (2023)

Desta forma, para o tratamento dos tipos de dejetos existentes na granja, o estudo apontou a necessidade de instalação de um reator de alta taxa, de operacionalidade em mistura completa, aquecimento controlado e isolamento térmico, que tenha a capacidade de

atender densidades na faixa entre 1.032 kg/m³ que equivale 6,65% MS e 1.038 kg/m³ equivalente a 8,02% MS, suportando as maiores densidades encontradas no estudo e consequentemente suas demandas químicas de oxigênio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentou dentro do período de 8 dias, os manejos dos dejetos que são realizados sucessivamente entre os diferentes ciclos produtivos da granja e que são tratados por sistema de biodigestão. As variações encontradas, mostram que os valores obtidos de densidade e DQOs da terminação são superiores a capacidade de operação do reator de fluxo pistão e acarretam problemas, como o assoreamento do sistema, dificuldade de separação de fases e redução do TRH.

Sendo assim, foi possível verificar que as condições atuais de operações e manejos necessitam de tecnologias que permitam trabalhar nas condições que favoreçam a operacionalização dos dejetos com diferentes características. E considerando que o reator de alta taxa suporta maiores cargas orgânicas e densidades, sugere-se a implementação deste equipamento, para a homogeneização das cargas e aquecimento do dejeto, disponibilizando mais nutrientes para as bactérias metanogênicas e como efeito, uma maior produção de biogás também.

REFERÊNCIAS

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal, edição do Relatório Anual ABPA 2021, principal publicação estatística produzida anualmente pela entidade setorial da avicultura e da suinocultura do Brasil. link: https://bit.ly/3eyFRNO.

ABREU, E.F. Estudo da diversidade microbiana metanogênica em reatores UASB tratando de esgoto sanitário, 2007. Dissertação (Mestrado Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), 2007. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/ENGD-7ABPA7. Acesso em: 03 mar. 2023.

CANTRELL, K. B., DUCEY, T., RO, K. S., HUNT, P. G. Livestock waste-to-bioenergy generation opportunities. *Bioresource Technology*, v. 99, p. 7941-7953, 2008.

COSTA, E. S. Dissertação: Protocolo para projeto de engenharia de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo. UERG, 2009.

DARTORA, V. et al. Manejo de dejetos de suínos. BIPERS - Boletim Informativo de Pesquisa & Extensão Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, v. 7, n. 11, mar. 1998.

FERNANDES, D. M. Biomassa e Biogás da Suinocultura. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura, Cascavel, 2012. Disponível em: https://tede.unioeste.br/handle/tede/821?mode=full. Acesso em: 04 mar. 2023.

KLEINSTEUBER, S. Microbial Ecology of Anaerobic Digestion, *Bioengenharia*, v. 1, p. 111-112, junho, 2014.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R. Cuidados com os biodigestores para estabilidade e qualidade na geração de biogás. *Suinocultura Industrial.com.br*. Ano 41, ed. 287, n. 02, p. 12, Medianeira, 2019. https://www.suinoculturaindustrial.com.br/edicao/287

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. DO. Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, p. 43, 2022. DOI - https://dx.doi.org/10.21452/978-85-93823-01-5.2019.01_1.

LIMA. H. Q DE. Avaliação dos modelos Hashimoto e AMS-III.D para produção de metano com dejetos de suínos. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do ABC. Programa de Pós-graduação em Energia, 2011.

LIMA, M. A.; PESSOA, M. C. P. Y.; LIGO, M. A. Emissões de Metano da Pecuária. Embrapa – Meio Ambiente. Brasília - DF, 2006.

MAPA – Ministério da Agricultura. Pecuária e Abastecimento. Coletânea de Fatores de Emissão e Remoção de Gases de Efeito Estufa da Pecuária Brasileira. Eleneide Doff Sotta, Fernanda Garcia Sampaio, Mirella de Souza Nogueira Costa (organizadoras) – Brasília: MAPA/SENAR, 1ª Edição, 2020.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V.; KUNZ, A. Metodologia sugerida para estimar o volume e a carga de poluentes gerados em uma granja de suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 6, 2003. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 332). Disponível em: https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=443242&biblioteca=vazio&busca=443242&qFacets=443242&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1. Acesso em: 04 mar. 2023.

SOARES, C. A. Estudo da Produção de Biogás em Escala Real a partir de Dejetos Suínos. Estudo de Caso (Pós-Graduação em Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, 2016.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, método 22ª ED, 2012.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, C.A.; CAMARGO, F.A.O.; WIERHOLTER, S. A. Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. *Comissão de Química e Fertilidade do Solo*, 10 ed. Porto Alegre, 2004.

URBINATI, E.; DUDA, R. M.; OLIVEIRA, R. A. Performance of UASB reactors in two stages under different HRT and OLR treating residual waters of swine farming. *Agricultural Engineering*, v. 33, n. 2, p. 367-378, 2013.

USO DE NADES PARA EXTRAÇÃO SUSTENTÁVEL E PROSPECÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS RICAS EM COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS.

Julia Eduarda SIQUEIRA[1], Vitor Augusto C. SOUZA[1], Raquel BORIN[1], Vânia Zanella PINTO[1][1]

Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Laranjeiras do Sul

Laranjeiras do Sul – Paraná - Brasil

E-mails: julia.eduardasiq@gmail.com, costavitoraugusto@gmail.com, rakelborin@hotmail.com
vania.pinto@uffs.edu.br

Resumo*:* *A Myrtaceae é uma das famílias mais importantes das angiospermas no Brasil. As folhas e frutos pertencentes a essa família são promissoras para o uso medicinal, ricas em compostos bioativos, por vezes são utilizadas para o uso utópico. A extração destes compostos possui potencial tecnológico em diversas áreas, como alimentos e fármacos. Desta forma, o uso de solventes ambientalmente corretos e eficientes é fundamental para a valoração de matérias-primas regionais. Objetivou-se desenvolver solventes eutéticos (NADES) para extração de compostos fenólicos de folhas de arvores frutíferas da família Myrtaceae. Para o desenvolvimento do NADES utilizou-se a proporção de 1:1 de ácido lático juntamente com o cloreto de colina, sob agitação constante a 80°C até o momento da formação de uma mistura viscosa e transparente. Após, o NADES formado foi diluído em água (10%) e utilizado para a extração dos compostos fenólicos totais de cada amostra (araçá, goiaba, jabuticaba, guabiju e guabiroba). As folhas de araçá apresentaram maior concentração de compostos fenólicos totais (289,4 ± 36,70 mg AG/g amostra), seguidas da goiaba (262,0 ± 20,04 mg AG/g amostra), jabuticaba (221,0 ± 3,90 mg AG/g amostra), guabiju (176,7 ± 16,80 mg AG/g amostra), e guabiroba (128,20 ± 9,70 mg AG/g amostra). Com isso, foi possível concluir que o NADES formado com ácido lático e cloreto de colina (1:1) foi eficiente para a extração dos compostos fenólicos totais de diferentes árvores frutíferas da família Myrtacea.*

Palavras-chave: *Myrtacea*; Quantificação; Solventes Verdes, Atividade Antioxidante.

INTRODUÇÃO

Myrtaceae é uma das maiores famílias da flora brasileira. Contém 23 gêneros e cerca de 1.000 espécies diferentes, algumas com propriedades medicinais e outras utilizadas na alimentação humana. No Brasil, as subfamílias *Eugeniinae* e *Myciinae* são as mais proeminentes (EMBRAPA, 2010). As folhas das plantas desta família por vezes são utilizadas de maneira utópica, mas também se destaca a extração de compostos fenólicos, os quais vem sendo utilizados na indústria médica, farmacêutica e alimentícia. Os compostos fenólicos são essenciais para o crescimento, reprodução e na contribuição para o aumento da resistência dos vegetais mediante situações de estresse. Atuam como agentes de proteção contra patógenos, predadores e reações de oxidação e de ação da luz UV. De maneira significativa, esses compostos participam no processo de lignificação da parede celular das plantas, evitando assim a proliferação de microrganismos que afetam os vegetais (SHAHIDI ; NACZK, 1995; DILLARD ; GERMAN, 2000). Assim, a extração destes compostos confere valor agregado às matérias-primas, podendo ser focado na utilização de folhas das *Myrtaceaes.*

Os solventes eutéticos profundos naturais (NADES) são classificados como solventes verdes e caracterizam-se pela não toxicidade, baixa volatilidade e não inflamabilidade. Estes são solventes promissores nas indústrias alimentícia e farmacêutica devido à sua facilidade de síntese e ao seu potencial substituto de solventes tradicionais, especialmente aqueles que são relativamente tóxicos. Além disso, possuem maior estabilidade devido às pontes de hidrogênio entre seus componentes, resultando em maior solubilidade e melhor extração de compostos fenólicos (DAI *et al*., 2013).

Alguns autores citam diferentes proporções entre doadores e receptores doador de hidrogênio, para o desenvolvimento do NADES. Para extração das folhas de jabuticaba, a proporção de 1:3 de ácido lático juntamente com o cloreto de colina, obteve maior extração, sendo o ácido gálico o composto fenólico com maior presença nessa extração (SOUZA *et al*., 2020).

Com isso, objetivou-se desenvolver NADES para a extração de compostos fenólicos de folhas de árvores frutíferas da família *Myrtaceae.*

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A família *Myrtaceae* é uma das angiospermas mais importantes do Brasil, é dividida em 3 táxons, *Myrtinae, Myciinae* e *Eugeniinae*. Esta família inclui vários tipos de vegetação, como: Floresta Ombrófila ou Mata Atlântica de encostas (SOARES-SILVA, 2000; MYERES *et al*., 2000); Floresta Amazônica (SILVA *et al*., 2005); Restinga (LOURENÇO ; BARBOSA, 2012) e Cerrado (SILVA FILHO, 2006). As folhas e frutos da família da *Myrtacea* são promissores para uso medicinal devido às suas atividades anti-inflamatória e antioxidante e riqueza em compostos bioativos. Portanto, a pesquisa com folhas de árvores frutíferas tem recebido atenção na comunidade científica (GAWRON-GZELLA; CHANAJKACZMAREK; CIELECKA-PIONTEK, 2021)

No século XX, pesquisas com extratos de plantas medicinais levou à descoberta e isolamento de princípios ativos e substâncias de interesse terapêutico, como taninos, alcaloides, compostos fenólicos, óleos essenciais e vitaminas. (EMBRAPA, 2010; FIRMO *et al*, 2011; ZAGO, 2018). Os compostos fenólicos são conhecidos por sua capacidade antioxidante, em especial, retardam ou inibem a oxidação de lipídeos ou outras moléculas com o objetivo de prevenir a ocorrência de reações oxidativas. A extração desses compostos se mostra eficiente quando se trata da inibição e reações redox, melhorando assim o papel deles na absorção e neutralizando radicais livres (OLIVEIRA *et al*., 2019).Café, chá, vinho (especialmente vinho tinto), cacau, frutas, vegetais, especiarias e ervas culinárias são considerados excelentes fontes de compostos fenólicos que têm efeitos positivos na saúde humana e podem exercer um efeito protetor contra processos oxidativos naturais no organismo (ISSAOUI et al., 2020) A extração ou recuperação de compostos fenólicos de folhas de árvores frutíferas da família *Myrtaceae* é promissora no desenvolvimento de antioxidantes naturais para a indústria de alimentos.

Os NADES pertencem a classe de solventes verdes, com as características de não tóxicos, biodegradáveis, alta estabilidade térmica, baixa volatilidade e não inflamáveis (BENVENUTTI; ZIELINSKI; FERREIRA, 2019). Eles são formados por compostos ácido-base de Lewis, e atinge-se o ponto eutético através das interações de ligações de hidrogênio. Portanto, para formar o solvente eutético é necessário um doador de hidrogênio (HBD) e um receptor de hidrogênio (HBA) (PAIVA *et al*., 2014; PLETSCH; MAFRA, 2019). Os principais doadores de hidrogênio são o cloreto de colina e a betaína pois apresentam ponto

de fusão em altas temperaturas e são de baixo custo (CANNAVACCIUOLO *et al.*, 2023). No entanto, os principais aceptores de hidrogênio são os ácidos orgânicos (láctico, cítrico e málico), os açúcares (glicerol e xilitol) e os aminoácidos, que são misturados a sais como o cloreto de colina. As propriedades eutéticas são mantidas quando à temperatura ambiente (BAKIRTZI; TRIANTAFYLLIDOU; MAKRIS, 2016; CANNAVACCIUOLO *et al*., 2023).

METODOLOGIA

As folhas de diferentes arvores frutíferas da *Myrtaceaes* foram coletadas na cidade de Laranjeiras do Sul – PR, sendo elas araçá (*Psidium cattleyanum Sabine)*, goiaba (*Psidium guajava L.)*, jabuticaba (*Plinia cauliflora)*, guabiju (*Myrcianthes pungens)* e guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa)*, e foram secas a 50°C por 3 dias em estufa com circulação de ar. Após, as amostras foram moídas em moinho analítico e armazenadas a -80°C até a utilização.

Para a produção do NADES, utilizou-se proporção molar de 1:1 de ácido lático (24,31g) juntamente com o cloreto de colina (15,68g). Essa mistura foi levada a agitação magnética a 80°C até o momento que apresentasse uma mistura incolor, homogenia e viscosa. Na sequência, o líquido eutético formado foi diluído em água (10%) para a formação de uma mistura eutética.

Na extração dos compostos fenólicos totais, utilizou-se 0,25g de cada amostra citada acima em 15 mL da mistura eutética, proporção pré-estabelecida mediante testes. A extração foi auxiliada por ultrassom (Vibra-cell VC 505, Sonics and Material Inc., Newtown, CT, USA) equipado com probe CV33 (5 mm de diâmetro), usando ciclos on/off de 10s operando a 20 kHz e amplitude de 60%, durante 8 min, a 30°C. A determinação do teor de compostos fenólicos totais foi realizada em triplicata utilizando o método de Folin-Ciocalteau, com a leitura da absorbância em 765nm. Os resultados foram calculados com base numa curva padrão de ácido gálico e expressos em mg de ácido gálico por grama de amostra (mg AGE/g amostra) (SINGLETON; ROSSI, 1965). Os extratos foram produzidos em triplicata, e os resultados foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) com 95% de confiança e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração dos compostos fenólicos totais extraídos das diferentes folhas de árvores frutíferas da família *Myrtacea*e variou de 128,20 ± 9,70 a 298,40 ± 36,70 e está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantificação de compostos fenólicos totais de folhas de árvores frutíferas da família *Myrtaceae*.

Amostras	**Compostos fenólicos totais (mg AG/g amostra)**
Araçá	298,40 ± 36,70 ^{A}
Goiaba	262,00 ± 20,04 ^{A}
Jabuticaba	221,09 ± 3,90 ^{AB}
Guabiju	176,70 ± 16,80 ^{BC}
Guabiroba	128,20 ± 9,70 ^{C}

Médias que não compartilham a mesma letra são significativamente diferentes pelo teste de Tukey e 95% de Confiança.

Fonte: Autoria própria (2023)

A concentração de compostos fenólicos totais nos extratos das folhas de araçá, goiaba e jabuticaba foram iguais ($p<0,05$). Os extratos das folhas de e guabiju e guabiroba diferenciaram-se dos extratos de araçá e goiaba ($p<0,05$). Em um intervalo de confiança de 95%, do teste de Tukey, podemos afirmar que as amostras de araçá e goiaba resultaram em extratos ricos em compostos fenólicos totais. Por outro lado, a amostra de guabiroba apresentou a menor extração destes compostos (Tabela 1).

A diferença entre a concentração dos compostos fenólicos totais, se dá mediante a diferença entre as amostras, mesmo pertencendo à mesma família, possuem características próprias que vão além do teor de compostos fenólicos (SANCHES AZEVEDO et al.,2017) Além do mais, fatores abióticos, como clima, solo, região de cultivo incidência de chuvas, época de coleta das folhas também apresentam influência na concentração e no tipo de compostos presentes nos vegetais.

O NADES cloreto de colina e ácido lático na proporção 1:3 (m/v) foi eficiente para extração de compostos fenólicos do chá-da-índia (*Camellia sinensis*) LI et al., (2015). PENG et al., (2016) utilizou a mesma proporção para a extração de compostos fenólicos de folhas de madressilva (*Lonicera japônica*) obtendo alto elevada eficiência. Assim como esses autores,

SOUZA *et al*., (2020), utilizou a mesma proporção para o NADES na extração das folhas de jabuticaba, obtendo grande concentração de fenólicos totais, 276,09 ± 4,70 (mg AG/g amostra). Para o presente trabalho pré-estabeleceu o uso na proporção 1:1 molar, sendo eficiente na extração de compostos fenólicos totais das folhas de árvores frutíferas da família *Myrtaceae.*

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mistura eutética do NADES produzido com cloreto de colina e ácido lático (1:1) foi eficiente para a extração dos compostos fenólicos totais de folhas das árvores frutíferas da família das *Myrtaceaes.* As folhas de araçá e de goiaba foram as que resultaram em maior concentração de compostos fenólicos totais extraídos com esse solvente. Para futuros trabalhos, o uso do NADES sintetizado com cloreto de colina e ácido lático pode ser utilizado na extração de compostos fenólicos totais de folhas de árvores de outras famílias, para a avaliação do seu potencial de extração. Ainda, o uso da cromatografia líquida também é de suma importância, pois poderia identificar os compostos fenólicos individuais presentes em cada amostra.

REFERÊNCIAS

BAKIRTZI, C.; TRIANTAFYLLIDOU, K.; MAKRIS, D. P. Novel lactic acid-based natural deep eutectic solvents: Efficiency in the ultrasound-assisted extraction of antioxidant polyphenols from common native Greek medicinal plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 120–127, 2016. DOI: 10.1016/j.jarmap.2016.03.003

BENVENUTTI, Laís; ZIELINSKI, Acácio Antonio Ferreira; FERREIRA, Sandra Regina Salvador. Which is the best food emerging solvent: IL, DES or NADES? *Trends in Food Science and Technology*, v. 90, p. 133–146, 2019. DOI: 10.1016/J.TIFS.2019.06.003

CANNAVACCIUOLO, Ciro; PAGLIARI, Stefania; FRIGERIO, Jessica; *et al*. Natural Deep Eutectic Solvents (NADESs) Combined with Sustainable Extraction Techniques: A Review of the Green Chemistry Approach in Food Analysis. *Foods*, v. 12, n. 1, p. 56, 2022. DOI: 10.3390/foods12010056

DAI, Y., WITKAMP, G., VERPOORTE, R., CHOI, Y. H. (2013b). Natural Deep Eutectic Solvents as a New Extraction Media for Phenolic Metabolites in *Carthamus tinctorius* L. *Analytical Chemistry*, 6272–6278. https://doi.org/10.1021/ac400432p

CHEMAT, F.; KHAN, M. K. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics sonochemistry*, v. 18, n. 4, pág. 813-835, 2011. DOI: 10.1021/ac400432p

DE FREITAS, Marina Melliny Guimarães; GUEDES, Carmem Torres; FRIGO, Giovana; *et al*. Efeitos da extração de antocianinas utilizando os solventes eutéticos profundos: uma revisão sistemática. *In*: *Estudos em Ciências Agrárias no Brasil: Produções Multidisciplinares no Século XXI*. [s.l.]: Instituto Scientia, 2023, p. 367–376. DOI: 10.55232/1087003.41

GAWRON-GZELLA, Anna; CHANAJ-KACZMAREK, Justyna; CIELECKA-PIONTEK, Judyta. Yerba Mate—A Long but Current History**.** *Nutrients*, v. 13, n. 11, p. 3706, 2021. DOI: 10.3390/nu13113706

LIU, L.; KONG, Y.; XU, H.; LI, J. P.; DONG, J.X.; LIN, Z. Ionothermal synthesis of a three-dimensional zinc phosphate with DFT topology using unstable deep eutectic solvent as template-delivery agent. *Microporous and Mesoporous Materials*, p. 624-628, 2008. DOI: 10.1039/C8EE02656D

PAGLIARI, Stefania; CANNAVACCIUOLO, Ciro; CELANO, Rita; *et al*. Valorisation, Green Extraction Development, and Metabolomic Analysis of Wild Artichoke By-Product Using Pressurised Liquid Extraction UPLC–HRMS and Multivariate Data Analysis. *Molecules*, v. 27, n. 21, p. 7157, 2022. DOI: 10.3390/molecules27217157

PENG, X.; DUAN, M.-H.; YAO, X.-H.; ZHANG, Y.-H.; ZHAO, C.-J.; ZU, Y.-G.; FU, Y.-J. Green extraction of five target phenolic acids from *Lonicerae japonicae* Flos with deep eutectic solvent. Sep. *Purif. Technol*, 2016. DOI: 10.1016/j.seppur.2015.10.065

SOARES-SILVA, L. H. *A família Myrtaceae – subtribos: Myrciinae e Eugeniinae na bacia hidrográfica do Rio Tibagi, estado do Paraná*, Brasil. 2000. 462f. Tese. (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2000. DOI: 10.47749/T/UNICAMP.2000.201310

SINGLETON, V. L.; ROSSI, Joseph A., Jr. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1965. DOI: 10.5344/ajev.1965.16.3.144

QUATRIN, Andréia; RAMPELOTTO, Cristine; PAULETTO, Roberson; *et al*. Bioaccessibility and catabolism of phenolic compounds from jaboticaba (*Myrciaria trunciflora*) fruit peel during in vitro gastrointestinal digestion and colonic fermentation. *Journal of Functional Foods*, v. 65, p. 103714, 2020. DOI: 10.1016/j.jff.2019.103714

SHAHIDI, Fereidoon; NACZK, Marian. *Phenolics in Food and Nutraceuticals*. [s.l.]: CRC Press, 2003. DOI: 10.1201/9780203508732

SOUZA, Wagner. *Avaliação da Atividade Antioxidante e Compostos Fenólicos de Extratos Vegetais*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [s. l.], p. 05–37, 2013. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6514. Acesso em: 19 de maio. 2023.

SEVERIDADE DE ANTRACNOSE EM GENÓTIPOS CRIOULOS DE FEIJÃO EM FRANCISCO BELTRÃO – PR (SUDOESTE DO PARANÁ)

Ana Carolina da COSTA LARA FIOREZE[1] , João Victor LUCKMANN [1], Hélio Daniel LEMES DOS SANTOS [1], Edilaine Mauricia GELINSKI GRABICOSKI[1] , Samuel Luiz FIOREZE[1]

[1] Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: anafioreze@utfpr.edu.br, joaovictorluckmann916@gmail.com, heliodaniellemessantos@gmail.com, edilainem@utfpr.edu.br, sfioreze@utfpr.edu.br

Resumo: *Os genótipos crioulos são fonte de variabilidade genética de grande importância para os programas de melhoramento genético, por conservarem alelos perdidos com a intensa seleção humana. Por fazerem parte da história de comunidades agrícolas que os mantêm por gerações de cultivo, os genótipos crioulos trazem a rusticidade e a adaptação às condições ambientais prevalentes, incluindo a tolerância e resistência à fatores bióticos e abióticos. A antracnose (Colletotrichum lindemuthianum) é uma das doenças mais graves da cultura do feijão. A mesma está amplamente disseminada, pode ocorrer em toda a parte aérea da planta e causar perdas de até 100% em condições favoráveis. Entre as estratégias de manejo e controle cita-se a utilização de variedades mais resistentes. O presente estudo teve como objetivo avaliar a resposta de diferentes genótipos crioulos de feijão à severidade de antracnose. Nesse sentido, no ano de 2023, foram avaliados 20 genótipos crioulos de feijoeiro comum para a severidade da antracnose. Os genótipos foram cultivados na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão. No estádio fenológico V4 (Terceira folha trifoliolada), foram coletados os trifólios de 20 genótipos de feijão. A severidade observada entre os genótipos variou de 0 a 11,1%, demonstrando variabilidade entre os genótipos. Tais resultados reforçam a importância de estudos nessa área e a busca por genótipos mais resistentes ao ataque do patógeno em feijão.*

Palavras-chave: Seleção; Rusticidade; *Colletotrichum lindemuthianum;*Resistência.

INTRODUÇÃO

O feijoeiro é uma cultura de grande importância para o Brasil, contudo está sujeita a inúmeras oscilações em seu cultivo, pela ampla gama de doenças que a planta de feijão pode ser acometida.

A antracnose, causada por *Colletotrichum lindemuthianum*, é uma das doenças mais graves da cultura do feijão. A mesma está amplamente disseminada, pode ocorrer em toda a parte aérea da planta e causar perdas totais da lavoura em condições climáticas favoráveis (DALLA PRIA; SILVA, 2010, WENDLAND *et al*., 2016).

Uma das formas de manejo das doenças no feijoeiro é o uso da resistência genética por ser esta, uma estratégia eficiente e econômica. O melhoramento genético tem papel importante na disponibilização de genótipos superiores e com adaptação aos diferentes ambientes de cultivo. O feijão é uma planta autógama e a variabilidade genética natural é criada ou ampliada através de mutações naturais, pequena taxa de recombinação e eventual mistura mecânica de sementes (RAMALHO; ABREU, 2011).

Na cultura do feijoeiro por meio de um processo de observação e seleção, os agricultores obtem variedades crioulas de feijão portadoras de alta rusticidade, adaptadas às condições edafoclimáticas e ao sistema de manejo empregado. Os genótipos locais constituem-se em um “pool” gênico com característica singular, por vezes único, que pode ser utilizado no melhoramento e que necessita ser caracterizado e conservado (COPACHESKI, 2015). A variabilidade genética existente no germoplasma do feijoeiro, quanto à resistência permite inferir que é possível obter cultivares resistentes, independente do fato de os patógenos (fungos, bactérias e vírus), também apresentarem variabilidade.

A busca por cultivares resistentes vem sendo uma forma eficiente no melhoramento para efetivar o controle da doença, mas a durabilidade da resistência ao patógeno não é apenas uma questão genética, mas também está relacionada ao manejo da cultura. Práticas como rotação de cultivares, utilização de sementes de boa qualidade, plantio em época adequada são estratégias que reduzem o uso do controle químico, trazendo benefícios para o meio ambiente e ainda, redução de custos de produção para o produtor (PEREIRA, 2013).

Frente ao exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a resposta de diferentes genótipos de feijão à severidade de antracnose e estimar a variabilidade existente entre eles, para que os dados possam ser usados pelos programas de melhoramento genético, na busca de genitores com maior resistência genética.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie anual diplóide (2n = 2x = 22), pertencente à família Fabaceae e gênero Phaseolus. O gênero Phaseolus possui cerca de 55 espécies das quais apenas cinco são conhecidas por serem domesticadas: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray e *P. polyanthus* Greenman (MEDEIROS, 2004). As espécies foram originadas das Américas, mas possuem um centro específico de origem, e sim centros de domesticação independentes (CHIORATTO, 2004). Vavilov propôs dois centros primários de diversidade genética para o feijoeiro: o Mesoamericano que se estende do sul dos Estados Unidos até o Panamá; e o Andino que abrange desde o norte do Peru até o noroeste da Argentina. Essa dupla domesticação das espécies resultou em dois *pools gênicos* considerados assim, dois centros primários de diversidade (CHIORATTO, 2004). Em razão do feijão comum ser cultivado em diversos ambientes, ele é uma das espécies que contém maior variabilidade de características.

Seu ciclo biológico é dividido em duas fases ou estágios de desenvolvimento. A fase vegetativa é constituída pelas etapas V0, V1, V2, V3 e V4 e a reprodutiva pelas etapas R5, R6, R7, R8 e R9 (SANTOS; GAVILANES, 2011).

O feijão é considerado um alimento essencial da dieta dos brasileiros e com isso tem merecido grande destaque no cenário nacional e internacional sendo um produto de alta expressão econômica e social. Juntamente com o arroz, é a base da alimentação nacional, fornecendo ricas quantidades de proteína vegetal e de carboidratos.

Segundo dados da FAO (2023), a produção mundial de feijão foi de 27,7 milhões de toneladas em 2021, e o Brasil (2,9 mi t) é o terceiro maior produtor, ficando atrás da Índia (6,12 mi t) e Mianmar (2,5 mi t). O feijão é produzido nacionalmente em três safras e em todas as regiões do país, e com área em torno de 3 mil hectares, gerando em torno de 3 milhões de toneladas anuais. Em 2021/22, dos 2.859 mil hectares registrados de cultivo do grão, metade foi no nordeste, seguido pela região sul, com 20,9%. Quanto à produção no período citado, a região sul foi responsável por 926 mil t, correspondendo a 31%, seguida pelas regiões sudeste, nordeste, centro-oeste e norte com 22,8%, 22,1%, 19,8% e 4,4%, respectivamente, e as previsões para 2022/23 mantém similares as proporções (CONAB, 2023).

O Estado do Paraná ao longo dos últimos anos tem sido o estado de maior produção nacional de feijão, contribuindo com 749,9 mil toneladas do grão em 2021/22, responsável por 80% da área e produção da região sul. (CONAB, 2023).

Segundo Pereira *et al.* (2011), nas pequenas propriedades agrícolas, o uso de sementes de genótipos crioulos é bastante comum, sendo estas produzidas ao longo dos anos nas suas propriedades, e repassadas de geração para geração. Esse cultivo proporciona a conservação dos recursos genéticos do feijão crioulo, e com isso essa diversidade genética pode ser explorada pelos programas de melhoramento da cultura do feijão, desde que sejam detalhadamente caracterizadas de acordo com os interesses agronômicos de qualidade tecnológica e nutricionais.

Segundo Ramalho (1982), os objetivos dos programas de melhoramento do feijão são a obtenção de cultivares com alta produtividade, que sejam resistentes as principais pragas e doenças e que os grãos possuam características aceitáveis no mercado consumidor. Em se tratando de resistências às doenças, uma das mais requeridas no feijoeiro é a resistência à antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (teleomórfico *Glomerella cingulata* f. sp. *phaseoli*) (PIERO; GARDA, 2008; DALLA PRIA; SILVA, 2010; RAMALHO; ABREU, 2015). Existe uma grande dificuldade para a obtenção de variedades com resistência durável, devido à alta variabilidade do agente causal (PIERO; GARDA, 2008).

A antracnose ocorre frequentemente na Bahia e nos estados da região Sul e sudoeste do Brasil, principalmente quando predomina-se condições de alta umidade relativa do ar, temperaturas moderadas (18 a 22 ºC) e chuvas prolongadas, podendo chegar até 100% de perdas (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2007). A doença além de provocar redução de rendimentos, pode causar redução da qualidade do produto, resultando em descoloração, deformação, enrugamento ou manchamento dos grãos (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2007).

A doença pode ocorrer em qualquer estádio fenológico da cultura, desde a germinação e pode atacar diversos tecidos da planta. Nas folhas, inicialmente aparecem pequenas lesões de coloração marrom-avermelhadas a pardo escuras na face inferior das folhas, ao longo das nervuras. Com a evolução da doença esses sintomas podem ser

observados na face superior da folha. Essas lesões podem ser observadas também nas hastes e pecíolos. Nas vagens, as lesões são arredondadas, escuras, deprimidas e de tamanho variável (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2007; DALLA PRIA; SILVA, 2010; PAULA-JUNIOR *et al*., 2015). O micélio se agrega no interior das lesões, formando acérvulos, que podem romper a cutícula do hospedeiro e expor os conídios do fungo em uma matriz gelatinosa, facilmente visível em condições de alta umidade e de coloração rosada (DALLA PRIA; SILVA, 2010; PAULA-JUNIOR *et al*., 2015; WENDLAND *et al*., 2016).

Entre as principais medidas de controle tem-se a utilização de sementes certificadas, sadias e tratadas, rotação de culturas, utilização de produtos específicos e uso de variedades com alto nível de resistência (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2007; PAULA-JUNIOR *et al*., 2015).

Nesse sentido, a caracterização de genótipos crioulos para características como resistência à patógenos vem sendo de extrema utilidade para os programas de melhoramento genético, pois em virtude da ampla variabilidade, os genótipos crioulos podem apresentar resistência às principais doenças e serem utilizados como genitores em programas de hibridação, repassando suas características.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão, no ano de 2023. As sementes dos genótipos crioulos de feijão foram obtidas de coleta e doação de agricultores do estado de Santa Catarina, os quais durante gerações vem cultivando-as e multiplicando suas sementes. Os genótipos possuem adaptação às condições edafoclaimáticas da região sul do Brasil.

No mês de março, os genótipos foram semeados manualmente na Área Experimental Agronômica do campus Francisco Beltrão. O espaçamento utilizado entre linhas foi de 0,50 metros e foram semeadas 15 sementes por metro linear. A adubação de base e de cobertura foram realizadas manualmente. Práticas de manejo como desbaste de plantas e retirada de plantas daninhas foram realizadas manualmente durante o todo ciclo da cultura.

Em estádio fenológico V4, foram coletadas três amostras de seis trifólios de cada parcela, e deixados em câmara úmida por 24 a 48 horas e então avaliados para a severidade de antracnose, de acordo com a escala diagramática (GODOY *et al*., 1997).

Figura 1. Sintoma de Antracnose (*Colletotrichum lindemunthianum*) em folhas de feijão (*Phaseolus* sp.).

Foto: Jaccoud-Filho, D. S.

Os dados de severidade (em porcentagem) foram analisados com base na análise de variância pelo teste F ($p<0.05$) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p<0.05$). Foram estimados os parâmetros de variância genética, variância ambiental e herdabilidade para os caracteres avaliados. Todas as análises foram realizadas no programa Genes (CRUZ, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os genótipos de feijão crioulos apresentaram diferenças quanto à severidade da antracnose, verificada pela significância do quadrado médio de genótipos (Tabela 1). A média de severidade da antracnose foi de 3,27%, variando de 0 a 11,1% entre os genótipos. De acordo com os relatos do padrão de evolução da doença (DALLA PRIA; SILVA, 2010; PAULA-JUNIOR *et al*., 2015), considerando que avaliações foram realizadas em estádio vegetativo ainda da cultura, em caso de condições favoráveis persistirem, em parcelas com maior severidade acredita-se que as perdas poderiam chegar próximo a 100%.

Tabela 1. Quadrado médio e estimativa de parâmetros genéticos para a severidade de antracnose em genótipos de feijão avaliados em Francisco Beltrão -PR, 2023.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio
Repetição	2	3,94
Genótipos	19	28,87**
Resíduo	38	5,53
Média		3,27
Variância fenotípica		9,62
Variância ambiental		1,85
Variância genética		7,78
Herdabilidade		80,81

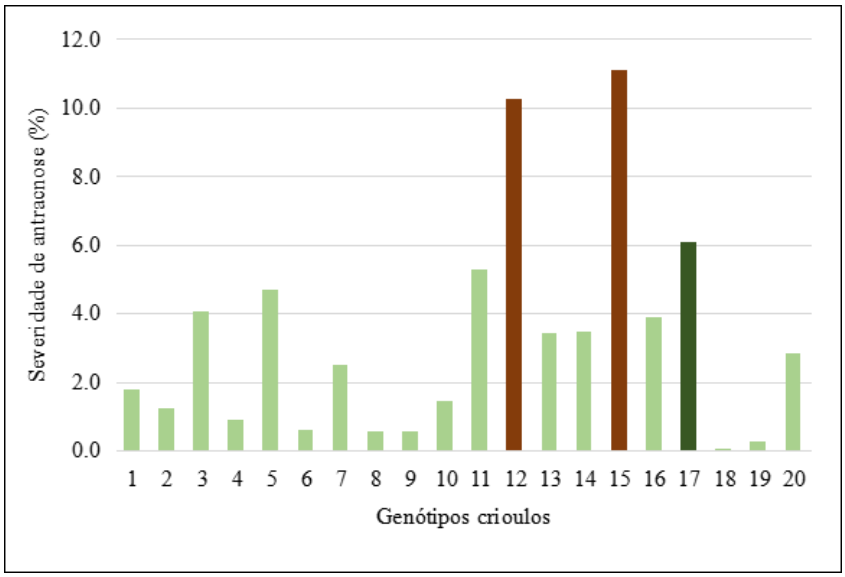
As variâncias estimadas (Tabela 1) mostraram que o efeito dos genótipos foi maior que o efeito do ambiente na expressão da característica de severidade de antracnose nos genótipos crioulos de feijoeiro, o que mostra que de fato eles apresentam variabilidade genética. A variabilidade genética encontrada nesse tipo de germoplasma é valiosa (como já mencionado) pois esses genótipos crioulos costumam manter alelos favoráveis relacionados à tolerância, rusticidade e resistência, os quais muitas vezes são perdidos ao longo das seleções realizadas nos programas de melhoramento genético. Os programas de melhoramento genético visam em primeiro lugar genótipos produtivos, de ciclo curto e com arquitetura favorável a colheita mecanizada. Na busca por esse ideótipo, podem ser desfavorecidos os alelos relacionados a maior resistência a estresses bióticos, como as doenças causadas por patógenos.

A herdabilidade da severidade foi considerada alta (80,81%) o que mostra que esse caráter pode ser repassado às descendências, podendo ser realizada a seleção das plantas que obtiveram menor severidade da antracnose.

Na figura 2, está apresentada a severidade dos genótipos de feijão (em porcentagem). As barras de cores diferentes mostram os agrupamentos obtidos no teste de Scott Knott ($p<0.05$). Os genótipos 12 e 15 se agruparam como os que apresentaram a maior severidade

em antracnose (aproximadamente 10 a 12%). Já o genótipo 17 ficou sozinho em um grupo com média de 6% de severidade de antracnose. O terceiro grupo englobou os outros 17 genótipos, com severidade de antracnose variando de quase 0 a 5% de severidade.

Figura 2. Severidade média (%) de Antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) em diferentes genótipos de feijão (*Phaseolus* sp.) em Francisco Beltrão – PR, 2023.



Fonte: Autoria própria (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A antracnose é uma doença de grande impacto na cultura do feijão, com perdas de produtividades e redução da área produzida pelos agricultores. Nesse sentido, os programas de melhoramento genético têm trabalhado há bastante tempo no desenvolvimento de cultivares resistentes. Pois isso, o presente estudo de avaliação de genótipos de feijão crioulo quanto a severidade da antracnose foi de grande importância e trouxe luz ao problema proposto.

Os genótipos de feijão crioulo avaliados em Francisco Beltrão -PR mostraram-se variáveis quanto à severidade de antracnose, e alguns apresentaram grande potencial de uso em programas de melhoramento genético, principalmente como genitores em hibridações controladas. Por se tratar de uma doença que apresenta efeito ambiental, futuras avaliações nas safras seguintes serão realizadas para consolidar os resultados.

REFERÊNCIAS

CHIORATO, A. F. *Divergência genética em acessos de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) do banco de germoplasma do Instituto Agronômico –IAC.* 2004. 85 f.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Séries históricas das safras* – Feijão – Total - Todas as Safras. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/905-feijao. Acesso em:20/07/2023.

COPACHESKI, Marcos. *Rusticidade de acessos e uso de terapias não residuais no manejo ecológico de Phaseolus vulgaris L.* 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.

CRUZ, C. D. *Programa Genes* - Aplicativo Computacional em Genética e Estatística. VIÇOSA, MG: EDITORA UFV, 1997. v1. 442 p.

DALLA PRIA, Maristella; SILVA, Olavo Corrêa da. *Antracnose.* In: DALLA PRIA, Maristella; SILVA, Olavo Corrêa da. Cultura do Feijão: doenças e controle. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2010, p.49-56.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. *Produção de Feijão.* Livro Ceres, Piracicaba-SP, 2007, 386p.

FAO – Food and Agriculture Organization of United Nations. FAOSTAT: *Crops and livestock products.* Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL. Acesso em 21/07/2023.

GODOY, Claudia Vieira; CARNEIRO, Solange M..; IAMAUTI, Marilene T.; DALLA PRIA, Maristella; AMORIM, Lilian; BERGER, R. D.; BERGAMIN FILHO, Armando. Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. *Plant Disease and Protection*, 1997, 104 (4): 336-34.

PAULA-JUNIOR, Trazilbo José de; VIEIRA, R. F.; TEIXEIRA, H.; LOBO-JUNIOR, M.; WENDLAND, A. *Doenças do Feijoeiro: Estratégias Integradas de Manejo*. In: CARNEIRO, José Eustáquio; PAULA-JUNIOR, Trazilbo José de; BORÉM, Aluízio. *Feijão: do plantio à colheita.* Viçosa: Ed. UFV, 2015, p.270-300.

PEREIRA, Rafael. *Reação de genótipos de feijão e agressividade de isolados do agente causal da macha-angular*. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

RAMALHO, Magno A., SANTOS, João Bosco. *Melhoramento do Feijão.* Informativo Agropecuário, Belo Horizonte, v 8, n. 90, p. 16-19, jun. 1982.

RAMALHO, Magno Antonio Patto; ABREU, Ângela de Fátima Barbosa; CARNEIRO, José Eustáquio S. *Feijão de alta produtividade: Cultivares.* Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 25, n. 233, p.21-32, 2005.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. *Cultivares.* In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. Feijão. 2ª Edição atualizada e Ampliada, Viçosa: Ed. UFV, p. 67- 86. 2011.

RAMALHO, Magno Antonio Patto; ABREU, Ângela de Fátima Barbosa; CARNEIRO. *Obtenção de Cultivares.* In: CARNEIRO, J.E.; PAULA-JUNIOR, T. J. de; BORÉM, A. Feijão: do plantio à colheita. Viçosa: Ed. UFV, 2015, p.96-114.

SANTOS, Josão Bosco dos; GAVILANES, Manuel Losada. *Botânica.* In: VIEIRA, Clibas; PAULA JÚNIOR, Trazilbo José de; BORÉM, Aluízio. Feijão. 2. ed. Viçosa: 2011. p. 41-65.

WENDLAND, A.; MOREIRA, A.S.; BIANCHINI, A.; GIAMPAN, J.S.; LOBO-JUNIOR, M. *Doenças do Feijoeiro.* In: AMORIN, L.; REZENDE, J. A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. Manual de Fitopatologia: plantas cultivadas. Agronômica Ceres, Ouro Fino – MG, 2016. p.383-396.

MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROCESSO DE SECAGEM SOLAR DE ABACAXI

Julia Souza SANTOS[1], **Camila Nicola Boeri DI DOMENICO**[2]

[1]Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2]Departamento Acadêmico de Física, Estatística e Matemática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: juliasantos.2019@alunos.utf.edu.br, camiladomenico@utfpr.edu.br

Resumo: *A secagem ao sol é uma técnica valiosa para conservar alimentos e outros produtos naturais, principalmente em áreas com muita radiação solar e baixa umidade relativa do ar. No entanto, para obter um produto seguro e de alta qualidade, é importante realizar uma secagem adequada e garantir boas práticas de higiene e, neste sentido, os modelos matemáticos desempenham um papel importante porque ajudam a descrever e prever como o processo de secagem se comportará sob diferentes condições ambientais e de projeto. Neste sentido, esta pesquisa teve como objetivo realizar a modelagem matemática dos dados de secagem solar de abacaxi, com dados experimentais obtidos de estudos prévios publicados em fontes científicas confiáveis. Foram avaliados os modelos de Henderson e Pabis e o Wang e Sing. Foi realizada uma análise estatística dos resultados para selecionar o modelo que melhor representa o processo de secagem solar do abacaxi, sendo analisados através do coeficiente de determinação, erro médio relativo e estimado, apresentando diferenças entre si, com o modelo de Wang e Sing apresentando R^2 de 0,9977 e o modelo de Henderson e Pabis R^2 de 0,9161.*

Palavras-chave: *Energia solar; Desidratação; Frutas; Simulação.*

INTRODUÇÃO

A secagem é um processo físico que consiste na eliminação de água por evaporação, de modo a melhorar a conservação de um produto (FERREIRA, 2005), na área de alimentos ela é utilizada principalmente para grãos, ervas, frutas, vegetais, entre outros produtos, que quando expostos à radiação emitida pelo sol são secos de forma direta ou difusa aumentando sua conservação. É uma técnica tradicional e natural que é utilizada há séculos para conservar alimentos, a desidratação propicia uma maior vida útil dos alimentos na prateleira,

pois evita a proliferação de microrganismos, impedindo que se estraguem, além de manter suas propriedades nutricionais originais (ALMEIDA; LIMA; SOUZA, 2016).

No processo de secagem solar, os secadores utilizam a energia gerada pelo sol transformando-a em energia térmica para elevar a temperatura do ar e diminuir a umidade relativa do alimento. Com base nos estudos de Monteiro e Azeredo (2012) o ar que participa deste processo é o meio de secagem dos alimentos, sendo ele o mais comumente utilizado, conduz calor ao alimento, promovendo a evaporação da água, além de ser o veículo no transporte do vapor úmido a partir do alimento e para o alimento, o que melhora a evaporação da água dos alimentos.

O século XXI chegou com enormes desafios para a humanidade, figurando entre eles o objetivo de garantir que a crescente demanda por energia seja suprida de forma segura, sem comprometer a qualidade de vida das futuras gerações (COPEL *et al.*, 2014, p. 14). A busca por energias renováveis vem aumentando cada vez mais para que não ocorra o esgotamento dos recursos naturais que geram impactos ambientais, a secagem solar se destaca nesse tópico por não fazer uso de combustível ou eletricidade.

Em geral, a secagem ao sol é uma técnica valiosa para conservar alimentos e outros produtos naturais, principalmente em áreas com muita radiação solar e baixa umidade relativa do ar. No entanto, para obter um produto seguro e de alta qualidade, é importante realizar uma secagem adequada e garantir boas práticas de higiene e, neste sentido, os modelos matemáticos desempenham um papel importante porque ajudam a descrever e prever como o processo de secagem se comportará sob diferentes condições ambientais e de projeto.

A modelagem matemática, na área de secagem, é feita através da aplicação de equações que descrevem a interação entre a umidade e o tempo, resultando numa análise detalhada e individual para cada produto e podendo observar a eficiência de tais secadores. Esses modelos matemáticos podem incluir diferentes variáveis, parâmetros, funções e relacionamentos.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é analisar diferentes modelos matemáticos para descrever a cinética de secagem de dados experimentais da secagem solar do abacaxi.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A secagem solar é um método amplamente utilizado para a conservação de alimentos, incluindo frutas tropicais como o abacaxi, já que uma vantagem da secagem é que o alimento processado por essa técnica não necessita de refrigeração durante o armazenamento e transporte (MELONI, 2003) por ela envolver a remoção de umidade do alimento inibindo o crescimento microbiano, o que prolonga sua vida útil e mantém suas características nutricionais e sensoriais.

Segundo Barbosa (2011) o desenvolvimento de equipamentos que utilizam a energia solar de maneira eficiente e tendo baixo custo passou a ter importância nos duas atuais, mas a eficiência do processo de secagem depende de fatores climáticos, como temperatura, umidade relativa, vento, a própria radiação solar e a geometria do sistema de secagem.

Por meio da modelagem matemática é possível otimizar o processo de secagem solar e descrever quantitativamente as mudanças de massa e teor de umidade do abacaxi durante o processo de secagem solar, bem como estimar a duração e as condições ideais para alcançar um produto seco de alta qualidade, diferentes modelos têm sido propostos para descrever esse processo, eles são baseados em princípios físicos e empíricos e podem ser classificados como modelos analíticos, semiempíricos e empíricos.

Na literatura da área, diversos trabalhos são encontrados que utilizam a modelagem matemática para processos de secagem solar de frutas, tais como a secagem da semente da andiroba estudada por Mendonça (2015) que utiliza o modelo Logarítmico e o de Midilli et al.; modelos aplicados a secagem solar da goiaba por Lins (2021) onde a autora ajusta os dados experimentais aos modelos de Page, Henderson e Pabis, Lewis, Cavalcanti Mata e Thompson; modelagem baseadas na 2ª equação de Fick e na 2ª de Fourier aplicadas na secagem da banana em secador de coluna estática por Costa (2008); Machado (2020), que cita os modelos que obtiveram os melhores resultados na secagem solar da jabuticaba, sendo eles o de Henderson e Pabis Modificado e Dois termos, ambos com coeficiente de determinação acima de 0,980 e Coelho (2019) que demonstra como o modelo de Dois Termos se ajusta à secagem solar direta da banana cv. Terra. No entendimento da secagem de diferentes materiais autores como Midilli, Kucuk, Yapar (2002) propõe um novo modelo de secagem em camada úmida aplicado à secagem de sólidos e Corrêa (2007) tratando da

determinação e modelagem das curvas de secagem da pimenta em uma certa variação de temperatura tinham objetivo de prever as taxas de secagem de grãos, alimentos e biomassa e estimar seu coeficiente de difusão.

Por ser um campo de estudo interdisciplinar, a modelagem matemática é aplicada em diversos trabalhos de distintos autores pela sua forma de representar, analisar e resolver dados experimentais, são ferramentas valiosas na engenharia de secagem, ajudando a fornecer uma base sólida para previsão, otimização e controle de processos, economizando tempo e recursos, melhorando a qualidade do produto e aumentando a eficiência dos processos industriais.

METODOLOGIA

Nesta seção, será detalhado o passo a passo para a realização do estudo, desde a coleta dos dados experimentais até a análise estatística dos resultados.

Coleta dos dados experimentais

Os dados experimentais foram retirados do artigo de Gomes (2015) e comparados com modelos matemáticos citados no artigo de Silva (2013) e Machado (2020), os testes foram feitos no período da primavera e verão de 2014 na Paraíba apresentando cinco testes onde apenas o primeiro foi escolhido para essa observação já que atingiu a menor umidade em 1200 minutos.

Modelos matemáticos

Para a análise dos dados de secagem solar do abacaxi, foram utilizados os modelos matemáticos semiempíricos de secagem de Wang e Sing (1978), descrito pela equação (1) e Henderson e Pabis (1961), mostrado na equação (2):

$$RU = 1 + a \times t + b \times t^2 \quad (1)$$

$$RU = a \times e^{-k \times t} \quad (2)$$

em que RU é a razão de umidade, adimensional; t é o tempo de secagem, h; k é constante de secagem, h-1; a, b são coeficientes dos modelos.

Os valores de RU e t, utilizados nos ajustes, foram obtidos no próprio artigo através dos dados experimentais.

Ajuste dos modelos aos dados experimentais:

O ajuste dos modelos foi feito a partir de regressão não linear utilizando o algoritmo de Levenberg-Marquardt com o auxílio do software Statistica 7 (2004).

Análise estatística dos resultados:

As análises estatísticas que foram utilizadas para validar e classificar os melhores modelos foram feitas baseadas no artigo de Gomes (2015), através do coeficiente de determinação (R^2) para avaliar o desempenho dos modelos na representação do comportamento da secagem do abacaxi, a magnitude do erro médio relativo (P), equação (3) e do erro médio estimado (SE), apresentado na equação (4).

$$P = \frac{100}{n} \Sigma \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (3)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\Sigma (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (4)$$

onde, Y é valor observado experimentalmente; $\hat{Y}$ é o valor calculado pelo modelo; n o número de observações experimentais, e GLR os graus de liberdade do modelo (número de observações menos o número de parâmetros do modelo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando a etapa de ajustes dos modelos, que foi feita a partir de regressão não linear utilizando o algoritmo de Levenberg-Marquardt com o auxílio do software Statistica 7 (2004), obteve-se os coeficientes de determinação, os erros médios relativos e o estimado mostrados na Tabela 1. É possível comparar os resultados obtidos nesta pesquisa com os resultados de Gomes (2015), em que o autor utilizou o modelo de Page e o de Lewis, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 1 - Coeficiente de determinação R^2, Erros médio relativo (P) e estimado (SE), para os modelos testados na secagem do abacaxi.

Modelo	R^2 (%)	P (%)	SE (DECIMAL)
Wang e Sing	99,77	1,11	0,00670
Henderson e Pabis	91,61	8,53	0,21

Fonte: Autoria Própria (2023)

Com base nos estudos de Mohapatra (2005), um bom ajuste de modelo deve apresentar o erro médio relativo (P) inferior a 10 %, com isso acabamos notando a maior efetividade do modelo Wang e Sing, mas em geral, as amostras tiveram um bom erro médio relativo (P) e estimado (SE).

As análises do coeficiente de determinação (R^2) da Tabela 1 e Tabela 2 atingiram valores relativamente bons, principalmente os modelos Wang e Sing e Page que ficaram muito próximos de 1 comparando os coeficientes encontrados no trabalho de Gomes (2015) e os encontrados na análise do modelo.

Tabela 2 - Coeficiente de determinação dos modelos usados por Gomes (2015)

Modelo	R^2 (%)
Lewis	98,22
Page	99,65

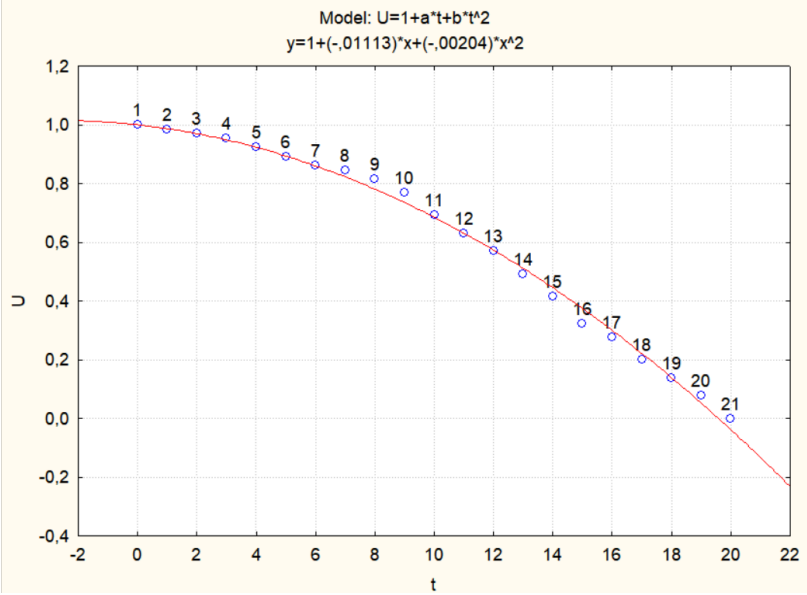
Fonte: Autoria Própria (2023)

O modelo de Wang e Sing foi escolhido por conter apenas uma variável independente e a de Henderson e Pabis com duas variáveis e a presença de um exponencial. O primeiro modelo pôde explicar melhor os dados em uma análise de secagem de berinjela, fruto com alta umidade assim como o abacaxi, feita por Silva (2022), já o segundo foi escolhido por ser uma modificação da equação de Fick muito utilizada na engenharia de secagem de materiais sólidos em processos de secagem em estufas e secadores.

As simulações obtidas com os modelos ajustados são mostradas nas Figuras 1 e Figura 2, nelas conseguimos observar o valor calculado pelo modelo que foi utilizado para o cálculo de P e conforme observado, o modelo de Wang e Sing foi o que mais apresentou

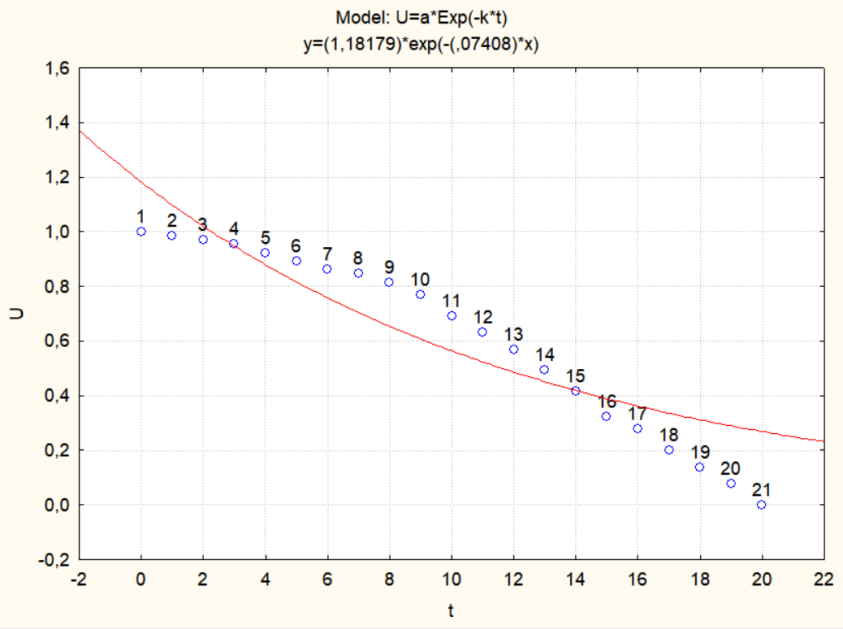
o maior ajuste satisfatório, já o de Henderson e Pabis apresentou o coeficiente de determinação mais baixo e o erro médio estimado muito alto, fazendo com que o erro médio relativo fique acima do valor de referência.

Figura 1 - curva de secagem do abacaxi com o modelo Wang e Sing



Fonte: Autoria Própria (2023)

Figura 2 - curva de secagem do abacaxi com o modelo de Henderson e Pabis



Fonte: Autoria Própria (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem matemática dos dados de secagem solar de abacaxi é uma ferramenta valiosa para a indústria alimentícia, permitindo a previsão e otimização do processo de secagem. A aplicação de diferentes modelos matemáticos permite selecionar aquele que melhor descreve o comportamento do abacaxi durante o processo de secagem solar. Assim, com base nas modelagens realizadas percebe-se que o modelo de Wang e Sing apresenta resultados mais satisfatórios com base nas análises de coeficiente de determinação e erro médio.

O modelo de Wang e Sing apresentou coeficiente de determinação de 0,9977 e erro médio de 1,11% sendo bem satisfatório visto que os valores de referência são 1 e 10%, mesmo com o coeficiente menos, não tão preciso o modelo de Henderson e Pabis se manteve dentro do aceitável de 0,9161 e erro de 8,53% ainda sim permanecendo dentro dos parâmetros. É possível afirmar que a modelagem matemática contribui para o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e sustentáveis de conservação de alimentos e mostra dados promissores para futuros trabalhos, com posterior aplicação na elaboração e/ou preparo de produtos alimentícios.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. B. DE; LIMA, M. A. A.; SOUZA, L. G. M. DE. Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável. *Holos*, v. 4, p. 197–205, 9 set. 2016.

ANDRÉ, Romisio Geraldo Bouhid et al. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 23, p. 501-509, 2008.

BARBOSA, J. R. P. Estudo da viabilidade de uso de secadores solares fabricados com sucatas de luminárias, Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN, Natal, RN, 2011.

COELHO, Bruno Emanuel Souza et al. Ajuste de modelos matemáticos a curva de secagem da banana cv. Terra com uso de energia solar térmica sob exposição direta. *Revista Craibeiras de Agroecologia*, v. 4, n. 1, p. 7688, 2019.

COPEL et al. Energias renováveis: políticas públicas e planejamento energético. Curitiba, PR: 2014. 303 p

CORRÊA, Paulo C. et al. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (Phaseolus vulgaris L.) em camadas delgadas. *Engenharia Agrícola*, v. 27, p. 501-510, 2007.

COSTA, Antonio Raimundo da Silva. Sistema de secagem solar para frutos tropicais e modelagem da secagem de banana em um secador de coluna estática. 2008.

DANTAS, Alessandra Raquel et al. Construção e utilização de secadores solares para avaliação de desempenho na desidratação de frutas tropicais. 2019.

EULER, Leonhard. Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis. Commentarii academiae scientiarum Petropolitanae, p. 128-140, 1741.

FALCAO FILHO, Ronaldo dos Santos et al. Produção de passas de talo de abacaxi pérola por processo osmo-solar. 2011.

FERREIRA; CANDEIAS, M. SECAGEM SOLAR DE FRUTOS E PLANTAS AROMÁTICAS. *Revista de Ciências Agrárias*, Nova Oeiras, n., p.363-370, 1 set. 2005.

GOMES, Ítalo de Andrade et al. Desenvolvimento experimental de um secador solar de frutas com aproveitamento multienergético. 2015.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory I: temperature effect on drying coefficient. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 6, n. 3, p. 169-174, 1961.

LINS, Bárbara Valéria Pereira et al. Modelos de predição aplicados a cinética de secagem solar da goiaba. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 11, p. e519101119761-e519101119761, 2021.

MACHADO, Henrique G, Di Domenico, Camila N. B et al. Modelagem matemática dos dados de secagem solar da jabuticaba, XXV Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR, 2020

MELONI, P.L.S. Desidratação de frutas e hortaliças, Instituto de Desenvolvimento da Fruticultura e Agroindústria – Frutal, Sindicato dos Produtores de frutas do Estado do Ceará – Sindifruta, Fortaleza, CE, 2003

MENDONÇA, Andreza P. et al. Determinação das curvas de secagem das sementes de andiroba em secador solar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, p. 382-387, 2015.

MIDILLI, ADNAN; KUCUCK, HAYDAR; YAPAR, Z. É. YA Um novo modelo para secagem em camada única. *Tecnologia de secagem*, v. 20, n. 7, pág. 1503-1513, 2002.

MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. *Journal of Food Engineering*, v.66, p.513-18, 2005. http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.04.023

MONTEIRO, H.; AZEREDO, C. DE. Alimentos. n. January, 2012.

STATSOFT, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com

SILVA, Jessica Raiane Barbosa da et al. Cinética de secagem da Berinjela (Solanum Melongena L.) em estufa. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 4, p. e34111427319-e34111427319, 2022.

SILVA, Tiago Soares da. Estudo de um secador solar fabricado apartir de sucata de tambor de polietileno. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

WANG, C.Y.; SING, R.P. Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying. *ASAE Paper*, p. 78-6505, 1978.

EFEITO DE CULTURA DE CÉLULAS DE *Rhodotorula* spp. NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE

Alexandre DEZANOSKI[1], Karolina Bressan RHEINHEIMER[2], Emely de Souza MELLO[2], Camila Girardi de OLIVEIRA[3], Mariana da Costa DINIZ[3], Alessandra de MARCO[2], Claudia Kulba SETTE[2], Vanessa Neumann SILVA[2], Sérgio Luis ALVES JÚNIOR[3]

[1] Acadêmico de Agronomia
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Chapecó
Chapecó – Santa Catarina - Brasil

[2] Curso de Agronomia
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Chapecó
Chapecó – Santa Catarina - Brasil

[3] Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Chapecó
Chapecó – Santa Catarina - Brasil

E-mail: adezanoski@gmail.com

Resumo: *O uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal vem sendo uma alternativa interessante na produção agrícola, pois não causam danos severos ao meio ambiente e podem promover resultados satisfatórios. Resultados recentes de pesquisa na literatura científica indicam que alguns gêneros de leveduras possuem potencial para uso como estimulantes de crescimento vegetal, contudo, ainda são escassos os trabalhos nessa temática no Brasil. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de cultura de células da levedura Rhodotorula sp na germinação de sementes e crescimento de plântulas de alface da cultivar Grand Rapids. O experimento foi conduzido nos laboratórios de Sementes e de Bioquímica da Universidade Federal da Fronteira Sul - campus Chapecó, em delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 5 repetições, sendo: T1 - umedecimento do papel com água destilada; T2 - umedecimento do papel com solução da levedura (2 ml da cultura de células + 1 ml de água destilada); T3 - semente embebida em béquer com solução de cultura de células da levedura por 1h; T4 - semente embebida em água destilada por 1h. As sementes de alface após receberem os tratamentos foram alocadas em caixas gerbox e mantidas à 20º C em câmara de germinação por um período de sete dias. Foram avaliados: germinação, comprimento de raízes e comprimento de parte aérea de plântulas. Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de tukey ($p<0,005$). Conclui-se que o uso da levedura do gênero Rhodotorula sp., na concentração e formas de aplicação utilizadas, não incrementou a germinação de sementes e comprimento de parte aérea de plântulas, contudo possibilitou maior crescimento de raízes de plântulas de alface cultivar Grand Rapids.*

Palavras-chave: *Promoção de crescimento vegetal; Leveduras; Tratamento de sementes; Lactuca sativa.*

INTRODUÇÃO

Atualmente estão se intensificando os estudos sobre microrganismos promotores de crescimento vegetal (MPCV), um exemplo disso é a levedura do gênero *Rhodotorula* sp. O isolado em questão é capaz de estimular o desenvolvimento das plantas através de diferentes mecanismos, como a produção de hormônios vegetais e solubilização de minerais, que contribui para uma maior disponibilidade de nutrientes, promovendo assim um melhor desenvolvimento das plantas (BEZERRA, 2021). Um grupo de hormônios produzido por leveduras do gênero *Rhodotorula sp* é o das auxinas (SHRUTHI *et al*., 2022). As auxinas são hormônios vegetais importantes para o crescimento de plantas, especialmente de raízes. Em plantas de milho, Labancová *et al*. (2022) observaram efeito bioestimulante da levedura *Papiliotrema terrestres*. Por sua vez Millan *et al*. (2020) observaram efeitos de estimulante vegetal por diferentes leveduras: *Debaryomyces hansenii* Dh-67, *Lachancea thermotolerans* Lt-69 e *Saccharomyces cerevisiae* Sc-6. Contudo, poucos estudos foram realizados nessa temática até o presente momento com *Rhodotorula* spp.

Neste contexto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o efeito da aplicação de cultura de células da levedura *Rhodotorula* sp na germinação de sementes e crescimento de plântulas de alface cultivar Grand Rapids.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo pesquisa realizada por Labancová *et al*. (2023), na qual se objetivou avaliar o potencial de crescimento vegetal e taxa de germinação utilizando uma levedura do gênero *Papiliotrema terrestris*, foi constatado que seus efeitos em plantas de milho (*Zea mays* L.) variaram conforme a concentração utilizada, e que a aplicação de *Papiliotrema terrestris* cepa CCY 17-29-1 nas concentrações de 10^4 e 10^5 células ml^{-1} aumentou o crescimento das raízes laterais e adventícias e também a concentração de pigmentos

fotossintéticos. Além disso, a levedura *Papiliotrema terrestris* na dose de 10^5 células ml^{-1}, proporcionou aumento significativo na germinação das sementes de milho.

Em outra pesquisa, com plantas de tomateiro foi constatado que leveduras produtoras de ácido indolacético (AIA), como *Rhotorula mucilaginosa,* promoveram o crescimento das plantas, se mostrando eficiente em diversas variáveis avaliadas utilizando seis linhagens de leveduras, concluindo-se que os isolados destas mostraram alto potencial para a melhoria da produção vegetal por meio da produção de ácido indol acético (OLIVEIRA, 2016).

A partir do estudo de uma diversidade de leveduras no filoplano de cana-de-açúcar, Limtong *et al*. (2014) constataram a produção de ácido-3-indolacético em 69 isolados; dentre os gêneros estudados estão *Rhodotorula e Sporidiobolus* que apresentaram valores máximos de 137 e 21,5 mg L^{-1} de AIA. Nakayan *et al*. (2013) constataram uma produção média de 8,9 µg mL^{-1} de AIA após 5 dias de cultivo em meio de cultura YEPD, complementado com triptofano, pelo isolado de *Rhodotorula mucilaginosa.*

Segundo Davies (2010) as auxinas são responsáveis pelo alongamento celular, divisão celular, entre outros processos. O hormônio auxina regula o crescimento em grande parte afetando a expressão gênica; ao estudar mutantes de Arabidopsis (*Arabidopsis thaliana*) deficientes em fatores de resposta a auxina foram identificadas três proteínas que são necessárias para o alongamento do hipocótilo responsivo a auxina (REED *et al*., 2018).

Neste caso, levando em conta a maior produção de ácido indolacético na presença de leveduras como a do gênero *Rhodotorula* sp., é possível que a aplicação dessa levedura possa promover a germinação e o crescimento de plântulas, porém, devido ao limitado número de pesquisas recentes nessa área, fazem-se necessário estudos nessa temática.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido nos Laboratórios de Sementes e Grãos e de Bioquímica de Leveduras da Universidade Federal da Fronteira Sul - *campus* Chapecó. Utilizou-se a cultivar de Alface Crespa Grand Rapids.

A levedura do gênero *Rhodotorula* sp. foi isolada de nectários florais da espécie *Senna macranthera.* A árvore escolhida para a coleta fica localizada na Universidade

Federal da Fronteira Sul - *campus* Chapecó. A linhagem da levedura foi isolada dos nectários por raspagem do néctar com swab estéril e subsequente feito um esgotamento em meio sólido YNB (6,7 g/L de base nitrogenada de leveduras) com 10 g/L de xilose, 0,2 g/L de cloranfenicol e 20 g/L de ágar. Uma alçada de 10 µL foi estriada por esgotamento em meios sólidos com a mesma composição (acrescida de 20 g/L de ágar) em placa de petri, que foi mantida na estufa em temperatura de 30 ºC por aproximadamente 72h e a partir das placas de petri a levedura foi isolada.

Para o cultivo, a *Rhodotorula* sp. foi inoculada (com alça de 1 µL) em meio contendo 2% de glicose, 2% de peptona e 1% de extrato de levedura e mantida por 91,5 horas no shaker a 28 °C e 145 rpm e protegidas da luz. Após o crescimento, as células foram ressuspendidas em água destilada gelada para um valor de densidade ótica igual a 1, equivalente a 10^7 células/mL. Para obter as concentrações de 10^5 células por mL, foram diluídos 20 mL e 2 mL da solução em 200 mL de água destilada, respectivamente.

Após todo este processo, iniciou-se a aplicação da cultura de células de levedura nas sementes e condução do teste de germinação, sendo adotado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 5 repetições em cada tratamento.

Os tratamentos utilizados foram os seguintes: T1 - umedecimento do papel com água destilada; T2 - umedecimento do papel com solução da levedura(2 ml da cultura de células + 1 ml de água destilada); T3 - semente embebida em béquer com solução da levedura de cultura de células por 1h; T4 - semente embebida em béquer com água destilada por 1h. Após, realizou-se a semeadura, em caixas plásticas do tipo Gerbox, sobre duas folhas de papel germitest, utilizando-se 50 sementes por repetição. Posteriormente as caixas foram levadas à câmara de germinação regulada a uma temperatura de 20º C, onde permaneceram durante 7 dias após a semeadura (DAS). A avaliação foi realizada aos sete dias após início dos testes. Nesta, foi feita a contagem de plântulas normais, anormais e mortas, de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Além da germinação, foi avaliado o crescimento de plântulas, por meio da medição do comprimento de raízes e de parte aérea; para tanto, foram retiradas 20 plântulas por

repetição de todos os tratamentos e realizada a medição com o auxílio de uma régua graduada (NAKAGAWA, 1994).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p<0,05$) no programa SISVAR (FERREIRA; SISVAR, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme pode ser observado na Tabela 01 para variável de germinação, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, com médias variando entre 69 a 88%. No entanto, é possível perceber que o tratamento 2 foi o que apresentou o maior percentual de germinação (88%), no qual as sementes foram condicionadas em papel germitest umedecido com solução de 2ml da cultura de células + 1 ml de água destilada; já no tratamento 4 foi registrado o menor percentual de germinação, sendo que neste houve a embebição das sementes em béquer com apenas água destilada, mostrando uma diminuição de aproximadamente 10% da taxa de germinação. Resultados semelhantes foram encontrados por Cabrini (2018), o qual avaliou a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de alface inoculados com a levedura rizosférica *Torulaspora globosa*.

Tabela 01 - Valores médios de germinação (G) de sementes de alface em função de diferentes tratamentos com *Rhodotorula* sp.

Tratamentos	G (%)
Umedecimento do papel com água destilada	80,4^{ns}
Umedecimento do papel com solução da levedura	88,0
Semente embebida com solução da levedura de cultura de células por 1h	76,4
Semente embebida com água destilada por 1h	69,2
CV%	13,31

*^{ns}: não significativo na análise de variância ($p<0,05$). Fonte: Autoria própria (2023)

Para as variáveis de comprimento da parte aérea e comprimento da raiz de plântulas, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos em relação ao testemunha, conforme pode ser observado nos valores médios apresentados na Tabela 02.

Tabela 02 - Valores médios de comprimento de raiz (CR) e de parte aérea (CPA) de plântulas de alface em função de diferentes tratamentos com *Rhodotorula* sp.

Tratamentos	CR	CPA
	(cm)	
Umedecimento do papel com água destilada	2,34 bc	1,19 b
Umedecimento do papel com solução da levedura	3,32 a	2,08 a
Semente embebida com solução da levedura de cultura de células por 1h	2,72 b	1,98 a
Semente embebida com água destilada por 1h	1,92 c	1,92 a
CV%	28,56	31,24

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Fonte: Autoria própria (2023)

Assim, os tratamentos com maior comprimento de raiz foram o 2 e 3, nos quais houve o contato direto das sementes de alface com a levedura *Rhodotorula* sp, sendo que o umedecimento do papel de germinação com a solução da levedura foi o que proporcionou a maior média (Tabela 02). Desta forma é visível a eficácia no uso da levedura estudada nesta pesquisa para aumento do crescimento das raízes de plântulas; esse resultado é importante, visto que a raiz da plântula exerce papel essencial para sua sobrevivência e estabelecimento. Além disso, é provável que este resultado esteja associado à produção de auxinas que pode ser estimulada pela levedura *Rhodotorula* sp (POORNIAMMAL; PRABHU, 2022).

Ainda, conforme mostra a Tabela 02, para variável de comprimento da parte aérea de plântulas é possível observar que houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, com menor média obtida no tratamento 1, no qual as sementes não tiveram contato com a levedura. Resultados que corroboram com esse estudo foram encontrados por OLIVEIRA (2016), em mudas de tomate, no qual constatou-se que a levedura *T.*

globosa induziu um maior crescimento das mudas de tomate, com aumentos significativos no comprimento da parte aérea e raiz.

É interessante que sejam realizados mais estudos nessa temática, a fim de se elucidar outras formas e concentrações de soluções com leveduras em tratamento de sementes, porém, a presente pesquisa evidencia que é possível que esta seja uma técnica interessante a ser utilizada, por promover maior desenvolvimento de raízes de plântulas de alface, sendo essa uma característica desejável para o cultivo da espécie. Segundo Cabrini *et al*. (2019) estudos relacionados a métodos de inoculação, formulações do inóculo, concentração de células são imperativos para otimizar os resultados de promoção de crescimento e para o estabelecimento da tecnologia de uso de leveduras como promotor de crescimento em alface.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o uso da levedura do gênero *Rhodotorula* sp., na concentração e formas de aplicação utilizadas, não incrementou a germinação de sementes e comprimento de parte aérea de plântulas, contudo possibilitou maior crescimento de raízes de plântulas de alface cultivar Grand Rapids.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, G. A. *Isolamento e seleção de microrganismos de cana-de-açúcar com potencial de promoção de crescimento vegetal.* Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, p. 68. 2021.

BRASIL. 2009. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. *Regras para análise de sementes.* Brasília: MAPA/ ACS. 365p.

CABRINI, P. G. *Promoção de crescimento de cultivares de alface pela levedura rizosférica Torulaspora globosa*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, p. 98. 2018.

CABRINI, P. G.; SALA, Fernando C.; MAGRI, Márcia M. Rosa. Torulaspora globosa: levedura rizosférica promotora de crescimento de alface para produção de mudas e em campo. *Horticultura Brasileira*, v. 37, p. 266-271, 2019.

DAVIES, P. J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. *In*: *Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action!*. New York: Cornell University, Springer Science, 2010.

FERREIRA, D. F.; SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs: Sisvar. *Brazilian Journal of Biometrics*, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

LABANCOVÁ, E.; ŠÍPOSOVA K.; KUCEROVÁ D.; HORVÁTHOVÁ, A.; SCHUSTEROVÁ H.; VIVODOVÁ Z.; VADKERTIOVÁ R.; KOLLÁROVÁ, K. The Tremellaceous Yeast: *Papiliotrema terrestris*—As the Growth Stimulant of Maize Plants. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 42, n. 6, p. 3835-3850, 2023.

LIMTONG, S.; KAEWWICHIAN, R.; YONGMANITCHAI, W.; KAWASAKI, H. Diversity of culturable yeasts in phylloplane of sugarcane in Thailand and their capability to produce indole3-acetic acid. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 30, p. 1785-1796, 2014.

NAKAYAN, P.; HAMEED, A.; SINGH, S.; YOUNG, L.; HUNG, M.; YOUNG, C. Phosphatesolubilizing soil yeast Meyerozyma guilliermondii CC1 improves maize (Zea mays L.) productivity and minimizes requisite chemical fertilization. *Plant Soil*, v. 373, p. 301-315, 2013.

NAKAGAWA, J. *Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas*. *In*: VIEIRA, R. D., CARVALHO, N. M. (Ed.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.

OLIVEIRA, T. B. de. *Leveduras produtoras de AIA e solubilizadoras de P visando a promoção de crescimento de tomateiro*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, P. 79. 2016.

POORNIAMMAL, R.; PRABHU, S. Plant growth promoting activity and biocontrol potential of soil yeast. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, v. 15, n. 1, p. 75-80, 2022.

REED, J.W.; WU, M.F.; REEVES, P.H.; HODGENS, C.; YADAV, V.; HAYES, S.; PIERIK, R. Three Auxin Response Factors Promote Hypocotyl Elongation. *Plant Physiology*, v. 178, n. 2, p. 864–875, 2018.

SHRUTHI, B.; DEEPA, N.; SOMASHEKARAIAH, R.; ADITHI, G.; DIVYASHREE, S.; SREENIVASA, M. Y. Exploring biotechnological and functional characteristics of probiotic yeasts: A review. *Biotechnology Reports*, v. 34, p. e00716, 2022.

IDENTIFICAÇÃO DE MICRORGANISMOS ASSOCIADOS À SEMENTES DE LINHAÇA

Edilaine Mauricia GELINSKI GRABICOSKI[1], Ana Carolina da COSTA LARA FIOREZE[1]; Kauane Bianca VEINHAL FRAGNANI[1]; David de SOUZA JACCOUD-FILHO[2]

[1] Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

[2] Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade
Universidade Estadual de Ponta Grossa
Ponta Grossa – Paraná - Brasil

E-mails: edilainem@utfpr.edu.br, anafioreze@utfpr.edu.br, kauanebianca@alunos.utfpr.edu.br, dj1002@uepg.br

Resumo: *A linhaça ou linho (Linum usitatissimum L.) é uma cultura de dupla aptidão com suas sementes oleaginosas com potencial funcional e seu caule fibroso de onde são extraídas as fibras para confecção principalmente de tecidos. Embora seu cultivo remonte ao início da agricultura, no Brasil há uma necessidade de estudos em diversas áreas da agricultura para compreender melhor a linhaça. A patologia de sementes é uma dessas áreas em que pouco se conhece da cultura da linhaça. Portanto, o objetivo do presente estudo foi realizar um levantamento dos microorganismos presente nas sementes de linhaça. Para isso foram utilizadas amostras de três linhagens e duas varidades de linhaça. Ao analisar as sementes observou-se que três gêneros fúngicos se destacaram (Fusarium sp., Alternaria sp. e Colletotrichum sp.). Alguns microrganismos foram observados apenas em algumas amostras e em outras não, como é o caso do gênero Colletotrichum. Já outros, como Fusarium sp. e Alternaria sp. foi observado, mesmo que com incidências variando entre amostras, em todas as amostras avaliadas. Esses microrganismos são importantes fitopatógenos associados com sementes de diversas culturas e há poucas informações da cultura da linhaça.*

Palavras-chave: *Linum usitatissimum; Patologia de sementes; Blotter test; Controle de doenças.*

INTRODUÇÃO

A linhaça também conhecida como linho (*Linum usitatissimum* L.) é uma espécie que pertence à família Linaceae, gênero Linum. É considerada uma planta anual de inverno, herbácea e uma das primeiras espécies a ser domesticada (VAN ZEIST et al., 1975; GILL,

1987). Pode ser considerada uma cultura de dupla aptidão. As fibras extraídas do caule da planta podem ser utilizadas na confecção de tecidos, papéis e sacaria de estopa, e o óleo extraído das sementes é utilizado na indústria de tintas, vernizes e secantes (HALL, 2016). Além disso, o óleo vem sendo utilizado na indústria de alimentos, aumentando conservação dos mesmos. As sementes de linhaça possuem elevadas quantidades de ácido graxo como ômega 3 e 6, classificados como essenciais para a saúde humana (MORRIS; VAISEY GENSER et al., 2003).

No Brasil, a linhaça foi introduzida no estado do Rio Grande do Sul no ano de 1550, e o cultivo voltado para fibra teve grande impulso de empresas têxteis e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) (TOMASINI, 1982). Durante um período, houve redução da área de cultivo da linhaça no Brasil. Contudo, o crescente interesse por alimentos funcionais, opções de rotação de culturas e na área agrícola tem propiciado um aumento no interesse e na área de cultivo da linhaça na região Sul do Brasil. No entanto a cultura da linhaça apresenta inúmeros gargalos que devem ser resolvidos com as pesquisas agrícolas. Uma delas é os poucos estudos relacionados a doenças de plantas de linhaça cultivadas no Brasil.

Várias doenças, causadas por microrganismos já foram identificadas na cultura da linhaça (LAWRENCE et al., 2007; DHIRHI et al., 2017; PARTHASARATHY et al., 2020) e segundo Gruzdevienė et al. (2008), a maioria desses fitopatógenos são de solo e, ou de sementes. Patógenos associados às sementes podem causar diversos problemas como a redução do poder germinativo e vigor das sementes, tombamento e morte de plântulas, redução de estande, introdução de doenças nos estádios iniciais da cultura, aumento de inóculo na área, aumento de custos de produção e redução de produção e rendimentos (MENTEN, 1991).

Em virtude da ausência de conhecimento das doenças que ocorrem na cultura da linhaça, principalmente patógenos de sementes, e sua importância no manejo da cultura foi proposto o presente estudo, com o objetivo de realizar um levantamento de microrganismos associados a sementes de linhaça.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A linhaça (*Linum usitatissimum* L.) é uma planta autógama, da família Linaceae, oleaginosa (LÚCIO et al., 2021). Apresenta grande versatilidade de uso, dos quais destaca-se a alimentação humana e animal na forma de semente inteira, farelo, farinha e óleo, além de aplicações na indústria têxtil, farmacêutica e química (POPOVIC et al., 2016; LÚCIO et al., 2021).

A área de produção mundial colhida de linhaça em 2021 foi de 4,14 milhões de hectares, em torno de 85% maior do que 10 anos atrás (2013), ocorrendo em mais de 50 países. Sua produção aumentou de 2,3 para 3,3 milhões de toneladas de 2013 para 2021 (FAO, 2023). Segundo estimativas, em torno de 45% da produção seria da Europa, 38% da Ásia, e 13% da América (Países: Canadá 78,6%, Estados Unidos 15,6%, Argentina 2,8% e Brasil e Uruguai 1,2% cada) (FAO, 2023).

No Brasil, quase a totalidade da linhaça é produzida no Rio Grande do Sul, em área de aproximadamente 16 mil hectares. A diversificação de cultivos nas áreas agrícolas do Brasil é essencial para melhorar os agroecossistemas, diminuir o uso de insumos agrícolas e agregar valor aos produtos. A introdução da linhaça nos atuais sistemas agrícolas é fundamental para a diversificação de produtos e alimentos, além disso, é uma forma de rotação de culturas para culturas de inverno, sendo de grande interesse agronômico. No entanto há poucos estudos com a cultura e destaca-se a necessidade de trabalhos científicos que forneçam suporte para a expansão do cultivo no Sul do Brasil (STANCK et al., 2017).

A linhaça é um alimento funcional, no qual pode trazer benefícios para o ser humano. Em virtude da sua composição nutricional, a linhaça é estudada como uma possível aliada na redução de risco de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) (SALES et al., 2021; TBCA, 2023), inclusive com relatos anticancerígenos (SILVA; ALCORN, 2019).

Muitos fatores podem prejudicar a produção vegetal, tanto em questão de quantidade como de qualidade e entre esses fatores encontram-se as doenças (AGRIOS, 2005; AMORIN et al., 2018). Várias doenças, causadas por microrganismos já foram identificadas na cultura da linhaça (LAWRENCE et al., 2007; DHIRHI et al., 2017; PARTHASARATHY et al., 2020) e segundo Gruzdevienė et al. (2008), a maioria desses fitopatógenos são de solo e, ou de sementes.

Patógenos associados às sementes podem causar diversos problemas como a redução do poder germinativo e vigor das sementes, tombamento e morte de plântulas, redução de estande, introdução de doenças nos estádios iniciais da cultura, aumento de inóculo na área, aumento de custos de produção e redução de produção e rendimentos (MENTEN, 1991).

Apesar dos estudos apresentados, há poucos levantamentos de microrganismos associados às sementes de linhaça de forma geral, principalmente no Brasil. Em razão da importância da cultura para os sistemas de rotação de cultura para áreas agrícolas da regiões Sul do país, da importância de patógenos associados às sementes, do valor nutricional das sementes para alimentação humana e sua importância industrial, levantamentos de microrganismos associados à cultura, com destaque às sementes, tornam-se de grande importância. Além disso, para definir medidas de manejo e controle de qualquer doença, um correto diagnóstico da mesma é necessário (AGRIOS, 2005; AMORIN et al., 2018).

METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no laboratório de Microbiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Francisco Beltrão, em maio de 2023. Amostras de sementes de cinco genótipos de linhaça, sendo três linhagens (LinMP94, LinPG87, LinPG88) e duas variedades (Dourada comum e Marrom comum) foram utilizadas. As amostras foram obtidas pelo Programa de Melhoramento Genético da Linhaça da UTFPR-FB. As sementes foram colhidas no final do ano de 2021, e estavam armazenadas em sacos de papel, em câmara fria (em torno de 4 ° C).

Para as análises de patologia das sementes, utilizou-se o método de incubação em substrato de papel (*Blotter test*) de acordo com o Manual de Análise sanitária e das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009ab). Para isso utilizou-se caixas de acrílico tipo gerbox 11x11x4 cm, previamente higienizadas com água e sabão, e desinfestadas com hipoclorito de sódio a 0,1% por 15 minutos e álcool 70%.

Em cada gerbox foram colocadas três folhas de papel germitest esterilizado (10x10 cm) e embebido em água destilada autoclavada. Após, as sementes foram distribuídas equidistantemente, mantendo-se em torno de 1 cm entre cada uma. As amostras foram então incubadas a 20 ºC no escuro por 7-8 dias em câmara de incubação tipo B.O.D.

Foram analisadas 400 sementes por amostras (ISTA, 2008), repartidas em quatro repetições de 100, sem desinfestação superficial.

Ao final do período de incubação, as sementes da amostra de cada genótipo, uma por uma, foram analisadas com auxílio de um estereomicroscópio (lupa), de 30 a 80X de aumento e, sempre que necessário, a confecção de lâminas, coletando-se as estruturas fúngicas presentes, para serem visualizadas em um microscópio óptico. Considerou-se características morfológicas como coloração, formato e número de células de hifas e esporos dos fungos filamentosos presentes, juntamente com o auxílio de chaves de identificação fúngica (BARNETT; HUNTER, 1972; BRASIL, 2009).

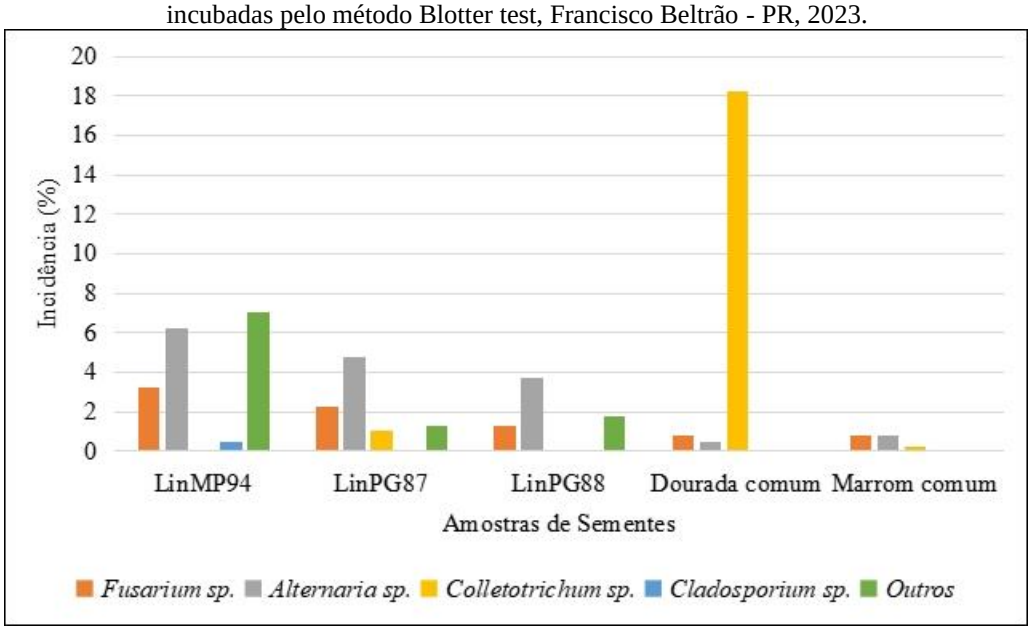
Os dados obtidos foram analisados com base na porcentagem de incidência de cada microrganismo em cada genótipo avaliado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar as sementes observou-se que três gêneros fúngicos se destacaram (*Fusarium* sp., *Alternaria* sp. e *Colletotrichum* sp.) (Figura 1). Alguns microrganismos foram observados apenas em algumas amostras e em outras não, como é o caso do gênero *Colletotrichum*. Já outros, como *Fusarium* sp. e *Alternaria* sp. foram observados, mesmo que com incidências variando entre amostras, em todas as amostras avaliadas.

A variação da incidência de microrganismos associados com amostras de genótipos de linhaça mostrou que houve variabilidade genética entre elas. O genótipo com maior incidência de *Colletotrichum* sp. é uma variedade crioula, assim como a Marrom comum, onde houve baixa incidência de todos os microrganismos. O genótipo marrom comum é uma variedade crioula de sementes marrons, considerada mais tolerante e resistência à patógenos de maneira geral. Já as linhagens douradas LinMP94, LinPG87 e LinPG88 são oriundas do programa de melhoramento genético, onde houve seleção para caracteres como maturação precoce e maior produtividade de grãos. Contudo, não houve seleção para à resistência à patógenos nas linhagens citadas. Nos diferentes programas de melhoramento genético da linhaça espalhados pelo mundo, a resistência à patógenos tem sido um dos grandes objetivos (HALL et al., 2016).

Figura 1 – Microrganismos associados com amostras de sementes de Linhaça (*Linum usitasinum* L.) incubadas pelo método Blotter test, Francisco Beltrão - PR, 2023.



Fonte: Autoria própria (2023)

Não encontrou-se muitas informações de patógenos associados com sementes de linhaça, demonstrando a importância de pesquisas nessa área. *Colletotrichum*, *Fusarium* e *Alternaria* são importantes gêneros fúngicos que tem nas sementes de diversas culturas um importante meio de disseminação e sobrevivência (PATRICIO, 1991; AGRIOS, 2005; AMORIN et al., 2018). Em algumas culturas esses gêneros são citados como prejudiciais ao nível de germinação e vigor das sementes, como *Fusarium* sp. em soja (HENING, 2015). Além disso são importantes causadores de importantes grupos de doenças de campo, como *damping off*, podridões de colo e raiz, além de doenças foliares (AGRIOS, 2005; AMORIN et al., 2018).

Em trabalho similar, realizando o levantamento de fungos associados com sementes de linhaça, Halateno (2016), na região de Campo Mourão - PR, dos gêneros identificados no presente trabalho, apenas *Alternaria* e *Cladosporium* coincidiram nos dois trabalhos. Além desse gêneros, Halateno (2016) observou incidência de *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Penicillium* e *Mucor*, com maiores incidências para os dois primeiros. Esses quatro gêneros, não encontrados no presente trabalho, podem ser considerados contaminantes, saprófitas, fungos de armazenamento ou causadores de podridões de órgãos de reserva, dificilmente sendo

relatados causando danos a campo na maioria das culturas (AGRIOS, 2005; AMORIN et al., 2018).

Contudo, reforça-se a importância dos dados do presente trabalho e a carência de mais informações a respeito da patologia de sementes de linhaça e sua relação com doenças em lavouras da cultura, além de informações de variabilidade genética e resistência à doenças como estratégias de manejo e controle da cultura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Colletotrichum, *Fusarium* e *Alternaria* foram os principais gêneros encontrados associados com as sementes das amostras de linhaça analisadas. Esses microrganismos podem ser importantes agentes fitopatogênicos para a cultura e há carência de informação sobre seus efeitos na cultura da linhaça, principalmente associados com as sementes da mesma. Mais estudos devem ser realizados.

A variabilidade na incidência de microrganismos existente entre as amostras de sementes dos diferentes genótipos de linhaça mostrou que essa deve ser uma característica que deve ser considerada na seleção de genótipos superiores, realizadas pelos programas de melhoramento genético.

REFERÊNCIAS

AGRIOS, G.N. *Plant pathology*, 5 ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2005. 922 p.

AMORIM, L. et al. (Org.). *Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos*. Volume I. 5 ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2018.

ARRUDA, A.D.; BERETTA, A. L. R. Z. Micotoxinas e seus efeitos à saúde humana: revisão de literatura. *RBAC*, v. 51, n. 4, p. 286-289, 2019.

BARNETT, H.L.; HUNTER, B. B. Illustrated genera of imperfect fungi. 3rd ed. Minneapolis: Burggess, 1972, 241p.

BECKER, D.; BOSCO, L. C. Crescimento e produtividade de linhaça. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.25, n.1, p.249-256, 2017.

BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L. Controle de doenças: Princípios gerais de controle. In: AMORIM, L. et al. (Org.). Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos. Volume I. 5 ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2018. p. 215-228.

BRASIL. *Manual De Análise Sanitária De Sementes*. MAPA – Brasília : Mapa/ACS, 2009, 113p.

BRASIL. Regras para análise de sementes. MAPA – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
DA SILVA, S. F.; ALCORN, J. Flaxseed lignans as important dietary polyphenols for cancer prevention and treatment: Chemistry, pharmacokinetics, and molecular targets. *Pharmaceuticals*,v. 12, n. 2, p.68, 2019.

DHIRHI N.; MEHTA, N.; SINGH, S. Screening of powdery mildew tolerance in linseed (*Linum usitatisimum* L.), *Journal of Plant Development Sciences*, v. 9, n. 2, p.153-156. 2017.

FAOSTAT. *Crops.* Disponível em:<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 03/2023.

GRUZDEVIENĖ, E.; BRAZAUSKIENĖ, I.; REPEČKIENĖ, J.; LUGAUSKAS, A. The occurrence of pathogenic fungi during flax growing season in central Lithuania. *Journal of plant protection research*, v.48, n. 2, p.255-265, 2008.

HALATENO, W. S. *Contaminação fúngica em sementes de linhaça comercializadas no município de Campo Mourão*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Campo Mourão, 2016, 38p.

HALL, L. M.; BOOKER, H.; SILOTO, R. M. P.; JHALA, A. J.; WESELAKE, R. J. Flax (*Linum usitatissimum* L.). *Industrial Oil Crops*, v. 9, n. 1, p.157-194, 2016.

HENING, A. A. *Guia prático para identificação de fungos mais frequentes em sementes de soja*. – Brasília, DF : Embrapa, 2015.

ISTA ─ International Seed Testing Association. Other seeds by number. In: *International rules for seed testing*. Bassersdorf, 2008. cap.4, p.4.4.

LÚCIO, A. D. C.; FOLLMANN, D. N.; EMANUELLI, T.; MARCHIORO, V. S.; VELHO, J. P. Histórico, usos e importância econômica da linhaça. In: VELHO, J. P.; LÚCIO, A. D. C. *Linhaça: Perspectiva de Produção e Usos na Alimentação Humana e Animal*. Ponta Grossa - PR: Atena, p1-9, 2021.

PARTHASARATHY, S.; THIRIBHUVANAMALA, G.; PRABAKAR, K. Diseases of Linseed / Flax - *Linum usitatissimum* L.. In: *Diseases of Field Crops and their Management*. CRC Press, 1st. Edition, 2020.

PATRICIO, F. R. A. Patógenos associados à sementes que reduzem a germinação e vigor. In: MENTEN, J.O.M. *Patógenos em Sementes: Detecção, Danos e Controle Químico*, Piracicaba, ESALQ:FEALQ, 1991. p.137-160.

LAWRENCE, J. G.; DODDS, P. N.; ELLIS, J. G.. Rust of flax and linseed caused by *Melampsora lini*. *Molecular Plant Pathology*, v. 8, n. 4, p.349–364, 2007.

MENTEN, J. O. Prejuízos causados por patógenos associados às sementes. In.: MENTEN, J.O. *Patógenos em sementes, detecção, danos e controle químico.* Esalq:Fealq, Piracicaba, 115-136p. 1991.

MIOT, H. A. Análise de correlação em estudos clínicos e experimentais. *J Vasc Bras*., Out.-Dez.; v. 17, n.4, p.275-279, 2018.

PINHEIRO; STEFANON. Presença de aflatoxinas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) em cereais matinais adquiridos no comércio do município de santa maria - RS1. *Disciplinarum Scientia*. Série: Ciências da Saúde, Santa Maria, v. 14, n. 1, p.39-45, 2013.

POPOVIC V., SIKORA V., TATIĆ M., FILIPOVIĆ V., TERZIĆ D., JANJIĆ S., BRDAR JOKANOVIĆ M. Analysis of production of linseed (*Linum usitatissimum* L.) in the world. 20th International Eco-Conference®, *9th Internationational Eco-Conference*® on Safe Food. 119-127, 2016.

REZENDE, J.A.M.; MASSOLA JÚNIOR, N.S.; BEDENDO, I.P. Conceito de doença, sintomatologia e diagnose. In: AMORIM, L. et al. (Org.). *Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos*. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres. v. 1, p. 27-43, 2018.

SALES, R. L.; PIMENTA, A. V.; COSTA, N. M. V. Linhaça: composição, compostos bioativos e efeitos fisiológicos na saúde humana. In: VELHO, J. P.; LÚCIO, A. D. C. *Linhaça: Perspectiva de Produção e Usos na Alimentação Humana e Animal.* Ponta Grossa - PR: Atena, p.38-62, 2021.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). *Food Research Center (FoRC)*. Versão 7.2. São Paulo, 2023. Disponível em: http://www.fcf.usp.br/tbca. Acesso em: 16/04/2023.

VAN ZEIST, W.; BAKKER-HEERES, J. A. H. Evidence for Linseed Cultivation Before 6000 BC. *Journal of Archaeological Science*, Groningen, v. 2, p.215-219, 1975.

GILL KS 1987. Linseed. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research.

MORRIS, D.H.; VAISEY-GENSER, M. Flaxseed. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, v.10, n.2, p.2525- 2531, 2003.

TOMASINI, R. G. Linho: resultado de pesquisas. Passo Fundo: EMBRAPA

VARIABILIDADE DE GENÓTIPOS CRIOULOS DE FEIJÃO PARA A SEVERIDADE DE MANCHA ANGULAR

Edilaine Mauricia Gelinski GRABICOSKI[1], João Victor LUCKMANN [1], Hélio Daniel Lemes dos SANTOS [1], Samuel Luiz FIOREZE[1], Ana Carolina da Costa Lara FIOREZE[1]

[1] Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: edilainem@utfpr.edu.br, joaovictorluckmann916@gmail.com, heliodaniellemessantos@gmail.com, sfioreze@utfpr.edu.br, anafioreze@utfpr.edu.br

Resumo: Os genótipos crioulos são fonte de variabilidade genética de grande importância para os programas de melhoramento genético, por conservarem alelos perdidos com a intensa seleção humana. Por fazerem parte da história de comunidades agrícolas que os mantêm por gerações de cultivo, os genótipos crioulos trazem a rusticidade e a adaptação às condições ambientais prevalentes, incluindo a tolerância e resistência à fatores bióticos e abióticos. A mancha angular (*Pseudocercospora griseola*) pode ser considerada a principal doença foliar do feijoeiro, amplamente disseminada, com relatos de perdas de até 80% e o controle genético pode ser uma importante estratégia para o seu manejo e controle. O presente estudo teve como objetivo avaliar a resposta de diferentes genótipos crioulos de feijão à severidade de mancha angular. Nesse sentido, no ano de 2023, foram avaliados 20 genótipos crioulos de feijoeiro comum. Os genótipos foram cultivados na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão. No estádio fenológico V4 (terceira folha trifoliolada), foram coletados os trifólios de 20 genótipos de feijão. Entre os genótipos observou-se variação de severidade média de 1,0 a 23,9%. De acordo com as análises estatísticas os mesmos foram agrupados em duas categorias diferentes de acordo com a resistência à doença apresentada. Os resultados mostram que existe variabibilidade de suscetibilidade entre genótipos de feijão quanto à doença, e reforça a importância dessa estratégia de controle em lavouras de feijão e de pesquisas nessa área.

Palavras-chave: *Seleção; Rusticidade; Phaseolus vulgaris; Pseudocercospora griseola.*

INTRODUÇÃO

O feijão é um alimento que está presente na mesa da maioria dos brasileiros. É uma cultura agrícola que embora bastante rentável, é sujeita a inúmeras oscilações em seu cultivo. Grande parte dessa oscilação deve-se a ampla gama de doenças que a planta de feijão pode ser acometida.

A mancha angular, causada pelo fungo *Pseudocercospora griseola*, está amplamente disseminada, tem grande potencial de redução de rendimento da cultura e pode ser considerada a mais importante doença foliar do feijoeiro (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2007).

O manejo das doenças no feijoeiro pode ser realizado através da resistência genética. O melhoramento genético tem papel importante na disponibilização de genótipos superiores e com adaptação aos diferentes ambientes de cultivo. O feijão é uma planta autógama e a variabilidade genética natural é criada ou ampliada através de mutações naturais, pequena taxa de recombinação e eventual mistura mecânica de sementes (RAMALHO; ABREU, 2011).

A variabilidade genética natural está presente principalmente nos genótipos locais ou crioulos. Os agricultores obtêm variedades crioulas de feijão portadoras de alta rusticidade, adaptadas às condições edafoclimáticas e ao sistema de manejo empregado, por meio de um processo de observação e seleção, Os genótipos locais constituem-se em um "pool" gênico com característica singular, por vezes único, que pode ser utilizado no melhoramento e que necessita ser caracterizado e conservado (COPACHESKI, 2015).

A busca por cultivares resistentes vem sendo uma forma eficiente no melhoramento para efetivar o controle da doença, mas a durabilidade da resistência ao patógeno não é apenas uma questão genética, mas também está relacionada ao manejo da cultura. Práticas como rotação de cultivares, utilização de sementes de boa qualidade, plantio em época adequada são estratégias que reduzem o uso do controle químico, trazendo benefícios para o meio ambiente e ainda, redução de custos de produção para o produtor (PEREIRA, 2013).

Com isso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a resposta de diferentes genótipos de feijão à severidade de mancha angular, avaliar a variabilidade existente entre eles. Esses dados servem de base para que os programas de melhoramento genético selecionem genitores com maior resistência genética.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O feijoeiro comum é uma planta autógama, devido à estrutura de sua flor, que favore o mecanismo de cleistogamia, onde as flores permanecem fechadas mesmo após o

amadurecimento dos órgãos reprodutores (BORÉM, 2009). Apesar de sua estrutura floral favorecer a autofecundação, uma taxa de fecundação cruzada natural pode ocorrer, sendo variável com o ambiente e com o genótipo. Possui ciclo de vida curto, com duração média de 90 dias dependendo da cultivar e das condições ambientais. Seu ciclo biológico é dividido em duas fases ou estágios de desenvolvimento. A fase vegetativa é constituída pelas etapas V0, V1, V2, V3 e V4 e a reprodutiva pelas etapas R5, R6, R7, R8 e R9 (SANTOS; GAVILANES, 2011).

O feijão considerado como alimento essencial da dieta dos brasileiros e com isso tem merecido grande destaque no cenário nacional e internacional sendo um produto de alta expressão econômica e social. Juntamente com o arroz, é a base da alimentação nacional, fornecendo ricas quantidades de proteína vegetal e de carboidratos.

A produção mundial de feijão ficou em 2022 em torno de 26 milhões de toneladas, e o Brasil é o terceiro maior produtor, ficando atrás de Mianmar e Índia (FAO, 2023). Nacionalmente o grão pode ser produzido em três safras, e todas as regiões contribuem com a produção. Em 2021/22, 2.859 mil hectares de cultivo foram registrados, dos quais o nordeste representa maior área de produção, com metade desse valor, seguido pela região sul, com 20,9%. Há mais de dez anos o estado do Paraná tem sido o maior produtor nacional de feijão, contribuindo com 749,9 mil toneladas do grão em 2021/22, responsável por 80% da área e produção da região sul (CONAB, 2023).

Em pequenas propriedades agrícolas, o uso de sementes de genótipos crioulos é bastante comum, sendo esses adaptados às suas condições econômicas, ambientais e sociais. Essas sementes são produzidas ao longo dos anos nas suas propriedades, e são repassadas de geração para geração. O cultivo desses genótipos por estes pequenos e médios agricultores proporciona a conservação dos recursos genéticos do feijão crioulo, e existe a possibilidade desta diversidade genética ser explorada pelos programas de melhoramento da cultura do feijão, desde que sejam detalhadamente caracterizadas de acordo com os interesses agronômicos de qualidade tecnológica e nutricionais (PEREIRA *et al.*, 2011).

Os objetivos dos programas de melhoramento do feijão são a obtenção de cultivares com alta produtividade, que sejam resistentes as principais pragas e doenças e que os grãos possuam características aceitáveis no mercado consumidor (RAMALHO, 1982). A Mancha

angular, causada pelo fungo *Pseudocercospora griseola*, devido à sua severidade, a ocorrência generalizada e potencial de perdas que podem chegar a 80%, pode ser considerada a mais importante doença foliar do feijoeiro (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2007), e tem merecido grande atenção de pesquisas de melhoramento genético (RAMALHO; ABREU, 2015).

Os sintomas característicos da doença são representados inicialmente por manchas de coloração acinzentada na parte inferior da folha, tornando-se parda na sequência e podendo ser visualizadas na parte superior da folha também. Essas lesões são de formato irregular, com lados angulosos e circunscritas pelas nervuras. Com a evolução da doença nota-se o amarelecimento generalizado das folhas, em grande número as lesões coalescem, necrosam e pode haver queda foliar (Figura 1). Lesões podem ser encontradas também e hastes e vagens (lesões superficiais). A doença desenvolve-se entre 16 e 28 ºC, com ótimo em 24 ºC e favorecido pela intermitência de períodos secos e úmidos (FANCELLI; DOURATO-NETO, 2007; DALLA PRIA; SILVA, 2010; PAULA-JUNIOR *et al*., 2015; WENDLAND *et al*., 2016).

Figura 1. Sintoma de Mancha angular (*Pseudocercospora griseola*) em folha de feijão (*Phaseolus* sp.).

Fonte: Jaccoud-Filho, D.S.

Em condições de alta umidade pode-se observar, principalmente nos sintomas foliares a presença de frutificações do fungo (conidióforos na forma de sinêmio e conídios (WENDLAND *et al*., 2016).

Entre as principais estratégias de manejo e controle da doença tem-se a utilização de sementes sadias e certificadas, tratamento de sementes, aplicação de produtos específicos, rotação de culturas e uso de variedades com elevados níveis de resistência à doença (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2007; PAULA-JUNIOR *et al*., 2015; WENDLAND *et al.*, 2016).

Por isso, a avaliação de genótipos crioulos para características como resistência à patógenos é de grande importância para os programas de melhoramento genético. Os genótipos crioulos resistentes podem ser utlizados genitores em programas de hibridação.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão, no ano de 2023. As sementes dos genótipos crioulos de feijão foram obtidas de coleta e doação de agricultores do estado de Santa Catarina, os quais durante gerações vem cultivando-as e multiplicando suas sementes. Tais genótipos possuem adaptação às condições edafoclimáticas da região sul do Brasil.

No mês de março, os genótipos foram semeados manualmente na Área Experimental Agronômica do campus Francisco Beltrão. O espaçamento utilizado entre linhas foi de 0,50 metros e foram semeadas 15 sementes por metro linear. A adubação de base e de cobertura foram realizadas manualmente. Práticas de manejo como desbaste de plantas e retirada de plantas daninhas foram realizadas manualmente durante o todo ciclo da cultura.

Entre o estádio fenológico V4 (terceira folha trifoliolada aberta) e pré-floração, foram coletadas três amostras (repetições) de seis trifólios de cada parcela. Os trifólios foram deixados em câmara úmida por 24 a 48 horas e então, foram avaliados visualmente para a severidade de mancha angular, de acordo com a escala diagramática (GODOY *et al*., 1997).

Os dados de severidade (em porcentagem) foram analisados com base na análise de variância pelo teste F ($p<0.05$) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p<0.05$). Foram estimados os parâmetros de variância genética, variância ambiental e herdabilidade para os caracteres avaliados. Todas as análises foram realizadas no programa Genes (CRUZ, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os genótipos de feijão crioulos apresentaram diferenças quanto à severidade da mancha angular, verificada pela significância do quadrado médio de genótipos (Tabela 1). A média de severidade da mancha angular observada no presente experimento foi de 4,2%, variando desde 1,0 até 23,9%.

Tabela 1. Quadrado médio e estimativa de parâmetros genéticos para a severidade de Mancha angular em genótipos de feijão avaliados em Francisco Beltrão -PR, 2023.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio
Repetição	2	9.95
Genótipos	19	75.92
Resíduo	38	10.33
Média		4.23
Variância fenotípica		25.31
Variância ambiental		3.44
Variância genética		21.86
Herdabilidade (%)		86.40

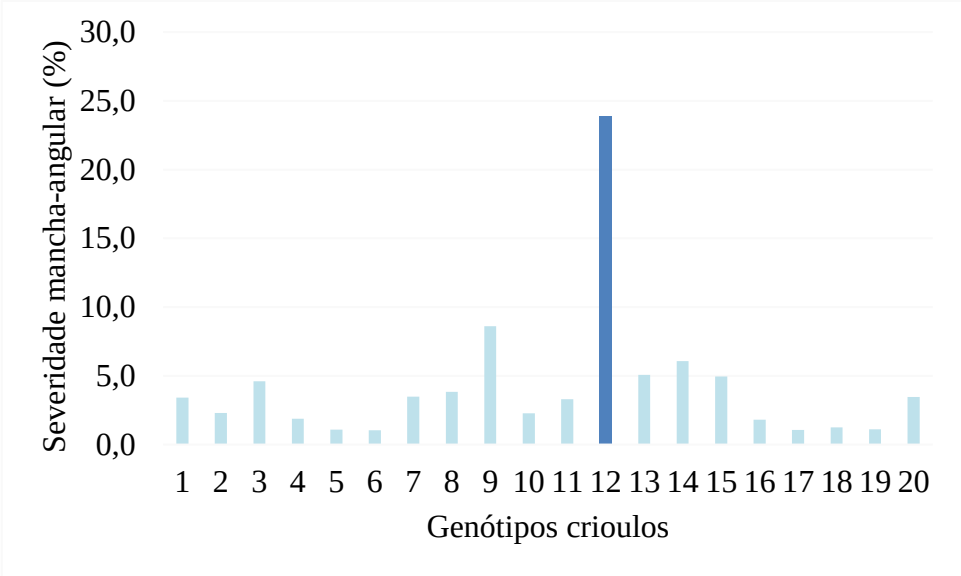
Fonte: Autoria própria (2023)

As variâncias estimadas mostraram que o efeito dos genótipos foi maior que o efeito do ambiente na expressão da característica de severidade de mancha angular nos genótipos crioulos de feijoeiro, o que mostra que de fato eles apresentam variabilidade genética. A variabilidade genética encontrada nesse tipo de germoplasma é valiosa (como já mencionado) pois esses genótipos crioulos costumam manter alelos favoráveis relacionados à tolerância, rusticidade e resistência, os quais muitas vezes são perdidos ao longo das seleções realizadas nos programas de melhoramento genético. Os programas de melhoramento genético visam em primeiro lugar genótipos produtivos, de ciclo curto e com arquitetura favorável a colheita mecanizada. Na busca por esse ideótipo, podem ser desfavorecidos os alelos relacionados a maior resistência a estresses bióticos, como as doenças causadas por patógenos.

A herdabilidade da severidade foi considerada alta (86,40%) o que mostra que esse caráter pode ser repassado às descendências, podendo ser realizada a seleção das plantas que obtiveram menor severidade da mancha-angular.

Na Figura 2, está apresentada a severidade dos genótipos de feijão (em porcentagem). As barras de cores diferentes mostram os agrupamentos obtidos no teste de Scott Knott ($p<0.05$). O genótipo 12 ficou em um grupo com média de aproximadamente 25% de severidade. O outro grupo englobou todos os outros genótipos, com severidade de mancha-angular variando de quase 1 a 8,6% de severidade.

Figura 2. Severidade média (%) de Mancha Angular (*Pseudocercospora griseola*) em diferentes genótipos de feijão (*Phaseolus* sp.) em Francisco Beltrão – PR, 2023.



Fonte: Autoria própria (2023)

Os dados de severidade observados no presente estudo foram similares a outros. Sannazzaro et al. (2003) observaram severidade foliar variando de 1,0 a 8,4% entre genótipos comerciais de feijão no estado de São Paulo. Em estudo realizado por Sartorato (2006), cultivares comerciais de feijão foram classificadas como resistentes e suscetíveis quanto a oito patótipos testados do agente causal da mancha angular, de forma que vários foram considerados resistentes, não havendo a presença de lesões ou de lesões com esporulação do patógeno. Mais estudos buscando genótipos crioulos de feijão resistentes a

doenças, como mancha angular são de grande importância, principalmente na região do Sudoeste do Paraná.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mancha angular apresentou ampla disseminação entre as parcelas e alta incidência entre os genótipos nas condições de condução do experimento. Apesar de em algumas folhas avaliadas não serem observadas sintomas da doença, em todos os genótipos de feijão crioulo avaliados em Francisco Beltrão -PR mostraram-se suscetíveis ao ataque de mancha angular.

Entre os genótipos observou-se variação de severidade média de 1,0 a 23,9% e de acordo com as análises estatísticas os mesmos foram agrupados em duas categorias, demonstrando a variabilidade genética em relação à resistência ao ataque da doença entre genótipos. Em vista do potencial de danos da doença, a menor suscetibilidade ao ataque da mancha angular pode ser utilizada como importante estratégia de seu manejo e controle em áreas produtivas, assim como sugerido por Fancelli e Dourado-Neto (2010) e Paula-Junior *et al.* (2015).

Além disso, esses dados reforçam a importância de estudos que avaliam respostas de genótipos de feijão em relação ao ataque de doenças, principalmente de mancha angular, concordando com outros pesquisadores (RAMALHO; ABREU, 2015).

REFERÊNCIAS

BORÉM, A. *Melhoramento de Espécies Cultivadas.* Ed 2, Viçosa, Editora UFV. 969 p. 2009.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Séries históricas das safras* – Feijão – Total - Todas as Safras. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/905-feijao. Acesso em:20/07/2023.

COPACHESKI, M. *Rusticidade de acessos e uso de terapias não residuais no manejo ecológico de Phaseolus vulgaris* L. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.

CRUZ, C. D. *Programa Genes* - Aplicativo Computacional em Genética e Estatística. VIÇOSA, MG: EDITORA UFV, 1997. v1. 442 p.

DALLA PRIA, Maristella; SILVA, Olavo Corrêa da. Mancha – Angular. In: DALLA PRIA, Maristella; SILVA, Olavo Corrêa da. *Cultura do Feijão: doenças e controle.* Ponta Grossa: Editora UEPG, 2010, p.57-66.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. *Produção de Feijão.* Livro Ceres, Piracicaba-SP, 2007, 386p.

FAO – Food and Agriculture Organization of United Nations. FAOSTAT: *Crops and livestock products.* Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL. Acesso em 21/07/2023.

GODOY, C. V.; CARNEIRO, S. M.; IAMAUTI, M. T.; DALLA PRIA, M.; AMORIM, L.; BERGER, R. D.; BERGAMIN FILHO, A.. Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. *Plant Disease and Protection*, v. 104, n. 4, p. 336-34, 1997.

PAULA-JUNIOR, T. J. de; VIEIRA, R. F.; TEIXEIRA, H.; LOBO-JUNIOR, M.; WENDLAND, A. *Doenças do Feijoeiro: Estratégias Integradas de Manejo.* In: CARNEIRO, J. E.; PAULA-JUNIOR, T. J. de; BORÉM, A. Feijão: do plantio à colheita. Viçosa: Ed. UFV, 2015, p.270-300.

RAMALHO, M. A., SANTOS, J. B.. *Melhoramento do Feijão.* Informativo Agropecuário, Belo Horizonte, v 8, n. 90, p. 16-19, 1982.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. de F. B.; CARNEIRO, J. E. S. *Feijão de alta produtividade:* Cultivares. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 25, n. 233, p.21-32, 2004.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. *Cultivares.* In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. Feijão. 2ª Edição atualizada e Ampliada, Viçosa: Ed. UFV, p. 67- 86. 2011.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. de F. B.; CARNEIRO. *Obtenção de Cultivares.* In: CARNEIRO, J.E.; PAULA-JUNIOR, T. J. de; BORÉM, A. Feijão: do plantio à colheita. Viçosa: Ed. UFV, 2015, p.96-114.

PEREIRA, R.. *Reação de genótipos de feijão e agressividade de isolados do agente causal da macha-angular.* 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SANTOS, J. B. dos; GAVILANES, M. L.. *Botânica.* In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A.. *Feijão.* 2. ed. Viçosa: 2011. p. 41-65.

SANNAZZARO, A. M.; WUTKE, E. B.; OLIVEIRA, S. H. F.; CASTRO, J. L.; GALLO, P. B.; MARTINS, A. L. M.; BORTOLETO, N.; SABINO, J. C.; KANTHACK, R. A. D.; ISHIMURA, I.; SILVEIRA, L. C.P.; DORNELLES, C. R.F.; PEREIRA, J.C. V.N.A.; SAKAI, M.; SAES, L.A.; BACCHI, G.S. Severidade de mancha angular (*Phaeoisariopsis*

griseola) em cultivares de feijoeiro no estado de São Paulo. Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.70, n.3, p.315-321, jul./set., 2003.

SARTORATO, A. Novas fontes de resistência do feijoeiro comum à mancha angular. Fitopatologia Brasileira 31:192-194. 2006.

WENDLAND, A.; MOREIRA, A.S.; BIANCHINI, A.; GIAMPAN, J.S.; LOBO-JUNIOR, M. Doenças do Feijoeiro. In: AMORIN, L.; REZENDE, J. A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. *Manual de Fitopatologia: plantas cultivadas.* Agronômica Ceres, Ouro Fino – MG, 2016. p.383-396.

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE *WHEY PROTEIN*, COM VISTAS A IDENTIFICAÇÃO DE FRAUDES

Alessandro Gonçalves de MATTOS[1], Luiz Eduardo Coelho NURIMBERG[2], Maria Helene CANTERI[3], Fabiane Picinin Castro CISLAGHI[4], Alessandra MACHADO-LUNKES[3]

[1]Curso de Engenharia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão e Londrina
Paraná - Brasil

[3] Departamento de Química e Ciências Biológicas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[4] Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: amattos@alunos.utfpr.edu.br, luiznurimberg@alunos.utfpr.edu.br, canteri@utfpr.edu.br, fabianecastro@utfpr.edu.br, amachado@utfpr.edu.br

Resumo: O crescimento da comercialização de suplementos alimentares decorre em um aumento dos frequentadores de academias de musculação e de pessoas que buscam uma dieta mais equilibrada e qualidade de vida. Em função desses fatores, os suplementos proteicos *whey protein* são alvos de adulterações frequentes e podem apresentar problemas em sua composição. Tendo em vista a grande variedade desses produtos no mercado, este trabalho teve por objetivo avaliar as características físico-químicas, comparando-os com o valor declarado no rótulo e identificar possível adulteração, como por exemplo pela presença de amido na formulação. Umidade, cinzas, proteínas, e açúcares totais e amido qualitativo foram analisados em cinco diferentes marcas de *whey protein*. As amostras A, B, C, D e a E foram adquiridas de forma aleatória no comércio da cidade de Francisco Beltrão-PR. Os resultados da análise indicaram que somente a amostra A apresentou uma variação de carboidratos acima do limite estabelecido. No entanto, em relação à amostra D, embora tenha sido detectada a presença de amido, a declaração no rótulo informando sobre a possível presença de trigo e cevada na composição atende às regulamentações aplicáveis.

Palavras-chave: *Suplementos; Whey Protein; Adulteração.*

INTRODUÇÃO

Os suplementos alimentares são amplamente utilizados por praticantes de atividade física, bem como por pessoas que buscam melhorar sua qualidade de vida e saúde e também como forma de complementar a dieta e fornecer nutrientes essenciais. Dentre esses produtos, o *whey protein*, um suplemento alimentar derivado das proteínas do soro do leite, é o mais popular e amplamente utilizado para atingir esses objetivos (MENDES *et al*., 2018).

Além de seu uso no contexto esportivo, nutricionistas também podem recomendar o consumo do *whey protein*, como complementos dietéticos para pessoas saudáveis. Esses suplementos também podem desempenhar um papel na melhoria da estética corporal, auxiliando na perda de peso e no combate aos efeitos do envelhecimento (TAKINIMI *et al*., 2013).

Dentre os compostos nutricionais que constituem o *whey protein* a proteína e carboidratos são vistos pelos atletas e consumidores como os principais componentes frente a sua qualidade, uma vez que, quanto maior a porcentagem proteica e menor concentração de carboidratos maior a sua pureza e qualidade (CASTRO *et al*., 2019; SILVA *et al*., 2023).

Nos últimos anos, tem havido um crescimento significativo no mercado de suplementos à base de proteínas. Estudos indicam que o setor está previsto para crescer anualmente em média 8,3% no período de 2021 a 2028. Esse aumento é impulsionado pela crescente preocupação com a saúde, o aumento no número de pessoas que praticam atividade física, os avanços técnicos no controle de peso e a nutrição médica (ZION MARKET RESEARCH, 2022).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A crescente popularidade, o uso indiscriminado e a facilidade de acesso a esses produtos no mercado, têm levado a um aumento frequente de fraudes e adulterações, apesar das regulamentações específicas existentes para essa categoria de produtos (MENDES *et al*., 2018).

Os principais problemas estão relacionados à falta de precisão na quantidade de nutrientes declarada e à presença de substâncias não mencionadas nos rótulos (ANDRADE *et al.*, 2019).

Nos últimos anos foram conduzidos estudos relacionados a esse tema com o objetivo de identificar produtos que tenham sido adulterados, tanto de forma intencional quanto não intencional (BRASIL, 2014). Além de detectar percentuais incorretos de nutrientes informados no rótulo, as pesquisas revelaram a presença de ingredientes de baixo custo, como fécula de mandioca, milho e amido, utilizados como fontes de carboidratos (BRASIL, 2014).

Com o mesmo intuito, Augusto (2019) analisou cinco marcas de *whey protein*. Do total apenas uma foi considerada conforme, quatro apresentaram discrepâncias na quantidade de carboidratos, proteínas, lipídeos e fibras quando comparados com o rótulo, além da presença de não nutrientes como a cafeína.

A adulteração ou falsificação de produtos alimentícios é realizada com o objetivo de obter lucros maiores, aumentando o volume dos produtos por meio da adição de substâncias de baixo custo, que são difíceis de detectar e muitas vezes proibidas pela legislação vigente (OLIVEIRA *et al.*, 2009; ANJOS, 2016).

METODOLOGIA

Cinco marcas de *whey protein* concentrado (WPC) foram obtidas aleatoriamente em estabelecimentos comerciais de Francisco Beltrão, Paraná, e codificadas de A a E no mês de março de 2023. A amostragem compreendeu duas amostras por marcas de WPC, para as quais as análises físico-químicas foram realizadas em triplicata.

Para a análise de umidade e cinzas foram empregados o método gravimétrico em estufa e mufla a uma temperatura de 105 ºC e 550 ºC, respectivamente (AOAC, 2007). As proteínas foram determinadas utilizando o método de Kjeldahl. Para o teste qualitativo de amido foi utilizado o Lugol (0,67% de iodeto de potássio e 0,33% de iodo) como reagente para detecção (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Os açúcares totais foram quantificados utilizando o método do DNS (ácido dinitrosalicílico) (EMBRAPA, 2013).

Os resultados submetidos a análise de variância (ANOVA), seguido do teste de Tukey para comparação de médias ao nível de significância de 95%, para isto o *software* Sisvar versão 5.8 foi empregado (Daniel Furtado Oliveira - UFLA, 2018). Os resultados foram expressos como médias ± desvio padrão (DP).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionadas amostras de *whey protein* concentrado (WPC) para a realização das análises, sendo todas elas do mesmo sabor (baunilha), a fim de evitar interferências nos resultados. A Tabela 1 apresenta as quantidades de proteínas e carboidratos registradas nos rótulos de cada produto, levando em consideração a quantidade por porção de cada um.

Tabela 1 - Valores de proteínas e carboidratos registrados nos rótulos de acordo com a quantidade por porção determinada pelo fabricante.

Produto	Quantidade por porção (g)	Proteínas (g)	Carboidratos (g)
A	30	21	5,1
B	40	30	4,1
C	33	24	4,3
D	30	21	4,8
E	30	21	4,5

Fonte: Autoria própria (2023).

Devido a característica do WPC ser um alimento em pó, as amostras apresentaram percentuais de umidade relativamente baixos, com um mínimo de 6,04% para a amostra A e máximo de 7,69% para a amostra E. Valores aproximados de umidade (5,91 e 6,89%) foram evidenciados por Santos (2015) após avaliar a qualidade de suplementos alimentares frente a composição e rotulagem. Por se tratar de um produto ausente de umidade, esta análise torna-se bastante relevante frente a qualidade, tempo de prateleira e segurança alimentar destes produtos, uma vez que percentuais elevados de umidade em produtos em pó tendem a apresentarem problemas estruturais e qualitativos (BALKE *et al*., 2014).

Para produtos derivados de laticínios, espera-se que os teores de cinzas estejam dentro da faixa de 0,7% a 6,0% (TORRES, 2000). No caso dos suplementos alimentares avaliados, os valores de cinzas se encontram dentro dessa faixa recomendada. Isso indica que os produtos estão em conformidade com os padrões estabelecidos para a composição de cinzas em alimentos lácteos.

O *whey protein* por se tratar de um produto elaborado pelo processamento do soro do leite e seus derivados apresentará as respostas de proteína e carboidratos baseadas na qualidade da matéria prima (leite), soro do leite e tecnologia de produção (ultrafiltrarão; microfiltração, nano filtração) (SOORO 2023). Assim, os valores de proteína variaram de 59,79 a 71,29% similarmente ao observado por DA CRUZ (2013) cuja variação expressiva de 38,97 – 84.82% deve-se, muito provavelmente ao processo tecnológico empregado, qualidade da matéria prima e processamento do soro do leite.

As médias e desvio padrão (DP) dos parâmetros de umidade, cinzas, proteínas e carboidratos podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias ± desvio padrão dos parâmetros físico-químicos avaliados dos *whey protein* concentrados (WPC).

Parâmetros	**Amostras**				
	A	B	C	D	E
Umidade (%)	6,03 ± 0,29a	7,5 ± 0,11c	6,60 ± 0,12b	7,67 ± 0,08c	7,68 ± 0,11c
Cinzas (%)	3,31 ± 0,01ab	3,55 ± 0,80ab	3,05 ± 0,01b	4,24 ± 0,36a	3,92 ± 0,37ab
Proteínas (%)	62,92 ±0,27b	71,29±0,60d	68,31±0,43c	59,79±0,67a	62,55±1,01b
Carboidratos (%)	0,301±0,004b	0,299±0,012b	0,296±0,014b	0,336±0,021a	0,300±0,003b

Letras minúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

Os carboidratos fazem parte dos compostos da matéria prima e do produto final e de acordo com a legislação vigente, podem ser adicionados de maneira controlada (BRASIL 2020). De faro, neste trabalho o valor médio para as amostras analisadas foi de 0,300% muito

inferior aos resultados relatados para *whey protein* adquiridos no comércio do Rio de Janeiro-RJ (6,70 – 45,06%) (SCARLATO *et al*., 2016). Estas diferenças podem estar relacionadas a composição e qualidade da matéria prima, tecnologia empregada de filtração do soro do leite bem como a adição (ou não) de carboidratos na formulação final, dificultando a padronização do produto final (FROZA *et al*., 2020)

De acordo com a RDC nº 429 de 8 de outubro de 2020, é estabelecido que as quantidades mínimas de proteínas, aminoácidos, fibras alimentares, gorduras monoinsaturadas e poli-insaturadas, vitaminas e substâncias bioativas presentes em um produto alimentício não podem ser inferiores a 20% do valor declarado em sua embalagem (BRASIL, 2020).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, todas as marcas analisadas apresentaram quantidades inferiores de proteínas aos valores declarados em seus respectivos rótulos. A amostra B apresentou a menor variação, com um percentual de 3,70%, enquanto a amostra D apresentou a maior variação, com um percentual de 10,21%.

Tabela 3 - Valores de proteínas e carboidratos analisados e comparados com os descritos nos rótulos dos produtos.

Parâmetros		**Amostra**				
		A	B	C	D	E
Proteínas	Rótulo (g)	70	75	72,72	70	70
	Analisado (g)	62,9	71,3	68,3	59,79	62,55
	Variação (%)	-7,1	-3,7	-4,42	-10,21	-7,45
Carboidratos	Rótulo (g)	0,425	0,256	0,325	0,400	0,375
	Analisado (g)	0,301	0,299	0,296	0,337	0,300
	Variação (%)	-29,17	+16,79	-8,29	-15,75	-20

Sinais (+) indicam variação para mais e sinais (-) variação para menos.

Fonte: Autoria própria (2023).

Por mais que as amostras apresentaram variações significativas para este parâmetro, todas as amostras estão em conformidade com a legislação vigente, uma vez que nenhuma delas excedeu a variação máxima de 20% em relação ao valor analisado em comparação ao valor indicado nas embalagens (BRASIL 2020).

Resultados similares foram evidenciados por Farias *et al.*, (2019) após a análise da concentração proteica de suplementos alimentares obtendo resultados variáveis entre 59,51% - 71,2% de proteína, observando-se que os resultados obtidos também se apresentaram em desacordo com as informações contidas no rótulo, entretanto em acordo com a variável aceitável estabelecida pela RDC 429.

Em relação aos carboidratos, os valores variaram de -8,29% (C) a -29,17% (A). Levando em consideração a RDC nº 429, apenas a amostra A excedeu o limite de 20% de variação entre os valores analisados e o valor declarado no rótulo do produto, sendo desta forma considerada não conforme frente a legislação.

Frozza (2020) observou resultados distintos (11,97 – 25,52% de carboidratos) ao realizar a análise centesimal da rotulagem e informações nutricionais de diferentes suplementos alimentares oriundos do soro do leite.

A análise qualitativa do amido resultou em um teste positivo apenas para a amostra D. É válido destacar que os suplementos podem conter amido em sua composição, porém é imperativo que essa informação seja obrigatoriamente declarada na lista de ingredientes. Além disso, a presença de amido não deve comprometer o requisito de que pelo menos 50% do valor energético total do suplemento provenha de fontes proteicas (MENDES *et al.*, 2018). Na embalagem da amostra em questão, é indicado que pode haver a presença de derivados de trigo e centeio, o que está em conformidade com a resolução aplicável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os parâmetros analisados, somente a amostra A demonstrou uma variação de carboidratos acima do limite estabelecido. No caso da amostra D, foi identificada a presença de amido, porém a declaração no rótulo indicando a possibilidade de conter trigo e cevada na composição a torna conforme às normas regulatórias.

O objetivo principal deste estudo não se concentrou na avaliação da origem das proteínas empregadas na fabricação do *whey protein*, que devem ser exclusivamente provenientes de fontes animais. Portanto, análises subsequentes poderão ser conduzidas com o propósito de determinar a procedência das proteínas empregadas nos produtos.

A análise das amostras em relação às normas legais é de suma importância para garantir que os suplementos alimentares atendam aos requisitos estabelecidos e forneçam aos consumidores produtos seguros e adequados para complementar suas dietas e atingir seus objetivos de saúde e qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 18th ed., Gaithersburg, Ed. William Horwitz, 2007.

ANDRADE, J. *et. al*. Determinação do teor de proteína por FTIR-ATR para avaliar a adulteração de concentrado proteico de soro de leite. **Food Science and Technology**, v. 99, p. 166-172, 2019.

ANJOS, O. Desenvolvimento de metodologias e análise rápida em alimentos por espectroscopia de infravermelho (NIR, FTIR, RAMAN). **III Ciclo de Conferências: Conselho Técnico-Científico**, Castelo Branco, p. 33-38, 2016.

BALKE, M.; KILIAN, J.; STEFFESNS, C.; SOARES, M. B. A.; STEFFESNS, J. Avaliação do Processo de Obtenção de Leite em Pó Pelo Processo de Secagem em spray dryer. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 20, **Anais**.COBEQ, Florianópolis, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde (Brasil). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 429, de 8 de outubro de 2020 que dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. **Diário Oficial da União, nº 195,** 2020.

BRASIL. Ministério do desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO. Programa de análise de produtos: **Relatório final sobre a análise em suplementos proteicos para atletas – Whey protein**, 2014.

CASTRO L. H; DE ARAUJO, F. H.; OLIMPIO, M. Y. M.; PRIMO, R. B. B.; PEREIRA, T.; LOPES, L. A. F.; TRINDADE, E. B. S. M.; FERNANDES, R.; OESTERREICH, S. A. Comparative Meta-Analysis of the Effect of Concentrated, Hydrolyzed, and Isolated Whey Protein Supplementation on Body Composition of Physical Activity Practitioners. **Nutrients**. 2019 Sep 2;11(9):2047. doi: 10.3390/nu11092047. PMID: 31480653; PMCID: PMC6769754.

DA CRUZ, K. C. Avaliação de suplementos nutricionais a base de proteína hidrolisada e aminoácidos livres**. Programa de Pós-graduação em nutrição do Centro de Saúde da Universidade Federal de Pernambuco**. Dissertação. Refice, 2023.

ETZEL, M. R. Manufacture and use of dairy protein fractions. **Journal of Nutrition** 2004; 134(4):996s-1002s.

FARIAS, C. S.; STEFANI, G. P.; SCHNEIDER, C. D.; LANDO, V. R. Análise de concentração de proteínas em diferentes tipos de suplementos proteicos nacionais. **RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 13, n. 81, p. 705-712, 19 set. 2019.

FROZA, I. Análise centesimal da rotulagem e informação nutricional de diferentes suplementos alimentares provenientes do soro do leite. **Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões,** Departamento das Engenharias e Ciências da Computação, Erechim – RS. 2020

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 2.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

MALDONADE, I. R., De Carvalho, P. G. B., & FERREIRA, N. A. **Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método de DNS**. 2013.

MENDES, *et. al*. Avaliação de rotulagem e determinação de proteínas e amido em whey protein comercializado no Brasil. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo. v. 12. n. 76. p.1061-1068, 2018.

OLIVEIRA, D.M.; CLEMENTE, E.; COSTA, J.M. C. Hygroscopic behavior and degree of caking of grugru palm (Acrocomia aculeata) powder. **Journal of Food Science and Technology**, v.1, p.1-7, 2012.

OLIVEIRA, R. C. S. *et al*. Evaluation of the potential of SPME- GC – MS and chemometrics to detect adulteration of groud roasted coffee with roasted barley. **Journal of Food Composition and Analysis**, Belo Horizonte, v. 22 n. 1, p. 257-261, 2009.

SANTOS, R. F. Propriedade proteica e calórica de suplementos alimentares a base de whey protein. **Especialização em Gestão da Qualidade em Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Monografia. Francisco Beltrão, 2015.

ZION MARKET RESERARCH. **Whey Protein Market to Expand Sumptuously With USD 15.1 Bn Earnings By 2028.** Disponível em: https://www.zionmarketresearch.com/news/whey-protein-market. Acesso em: 01 mai 2022.

SOLVENTES EUTÉTICOS PROFUNDOS PARA RECUPERAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS DE FOLHAS DE JABUTICABEIRA

RAFAELA SUZANA MARTINS [1], GUSTAVO HENRIQUE FIDELIS DOS SANTOS[1], VANIA ZANELLA PINTO [1], YASMINE MIGUEL SERAFINI MICHELETO [1]

[1] Engenharia de Alimentos – Universidade Federal da Fronteira Sul – CEP: 85.301-970 - Laranjeiras do Sul – PR – Brasil

[2] Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal da Fronteira Sul – CEP: 85.301-970 - Laranjeiras do Sul – PR – Brasil, Telefone: (42) 3635-8695 –

e-mail: vania_vzp@hotmail.com

Resumo: *Os solventes eutéticos profundos (DES) ou solventes eutéticos profundos naturais (NADES) são formados a partir de um composto receptor de ligação de hidrogênio (HBA) e um composto doador de ligação de hidrogênio (HBD). Os DES estão relacionados à extração de analitos orgânicos como ácidos fenólicos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), flavonoides e compostos fenólicos. As plantas frutíferas são reconhecidas como boas fontes de compostos fenólicos, os quais são de grande interesse nutricional para a saúde. No presente trabalho, objetivou-se estudar a eficiência de diferentes DES na extração de compostos fenólicos de folhas de jabuticabeira. Para tanto, cinco diferentes DES foram produzidos e diluídos para a formação de uma mistura eutética de 10%, utilizando-se a extração de compostos fenólicos totais de folhas de jabuticabeira. A mistura eutética composta por 10% de DES formado por ChCl Ác. Lático e ChCl Ác. Cítrico, resultaram em extração equivalente ao etanol 70%. Por outro lado, o DES produzido com ChCl Ác oxálico e Ác. Cítrico Glicose Água foram menos eficientes que o etanol 70%. Os DES são solventes verde com características atóxicas, o que torna seu uso possível para a obtenção de extratos com segurança, tanto no manipulador quanto na aplicação em produtos da indústria de alimentos. As folhas de jabuticabeira são promissoras como fonte de compostos fenólicos, da mesma forma que o estudo de outras plantas frutíferas da mesma família.*

Palavras-chave: *receptor de ligação de hidrogênio; doador de ligação de hidrogênio; cloreto de colina; extração assistida por ultrassom.*

INTRODUÇÃO

Os solventes eutéticos profundos (DES) ou solventes eutéticos profundos naturais (NADES) são formados por um composto receptor de ligação de hidrogênio (HBA) e um

composto doador de ligação de hidrogênio (HBD), dando origem a uma mistura que forma um sistema eutético com ponto de fusão abaixo do apresentado por cada precursor individualmente. Essa classe de solventes é caracterizada por não serem tóxicos, serem biodegradáveis, possuírem alta estabilidade térmica, baixa volatilidade e não serem inflamáveis (ABBOTT *et al*., 2003; DAI; VERPOORTE; CHOI, 2014; YANG, 2018).

Essas substâncias podem substituir componentes de processos químicos tradicionais por novas tecnologias ambientais sustentáveis, eliminando os resíduos, melhorando assim a eficiência e promovendo benefícios ambientais e econômicos. Além disso, são uma alternativa promissora aos solventes orgânicos convencionais para a extração de diferentes compostos. Eles são capazes de dissolver produtos químicos naturais ou sintéticos de baixa solubilidade em água e são considerados alternativas para conceitos e aplicações envolvendo alguns solventes orgânicos e líquidos iônicos. A maior parte das aplicações dos DES está relacionada à extração de analitos orgânicos como ácidos fenólicos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), flavonoides e compostos fenólicos (DAI *et al*., 2013). Eles têm sido utilizados em procedimentos de extração assistida por ultrassom (UAE) e extração assistida por radiação micro-ondas (MAE) para a recuperação de elementos como As, Cd, Hg, Pb, Se e V em tecidos biológicos e amostras vegetais. (SANTANA, 2019).

As plantas frutíferas são consideradas boas fontes de compostos fenólicos, os quais são formados a partir das reações dos metabolitos secundários que acontecem nas plantas, sendo essenciais para seu crescimento e reprodução. Eles apresentam grande interesse nutricional para contribuir à saúde humana, devido às atividades biológicas. Os frutos são as frações com maior concentração de compostos fenólicos, mas tanto folhas, caules e raízes também apresentam consideráveis quantidades destes compostos (UEDA, 2020).

A jabuticaba (*Plinia cauliflora*) é uma árvore frutífera da família das Myrtaceae. Os seus frutos são consumidos *in natura* ou processados como geleias, sucos e sobremesas geladas. As folhas e os frutos são promissores para uso medicinal devido às suas atividades anti-inflamatórias e antioxidantes (REYNERTSOM, YANG, JIANG, BASILE, KENNELY, 2008; UEDA, 2020, SOUZA, 2013). O estudo de folhas de árvores frutíferas tem ganhado destaque, mas as folhas das jabuticabeiras ainda são pouco exploradas. Desta forma, objetivou-se estudar a eficiência de diferentes DES na extração de compostos fenólicos de folhas de jabuticabeira.

METODOLOGIA

As folhas de jabuticaba (*Plinia cauliflora*) foram doadas por moradores da região de Laranjeiras do Sul, PR, colhidas nos meses de dezembro e janeiro, secas em estufa com circulação de ar à 50°C por 3 dias, moídas em moinho de facas e armazenadas no ultra freezer a -80°C até a utilização.

Os DES foram preparadas a partir de receptores de hidrogênio (HBA) doadoras de hidrogênio (HBD) (Tabela 1). O preparo dos DES foi pela mistura física do HBA e HBD, seguida de agitação constante em agitador magnético (100rpm) e aquecimento brando (80°C), até a formação de um líquido viscoso e transparente.

Após a formação dos DES, uma mistura eutética foi formada, pela diluição de 10% de cada DES em água. A mistura eutética foi empregada para a extração dos compostos fenólicos totais de folhas de jabuticabeira.

Tabela 1 – Doadores de ligações de hidrogênio (HBA) e receptores de ligações de hidrônio (HBD) formadores de solventes eutéticos profundos (DES) e as suas proporções molares

DES	HBA	HBD	Razão Molar
ChCl: AL	ChCl	Ácido lático	1:1
ChCl: AO	ChCl	Ácido oxálico	1:1
ChCl: Á: G	ChCl	Água e glicerol	1:1:2
ChCl: AC	ChCl	Ácido cítrico	1:1
AC: G:A	Ác. Cítrico:	Água e glicose	1:1:0,1
Etanol: Água	-	-	1:1

Fonte: Autoria própria (2023)

A extração dos compostos fenólicos totais foi assistida por ultrassom (Vibra-cell VC 505, Sonics and Material Inc., Newtown, CT, USA) equipado com probe CV33 (5 mm de diâmetro), usando ciclos on/off de 10s) operando a 60 kHz por 8 min, a 30°C.

A determinação dos compostos fenólicos foi realizada através do método Folin-Ciocauteau em microplaca, descrito por BUCIC-KOJIC *et al*., (2007). Foram utilizados 10 µL de extrato, 204 µL H_2O e 44 µL Folin a 10% (v/v) para a reação. Os reagentes foram homogeneizados em espectrofotômetro de microplacas com agitação linear, repousadas e

uma solução de carbonato de sódio (22 µL) foi adicionado. Após repouso de 2 h com ausência de luminosidade, a leitura da absorbância foi realizada na faixa de 765 nm (Thermo Scientific). Os resultados foram expressos em equivalência de mg de ácido gálico por 100 g de folha de jabuticabeira (mg EAG 100 g^{-1}).

O planejamento experimental foi uni-variado com três repetições de cada extração. Os dados foram analisados quanto a sua variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey com nível de significância de 5% ($p<0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A extração dos compostos fenólicos totais das folhas de jabuticabeira com diferentes misturas eutéticas resultou numa concentração de 832 a 883 mg EGA/100 g de amostra seca (Tabela 1). Os diferentes DES utilizados na mistura eutética apresentaram diferenças na eficiência de extração. A mistura eutética composta por ChCl Ác. Lático e ChCl Ác. Cítrico resultaram em extração equivalente ao etanol 50% enquanto a mistura eutética composta por ChCl Ác. Oxálico foi inferior na extração dos compostos fenólicos das folhas de jabuticaba. Por outro lado, o DES formado Ác. Cítrico Glicose Água apresentou menor Aeficiência de extração, quando comparado com o ChCl Ác. Cítrico (Tabela 2).

Tabela 2 – Compostos fenólicos totais extraídos de folhas de jabuticabeira com diferentes solventes eutéticos profundos (DES)

Misturas eutéticas (10%)	**Compostos Fenólicos (mg EAG/100g) ***
ChCl Ác. Lático	88,23±0,41A
ChCl Ác. Oxálico	83,22±0,42D
ChCl Água Glicerol	85,67±1,13C
ChCl Ác. Cítrico	88,32±1,41A
Ác. Cítrico Glicose Água	86,69±0,52BC
Etanol: Água	87,72±0,32AB

***Médias de três repetições ± desvio padrão. As médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p<0,05)**

Fonte: Autoria própria (2023)

O DES cloreto de colina: ácido lático resultou em menor rendimento de extração de compostos fenólicos das folhas de nogueira, devido a sua elevada viscosidade (VIEIRA *et al.*, 2018). Porém, quando diluído (10% de mistura eutética) apresentou boa extração

comparado com o etanol e demais misturas eutéticas (Tabela 2), sendo possível inferir que o DES formado por ácido lático apresenta boa afinidade com biomassa vegetal, do que os outros ácidos orgânicos (TAN *et al.*, 2018) como o oxálico e o cítrico associado a glicose. O DES produzido com ácido oxálico também resultaram em menor eficiência, em outras condições de extração (ALAÑÓN *et al*., 2020).

O método de extração assistida por ultrassom é uma técnica tecnologicamente viável para a recuperação de compostos de interesse em matérias-primas vegetais. Em um curto período, é possível extrair uma alta concentração de compostos fenólicos usando baixas concentrações do solvente eutético (ROCHA *et al*., 2018). Além disso, a eficiência energética da extração assistida por ultrassom é menor quando comparada a outros métodos convencionais, como a maceração (CHEMAT *et al*., 2017). Isso significa que o método de extração assistida por ultrassom é uma opção eficiente e sustentável para a recuperação de compostos de interesse em matérias-primas vegetais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os DES são solventes verdes seguros para aplicação na indústria de alimentos. O emprego de DES na extração de compostos fenólicos presentes nas folhas de jabuticabeira é eficiente, sendo as misturas eutéticas contendo ChCl Ác. Lático e ChCl Ác. Cítrico resultaram em extração equivalente ao etanol 50%. Por outro lado, DES produzido com ChCl Ác oxálico e Ác. Cítrico Glicose Água foram menos eficientes que o etanol 70%.

Sendo assim, os solventes eutéticos são promissores para a extração de compostos fenólicos de folhas de jabuticabeira, o que desperta o interesse em extrair estes compostos de outras plantas frutíferas da mesma família.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) pela bolsa de iniciação científica (PES-2022-0414).

REFERÊNCIAS

ABBOTT, A. P. *et al*. Novel solvent properties of choline chloride/urea mixtures. Chemical Communications, v. 9, n. 1, p. 70–71, 2003.

ALAÑÓN, M. E. *et al*. Choline chloride derivative-based deep eutectic liquids as novel green alternative solvents for extraction of phenolic compounds from olive leaf. *Arabian Journal of Chemistry*, v. 13, n. 1, p. 1685–1701, 2020

BUCIĆ-KOJIĆ, A; PLANINIĆ, M; TOMAS, S; BILIĆ, M; VELIĆ, D. Study of solid-liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. *Journal of Food Engineering*, v. 81, n. 1, p. 236-242, 2007.

CHEMAT, F.; ROMBAUT, N.; SICAIRE, A. G.; MEULLEMIESTRE, A.; FABIANO-TIXIER, A. S.; ABERT-VIAN, M. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. *Ultrasonics Sonochemistry*, v.34, p. 540-560,2017.

DAI, Y.; VERPOORTE, R.; CHOI, Y. H. Natural deep eutectic solvents providing enhanced stability of natural colorants from safflower (*Carthamus tinctorius*). *Food Chemistry*, v. 159, p. 116– 121, 2014.

REYNERTSON, KA, YANG, H., JIANG, B., BASILE, MJ E KENNELLY, EJ (2008). Análise quantitativa de constituintes fenólicos antirradicais de quatorze frutos comestíveis de Myrtaceae. *Food Chemistry, 109*

ROCHA, J. de C. G.; PROCÓPIO, F. R.; MENDONÇA, A. C.; VIEIRA, L. M.; PERRONE, Í. T.; DE BARROS, F. A. R.; STRINGHETA, P. C. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from jussara (*Euterpe edulis* M.) and blueberry (*Vaccinium myrtillus*) fruits. *Food Science and Technology* (Brazil), [s. l.], v. 38, n. 1, p. 45–53, 2018.

SANTANA, A. P. R.; ANDRADE, D. F.; MORA-VARGAS, J. A.; AMARAL, C. D. B.; OLIVEIRA, A.; Gonzalez, M. H.; Talanta 2019, 199, 361.

SOUZA, WAGNER. Avaliação Da Atividade Antioxidante E Compostos Fenólicos De Extratos Vegetais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [s. l.], p. 05–37, 2013.

TAN, Y. T. *et al*. Industrial Crops & Products Evaluation of fractionation and delignification efficiencies of deep eutectic solvents on oil palm empty fruit bunch. *Industrial Crops & Products*, v. 123, n. June, p. 271–277, 2018.

UEDA, KARINA MAYUMI. Extração De Compostos Fenólicos Provenientes De Folhas De Uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess.) Empregando Solventes Eutéticos Profundos (Des). Universidade federal do Paraná, [s. l.], 2020

VIEIRA, V. *et al*. Enhanced extraction of phenolic compounds using choline chloride based deepeutectic solvents from Juglans regia L. *Industrial Crops and Products*, v. 115, n. February, p. 261–271, 2018.

YANG, Z. (2018). Natural Deep Eutectic Solvents and Their Applications in Biotechnology. In: Itoh, T., Koo, YM. (eds) Application of Ionic Liquids in Biotechnology. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, vol 168.

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS DE AMIDO E RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Luan Martins GOMES[1], Davi Luiz KOESTER[1], Vinicius Gonçalves DEON[2], Leda Battestin QUAST[1,3], Vania Zanella PINTO[1,3]

[1]Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Laranjeiras do Sul, Laranjeiras do Sul – Paraná – Brasil.
[2]Instituto Federal Santa Catarina – *Campus* Xanxerê, Xanxerê, Santa Catarina – Brasil.
[3]Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Laranjeiras do Sul, Laranjeiras do Sul – Paraná – Brasil.

E-mails: luanamar1998@gmail.com, daviluizkoester@gmail.com, vinicius.deon@yahoo.com, leda.quast@uffs.edu.br, vania.pinto@uffs.edu.br

Resumo *Espumas biodegradáveis à base de amido incorporadas com resíduos de casca de pinhão foram desenvolvidas por termo expansão para potencial aplicação como substituto de embalagens expandidas de polímeros derivados do petróleo. A casca de pinhão apresentou elevada concentração de lignina, celulose e hemicelulose e partículas com distribuição de tamanho de 75-710µm. As espumas expandidas apresentaram reduzida densidade aparente, resistência à tração, alongamento e modulo de elasticidade. A inclusão do resíduo de casca de pinhão aumentou a densidade aparente das espumas de amido reduziu a resistência à tração, porém aumentou a resistência à flexão, comparado às bandejas sem adição de material de reforço. A incorporação da casca de pinhão também influenciou na cor das embalagens, resultando em tons marrom-avermelhados. As isotermas de sorção indicaram o equilíbrio higroscópico ocorre próximo à atividade de água das embalagens (aw ~0,6). Assim, o resíduo de casca de pinhão apresenta potencial tecnológico para o desenvolvimento de embalagens expandidas biodegradáveis, sendo possível utilizá-lo como material de reforço eficiente para melhorar a resistência à flexão e como corante natural.*

Palavras-chave: *casca de pinhão; densidade aparente; resistência à flexão.*

INTRODUÇÃO

Os materiais de espuma à base de petróleo são de ampla usabilidade principalmente na área de embalagens, com crescimento contínuo, mas que podem ocasionar preocupações ao meio ambiente devido ao descarte e dificuldade de reciclagem (TÁPIA-BLÁCIDO et al., 2022). Como meio de substituir os polímeros sintéticos, mesmo que de forma parcial, o emprego de biomateriais como o amido um polímero natural que tem sido uma boa alternativa na formulação de novas estruturas e que além de ser biodegradável, tem propriedades interessantes como capacidade espessante, formação de pasta viscoelástica e capacidade de expansão (TÁPIA-BLÁCIDO et al., 2022; ENGEL; AMBROSI; TESSARO, 2019). O amido quando usado individualmente apresenta certa fragilidade que o deixa quebradiço além da sensibilidade a água, em vista disso, é

necessário a adição de tratamentos para a obtenção de força, flexibilidade e resistência (BERGEL et al., 2018).

Os formatos nas quais as espumas de amido podem ser produzidas variam de acordo com sua necessidade, comumente são usados formatos de bandejas e quando são produzidas em moldes fechados apresentam características interessantes devido o contato entre as extremidades do molde e a solução homogeneizada de água com amido, o lado externo da bandeja se mostra denso, enquanto a parte interior apresenta uma estrutura porosa (SOYKEABKAEW; THANOMSILP; SUWANTONG, 2015). A produção consiste num processo na qual o amido é gelatinizado formando uma pasta viscosa, a pasta então é submetida a calor e pressão e a água presente na solução evapora levando a expansão da pasta e preenchimento do molde, tomando totalmente o formato do molde, esse processo é mediado por um sistema de expansão por cozimento/assamento (SOYKEABKAEW; SUPAPHOL; RUJIRAVANIT, 2004). Para que se tenha espumas com formato e espessura uniformes, é necessário que haja um controle de temperatura e tempo, geralmente são usadas temperaturas entre 180 – 250 °C e 125 – 300 s (SOYKEABKAEW; THANOMSILP; SUWANTONG, 2015).

Objetivou-se caracterizar resíduo de cascas de pinhão e estudar a sua adição como material de reforço em bandejas termo expandidas de amido de mandioca.

METODOLOGIA

PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

Este estudo foi realizado na Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Campus Laranjeiras do Sul. O resíduo, de casca de pinhão, foi obtido na cidade de Laranjeiras do Sul – PR, assim como o amido de mandioca (polvilho doce), glicerol, estearato de magnésio e a goma guar. A casca de pinhão foi coletada após a cocção e foi seca em estufa com circulação de ar a 50 °C, sendo posteriormente submetida a moagem em moinho de facas tipo WILLEY.

A granulometria da casca de pinhão moída foi determinada com 100g de amostra, submetida a agitação com frequência de 5 hertz por 5 minutos, contendo 5 peneiras com aberturas de (710 µm, 250 µm, 150 µm, 75 µm. O material que passou por todas as peneiras foi considerado como < 75 µm. A aferição da massa retida na peneira determinou a distribuição do tamanho das partículas.

Composição centesimal e lignocelulósica do resíduo

O teor de umidade foi determinado por secagem em estufa a 105 °C até o peso constante. Para a quantificação do teor de cinzas foi aferida a massa da amostra após a incineração em mufla a 550 °C. O teor de lipídios foi determinado através da extração a quente em Soxhlet com solvente éter de petróleo. A determinação de proteína bruta foi por meio do método Kjeldahl na qual é convertido nitrogênio em proteína utilizando o fator 6,25 (AOAC, 2000).

O teor de lignina, celulose e hemicelulose foi terminado conforme descrito por (DRESCH *et al.,* 2022). Iniciou-se com a pesagem de 0,3 g de resíduo e, adição de 3 mL de ácido sulfúrico (72% v/v), sendo mantido em banho termostático a 30 °C por 1 h com homogeneização periódica a cada 5 minutos. Logo após a hidrólise ácida, o analito foi diluído para 4% com 84 mL de água destilada, e em seguida autoclavados a 121 °C e 1,1 bar durante 1h. Por fim, através de filtração a vácuo as fases líquidas e sólidas foram separadas, sendo a fase líquida filtrada novamente em filtros de nylon 0,45 µm e assim quantificando o teor de lignina, celulose e hemicelulose por cromatografia líquida (HPLC).

ELABORAÇÃO DAS BANDEJAS EXPANDIDAS

As bandejas foram produzidas com a homogeneização do amido junto dos demais componentes (Tabela 1).

Tabela 1 - Formulações das bandejas biodegradáveis expandidas

Componentes*	**Formulações**	
	Padrão	**Casca de pinhão**
Amido de mandioca (g)	45,0	38,6
Resíduo (g)	-	6,4
Glicerol (g)	2,4	2,4
Estearato de magnésio(g)	0,8	0,8
Goma guar (g)	0,8	0,8

*Formulação para 100g de sólidos adicionadas de 51 g de água. Fonte: Autoria própria (2023)

A mistura (37,3 g) foi depositada em molde (117 x 64 x 20 mm) pré-aquecido a 180 °C, por minutos para cocção da mistura e evaporação da água. Depois de pronta, a bandeja foi retirada do molde e colocada em temperatura ambiente para esfriar, posteriormente foram armazenadas em local seco e ao abrigo da luz, durante 7 dias para só então serem avaliadas.

CARACTERIZAÇÃO DAS BANDEJAS

O teor de umidade foi determinado por secagem até peso constante em estufa a 105 °C até o peso constante (AOAC, 2000). A atividade de água foi determinada em analisador de atividade de água (LABMASTER – NOVASINA) a 25 °C.

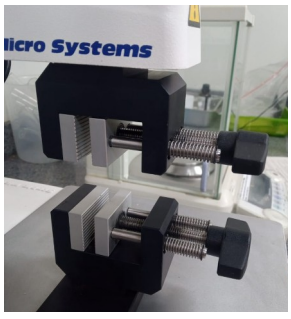
Para as análises de densidade aparente foram utilizados recortes quadrados de 20 mm de largura para a aferição de dimensão, espessura e massa. O cálculo da densidade aparente é feito pela razão entre a massa e o volume dos corpos de prova (equação 1).

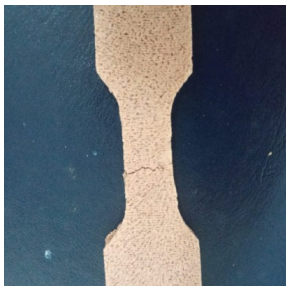
$$Densidade\ (kg/m3) = massa\ (kg)/volume\ (m3) \qquad \text{(Equação 1)}$$

Para as propriedades mecânicas foram elaboradas 20 bandejas de cada formulação, armazenada em dessecador com solução salina saturada de nitrato de magnésio (52% UR) por 48h. Posterior ao processo de aclimatação das bandejas, foram feitos copo de provas sendo 10 destes destinados para o ensaio de tração e 10 para ensaio de flexão.

A cor das bandejas foi determinada utilizando colorímetro (MINOLTA, CR 400, Japão), operando no sistema CIELab, no qual L* – luminosidade (0 corresponde ao preto absoluto e 100 ao branco absoluto), a* (a positivo corresponde ao vermelho e a negativo ao verde), e b* (positivo indica amarelo e quando negativo azul) foram determinados. Para o ensaio de tração foram utilizados corpos de prova, estes eram em formato de gravata com 100 mm de comprimento por 25 mm de largura e 15 mm no meio (Figura 1). Os ensaios foram realizados em texturometro de bancada TA.XT plus (Stable Micro Systems, Surrey, UK), com separação inicial de 70 mm entre as garras, velocidade de ensaio de 1 mm/s conforme a norma D88-218 (ASTM, 2017). O ponto de tensão máximo (Mpa) determinou a resistência a tração por meio da curva de tensão por deformação. O alongamento foi calculado pela diferença entre a distância final no ponto de tração máxima até a ruptura do corpo de prova pela distância inicial. A inclinação linear da curva do gráfico de tensão por deformação determinou o módulo Young ou de elasticidade (Mpa).

Figura 1 – Sistema de fixação do texturometro TA.XT plus e corpo de prova fraturado após ensaio de tração.





Fonte: Autoria própria (2023).

A análise de flexão das bandejas ocorreu conforme a norma ASTM D790-17 (ASTM, 2017). Os corpos de prova para os ensaios foram recortados em formato de retângulo de 25

mm de largura e por 100 mm de comprimento e analisadas pelo método de flexão de três pontos, com separação dos apoios de 45 mm. O ponto de tensão máximo (Mpa) determinou a resistência a flexão através da curva de flexão. A distância final da flexão máxima até a ruptura da bandeja determinou sua de flexão máxima (mm).

As isotermas de sorção foram determinadas pelo método estático através de dessecadores. Nove soluções salinas saturadas foram preparadas para a obtenção de diferentes atividades de água (Tabela 2).

Tabela 2 – Soluções salinas utilizadas nas isotermas e suas respectivas atividades de água.

Soluções salinas saturadas*	**Atividade de água a 25 °C**
Cloreto de lítio	0,111
Cloreto de magnésio	0,325
Nitrato de magnésio	0,524
Iodeto de potássio	0,686
Cloreto de sódio	0,755
Sulfato de amônio	0,807
Cloreto de bário	0,904
Sulfato de potássio	0,976
Água	1,000

Fonte: Autoria própria (2023)

Foram feitos recortes quadrados de 20 mm das bandejas e após a aferição da massa inicial estes foram acondicionadas dentro dos dessecadores contendo as soluções saturadas. Após 21 dias a massa final de cada quadrado foi aferida. Posteriormente, foi utilizado o modelo de GAB para ajustar os dados obtidos para estimar as constantes do modelo (ZHANG e HAN, 2008).

A análise de estatística e variância (ANOVA) foi utilizada para os testes estatísticos dos dados obtidos e por testes Tukey com nível de significância de 5% ($p \leq 5$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

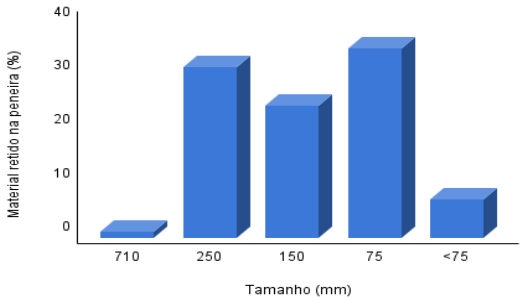
CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE CASCA DE PINHÃO

A casca de pinhão apresentou uma distribuição de tamanho com cerca de 30% das partículas retidas na peneira com malha de 250 mm, aproximadamente 18% das partículas retidas na peneira com malha 150 mm, 27% ficaram retidas na peneira de malha 75 mm cerca de 15 a 20%, apresentaram tamanho menor que 75 mm (Figura 2). O tamanho das partículas tem influência no desempenho do material de reforço. Os materiais lignicelulósicos são amplamente utilizados como material de reforço em embalagens, no qual partículas pequenas são mais eficientes, devido sua elevada razão superfície/volume.

No entanto, materiais particulados com distribuição de tamanho uniforme apresentam melhor desempenho, mesmo quando as partículas possuem dimensões maiores. Esta distribuição de tamanho é desejada para que haja uma dispersão também uniforme e sem aglomerações na matriz o que resulta em materiais compósitos bem estruturados (CASTILLO et al., 2017).

A inclusão de 3-7% (m/m) de partículas menores que 250 µm e partículas padronizadas (diâmetro médio de 51,57 µm) foram eficientes como reforço em matriz de amido e aumentaram a resistência à flexão das espumas de amido. Em concentrações acima de 7%, a resistência à flexão das espumas diminuiu porque houve aglomerações de partículas de reforço na matriz de amido, o que impediu a transferência de tensão (CHAIREH *et al*. 2019). Espumas compósitas de amido reforçadas com engaço de uva apresentaram melhores propriedades mecânicas e resistência à água quando adicionadas de 18,4% de engaços de uva com tamanho de partícula menor que 0,18 mm (ENGEL *et al*., 2019).

Figura 2 – Distribuição do tamanho das partículas de casca de pinhão moídas.



Fonte: Autoria própria (2023)

A casca de pinhão seco apresentou teor de umidade da casca de pinhão foi 5,12 ± 0,38%, de cinzas 1,98 ± 0,36, de lipídeos 5,97 ± 0,85, de proteínas 1,36 ± 0,16. Além disso, o teor de lignina foi de 42,68 ± 1,12%, celulose 26,61 ± 3,58% e hemicelulose 9,45 ± 0,90%. Este resíduo pode ser caracterizado lignocelulósico, pois apresenta grande concentração de lignina e fibras de celulose e hemicelulose além de baixo teor de lipídios e proteínas. Desta forma, a disponibilidade de fibras lignocelulósicas neste resíduo, somada à necessidade de fontes renováveis para a produção embalagens poliméricas, há grande

oportunidade para avanços tecnológicos que utilizam fontes renováveis e ao mesmo tempo, agreguem valor aos co-produtos da agroindústria e, ao mesmo tempo (Silva *et al*., 2009).

CARACTERIZAÇÃO DAS BANDEJAS

A densidade das bandejas foi de158,43 ± 8,63 kg/m^3 e 222,32 ± 12,04 kg/m^3, para as bandejas padrão e reforçadas com casca de pinhão, respectivamente. Na produção de materiais expandidos, baixas densidades são desejadas. O aumento da densidade se deve à presença de material lignocelulósico, proveniente da casca de pinhão. Os materiais lignocelulósicos particulados aumentam a viscosidade da massa de amido, o que suprime a expansão das bolhas de vapor durante o processo de formação de espuma. As espumas de amido resultantes em geral apresentam células menores e densidades mais elevadas (CHAIREH et al., 2020).

Tabela 3 –Luminosidade (L*) e cromaticidade a* e b* das bandejas expandidas de amido e casca de pinhão

Tratamento**	**L***	**a***	**b***
Padrão	81,39 ± 0,50^A	8,82 ± 0,12^A	5,91 ± 0,55^B
Casca de Pinhão	47,91 ± 0,84^B	-0,18 ± 0,12^B	12,86 ± 0,24^A

**Média ± 5 repetições. Letras diferentes na mesma coluna diferenciam-se pelo teste t (p<0,05).

Fonte: Autoria própria (2023)

A resistência à tração das espumas de amido sem adição de casca de pinhão (padrão) foi menor que 1 Mpa (Tabela 4). Essa reduzida resistência está associada ao método de expansão utilizado, no qual não envolve cisalhamento e nem pressão, como em processos de extrusão. A expansão do amido de mandioca ocorre naturalmente, devido ao eu teor de amilose (~17%), que em presença > 40% de umidade e calor promove a gelatinização dos grânulos e consequente expansão. As bandejas reforçadas com casca de pinhão apresentaram redução na resistência à tração em relação à padrão (Tabela 4).

Tabela 4 - Resistência à tração, alongamento máximo e modulo de elasticidade das bandejas expandidas de amido e casca de pinhão

Tratamento*	**Resistencia à tração (Mpa)**	**Alongamento máximo (%)**	**Módulo de elasticidade (Mpa)**
Padrão	0,7630 ± 0,0746^A	0,009 ± 0,0006^B	54,53 ± 6,93^A
Casca de Pinhão	0,5489 ± 0,0522^B	0,017 ± 0,0016^A	43,00 ± 4,74^B

*Média ± 5 repetições. Letras diferentes na mesma coluna diferenciam-se pelo teste t (p<0,05).

Fonte: Autoria própria (2023)

A incorporação de casca de pinhão nas embalagens expandidas de amido melhorou a resistência á flexão das bandejas, mas reduziu a deflexão e a rigidez de flexão (Tabela 5).

O uso de caules de aguapé como material de reforço que melhorou todas as propriedades mecânicas de espumas de amido, quando adicionado de 3% a e 5% em peso. Uma concentração superior a 5% destas partículas produziu a espuma de amido pequena redução nas propriedades mecânicas, especialmente as relacionadas à flexão. A dispersão das partículas de reforço na matriz polimérica é mais uniforme quando em menores concentrações, e resulta em propriedades mecânicas melhoradas (CHAIREH et al., 2020). A flexibilidade é de espumas de EPS é de aproximadamente 0,87MPa (CHAIREH et al., 2020), sendo as espumas de amido com ou sem adição de reforço mais resistentes (Tabela 4) que os produtos comerciais.

Tabela 5 - Resistência à flexão, deflexão máxima e modulo das bandejas expandidas de amido e casca de pinhão

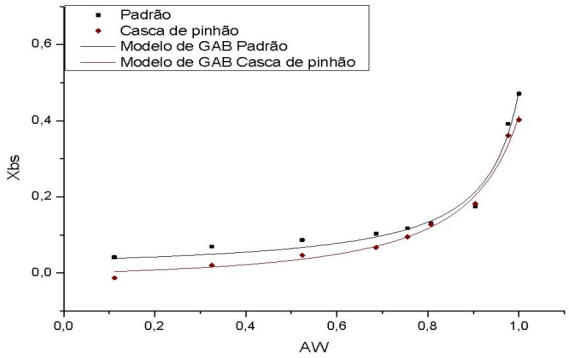
Tratamento*	**Resistencia à flexão (MPa)**	**Deflexão máxima (mm)**	**Rigidez de flexão (N/nmm)**
Padrão	$8,09 \pm 0,84^{B}$	$3,85 \pm 0,38^{A}$	$0,37 \pm 0,04^{A}$
Casca de Pinhão	$13,12 \pm 1,54^{A}$	$1,78 \pm 0,15^{B}$	$0,10 \pm 0,01^{B}$

*Média ± 5 repetições. Letras diferentes na mesma coluna diferenciam-se pelo teste t ($p<0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023)

As curvas das isotermas de sorção das bandejas de amido padrão e com adição de resíduos de casca de pinhão apresentaram correlação superior a 0,95 ($R^2 > 0,95$) para o modelo de GAB (Figura 3).

Figura 3– Isoterma de sorção, bandeja padrão e bandeja casca de pinhão



Fonte: Autoria própria (2023)

Este parâmetro é importante para observar o comportamento das embalagens quando expostas a diferentes condições ambientais, principalmente diferentes umidades

relativas, e assim, identificar prováveis utilizações para este material. O equilíbrio higroscópico foi atingido na atividade de água das bandejas (aw~0,6) (Figura 3) e conteúdo de umidade na monocamada foi 0,034 e 0,035 (g de umidade g^{-1} de massa seca), respectivamente, para a embalagem padrão e para a reforçada com cascas de pinhão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resíduo de cascas de pinhão possui elevado teor de lignina, celulose e hemicelulose sendo eficiente como material de reforço em bandejas termo expandidas de amido para melhorar a resistência a flexão e como corante natura destas embalagens.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) pelo bolsa de iniciação científica (PES-2022-0291).

REFERÊNCIAS

BAJRACHARYA, Rohan M.; BAJWA, Dilpreet S.; BAJWA, Sreekala G. Mechanical properties of polylactic acid composites reinforced with cotton gin waste and flax fibers. **Procedia Engineering**, v. 200, p. 370-376, 2017.

BIDUSKI, B. et al. Impact of acid and oxidative modifications, single or dual, of sorghum starch on biodegradable films**. Food Chemistry**, v. 214, p. 53–60, 2017.

BERGEL, Bruno Felipe et al. Effects of hydrophobized starches on thermoplastic starch foams made from potato starch. **Carbohydrate polymers**, v. 200, p. 106-114, 2018.

CASTILLO, Luciana A. et al. Composites and nanocomposites based on starches. Effect of mineral and organic fillers on processing, structure, and final properties of starch. In: **Starch-Based Materials in Food Packaging**. Academic Press, 2017. p. 125-151.

CHAIREH, Sukaree et al. Preparation of rubber seed shell powder by planetary ball milling and its influence on the properties of starch foam. **Industrial Crops and Products**, v. 135, p. 130-137, 2019.

DRESCH, Aline Perin et al. Different treatments of pearl millet for cellulose recovery: effects on lignocellulosic composition. 2022.

ENGEL, Juliana B.; AMBROSI, Alan; TESSARO, Isabel C. Development of biodegradable starch-based foams incorporated with grape stalks for food packaging. **Carbohydrate Polymers**, v. 225, p. 115234, 2019.

MACHADO, Caroline Martins; BENELLI, Patrícia; TESSARO, Isabel Cristina. **Sesame cake incorporation on cassava starch foams for packaging use**. **Industrial crops and products**, v. 102, p. 115-121, 2017.

MOHANTY, A. K.; MISRA, M.; HINRICHSEN, G. I. Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. **Macromolecular materials and Engineering**, v. 276, n. 1, p. 1-24, 2000.

SOYKEABKAEW, Nattakan; THANOMSILP, Chuleeporn; SUWANTONG, Orawan. A review: Starch-based composite foams. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 78, p. 246-263, 2015.

SILVA, Rafael e cols. Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compostos. **Química Nova**, v. 32, p. 661-671, 2009.

SOYKEABKAEW, Nattakan; SUPAPHOL, Pitt; RUJIRAVANIT, Ratana. Preparation and characterization of jute-and flax-reinforced starch-based composite foams. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, n. 1, p. 53-63, 2004.

STEVENS, W. Bart et al. Improved diffusion methods for nitrogen and 15nitrogen analysis of Kjeldahl digests. **Journal of AOAC International**, v. 83, n. 5, p. 1039-1046, 2000.

TAPIA-BLÁCIDO, Delia Rita et al. Trends and challenges of starch-based foams for use as food packaging and food container. **Trends in Food Science & Technology**, v. 119, p. 257-271, 2022.

ZHANG, Y.; HAN, J. H. Sorption isotherm and plasticization effect of moisture and plasticizers in pea starch film. **Journal of food science**, v. 73, n. 7, p. E313-E324, 2008.

ÁREA 6

CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS

REPRESENTATIVIDADE FEMININA NA REVOLTA DOS POSSEIROS DE 1957 NO SUDOESTE DO PARANÁ

Leandra Francischett[1]

[1]Departamento Acadêmico de Letras
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *Campus* Cascavel
Cascavel – Paraná - Brasil

E-mail: lefrancischett@yahoo.com

Resumo: *A região Sudoeste do Paraná foi marcada por um conflito decorrente da disputa de terras, em 1957, a chamada Revolta dos Posseiros. Trata-se de um levante organizado pelos moradores da região, tanto da cidade quanto do interior, que se uniram pela conquista do título das terras. A princípio, conforme relatos ouvidos pela autora deste artigo, as mulheres também colaboraram na revolta. Portanto, elas não ficaram restritas aos cuidados dos filhos e da casa. Porém, pelos levantamentos realizados até então, pouco se sabe sobre a participação da mulher durante o conflito; isto provoca esta autora a se debruçar na pesquisa sobre o assunto, uma vez que traz à tona a questão de gênero, que tanto necessita ser discutida. Pretende-se dar visibilidade às mulheres sudoestinas, uma vez que se acredita ser possível resgatar a real situação vivida por elas, na ocasião da Revolta dos Posseiros, durante esse processo de luta, para identificar como foi a participação das mulheres, direta ou indiretamente, implícita ou explicitamente, no conflito no Sudoeste do Paraná. O objetivo é investigar, explicitar e dar voz e produzir um registro historiográfico de suas participações durante a Revolta dos Posseiros de 1957, no Sudoeste do Paraná. Discutir sob a ótica e a perspectiva da totalidade é compatível com a análise de gênero sobre as relações sociais de sexo. Esse debate abrangerá a problematização a partir dos estudos de gênero, considerando especificamente a década de 1950.*

Palavras-chave: *Mulheres; Revolta dos Posseiros; Sudoeste do Paraná.*

INTRODUÇÃO

Após o fim da Revolta dos Posseiros, sobreviveu na memória das famílias posseiras a violência cometida pelos jagunços, que haviam se instalado no Sudoeste do Paraná, com a intenção de expulsar os colonos ali residentes. A Revolta dos Posseiros havia alimentado uma disputa política entre os oposicionistas da UDN (União Democrática Nacional), que acusavam o governador Moysés Lupion de compactuar com uma série de crimes contra os posseiros e contra os partidários do PSD (Partido Social Democrático – partido do governador Moysés Lupion). (FILHO, 2013).

A região Sudoeste do Paraná foi marcada por um conflito decorrente da disputa de terras, em 1957. Trata-se de um levante organizado pelos moradores da região, tanto da cidade quanto do interior, que se uniram pela conquista do título das terras. A princípio, conforme relatos ouvidos pela autora deste artigo, as mulheres também colaboraram na revolta. Portanto, elas não ficaram restritas aos cuidados dos filhos e da casa. Porém, pelos levantamentos realizados até então, pouco se sabe sobre a participação delas durante o conflito; isto provocou esta autora a se debruçar na pesquisa sobre o assunto, uma vez que traz à tona a questão de gênero, que tanto necessita ser discutida na academia.

Importante destacar, conforme Serpa (2003), que nos anos 1950, distinções entre os papéis femininos e masculinos continuaram nítidas. A moral sexual diferenciada permanecia e o trabalho da mulher era cercado de preconceitos. Ainda que o Brasil tenha acompanhado as tendências internacionais de modernização e da emancipação feminina, ao final da 2ª Guerra Mundial, o país foi influenciado por campanhas estrangeiras, que incentivaram os valores tradicionais da sociedade, com a mulher no lar, não a estimulando para o mercado de trabalho.

Em 1950, com a industrialização e a urbanização, as condições de vida na cidade diminuíram as diferenças entre homens e mulheres, no campo profissional, mas na região Sudoeste do Paraná a realidade ainda permanecia a mesma. As práticas sociais do namoro, por exemplo, também sofreram modificações, ainda que as distinções entre os papéis femininos e masculinos permanecessem nítidas. “Na prática, a moralidade favorecia as experiências sexuais masculinas enquanto procurava restringir a sexualidade feminina aos parâmetros do casamento convencional”. (SERPA, 2003, p. 609). No geral, a mulher deveria manter-se reclusa aos pais ou ao marido e, desta forma, os avanços pouco aparecem nos registros jornalísticos.

A Revolta dos Posseiros de 1957, no Sudoeste do Paraná, envolveu a luta pela propriedade jurídica da terra. E, apesar do ocorrido ter sido um evento de muita importância para a territorialização regional, pouco se sabe sobre como se deu a participação feminina, pois as mulheres estão invisíveis nos registros históricos e jornalísticos.

A visibilidade das mulheres sudoestinas se dá pelos relatos da real situação vivida por elas, na ocasião da Revolta dos Posseiros, durante esse processo de luta, identificando

como foi a participação das mulheres, direta ou indiretamente, implícita ou explicitamente, no conflito no Sudoeste do Paraná. Outro aspecto é abordar sobre os mecanismos de subordinação feminina, cuja responsabilidade era cuidar da família e do provimento da casa.

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

No estudo sobre as mulheres na Revolta dos Posseiros de 1957, de Kramer e Zanella (1997), primeiro realizado especificamente sobre mulheres, os autores se depararam com a inexistência de registros sobre a participação da mulher, sendo que o artigo, por eles produzido foi uma primeira abordagem sobre o assunto, com dados coletados por meio de entrevistas. Eles constataram que, praticamente, não havia referências, até esta data, quanto à participação das mulheres na Revolta dos Posseiros, a não ser como subordinadas ao marido e passivas. Portanto, uma visão restrita sobre o assunto. Faltam evidências da participação da mulher no processo de luta:

> As poucas citações que aparecem limitam-se a apresentar a mulher numa posição de inferioridade e passividade. Ficou impregnada a mentalidade de que as mulheres, com muito medo, ficaram em casa chorando e rezando. Estaria a participação das mulheres restrita à reza e ao choro? (KRAMER; ZANELLA, 1997, p. 117).

A mulher sudoestina tem, como registro, um passado marcado por forte discriminação. “A cultura machista da sociedade e dos maridos impedia que as mulheres pudessem expressar seus sentimentos e interesses. Nada era permitido a elas, além do trabalho doméstico e da lavoura” (KRAMER; ZANELLA, 1997, p. 125).

Em depoimentos informais a esta jornalista, algumas filhas dos pioneiros da região contam ter conhecimento de que, naquela época, havia em Francisco Beltrão mulheres que usavam calças e dirigiam carros, questões que demonstram fugir dos padrões da época. E, acima de tudo, andavam armadas, ou seja, mesmo sem aparecerem, participaram do conflito, entre elas pode-se citar Manoela Pécoits, esposa de Walter Pécoits, médico, político e líder dos posseiros. De acordo com Pegoraro, I., (2020), Manoela nasceu em 19 de agosto de 1920, no Rio de Janeiro (RJ), e faleceu em 27 de junho de 2009, aos 88 anos, em Francisco Beltrão (PR).

Além do cuidado com os filhos, Manoela auxiliava na administração do hospital, mas não se encontrou registros relevantes sobre este fato na bibliografia pesquisada até então, por isso, a intenção em aprofundar a pesquisa e as análises para que tragam estes fatos à tona, de modo a evidenciar a participação da mulher sudoestina no contexto social beltronense.

O tema não é inédito, mas sua relevância está no enfoque específico da representação das mulheres na Revolta dos Posseiros de 1957. Metodologicamente, por meio de análise bibliográfica, uma reconstituição do cotidiano dos posseiros, com destaque para o dia a dia das mulheres, visando desenvolver um esforço de recuperação da memória social.

METODOLOGIA

Esta investigação considerou a possibilidade de trabalhar com a análise do conteúdo, de Laurence Bardin, como sendo um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens. “Absolve e cauciona o investigador por esta atração pelo escondido, o latente, o não-aparente, o potencial de inédito (do não-dito), retido por qualquer mensagem”. (BARDIN, 2004, p. 9).

De acordo com Bardin (2004), as inferências ou deduções lógicas podem responder a dois tipos de problemas: O que é que conduziu a determinado enunciado? Este aspecto em específico refere-se às causas ou antecedentes da mensagem. O segundo questionamento é: Quais as consequências que um determinado enunciado vai provavelmente provocar? Neste caso, diz respeito aos possíveis efeitos das mensagens.

As mulheres participavam dos interesses coletivos, do modo como lutaram para fazer valer esses interesses e de como se integraram no processo político. A cobertura jornalística contribuiu para a percepção da participação das mulheres. Na pré-análise, fez-se a escolha dos documentos analisados, a formulação do objetivo e a elaboração de indicadores que fundamentaram a interpretação final. Na sequência, as escolhas dos documentos tidos em conta foram submetidos aos procedimentos analíticos e exploração do material e tratamento dos resultados e interpretações.

A unidade de registro foi o tema mulher na cobertura jornalística sobre a Revolta dos Posseiros de 1957, bem como nas entrevistas enquanto a unidade de contexto serve de unidade de compreensão para codificar a unidade de registro e corresponde ao segmento da

mensagem, cujas dimensões são ótimas para que se possa compreender a significação da unidade de registro.

A investigação foi feita a coleta e junção de referenciais bibliográficos, jornalísticos e de documentos para compor o corpus sobre o fenômeno da pesquisa para a análise, com o levantamento das famílias com os sujeitos da investigação (familiares de mulheres que viveram o evento da Revolta).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A disputa travada entre posseiros e agentes das companhias colonizadoras contou com o apoio das mulheres, embora esse fator passe despercebido, até por uma questão de gênero. Um incremento importante para a metodologia da pesquisa e obtenção dos resultados que ela pode atingir é buscar na história oral das mulheres que viveram àquele período (ou filhas das mulheres), com o relato da sua atuação. Em análise da revista O Cruzeiro, dos meses de março e maio de 1956 a 1960, por Francischett (2007), percebeu-se a preocupação da revista em atingir as mulheres como potencial público consumidor.

Visando atingir ainda mais o público feminino, O Cruzeiro criou seções específicas para as mulheres. Em geral, as fotos tinham destaque na matéria, principalmente em caso de cobertura de bailes de carnaval e de concursos de Miss. A análise dessas imagens mostra o ideal de beleza consagrado pela imprensa, ou seja, mulheres brancas, loiras e com corpo volumoso. Nos exemplares observados, percebeu-se a preocupação em manter o corpo esbelto, mas nada em exagero (FRANCISCHETT, 2007, p. 69).

É possível confirmar que as fotos têm prioridade sobre o texto em praticamente toda a revista. Ainda que a mulher se faça presente na revista, são relativamente poucas as matérias que tratam de fatos protagonizados por elas. Há um predomínio das questões da beleza feminina em detrimento de um conteúdo mais informativo sobre a realidade da época. A revista procurou apresentar uma nova mulher, uma imagem que não representava a realidade feminina brasileira, porque divulgava as mulheres das camadas sociais mais elevadas, ou seja, a minoria (FRANCISCHETT, 2007, p. 78).

Assim como a mulher não aparece enquanto sujeito da história nos registros sobre a Revolta dos Posseiros. Entre os trabalhos científicos pesquisados, em um breve estado da

arte, o primeiro a tratar desta temática é de autoria Kramer e Zanella (1997), que tem como título "A participação da mulher na Revolta dos Posseiros", publicado na Revista Faz Ciência, e nele fica explícita a necessidade de continuidade das pesquisas.

Conforme Vorpagel (2008), o conflito foi desencadeado por vários fatores, a iniciar pela falta de titulação das terras. O governo federal, através da CANGO, implantou na região projeto de colonização e incentivou gaúchos e catarinenses para povoá-la. A companhia colonizadora CITLA, formada por particulares, igualmente instalou-se na área na condição de herdeira das glebas, resultado de longo processo judicial envolvendo o poder público e empreendedores particulares. O conflito pela posse da terra estendeu-se pelos atuais municípios de Capanema, Dois Vizinhos, Francisco Beltrão, Pato Branco, Pranchita, Santo Antonio do Sudoeste, Verê e foi concluído com a vitória dos posseiros, que tiveram suas posses regularizadas e tituladas a partir de 1962 (VORPAGEL, 2008, p. 1).

A princípio, conforme os relatos ouvidos por esta autora, as mulheres também colaboraram na Revolta. Porém, pelos levantamentos realizados até então, pouco se sabe sobre a mulher, uma vez que os registros não contemplam esta temática, tão importante social e historicamente. A revista O Cruzeiro é importante para analisar como eram as divulgações das mulheres e sobre elas naquele período e quais as suas representações. Além disso, abril de 1957 é tido como um mês histórico para O Cruzeiro, já que pela primeira vez uma revista brasileira cruzava as fronteiras nacionais para circular nos países da América Espanhola, com periodicidade quinzenal. A revista, na época, foi a de maior circulação no Brasil; um dos veículos que apresenta a cobertura da Revolta dos Posseiros, que aconteceu neste mesmo ano: 1957.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Paraná, a maioria das terras das regiões Oeste e Sudoeste encontravam-se nessa situação. A Constituição republicana de 1891 transferiu a propriedade legal e o controle político das terras devolutas para os Estados. Essa mudança favoreceu a concessão de terras para companhias privadas e para o capital particular, circunstância que marcou o início da luta legal pela terra no Brasil. No processo de modernização econômica, desenvolvido nos primeiros anos da República, muitas terras devolutas foram utilizadas como forma de

pagamento a empresas privadas, responsáveis pela construção de ferrovias. Foi exatamente isso que ocorreu no Sudoeste do Paraná. A titulação desenfreada do território, com suas consequentes disputas judiciais, fez com que as terras da região possuíssem vários 'donos': União, Estado, companhias particulares e o posseiro. (PRIORI, A., et al., 2012, p. 144).

No caso dos colonos do Sudoeste do Paraná essa resistência, num primeiro momento, era reivindicatória. A expectativa que os colonos tinham da ação do Governo centrava-se em medidas concretas e eficazes que viessem a ser favoráveis aos seus interesses, como o fechamento dos escritórios das companhias de terras e a expulsão dos jagunços. No entanto, com o agravamento da luta pela terra na região, o esboço de uma consciência política entre esses colonos passou a oscilar entre a expectativa histórico-paternalista do Governo Estadual e a descoberta progressiva do envolvimento deste com os grupos econômicos recebedores das terras (COLNAGHI, 1984, p. 126).

Jagunços eram pessoas contratadas pelas companhias para executar suas ordens. De acordo com Silva, A. (2010), as companhias passaram a agir de forma a intimidar os colonos, pois contavam com o apoio do governo estadual, por meio das instituições administrativas da Justiça e Segurança. Os colonos eram intimidados e forçados a assinar o compromisso de compra e venda das terras que haviam sido dadas no período de colonização e ocupação do território paranaense. A maioria destes colonos não concordava em assinar, então os jagunços passaram a usar métodos extremamente violentos.

Colnaghi (1984) destaca que os colonos de Pato Branco e de Francisco Beltrão se prepararam para o que seria a batalha decisiva. Através das emissoras de rádio dessas duas cidades, eram denunciadas as ações das companhias e convocados os colonos para a Revolta. "Em Francisco Beltrão, por exemplo, essa convocação deu-se de forma camuflada, através de senhas e palavras de ordem" (COLNAGHI, 1984, p. 152).

Segundo Colnaghi (1984), em 12 de outubro de 1957, Dr. Walter Pecóits foi nomeado como novo Delegado Regional de Polícia de Francisco Beltrão e não se falava mais em intervenção federal e os colonos voltaram para suas casas satisfeitos. Em 22 de outubro, cerca de trezentos soldados da Polícia Militar chegaram inesperadamente em Francisco Beltrão e ocuparam o Grupo Escolar, para alojamento dos soldados. O comércio fechou suas portas, temeroso de um choque entre o Exército e a Polícia Militar.

A cidade ficou novamente tomada de colonos e a indignação pelo não cumprimento das promessas feitas pelo governo tomou conta de todos. O Exército, porém, mandou evacuar a cidade e, do lado oposto do Rio Marrecas, pôs-se em posição de combate, metralhadoras instaladas e tudo o mais. Diante do impasse organizou-se uma reunião, na qual o Dr. Rubens Martins — Delegado de Polícia destituído pelos colonos, que voltara à cidade juntamente com a tropa da Polícia Militar — em nome do Governo Estadual propôs: 1º - Dr. Walter está destituído como delegado; 2º - Eu não assumo; 3º - Vem um oficial de alta patente como delegado especial; 4º - o governo promete anistia. A comissão de colonos, depois de exigir que um oficial da Polícia Militar confirmasse a proposta em nome do governo, aceitou-a. Aí, o exército desmobilizou seu pessoal e os colonos retornaram a seus afazeres. A confrontação havida entre o Exército — representante dos interesses federais — e a Polícia Militar — representante dos interesses estaduais — evidencia não só uma ruptura no interior do aparelho repressivo de Estado, como também uma crise hegemônica entre facções da classe dirigente-dominante, no caso o PSD nacional e o PSD paranaense (COLNAGHI, 1984, p. 173 e 174).

Conforme Priori A., et al. (2012), o conflito em si não foi muito extenso temporalmente, concentrando-se apenas no mês de outubro de 1957. Contudo, podemos dizer que foi resultado das experiências coletivamente vividas pelos posseiros do Sudoeste que, diante dos abusos sofridos, uniram-se para lutar contra o inimigo comum: as companhias de terra. Quando esse inimigo comum deixou de existir, ou seja, quando os escritórios das empresas colonizadoras foram fechados e seus documentos destruídos, a luta tornou-se dispensável (PRIORI, A., et al., 2012, p. 155).

E onde estão as mulheres? Em geral, os registros sobre a participação das mulheres, nas pesquisas realizadas, referem-se à violência que elas sofreram pelos jagunços, mas fica implícita sua participação no conflito. Silva, M. (2013) reforça que os crimes, na região, eram constantes, mas dificilmente ocorriam mortes por assaltos ou roubos, a violência era geralmente motivada por ataques à honra da família, ou seja, estupros e agressões às mulheres e crianças.

Algumas famílias foram expulsas de suas casas; ranchos e galpões eram queimados; animais eram mortos; plantações, destruídas e nem mesmo crianças e mulheres escapavam

dos espancamentos. Quando o posseiro acuado assinava o compromisso de compra da terra, recebia como recibo um pedaço de papel qualquer sem timbre ou carimbo, assinado apenas pelos próprios jagunços, que não constava nem mesmo o seu nome legítimo, usando somente o apelido: Maringá, Chapéu de Couro, Quarenta e quatro (SILVA, A., 2010, p. 34).

Silva, A. (2010) acrescenta que a barbárie vivida na época envolvia a todos, porque a violência generalizada não poupava crianças e mulheres, sendo que não existiam leis que impedissem os jagunços de violentar tantas pessoas. A violência, em especial o espancamento das crianças pelos jagunços, desencadeou a Revolta em Pato Branco, que foi responsável, também, pela eclosão do movimento de Francisco Beltrão.

Independentemente da denominação de posseiros ou colonos, de acordo com Silva, A. (2010), os homens e as mulheres que viveram a Revolta de 1957 foram exemplos vivos de vozes antes não audíveis, por serem dissonantes de um discurso oficial.

No Sudoeste do Paraná, como outras regiões do estado, expressou-se como contraponto ao discurso oficial da década de 1950. Por um lado, vozes que constituíram o imaginário de uma nação de progressista, por outro, vozes fortes, que mesmo inaudíveis para lideranças políticas e militares, foram gradativamente atendidas. Em artigo publicado no Jornal de Beltrão online, em 24 de março de 2006, o pesquisador Hermógenes Lazier destacou dois fatos significativos que aconteceram neste mês no processo de ocupação do Sudoeste: em março de 1961, o presidente Jânio Quadros desapropriou cerca de 500 mil hectares de terra, medida necessária para atender às reivindicações de mais de 50 mil posseiros. E no dia 19 de março de 1962, João Goulart criou o GETSOP, organismo destinado a transformar os posseiros em proprietários. São duas datas que merecem destaque no contexto da revolta de 57 (SILVA, A., 2010, p. 43).

Naquele período, algumas atividades eram prioritariamente das mulheres, como cuidados com as crianças, provimento da alimentação, higiene da casa, trato dos animais e limpeza dos arredores da casa, caracterizando dupla jornada, pois elas também contribuíam como trabalho na roça. Além disso, elas também tiveram papel determinante na Revolta, embora a historiografia deixe passar em branco suas contribuições, um dos fatores que demonstra a relevância na continuidade da pesquisa.

REFERÊNCIAS

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Tradução Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. 3ª ed. Lisboa: Edições 70, 2004.

COLNAGHI, Maria Cristina. *Colonos e Poder. A luta pela terra no Sudoeste do Paraná.* Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em História do Brasil, concentração História Social. Universidade Federal do Paraná, 1984.

FRANCISCHETT, Leandra. *Representações das Mulheres na revista O Cruzeiro através das fotografias no período de 1956 a 1960.* Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em História Social da Universidade Federal Fluminense/ Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, 2007.

FILHO, Roberto Pocai. *Entre anônimos, armados e rebeldes: os elementos da História Social na Revolta dos Posseiros de 1957.* In. Revista Mundos do Trabalho. vol. 5. n. 10. julho-dezembro de 2013. pp. 107-124.

KRAMER, Silvia Ana; ZANELLA, José Luiz. *A participação da mulher na Revolta dos Posseiros.* Revista Faz Ciência. V. 1. N. 1, Francisco Beltrão, pp. 115-120, 1997.

PEGORARO, Ivo Antônio. *Há 11 anos, falecia Manoela Pécoits.* Jornal de Beltrão, 27 de junho de 2020. Acesso em 30 de maio de 2021: https://www.jornaldebeltrao.com.br/noticia/298195/ha-11-anos-falecia-manoela-pecoits

PRIORI, Angelo, et al. *História do Paraná: séculos XIX e XX* [online]. Maringá: Eduem, 2012. A revoltados posseiros de 1957 no Sudoeste do Paraná. pp. 143-158.

SERPA, Leoní. *A máscara da modernidade e a mulher em O Cruzeiro: 1928-1945*. Passo Fundo, Universidade de Passo Fundo, 2003.

SILVA, Anita Izabel de Mello da. *A posse da terra e os lugares de memória: Francisco Beltrão 1969-2007*. Dissertação apresentada para obtenção de título de mestre em História, da Universidade Federal do Paraná, 2010.

SILVA, Moacir Motta da. *Ontem, confrontos e conflitos; hoje, monumentos: o levante dos posseiros de 1957 e seus monumentos na fronteira Sudoeste do Paraná.* Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em História, pela Universidade de Passo Fundo, 2013.

VORPAGEL, Edvino Knäsel. *A revolta dos posseiros no Sudoeste do Paraná em 1957.* Trabalho desenvolvido para disciplina de História do Núcleo Regional de Educação de Maringá. Maringá, 2008, pp. 1-17.

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL: RELAÇÕES TEÓRICO-CONCEITUAIS

Ana Paula Silva de Carvalho Seciliano MOREIRA[1], Barbara Giovana Lorini GIARETTA[1], Nathalia Contini PIAIA[1], Paula Regina ZARELLI[2]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Humanidades
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: anapaulamoreira@alunos.utfpr.edu.br, bgiaretta@alunos.utfpr.edu.br, nathaliapiaia@alunos.utfpr.edu.br, przarelli@utfpr.edu.br

Resumo: *O desenvolvimento econômico aumenta de forma descontrolada, sem que haja preocupações de onde vem os recursos a serem utilizados. O Desenvolvimento Sustentável (DS), vem sendo estudado para que os problemas gerados pela crescente economia sejam minimizados, e para isso é importante conhecer as vulnerabilidades enfrentadas pelo país, que são abordadas pelo Índice de vulnerabilidade social (IVS). Por meio de pesquisa essencialmente teórica e abordagem qualitativa, o estudo objetiva analisar a relação teórico-conceitual dos indicadores do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e suas influências no Desenvolvimento Sustentável (DS) no Brasil. Como principais resultados, verificou-se que a partir dos parâmetros de vulnerabilidade, é possível entender onde e como agir, para que se tenha um pleno desenvolvimento sustentável, sem que se percam os recursos que são limitados e finitos.*

Palavras-chave: *Desenvolvimento sustentável; Índice de Vulnerabilidade Social; Objetivos de desenvolvimento sustentável; ODS.*

INTRODUÇÃO

Atualmente, o crescimento econômico tem aumentado de forma descontrolada e com isso não se tem uma preocupação de onde vem os recursos e que eles são finitos. Deste modo, é importante entender o que está acontecendo e então planejar ações para que esses recursos naturais não acabem (WWF, 2023).

O Desenvolvimento Sustentável (DS), está presente quando se visa qualidade em vez de quantidade, redução do uso de matérias-primas e produtos, aumento da reutilização e reciclagem, e, consequentemente, no cuidado com o meio ambiente. O termo Desenvolvimento Sustentável (DS) foi citado pela primeira vez em 1987, pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas (ONU), e desde então começou-se a se preocupar com os recursos, mas de forma pacífica, tendo maior relevância quando percebeu-se que os recursos estão acabando (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1987).

O desenvolvimento descontrolado, acaba acarretando vulnerabilidade social, por má distribuição de renda e escassez de recursos. Desta forma, em 2015, como complementação do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), surgiu o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) que elencou a situação de vulnerabilidade do país. O IVS é formado por dezesseis indicadores que são divididos em três subíndices: Infraestrutura Urbana, representando três indicadores; Capital Humano, representando oito indicadores; e Renda e Trabalho, representando cinco indicadores. Os quais avaliam abertamente situações que referenciam cada subitem. Avaliado de 0,000 a 1,000, sendo que os valores mais próximos a 1,000 indicam um maior índice de vulnerabilidade social (IPEA, 2015).

Logo, estudar e compreender os fatores que interferem no Desenvolvimento Sustentável do país, é importante para que medidas de políticas públicas e implementação de iniciativas de geração de trabalho e renda sejam adotadas. A fim de minimizar os índices de vulnerabilidade social, com foco em uma sociedade economicamente mais equilibrada, aumento do desenvolvimento humano, diminuição da desigualdade social e melhoria do meio ambiente (BRASIL, 2014).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a relação teórico-conceitual dos indicadores do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e suas influências no Desenvolvimento Sustentável (DS) no Brasil.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Índice de Vulnerabilidade Social – IVS

O tema vulnerabilidade social não é um termo novo, abrange dimensões tanto de âmbito de saúde, ambiental como econômico. A emergência desse tema surgiu nos anos 90, uma vez que, antes disso, a análise era sobre setores desprovidos da sociedade, e não sobre determinantes que pautavam o empobrecimento. A importância da análise do Índice de Vulnerabilidade Social é vasta, uma vez que consegue abranger e sinalizar a insuficiência ou ausência de alguns fatores entre meio a sociedade, os quais deveriam estar à disposição do indivíduo. (MONTEIRO, 2011).

Para o autor, dentre os subíndices que constituem o IVS, tem-se a infraestrutura urbana, o capital humano e a renda e trabalho. O índice infraestrutura urbana é capaz de avaliar a qualidade e a necessidade de serviços como acesso a serviços básicos (disponibilidade de água potável, energia elétrica, dentre outros), mobilidade urbana (avaliando a acessibilidade e qualidade do acesso da sociedade à transporte público) e espaços de lazer.

O segundo índice, capital humano, irá dimensionar as condições de acesso à educação, indicando taxas de escolarização, analfabetismo e de abandono escolar; e de saúde onde analisa-se a disponibilidade aos serviços de saúde.

Por último, o subíndice renda e trabalho trata-se de uma dimensão socioeconômica, onde irá avaliar a renda média, a distribuição e a desigualdade de renda, assim como condições de trabalho, oportunidades e taxa de desemprego.

Desenvolvimento Sustentável – DS

As movimentações que visavam a busca de um modelo de desenvolvimento sustentável, foram iniciadas na década de 70, especificamente na Conferência de Estocolmo e já nesse momento, se via a necessidade de discussões que levassem a mudanças comportamentais para que a convivência com o planeta seja sustentável e que vise a preservação para o futuro (REIS, 2022). Apesar de posições conflitantes e de interesses nem sempre direcionados ao todo, é visível o crescimento da conscientização sobre o que pode ser feito para que haja cada vez menos interferências humanas nos sistemas naturais, de forma que ocorra a diminuição desse desequilíbrio ambiental.

Esse desenvolvimento precisa contribuir para que os problemas atuais sejam superados como também que possam garantir a sobrevivência para futuras gerações. Para o

autor, é necessário que haja proteção e manutenção dos sistemas naturais. Os objetivos de sustentabilidade só serão eficazes se houver trabalho efetivo em diversas frentes, tanto em âmbito global, quanto global com a reestruturação de sistemas produtivos e utilização consciente de recursos naturais.

Em setembro de 2015, na Assembleia Geral das Nações Unidas, foi firmada a Agenda 2030 da ONU, que se caracteriza por um pacto global onde foram estabelecidos dezessete objetivos de desenvolvimentos sustentáveis (ODS) a serem alcançados até 2030. A Agenda engloba erradicação da pobreza, fome zero e agricultura sustentável, saúde e bem-estar, educação de qualidade, igualdade de gênero, água potável e saneamento, energia acessível e limpa, trabalho decente e crescimento econômico, indústria, inovação e infraestrutura, redução de desigualdades, cidades e comunidades sustentáveis, consumo e produção responsáveis, ação contra a mudança global, vida na água, vida terrestre, paz, justiça e instituições eficazes e parcerias e meios de implementação.

Sanchs (2015) afirma que as três dimensões do tripé do desenvolvimento sustentável (social, econômica e ambiental) são essenciais quando são observadas pela ótica da realidade socioeconômica e ambiental dos tempos atuais. Pode-se observar que apesar das disparidades sociais, a população ainda almeja estabelecer uma posição na economia e melhoria de suas condições. O conceito de vulnerabilidade está totalmente interligado ao desenvolvimento sustentável, já que pessoas em condições mais vulneráveis estão mais suscetíveis aos problemas ambientais como falta de saneamento básico e competitividade no setor econômico. Sem acesso à educação de qualidade, condições higiênico-sanitárias e serviços básicos, não será possível uma melhor qualidade de vida e bem-estar social que viabilizaram a saída de um quadro de pobreza.

METODOLOGIA

Como metodologia, utilizou-se o método teórico-conceitual, com a realização de análise da bibliografia obtida por revisão exploratória de literatura, associada a fontes oficiais do IVS e do DS, a fim de estruturar os resultados do artigo. Para as amostras de artigos selecionados, optou-se pela base de dados *Scielo* com as palavras-chave: desenvolvimento sustentável, índice de vulnerabilidade social, objetivos de

desenvolvimento sustentável, ODS. A partir da busca exploratória, foram selecionados artigos que melhor se aproximassem da proposta de análise, com aplicação de leitura integral, tendo em vista que os resultados foram limitados sobre a existência de artigos com a relação proposta. Com relação aos critérios de exclusão, foram descartados artigos que não se encaixavam com os temas ou fossem de áreas do conhecimento muito distintas, por exemplo, área da saúde. Assim, os resultados e discussão demonstram, a partir dos autores Martine e Alves (2015), Campello e Lima (2021) e Cavalcanti (1994), a análise prescrita na metodologia. Desta forma, a investigação configura-se a partir de uma abordagem qualitativa de análise. Quanto à estrutura, o presente estudo estabeleceu-se sobre dois grandes tópicos, o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e suas influências sobre o Desenvolvimento Sustentável (DS).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados

Os resultados obtidos estão expressos no quadro a seguir, onde indica-se os estudos utilizados na pesquisa para análise da relação dos temas, conforme objetivo.

Quadro 1 – Estudos que relacionam o IVS e o DS.

Desenvolvimento Sustentável (SANCHS, 2015)	Índice de Vulnerabilidade Social (IPEA, 2023)	Estudos Relacionados
Econômico	Renda e Trabalho	Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade? Autores: George Martine, José Eustáquio Diniz Alves (2015).
Social	Capital Humano	Relação entre o tripé do desenvolvimento sustentável e as dimensões dos direitos humanos na Agenda 2030. Autores: Lívia Gaigher Bósio Campello, Rafaela de Deus Lima (2021).
Ambiental	Infraestrutura urbana	Desenvolvimento e natureza: Estudos para uma sociedade sustentável. Autores: Clóvis Cavalcanti (1994).

Fonte: Autoria própria (2023).

Discussão

Os estudos apontam uma interdependência dos fatores social, econômico e ambiental para alcançar o desenvolvimento sustentável. A relação entre o tripé do DS e o IVS começa a partir do momento em que se entende que fatores socioeconômicos, ambientais e culturais afetam e são afetados pela vulnerabilidade social. Então, para uma baixa taxa de vulnerabilidade social, é preciso que o tripé seja alcançado, com equidade social e preservação de recursos naturais.

Nesta ótica, tendo em vista o pilar econômico e o subíndice de renda e trabalho (IVS), Martine e Alves (2015) argumentam que a economia é importante para o crescimento capitalista e socialista, sendo que as demandas humanas são infinitas e ilimitadas, onde todos os trabalhadores querem crescimento em seus salários e os empresários crescimento dos seus resultados. A partir disso, se tem um impasse, porque os recursos são finitos e limitados, não sendo capazes de atender a demanda mundial, e o crescimento econômico acontece de forma desigual. Para que o equilíbrio seja alcançado, é necessário a estruturação de políticas públicas para diminuição da pobreza e da desigualdade social, deste modo, entre e dentro dos países, para que a economia comece a crescer de forma igualitária, com impacto econômico sustentável.

De acordo com Marks (2005), a abordagem dos direitos humanos, ao priorizar as pessoas, promove um desenvolvimento centrado no ser humano, reconhecendo a dignidade inerente de cada indivíduo, independentemente de qualquer distinção, e fomentando, assim, a igualdade. Campello e Lima (2021) analisam a interação entre os desafios apresentados pela Agenda 2030 e os princípios fundamentais do desenvolvimento sustentável. Os autores concluem que essa relação reflete valores essenciais, como liberdade, igualdade e solidariedade, que formam a base dos direitos humanos, congruentes com os indicadores de capital humano do IVS. Esses valores são indispensáveis para promover uma agenda de desenvolvimento viável, que integra fatores econômicos, sociais e ambientais, com o objetivo de alcançar as metas propostas pela Agenda. Portanto, abordar os direitos humanos com foco nas pessoas é fundamental para impulsionar um desenvolvimento inclusivo, respeitando a dignidade de todos os seres humanos e promovendo a igualdade, prevista para a melhoria do IVS.

A partir da visão de Cavalcanti (1994), o desenvolvimento não é de todo modo sustentável, o que implica na redução dos indicadores de infraestrutura urbana do IVS. Um exemplo dado pelo autor é o do desenvolvimento sustentável praticado pelos índios, cujos objetivos eram para sua própria sobrevivência, em contradição à população atual, a qual deseja lucro imediato a todo custo. O esgotamento de recursos pode ser resultado de melhorias econômicas, isto é, crescente expansão de áreas urbanas através do uso de recursos não renováveis.

Tais recursos ambientais ficam cada vez mais escassos devido ao seu uso exacerbado, isso faz com que a ideia de que haja recursos para as futuras gerações sem que sejam satisfeitas as vontades da sociedade presente seja extinguida. Desta forma, a reflexão sobre os aspectos ambientais do DS precisa ser expandida em conjunto com a melhoria dos indicadores de infraestrutura urbana do IVS.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo objetivou identificar relações teórico-conceituais entre o IVS e o desenvolvimento sustentável. Considerou-se trabalhos que abordassem os dois temas a fim de atingir o objetivo do estudo.

Verificou-se que os estudos eleitos possuem relação com os indicadores renda e trabalho, capital humano e infraestrutura urbana do IVS, uma vez que as discussões foram relacionadas aos pilares econômico, social e ambiental do desenvolvimento sustentável com vistas à redução de desigualdades, pobreza e esgotamento dos recursos naturais.

A análise permitiu identificar que a constante discussão dos pilares do DS, realizada de forma conjunta com os indicadores do IVS, pode otimizar a aplicação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em diversas realidades, tanto no cenário regional quanto global, previstas nas agendas globais.

Por fim, estudos futuros que investiguem a relação apresentada em contextos organizacionais, como indústrias, cooperativas, dentre outras organizações, são recomendados. Sugerem-se também estudos que incluam os objetivos de desenvolvimento sustentável - ODS como ponto de partida para a análise da relação com o IVS.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Portaria nº 21, de 22 de janeiro de 2014. *Manual de Instruções do Trabalho Social nos Programas e Ações do Ministério das Cidades***.** Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/Portarias/2014/portaria_21_2014_trabalho_social.pdf Acesso em: 27 de maio de 2023.

CAMPELO, Livia Gaigher Bósio; LIMA, Rafaela de Deus. *Relação entre o tripé do desenvolvimento sustentável e as dimensões dos direitos humanos na agenda 2030*. Revista Argumentum -RA, ISSN 2359-6889, Marília/SP, v. 22, n. 3, p. 1027-1045, set. -dez. 2021.Disponível em: http://ojs.unimar.br/index.php/revistaargumentum/article/view/1656/0. Acesso em: 13 de junho de 2023.

CAVALCANTI, Clovis (Org.) André Furtado, Andri Stahel, Antônio Ribeiro, Armando Mendes, Celso Sekiguchi, Clóvis Cavalcanti, Dália Maimon, Darrell Posey, Elson Pires, Franz Brüseke, Geraldo Rohde, Guilherme Mammana, Héctor Leis, Henri Acselrad, Josemar Medeiros, José Luis D'Amato, Maria Lúcia Leonardi, Maurício Tolmasquim, Oswaldo Sevá Filho, Paula Stroh, Paulo Freire, Peter May, Regina Diniz, Antônio Rocha Magalhães. *Desenvolvimento e natureza: Estudos para uma sociedade sustentável.* INPSO/FUNDAJ, Instituto de Pesquisas Sociais, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério de Educação, Governo Federal, Recife, Brasil. Outubro, 1994. p. 262. Disponível em: http://168.96.200.17/ar/libros/brasil/pesqui/cavalcanti.rtf. Acesso em: 13 de junho de 2023.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. *Relatório Brundtland.* 1987. Disponível em: https://ambiente.wordpress.com/2011/03/22/relatrio-brundtland-a-verso-original/ . Acesso em: 13 de junho de 2023.

IPEA. *Atlas da Vulnerabilidade Social nos municípios e regiões metropolitanas* brasileiras. 2015. Disponível em: http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/sobre . Acesso em: 27 de maio de 2023.

MARKS, Stephen P. *The Human Rights Framework for Development: Seven Approaches*. In: SENGUPTA, Arjun; NEGI, Archna; BASU, Moushumi. Reflections on the Right to Development. New Delhi: Sage Publications, 2005. Disponível em:

https://www.semanticscholar.org/paper/The-Human-Rights-Framework-for-Development%3A-Seven-Marks/623dc6da4e8534550748a294ab0577f25a600ec3. Acesso em: 13 de junho de 2023.

MARTINE, George; ALVES, José Eustáquio Diniz. *Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade.* R. bras. Est. Pop., Rio de Janeiro, v.32, n.3, p.433-460, set. /Dez. 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbepop/a/pXt5ZtxqShgBKDJVTDjfWRn/?lang=pt Acesso em: 13 de junho de 2023.

ONU BRASIL. *Agenda 2030*. 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel. Acesso em: 13 de junho de 2023.

REIS, Lineu Belico. *Energia e infraestrutura para o desenvolvimento sustentável.* 3ª edição, São Paulo, Editora Manole, 2019. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788520456828/pageid/17 . Acesso em: 13 de junho de 2023.

SANCHS, Jeffrey D. *The Age of Sustainable Development*. New York: Columbia University Press, 2015. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/542300506/The-Age-of-Sustainable-Development-Jeffrey-D-Sachs?utm_medium=cpc&utm_source=google_search&utm_campaign=3Q_Google_DSA_NB_RoW&utm_term=&utm_device=c&gclid=CjwKCAjwp6CkBhB_EiwAlQVyxea6jEbwUAkFePC4rBcN8POCgMbiQh5OtdCtrN2Z_3H9T-ysr_pCvhoC-cMQAvD_BwE. Acesso em: 13 de junho de 2023.

WWF, *O que é preciso fazer para alcançar o desenvolvimento sustentável?* Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/. Acesso em: 27 de maio de 2023.

ÁREA 7

CIÊNCIAS HUMANAS

GUERRA DO CONTESTADO: UMA PROPOSTA DE JOGO DIGITAL PARA O ENSINO DE HISTÓRIA

Rafael Lucas KRUGER[1], Leonardo Pillati DAL PUPPO[1], Marcos Mincov TENORIO[1], José Lúcio da Silva MACHADO[2]

[1]Departamento Acadêmico de Informática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Humanidades
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: rafaelkruger.2001@alunos.utfpr.edu.br, leonardop.2018@alunos.utfpr.edu.br, marcostenorio@utfpr.edu.br, josemachado@utfpr.edu.br

Resumo: *O ensino de história tem como base a aquisição cumulativa de informação e o ordenamento de acontecimentos históricos, porém as novas gerações de estudantes têm dificuldades com a aprendizagem destes conceitos pois estão muito distantes do seu mundo, quase que inteiramente digital. Para isto, este trabalho traz uma proposta de um jogo digital que aborda a temática histórica da Guerra do Contestado, visando apresentar-se como um facilitador para aprendizagem. Para isto, este trabalho dedicou-se a conhecer profundamente aspectos históricos relacionados a Guerra do Contestado, estudando o tema sob diversos ângulos e conhecendo personagens, cenários visuais, contextos econômicos e sociais. A partir desta pesquisa bibliográfica estabelece-se a proposta de um jogo educacional seguindo procedimentos técnicos recomendados na literatura. Como resultados tem-se o ideário acerca da guerra do contestado e a possibilidade de inserção deste ambiente em um jogo educacional 3D. Espera-se que a proposta deste jogo possa fornecer uma perspectiva acurada do conflito histórico sendo uma ferramenta importante para as novas gerações entrarem em contato com um fato histórico importante para a região paranaense.*

Palavras-chave: *Guerra do Contestado; Ensino de História; Jogo 3D; Jogo educacional.*

INTRODUÇÃO

A história da humanidade é permeada por diversos acontecimentos que alteram nações e grupos étnicos. O cenário brasileiro foi palco de diversos conflitos, como a Guerra dos Palmares, a Guerra dos Mascates, a Guerra do Paraguai, entre outras. Na história do Paraná e de Santa Catarina a Guerra do Contestado, objeto de nosso interesse, ocorreu de 1912 a 1916 na região sul do Brasil, especificamente na divisa entre os estados. Tratava-se de um importante conflito que recebeu esse nome devido à “disputa” de dois estados pela

propriedade do território, rico em erva-mate e madeira (AFONSO, 1994). Esses eventos históricos são ensinados nas aulas de história do ensino médio no estado do Paraná.

Caimi (2006) aponta que o ensino de História é baseado na aquisição cumulativa de informações e ordenação de eventos históricos, porém, a nova geração de alunos que vive cercada por aparatos tecnológicos e está constantemente conectada a informações midiáticas no computador, Internet, videogames e celulares (PRENSKY, 2013) tendem a não considerar as aulas de História envolventes quando são ministradas no método tradicional. Isso pode fazer com que os alunos tenham dificuldade em encontrar relevância e não consigam vincular o assunto às situações do cotidiano (SEFFNER, 2018).

Por outro lado, vários investigadores têm se dedicado a provar o valor dos jogos digitais, uma nova fonte de informação mediática que pode ser utilizada para desenvolver o conhecimento acadêmico (GEE, 2007; PRENSKY, 2013). Prensky (2006) também afirma que as crianças podem aprender de forma mais positiva usando videogames e sugere que a cultura escolar tradicional de estilo expositivo e testes padronizados de hoje não está mais preparando adequadamente os alunos para enfrentar a mudança global.

Portanto, a abordagem de um jogo digital nas aulas de História pode enriquecer todo o processo de ensino e aprendizagem, principalmente no ensino fundamental, criando um ambiente no qual eventos históricos importantes podem ser abordados e ensinados com métodos inovadores e permitindo um processo de aprendizagem significativo. Com base na importância histórica da Guerra do Contestado, e sob a ótica do ensino por meio de jogos digitais, este trabalho propõe o enredo de um jogo educacional 3D abordando a Guerra do Contestado nas esferas social, econômica e religiosa.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atualmente, vários pesquisadores sugerem que os jogos sérios são ferramentas eficazes para fins educacionais, criando experiências de aprendizagem relevantes, motivando os alunos e mudando seu comportamento (RITTERFELD, 2009). Devido ao avanço da tecnologia e ao aprimoramento de *hardware* e *software*, é possível o desenvolvimento de diversas categorias de jogos, em que cada categoria tem seu próprio

motivador de entretenimento, melhorando as emoções, a imaginação, a inteligência e as habilidades motoras do jogador (MAYER, 2019).

Schuytema (2008) sugere que os jogos digitais são atividades lúdicas formadas por ações e decisões, visando uma condição final, sendo limitado por um conjunto de regras e um universo. Ao se referir aos Jogos Educativos, Gros (2003) afirma que eles precisam ter objetivos de aprendizagem bem definidos, visando ensinar ou desenvolver a capacidade cognitiva e intelectual dos jogadores por meio de estratégias e habilidades.

Diversos jogos sérios de sucesso já apresentam também uma versão educacional para permitir que os jogadores desenvolvam habilidades de colaboração, comunicação, pensamento sistêmico e resolução de problemas. Assim, podem ser utilizados como uma ferramenta poderosa de aprendizagem que fornece o acesso a conteúdo de inúmeros temas por meio de representações visuais, enquanto o jogador pode se divertir (RITTERFELD, 2009).

É importante compreender como os jogos digitais, sejam eles comerciais ou educativos, podem oferecer um impacto positivo no ensino e aprendizagem podendo promover reflexões sobre as interfaces entre Ciência, Arte e Humanidades (ALVES, 2020). No entanto, para construir esses jogos, Battaiola (2000) sugere que precisamos considerar três partes: enredo, motor e interface interativa. O enredo define o tema, os objetivos do jogo e os eventos que se desenrolam à medida que a história avança. O motor do jogo é um controlador, criando reações de acordo com as ações e decisões do jogador, resultando em mudanças na interface. Finalmente, a interface interativa liga o jogador e o motor de jogo, onde o jogador fornece a entrada e o motor de jogo fornece a saída.

Desta forma, entender os objetivos de aprendizagem e criar um enredo interessante é tão importante para o desenvolvimento do jogo quanto a tecnologia envolvida. O presente trabalho então debruça-se sobre os acontecimentos da Guerra do Contestado uma vez que pretende construir um enredo pelo qual o jogo terá de ser desenvolvido.

METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é propor o enredo de um jogo digital 3D acerca da Guerra do Contestado favorecendo uma nova abordagem no ensino de história. Para atingir o

objetivo proposto, tornou-se necessário definir alguns encaminhamentos metodológicos que viabilizaram a realização da pesquisa conforme Figura 1. Inicialmente, esta pesquisa buscou conhecer aspectos históricos relacionados à Guerra do Contestado, pretendendo utilizar-se destes assuntos para construir o enredo. Desta forma ela é considerada aplicada e exploratória assumindo uma característica de pesquisa bibliográfica (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Figura 1 – Fases para o desenvolvimento da pesquisa

Fonte: Autoria própria (2023)

Em uma pesquisa bibliográfica as informações são recolhidas a partir de várias fontes (livros, artigos, páginas web, publicações nas redes sociais) seguindo os seguintes passos: Escolha do tema; Levantamento bibliográfico preliminar; Formulação de problema; Plano de ação; Pesquisa de fontes; Leitura; Filtragem; Organização lógica; Escrita (PRODANOV; FREITAS, 2013). O problema de pesquisa bibliográfica foi estabelecido para fornecer a localização correta do ponto de vista histórico: Qual é o contexto histórico e social da Guerra do Contestado e quais são os personagens e cenários visuais mais importantes?

As seguintes etapas conduziram à identificação das fontes: filtragem por confiabilidade científica e leitura do material. Por fim, ordenou-se os fatos históricos a fim de identificar o contexto social e histórico, os personagens principais e os aspectos visuais.

A segunda fase desta pesquisa foi direcionada à proposta do jogo utilizando-se do processo de desenvolvimento de jogos de Novak: Conceito; Pré-produção; Protótipo; Produção; Pós-Produção (NOVAK, 2010). Este artigo aborda a etapa de Conceito, criando assim o enredo do jogo, direcionado ao público, identificando os objetivos do jogo, o papel do jogador e a experiência de jogo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Guerra do Contestado leva esse nome pois deu-se na divisa dos estados do Paraná e Santa Catarina (Figura 2), local disputado pelos dois estados e rico em erva-mate e madeira. O combate estendeu-se por 4 anos, tendo começado em outubro de 1912 e terminado em agosto de 1916, ocasionando a morte de cerca de 20 mil pessoas, cerca de um terço da população local.

A guerra ocorreu em um território de 28 mil quilômetros quadrados. Os estados de Santa Catarina e Paraná disputavam os limites do território não demarcado oficialmente (AFONSO, 1994). A subsistência da população estava ligada à caça, pesca, coleta de frutos silvestres, manutenção de pequenas plantações, extração de erva-mate e criação de animais. A maioria desses habitantes não possuía nenhuma documentação fundiária, tendo sua propriedade consolidada ao longo das gerações. Porém, com a Lei de Terras de 1850, os chamados "coronéis" passaram a regularizar grandes extensões de terra em seu nome, adquirindo a posse legal. Permitindo então que os camponeses vivessem em suas terras em troca de mão de obra (VALENTINI; RADIN, 2012).

Em paralelo, ao final do século XIX, inicia-se a expansão das ferrovias pelo país e tem-se um projeto de construção de uma ferrovia partindo de Itararé (SP) até Santa Maria da Boca do Monte (RS). Esta ferrovia era a EFSPRG (Figura 2).

Figura 2 – Inauguração do primeiro trecho da EFSPRG em Dezembro de 1899

Fonte: (DERENGOSKI, 1987)

Com os coronéis agora donos das propriedades, a construção da ferrovia se torna interessante pela valorização de suas propriedades. Assim, começaram a vender suas terras

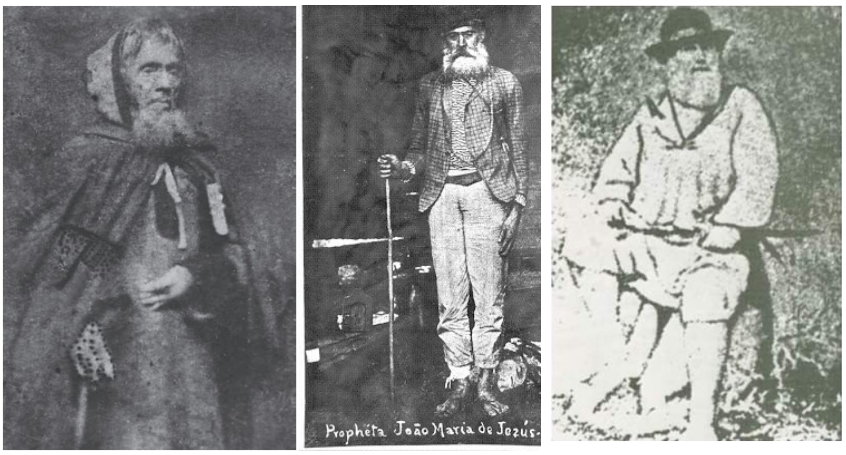
para as empresas responsáveis pela construção da ferrovia (DERENGOSKI, 1987). As empresas, tendo como uma das principais a BRC, agora proprietárias legais das terras, começaram a expulsar várias famílias de camponeses que viviam na região. Os camponeses tentaram resistir, porém, sem sucesso, dados à repressão violenta do corpo de segurança da BRC (VALENTINI; RADIN, 2012).

Não havendo resultado efetivo dos protestos, a ferrovia foi construída com aproximadamente 8.000 trabalhadores envolvidos, a maioria camponeses e moradores das proximidades. A BRC conseguiu cumprir o prazo da área do Contestado no final de 1910 e as desapropriações de terras totalizaram cerca de 6.000 Km² (RUBIM, 2023). Essa gigantesca concessão de terras foi um dos principais motivos que levaram a população cabocla a se sentir insegura e desconfiada do governo. Ao final da obra, a BRC demitiu milhares de trabalhadores resultando em um enorme contingente de desempregados. Alguns dos antigos trabalhadores se mudaram e outros acabaram se juntando aos caboclos locais, aumentando o número de grupos rebeldes (ESPIG, 2012). Logo a região pertencente à BRC começou a ser desmatada pela madeireira Lumber, subsidiária da BRC, em 1911. Toda a madeira extraída era beneficiada e posteriormente exportada, utilizando a ferrovia EFSPRG.

Anteriormente a estes acontecimentos, em 1838 um monge chamado João Maria de Agostini chega ao Brasil. O monge eremita benzedeiro e curandeiro viajou pelo sul do país divulgando seus ideais e o conhecimento de métodos de cura alternativos (KARSBURG, 2014). Ele previu que seria sucedido por outros monges. Sua profecia se cumpriu e outro monge chamado João Maria de Jesus apareceu usando os mesmos métodos de cura de Agostini caminhando pelo sul do Brasil até seu desaparecimento (entre 1900 e 1908) tão misterioso quanto seu surgimento. Já em 1911, em meio uma revolta local, surge o terceiro monge, José Maria de Santo Agostini, afirmando ser irmão de João Agostini. Segundo informações da polícia, seu nome verdadeiro era Miguel Lucena de Boa Ventura, ex-militar, soldado desertor condenado por estupro. Com a mesma habilidade de cura que os outros, porém organizava grupos e reunia seguidores leais. A maioria de seus seguidores eram agricultores expulsos de suas terras e ex-funcionários da BRC (TOTA, 1983). Possuía ideais rebeldes antirrepublicanos e por isso começou a ser perseguido e continuava se mudando entre cidades catarinenses. Os moradores locais geralmente o procuravam em busca de curas,

orações e ajuda, aumentando seus seguidores. Logo as forças policiais tomaram conhecimento de "pessoas armadas" em torno do monge e de seus ideais rebeldes.

Figura 3 – João Maria de Agostini, João Maria de Jesus e José Maria de Santo Agostini.



Fonte: (KARSBURG, 2014), (RUBIM, 2023).

Em 1912, as forças policiais enviaram uma carta a José Agostini, na cidade de Irani-SC, a qual convidava-o para ir até o acampamento deles para esclarecer o objetivo da reunião de pessoas armadas ao seu redor. Sem ter a resposta desejada do monge, os militares se aproximaram de Irani e a guarda do monge disparou contra eles. Os militares invadiram Irani e os caboclos reagiram, atacando os militares com revólveres, facões e outras armas de mão. Os rebeldes saíram vitoriosos, no entanto, a vitória custou a vida de seu líder José Agostini, assim como a vida do comandante da tropa militar, coronel João Gualberto Gomes Sá Filho. A batalha de Irani é considerada o estopim da Guerra do Contestado. A partir desse momento, eclodiram vários conflitos entre os chamados rebeldes (peões, fazendeiros e ex-funcionários da BRC) e os militares (Força do Estado do Paraná, latifundiários e pessoal da BRC).

No final de 1913, os rebeldes começaram a criar as chamadas "Cidades Santas", que se tornaram importantes redutos. Uma dessas cidades é Taquaruçu, que atingiu cerca de 3.000 habitantes. Os caboclos defendiam uma espécie de “Monarquia Celeste” e acreditavam que a República brasileira (estabelecida em 1889) era controlada pelos grandes coronéis e empresas. Em 1914, outro grande ataque militar aconteceu, desta vez em Taquaruçu, onde os rebeldes se defenderam e obtiveram a segunda vitória. Posteriormente, Taquaruçu foi palco de outro importante conflito armado. Neste, no entanto, os rebeldes sob a liderança de

Maria Rosa foram derrotados e o conflito ficou conhecido como massacre de Taquaruçu (AFONSO, 1994; BENTO, 2013).

Nos anos seguintes houve outros conflitos, sob nova liderança. Adeodato Manoel Ramos, o último líder caboclo na guerra, liderou vários conflitos resultando em algumas vitórias e severas derrotas. No final de 1915, os conflitos quase deixaram de existir, os rebeldes já não se concentravam como antes, e Adeodato assumiu que estavam a perder a guerra. Adeodato foi preso em 1916 sob pena máxima, tentou escapar sete anos depois e foi morto (BENTO, 2013; TOTA, 1983).

A partir de todos estes resultados encontrados no levantamento bibliográfico a pesquisa agora direciona a atenção à elaboração da proposta do jogo Guerra do Contestado. Inicialmente é construído o Game Design Document (GDD) que é usado para orientar a criação do jogo definindo a direção e a visão do jogo.

Tema: O jogo se passa entre 1889 e 1916 e abrange eventos sociais, econômicos e religiosos que levaram à Guerra do Contestado.

Contexto: As causas centrais da guerra e seus resultados, tal como: a) gigantesca desapropriação de aproximadamente 6.000km² de terras para a construção da Estrada de Ferro do Contestado provocou uma insurreição de fazendeiros locais; b) uma desconfiança generalizada no governo, provocada por várias intervenções nocivas, criou alguns movimentos messiânicos liderados principalmente pelo Monge José Agostino; c) Os conflitos entre rebeldes e forças policiais e seus resultados.

Descrição: O jogo retrata a Guerra do Contestado inserindo o jogador como um caboclo local no cenário social e econômico que motivou a guerra. O jogador interage com o ambiente à medida que eventos e personagens importantes são apresentados. O jogador também enfrenta algumas das batalhas e lida com as consequências da guerra.

Principais características: O jogo é uma alternativa às aulas de história tradicionalistas predominantes voltadas para alunos do ensino fundamental e médio e aborda o conteúdo por meio de missões, cutscenes, interações e batalhas. O roteiro do jogo é seu principal diferencial por inserir o jogador em uma aventura.

O objetivo do roteiro é definir onde o jogador se situa, desde a construção da ferrovia na região do Contestado, os protestos que envolveram essa construção, o desemprego dos

trabalhadores com a finalização da construção da ferrovia, a madeireira realizando desmatamento, a chegada do Monge, o conflito em que o Monge e o Coronel foram mortos. O roteiro inicial apresenta o enredo do jogo (Tabela 1).

Tabela 1 – Roteiro inicial do jogo

Evento	Introdução	Empresa BRC	Expropriação	O monge	O conflito
Objetivo	Faça com que o jogador se localize dentro da região do Contestado e evolua a sua terra	Faça o jogador descobrir a BRC e seus propósitos	Faça o jogador descobrir os eventos de expulsão da terra.	Faça o jogador se juntar às forças do Monge.	Faça o jogador defender o Monge das forças policiais.
Ações do Jogador	-Verifique o cenário envolto na região como: Agricultura, pecuária e extração de madeira; -Evolua alguns aspectos de sua casa.	-Descubra a rota ferroviária; -Aceite o trabalho na BRC; -Veja o protesto e entenda o desalojamento dos caboclos no traçado da ferrovia.	-Seja demitido ao final do contrato de trabalho; -Descubra a exploração de madeira da Lumber; -Seja forçado a sair de sua propriedade por causa do desmatamento.	-Recomece em um lugar diferente; -Fique doente; -Procure o monge para uma cura; -Ouça os ideais do Monge.	-Lute contra as forças policiais; -Ganhe a batalha; -Participe do funeral do Monge; -Junte-se oficialmente às forças rebeldes.

Fonte: Autoria própria (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os jogos educativos tornaram-se uma ferramenta importante nas escolas, pois permitem que os alunos adquiram conhecimento enquanto jogam em um ambiente imersivo. As aulas de história geralmente são vistas pelos alunos como aulas informativas nas quais eles apenas memorizam informações e eventos históricos. A dificuldade dos alunos em encontrar relevância e estabelecer uma relação entre as aulas de história e suas interações no dia a dia motivou este trabalho. Acredita-se que os jogos educativos de história podem ser utilizados como uma alternativa para fomentar o aprendizado em um mundo digital.

Para tanto, este artigo propõe um jogo acerca da Guerra do Contestado. Este trabalho direcionou os esforços no estabelecimento de uma pesquisa bibliográfica visando identificar diversos aspectos visuais, econômicos e sociais visando propor um jogo digital com uma experiência agradável e envolvente para os jogadores.

A partir desta pesquisa foi possível entender diversos aspectos acerca da guerra do contestado e propor um jogo a partir de seu conceito a fim de permitir que escolas de ensino médio o utilizem em suas aulas de história. O objetivo desta proposta é preencher uma lacuna no campo do ensino de história, fornecendo uma maneira digital e imersiva de aprendizado.

REFERÊNCIAS

AFONSO, E. J. O Contestado - Guerras e Revoluções Brasileiras. *[s.l.]* Ática, 1994.
ALVES, D. F. S.; SILVA, J. F. M. Jogos digitais: uma revisão sobre definições, fundamentos e aplicações no ensino de ciências. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, Foz do Iguaçu, v. 4, n. 1, p. 80-94, jan./jul., 2020.
BATTAIOLA, A. L. Jogos por computador–histórico, relevância tecnológica e mercadológica, tendências e técnicas de implementação. *In:* XIX Jornada de Atualização em Informática, SBC, v. 2, p. 83–122, 2000.
BENTO, C. C. M. A Revolta Do Contestado (1912-1916) Nas Memórias E Nos Ensinamentos Militares De Seu Pacificador. p. 232, 2013.
CAIMI, F. E. Por que os alunos (não) aprendem História? Reflexões sobre ensino, aprendizagem e formação de professores de História. *Tempo*, v. 11, p. 17–32, jun. 2006.
DERENGOSKI, P. R. Os Rebeldes do Contestado. *[s.l.] Tchê*, 1987.
ESPIG, M. J. A construção da Linha Sul da Estrada de Ferro São Paulo - Rio Grande (1908-1910): mão de obra e migrações. *Varia Historia*, v. 28, p. 849–869, dez. 2012.
GEE, J. P. What Video Games Have to Teach Us about Learning and Literacy. Second Edition. *[s.l.] Palgrave MacMillan Trade*, 2007.
GROS, B. The impact of digital games in education. *First Monday*, v. 8, 2003.
KARSBURG, A. A Trajetória de um Eremita Peregrino na América Católica do Século XIX. *Debates do NER*, p. 17–71, 20 ago. 2014.
MAYER, R. E. Computer Games in Education. *Annual Review of Psychology*, v. 70, n. 1, p. 531–549, 2019.
NOVAK, J. *Desenvolvimento de Games*. 1ed. *[s.l.]* Cengage CTP, 2010.
PRENSKY, M. Our Brains Extended. *Technology-Rich Learning*, v.70, n.6, p.22–27. 2013
PRENSKY, M. *Don't Bother Me Mom-I'm Learning*! 1ed. Paragon House, 2006.
PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico* - 2ed. *[s.l.]* Editora Feevale, 2013.
RITTERFELD, U. *et. al*. *Serious Games: Mechanisms and Effects*. Routledge, 2009.
RUBIM, S. Contestado: A Guerra Desconhecida. Disponível http://contestadoaguerradesconhecida.blogspot.com. Acesso em: fev. 2023
SEFFNER, F. *Aprender e ensinar história: como jogar com isso?* Editora da UFRGS,2018
SCHUYTEMA, P. *Design de games: Uma abordagem prática.* 1ed. *[s.l.]* Cengage Learning, 2008.
TOTA, A. P. *Contestado: A Guerra do Novo Mundo.* [s.l.] Brasiliense, 1983
VALENTINI, D. J.; RADIN, J. C. A Guerra do Contestado e a expansão da colonização. *Esboços: histórias em contextos globais*, v. 19, n. 28, p. 127–150, dez. 2012.

A IMPORTÂNCIA DO ENSINO DE HISTÓRIA E CULTURA AFRO-BRASILEIRA E INDÍGENA

Jeferson Dariva SINGER, José Lúcio da Silva MACHADO[2]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental e Sanitária
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Humanidades
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: jefersonsinger@alunos.utfpr.edu.br, josemachado@utfpr.edu.br

Resumo: *O ensino do conteúdo sobre História e Cultura Afro-brasileira passou a ser obrigatório nas instituições de ensino no Brasil, apenas em 2003 através da Lei 10.639, complementada em 2008 pela Lei 11.645, que inclui nesse processo, a História dos povos Indígenas. Mesmo quando implantado, teve muitas barreiras, tais como a falta de professores capacitados que pudessem repassar os conteúdos com propriedade, a falta de materiais ou formação continuada específica. A falta de suporte adequado, reflete nas dificuldades para superar questões básicas para a sociedade brasileira, como o reconhecimento da relação inerente que existe entre ser brasileiro(a) e se compreender como descendentes de povos indígenas e africanos, para além da referência social europeia, apropriada mais por conveniências ideológicas, nem sempre claras, do que pela realidade histórica e social que nos cerca. Com isso, também sobrevive e em muitos casos ganha espaço para se fortalecer, o preconceito, que pode ser comprovado no cotidiano, no desconhecimento e desinteresse por questões políticas que envolvem esses temas, mesmo dentro de uma Universidade. Levantar alguns aspectos sobre essas questões no ambiente universitário é o objetivo deste trabalho, elaborado a partir de uma atividade proposta na disciplina de História e Cultura Afro-brasileira e Indígena, através da qual, elaboramos um questionário sobre o que as pessoas sabem sobre os Povos Indígenas, aplicado ao público interno de alunos e servidores. Como resultado, foi possível perceber que as defasagens apresentadas pelos estudos recentes sobre a aplicação da lei, estão presentes no espaço da Universidade.*

Palavras-chave: *Educação; Indígenas; Cultura; Etnias do Brasil.*

INTRODUÇÃO

De acordo com estudos recentes, as principais lacunas identificadas nos processos de formação inicial e continuada dos professores são, dentre outros: a falta de conhecimento sobre a história e cultura afro-brasileira e indígena; falta de formação específica para o ensino

desses conteúdos; falta de materiais didáticos adequados; e falta de tempo para preparação das aulas.

Da mesma forma, os principais desafios para a inclusão do ensino sobre cultura indígena na educação incluem a falta de formação dos professores, a falta de materiais didáticos adequados e a falta de tempo para preparação das aulas. Soma-se a isso, uma resistência por parte de alguns professores, pais e alunos em relação a compreensão do sentido de estudar enquanto disciplina curricular, a cultura indígena.

Com base nessas questões, é que realizamos um levantamento junto aos alunos e servidores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) campus Francisco Beltrão, sobre o que as pessoas sabem sobre os Povos Indígenas, provocados com o título: O que você sabe sobre os Índios? para sondar a própria relação que o público apresenta sobre o termo Índio e se há um movimento crítico de questionar o porquê do uso deste termo e não indígenas ou Povos Indígenas. Propomos isso, considerando que o público, tanto de alunos quanto de professores, já percorreu parcial ou integralmente currículos escolares após a Lei 11.645/08, seja na educação básica, graduação ou pós-graduação.

Essa ação surge como proposta de avaliação formativa da disciplina História e Cultura Afro-brasileira e Indígena onde os alunos divididos em grupos deveriam pensar a realização de intervenções visuais, audiovisuais ou de abordagem direta ao público do campus durante o mês de abril. Após conversa com a turma foi proposto um tema para cada grupo e ficou a cargo dos seus integrantes desenvolver um plano de ação com estratégias de como aquele tema seria levado a público através das formas de intervenção visual, audiovisual ou de abordagem direta.

A partir disso, o grupo responsável por questionar as pessoas sobre o que elas sabem sobre os povos indígenas, desenvolveu uma ação através de um formulário simples, colhendo dados importantes, ainda que superficiais, sobre aspectos da relação entre educação e formação de consciência social e política em relação às questões indígenas no Brasil.

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

A Constituição Federal de 1988 adotou o princípio de igualdade, em que todos os indivíduos virtualmente possuem igualdade de possibilidades perante a Lei. Em seu Artigo

1º estabelece que o Brasil tem como fundamento a soberania, a cidadania, a dignidade da pessoa humana e o pluralismo político. Esses, ainda são princípios que regem a autodeterminação dos povos a não intervenção, defesa da paz, repúdio ao racismo e cooperação para progresso da humanidade, incluídos em seu artigo 4º (BRASIL, 1988).

Esses elementos que caracterizam a constituição como cidadã, são instituídos a partir de importantes movimentos sociais que mobilizam-se para serem vistos naquele contexto político. No conjunto de grupos socialmente à margem das políticas de Estado, também se encontravam e ainda se encontram, os Povos Indígenas, que se mobilizam cada vez mais, para atuar no cenário político nacional.

A Lei 10.639 foi sancionada em 2003, quinze anos após a promulgação da Constituição, e institui o ensino da História e Cultura Afro-brasileira e africana nos currículos escolares. Já a Lei 11.645 de 2008 vem como um complemento, ao acrescentar o ensino da História e Cultura dos povos indígenas. Ambas alteram a Lei 9.394 de 1996 que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional (LDB/LDBEN). Essa mudança promovida por essas leis, são consideradas um marco na educação brasileira, pois tornou obrigatório o Ensino de História e Cultura Africana, Afro-brasileira e Indígena, num currículo centralizado no estudo da História e Cultura da Europa, além de colocar o Dia da Consciência Negra como data prevista no calendário escolar (BRASIL, 1996).

Ainda, a Lei 11.645/08 também estabelece que o conteúdo programático incluirá diversos aspectos da história e da cultura que formam o patrimônio indígena brasileiro, como a diversidade étnica e cultural, os direitos sociais e humanos e a preservação ambiental. O que apresenta uma dificuldade ímpar na sua execução, tanto pela falta de um movimento político que facilite este processo, quanto pela descriminação estrutural. A falta de conhecimento de história afro-brasileira e indígena somada a cultura colonialista brasileira são grandes obstáculos a serem ultrapassados para a promoção da vida e cidadania de todos os povos (BRASIL, 2008).

Recentemente, tem aumentado a visibilidade sobre as questões políticas que envolvem os povos indígenas, muito devido às suas mobilizações sociopolíticas e difusão de suas lutas pelas redes sociais. Contudo, a organização destes povos em busca dos seus direitos, tem longa trajetória no contexto histórico e político brasileiro, contudo,

historicamente tratados como questão marginal, próprio de um Estado política e estruturalmente organizado em torno de latifundiários, financiadores de campanhas e mantenedores de bancadas que defendem politicamente esses interesses. A questão se modifica parcialmente, mas com atos extremamente relevantes, especialmente com o acesso ao parlamento através de deputados indígenas eleitos para o congresso federal na década de 1980. A própria Lei 11.645/2008 que determina a inclusão da disciplina de história e cultura indígena nas escolas, é resultado dessa mobilização (SILVA & COSTA, 2018).

A falta do ensino de História e cultura indígena nas escolas, historicamente culminou na formação de várias gerações que ignoram a relação entre sua própria história e a história de seu país, com a História dos Povos Indígenas, refletindo diretamente no cenário político e educacional do Brasil. Fator que não contribui para o fortalecimento dessa mudança na educação e reflete sobre a falta de profissionais capacitados para o ensino desta disciplina, e para o processo de estereotipação dessas etnias, como se fossem todos iguais aos da região amazônica ou aos descritos em romances antigos e nos primeiros anos da História do Brasil. Por este motivo a Lei 11.645/2008 torna obrigatório que seja inserido na educação básica, disciplinas de história e cultura indígenas em suas ementas (WITTMANN, 2015).

De acordo com uma pesquisa realizada nas secretarias municipais de educação, menos de 30% delas aplicam medidas consistentes em cumprimento à Lei. Constata-se morosidade no cumprimento da Lei 10.639/03 que foi promulgada há mais de vinte anos. De acordo com esta Lei o ensino de história e cultura afro-brasileira e indígena é obrigatório em todo Brasil (ALANA, 2023).

Trazer o ensino de história e cultura indígena para dentro das instituições de ensino é fundamental para a promoção da interculturalidade, ou seja, a compreensão de que existem pluralidades tanto entre as etnias quanto entre elas e os outros povos. A troca entre os diferentes, bem como a apreciação de suas culturas gera um diálogo que é fundamental para combater o preconceito e a discriminação, oportunizando a construção de uma sociedade mais justa e igualitária (SILVA & COSTA, 2018).

METODOLOGIA

Para execução do presente trabalho elaborou-se um questionário online utilizando a pergunta “o que você sabe sobre os índios?”, a grafia da palavra “índio” de forma coloquial,

como já assinalamos anteriormente, fez parte do contexto avaliativo. Na elaboração das questões levou-se em consideração a defasagem do ensino da disciplina de história e cultura afro-brasileira e indígena ao longo do tempo, portanto a faixa etária do público se torna pertinente para os resultados.

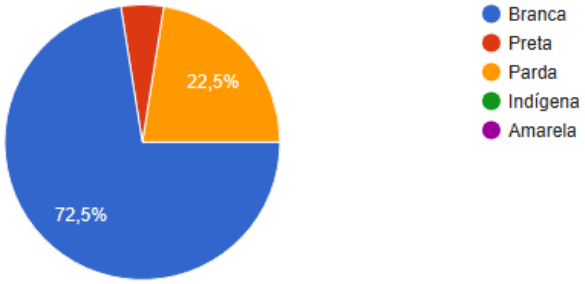
O Campus Universitário Federal foi selecionado como exemplar para aplicação do questionário, alguns fatores foram determinantes, tais como a presença de diferentes gerações com diferentes formações. Pode-se identificar, através das respostas de cada faixa etária, as lacunas deixadas pela falta da disciplina de história e cultura afro-brasileira e indígena ao longo do tempo.

Foram considerados três grupos de respostas: discentes, docentes e comunidade externa, as faixas etárias, e modalidade educacional: pública ou privada, também possuem grau de relevância para discussões dos resultados. O questionário foi enviado em ampla disseminação através de um E-mail institucional e o período coincidiu com a semana de eventos alusivos aos povos indígenas. As análises se fazem sobre os gráficos gerados a partir das respostas obtidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obtivemos 50 respostas ao formulário já no primeiro dia, o total de respostas em uma semana foi de 80. Deste total verificou-se que apenas alunos e servidores responderam, perfazendo um total de 33,80% servidores e 66,20% alunos, o que demonstra que houve grande engajamento por parte deste grupo ao tema proposto.

Figura 1 - Autodeclaração de cor.



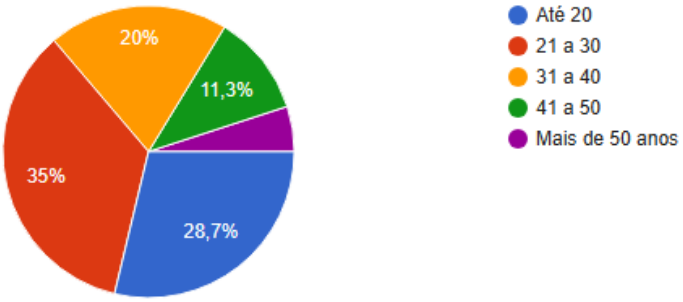
Fonte: Autoria própria (2023)

Do total de respostas para a pergunta “você se declara?” nenhuma pessoa se autodeclarou indígena, fato curioso devido à localização do Campus na mesma região do

estado onde se encontra a reserva indígena. Observando a Figura 01 percebe-se que 72,50% se declararam brancos, 22,50% pardos e 5% negros.

Com relação à faixa etária, esta resposta tem grande relevância, já que a Lei 11.645 data do ano de 2008, pois é possível observar que 28,70% das respostas estão compreendidas na faixa etária até 20 anos, onde se enquadram, em sua maioria, discentes dos cursos de graduação e mestrado. O público compreendido entre 31 e 50 anos ou mais obteve-se um percentual de respostas de 36,30%, conforme Figura 02.

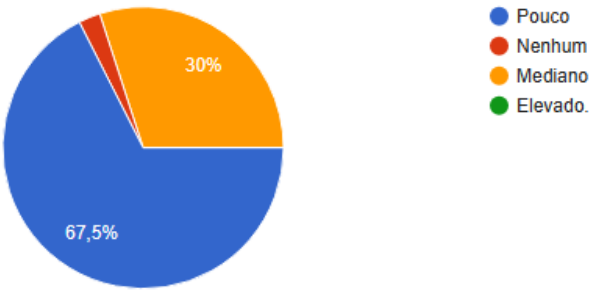
Figura 2 - Faixa etária.



Fonte: Autoria própria (2023)

Traçando um comparativo entre a Figura 02 e a Figura 03, observa-se que 67,50% declara ter pouco conhecimento sobre o assunto. Tal constatação nos leva a pensar que a data da promulgação da Lei foi durante o período em que alguns deles já estavam cursando ensino fundamental e médio e outros ingressaram logo em seguida. Esta maioria pode ser explicada pelas deficiências do ensino da disciplina em específico, mesmo após a obrigatoriedade definida pela Lei.

Figura 3 - Nível de conhecimento sobre os indígenas.

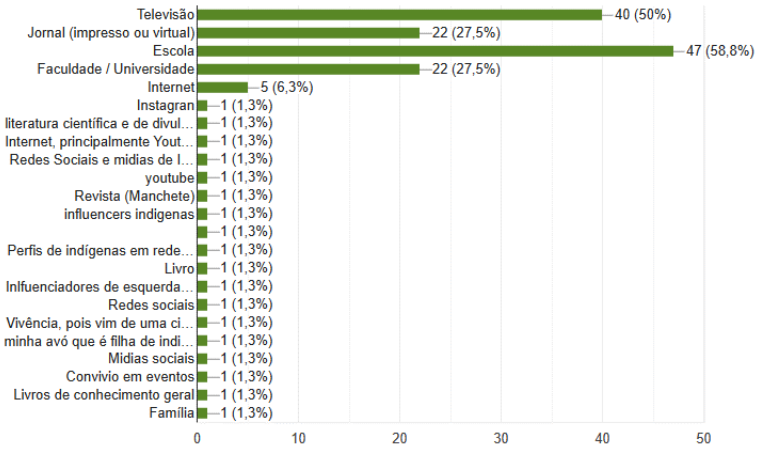


Fonte: Autoria própria (2023)

Ainda analisando o resultado obtido na Figura 03 é possível observar que 30% das respostas identificam que o conhecimento sobre o tema é mediano, o que pode ser explicado pelo Gráfico 04 que mostra as fontes de informação através das quais o público em geral

recebeu informações acerca dos povos indígenas. Na Figura 04, observamos que 50% das pessoas tiveram como meio de informação a televisão. Como a questão permitia mais de uma escolha, as respostas se dividiram entre a Televisão, o Jornal impresso, a Escola e a Internet em suas diferentes formas de divulgação de conteúdo.

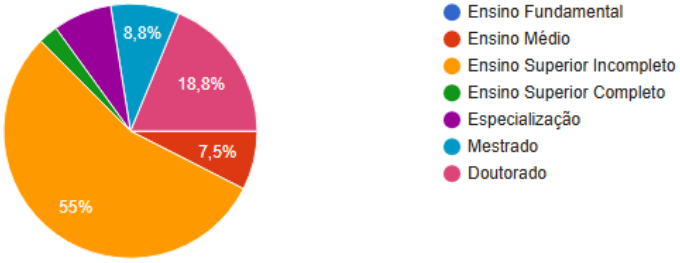
Figura 4 - Principais fontes de cultura.



Fonte: Autoria própria (2023)

É possível observar no gráfico, que a escola tem uma leve vantagem de 8,8% em relação à televisão, o que demonstra o alto índice de respostas que afirmam ter pouco conhecimento sobre o tema ou considerar seu nível de conhecimento mediano. Isso corrobora com estudos recentes sobre as falhas na implantação dessas políticas no sistema educacional brasileiro, uma vez que a temática não é trabalhada de forma aprofundada nas escolas e os relativos programas de televisão ou notícias difundidas por este meio, não tem como objetivo o aprofundamento da reflexão. Sem ignorar ainda, que fora do espaço escolar, as informações são financiadas e permeadas por interesses políticos/ideológicos e econômicos que conflitam frontal ou paralelamente à integridade, valorização e preservação da Cultura e dos próprios Povos Indígenas.

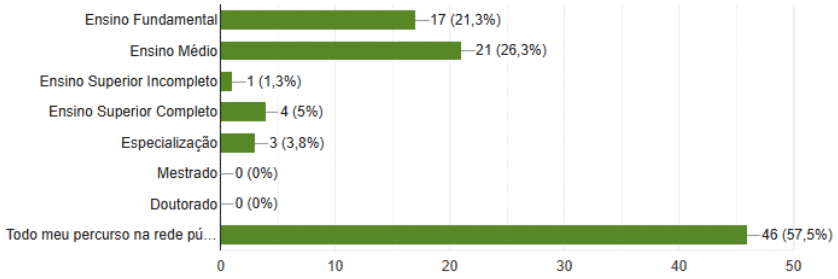
Figura 5 - Nível de escolaridade.



Fonte: Autoria própria (2023)

Como grande parte dos respondentes é universitário, a questão sobre o nível de escolaridade revelou que 55% possuem o ensino superior incompleto como pode ser observado na Figura 05. Para a pergunta "estudou em instituição privada", 47,60% respondeu que sim em algum momento de sua vida e 57,50% respondeu que fez todo percurso em escola pública. Com base nestas respostas é possível detectar que houve morosidade na aplicação ou pelo menos correta inserção das disciplinas de história e cultura indígena no ensino público brasileiro, assim como nas instituições privadas. Reforçando mais vez a dificuldade de inserção destes temas nos currículos escolares fortemente estruturados no ensino de história estrangeira, especialmente a europeia.

Figura 6 - Tipo de ensino.



Fonte: Autoria própria (2023)

Por fim, para a pergunta "Você considera relevante para a sociedade brasileira da atualidade saber mais sobre os indígenas?" 90% das respostas foram positivas, enquanto que 8,80% respondeu não saber opinar e apenas 1,20% responderam de forma negativa. De acordo com estas respostas é possível afirmar que existe uma lacuna histórica a ser preenchida e nela deseja-se o conhecimento sobre a história e cultura indígena.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desta pesquisa, que já observamos ser uma coleta superficial de dados sobre um tema extremamente complexo, podemos observar alguns sinais que mesmo não representando uma parcela grande da sociedade, reflete o contexto de um grupo de pessoas com acesso à educação cuja as respostas coadunam com as análises e estudos que já demonstram de forma mais ampla, como Estados e Municípios não estão cumprindo a Lei quanto a sua aplicação obrigatória na educação básica. É de fundamental importância para a construção de uma sociedade justa e igualitária que se respeite o direito de todos, o que é

além de tudo, requisito para a paz. Desta maneira, é necessário se trabalhar na formação, em todo seu percurso, nas diferentes expressões de culturas, dos diferentes povos que formam a mesma nação. O esclarecimento possibilita atingir o objetivo constitucional de uma nação soberana e igualitária.

A Universidade como instituição que promove conhecimento através da formação técnica e profissional de seus discentes, ocupa uma posição privilegiada, pois é amparada pela Lei 11.645/2008 para tratar das questões sociais e culturais de forma inclusiva. O próprio objetivo de formar profissionais numa dimensão menos tecnicista e mais humana, passa pelo entendimento e valorização da inserção desses temas nos Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPC). O sentimento de pertencimento social, conduz os indivíduos a um pensamento humano e igualitário e o impulsiona a buscar objetivos maiores para sua vida, e para sua atuação profissional.

Encontrar lacunas através da pesquisa é de fundamental importância para se compreender tanto as possibilidades momentâneas quanto os erros do passado e do presente, uma vez que a universidade possui, antes de mais nada, um compromisso social na formação de sujeitos humanos e profissionalmente éticos condizente com o exercício da cidadania em uma sociedade cultural e etnicamente diversa. A falha na efetiva inclusão do ensino sobre as culturas indígenas na educação, reflete negativamente na sociedade, contribuindo para manter e até mesmo prolongar o preconceito e a discriminação, marginalização destes grupos e as questões apresentadas por eles. Além disso, pode levar à perda da identidade cultural dos povos indígenas e à desvalorização de sua história e tradições. A inclusão dos estudos sobre os Povos Indígenas na educação é importante para promover a diversidade cultural brasileira e nos fazer avançar enquanto sociedade, deslocando inclusive, nossa noção de Ciência, de Tecnologia e Educação Tecnológica, enfim, da própria concepção que temos de progresso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Francisco Beltrão (UTFPR-FB) cujo diretor é o Profº. Drº. Hernam Vielmo, e ao Profº. Me. José Lucio da Silva Machado, docente da disciplina de História e Cultura Afro-brasileira e Indígena, por esta

oportunidade de apresentar o presente artigo. Este traz resultados importantes para reforçar à comunidade o benefício da inserção do ensino de história e cultura indígenas no ensino brasileiro, independente do nível, se fundamental, médio ou superior. Iniciativa que gera cidadania e integração social em acordo com a constituição e a aplicação das Leis.

REFERÊNCIAS

ALANA, Instituto. Disponível em: https://alana.org.br/wp-content/uploads/2023/04/lei-10639-pesquisa.pdf. Acesso em 20 de junho de 2023.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em:https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 20 de maio de 2023.

BRASIL, Lei n. 9.394 - 20 de dezembro de 1996: Brasília Ministério da Educação, 2023. Disponível em:http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm . Acesso em 21 de junho de 2023.

BRASIL, Lei n. 11.645 – 10 de março de 2008. Brasília: Ministério da Educação, 2003. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11645.htm. Acesso em 20 de maio de 2023.

SILVA, Giovani José da; COSTA, Ana Maria Ribeiro F. M da. Histórias e culturas indígenas na Educação Básica. [Digite o Local da Editora]: Grupo Autêntica, 2018. E-book. ISBN 9788551303214. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788551303214/. Acesso em: 17 jun. 2023.

WITTMANN, Luisa T.. Ensino (d)e História Indígena. 1. ed. Belo Horizonte: Editora Autêntica, 2015. v. 1. 208p.

ÁREA 8

LINGÜÍSTICA, LETRAS E ARTES

SINFONIA DIGITAL: O USO DE *SOFTWARES* COMO FERRAMENTAS AUXILIARES NA COMPOSIÇÃO MUSICAL E ARRANJO

Alex Gabriel HEIN[1], **Mauro César CISLAGHI**[2]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Humanidades
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: alexhein@alunos.utfpr.edu.br, maurocislaghi@utfpr.edu.br

Resumo: *O uso de softwares para diferentes atividades musicais, tem aumentado juntamente com o avanço da tecnologia. Este estudo tem como objetivo analisar e discutir o impacto da tecnologia no processo de composição musical e arranjo. Ao contrário da época de Johann Sebastian Bach, onde pena e tinta eram as ferramentas auxiliares do compositor, atualmente, uma ampla variedade de softwares possibilitam a manipulação sonora, transposição de partituras entre instrumentos e aceleração das composições, resultando em produções mais claras e fluidas. Além disso, a inteligência artificial tem transcendido as fronteiras da criatividade humana, capaz não apenas de gerar músicas do zero, mas também de concluir obras inacabadas. Por meio de uma revisão bibliográfica, são apresentadas as diversas contribuições de diferentes grupos de softwares, beneficiando não apenas compositores e arranjadores, mas também músicos iniciantes e profissionais. Em última análise, constata-se que as áreas da arte, ciência e tecnologia estão cada vez mais entrelaçadas, embora sem serem mutuamente dependentes.*

Palavras-chave: *Composição Musical; Arranjo; Softwares; Inteligência Artificial.*

INTRODUÇÃO

A música sempre acompanhou a humanidade, dessa forma é impossível precisar em que momento surgiu. Tão logo foi, que ainda dentro do útero materno, o feto é exposto aos componentes básicos para uma prática musical, o som e o ritmo. Segundo Lourenzi (2004), as pulsações do coração da mãe possibilitam o primeiro contato do homem com os elementos da linguagem musical. Posteriormente, com as diversas combinações entre diferentes sons e ritmos, nasciam as primeiras músicas.

O processo de concepção, registro e transcrição das obras musicais era um trabalho extremamente árduo, uma vez observado que a notação musical foi criada por volta do século IX. Até esse momento, tanto para o compositor escrever todos os detalhes de uma música que ouvia, quanto para um músico alcançar o resultado sonoro esperado pelo compositor, era desafiador (LISOUNENKO, 2020).

Dissemelhante de antigamente, em que toda nota, símbolo, ritmo e dinâmica era escrita à mão, hoje pode-se com o auxílio de *softwares* como o MuseScore e o Finale, fazer tudo isso de forma rápida e clara. Esse movimento entre o manuscrito e o digital foi predito no século XX, pelo compositor francês Varèse (1983), o qual estava convicto que chegaria o dia em que após escrita a partitura, a teria colocada em uma máquina na qual se transmitiria fielmente a ideia musical ao ouvinte.

Um *software*, como define Silveira (2004) de forma didática, nada mais é que uma receita. Uma receita informa o que, quanto e em que ordem devemos adicionar cada ingrediente, enquanto um *software* orienta o que o computador deve fazer. De forma direta, trata-se de "um conjunto de informações digitais escrito em uma linguagem de programação".

A importância da tecnologia nas composições e arranjos vem aumentando proporcionalmente ao avanço dos recursos ligados aos *softwares*, à computação e à eletrônica (BARRETTO, 2016). Segundo Roads (1996), a complexidade ao redor da composição, não gera estranheza que os músicos sejam os primeiros artistas a utilizarem massivamente os computadores e suas ferramentas.

Essa crescente utilização dos meios digitais no processo de composição e arranjo demonstra o estreitamento entre os domínios científico e artístico, um maior vínculo do processo de produção musical com os meios tecnológicos (ROADS, 1996). A ciência e a arte, aproximaram-se ainda mais com o uso da inteligência artificial, que vem sendo utilizada para compor trilhas sonoras inéditas para jogos e filmes.

Segundo a Sociedade Artística Brasileira (SABRA), a composição está ligada a um processo de criação de uma canção, ou seja, uma obra original. Enquanto o arranjo é vinculado a uma adaptação de uma obra original, seja pela mudança para um meio musical ou instrumento diferente daquele apresentado no original.

A obra BeethovANN 10.1, a versão da até então inacabada 10ª sinfonia de Beethoven (VELA, 2022), demonstra muito bem esse movimento. O uso de um *software* de inteligência artificial foi capaz, através de fragmentos deixados pelo compositor alemão, de finalizar a obra. O termo Inteligência Artificial (IA), cunhado em 1956 pelo pesquisador McCarthy, baseia-se em que todo conhecimento de aprendizagem pode ser codificado matematicamente.

O trabalho busca demonstrar, difundir e consolidar o papel dos *softwares* no âmbito da composição musical e arranjo. Dessa forma, será apresentado como os *softwares* podem ser aproveitados de maneira eficaz nesses processos criativos. Ao explorar cada categoria específica de *software*, não apenas suas contribuições e resultados tangíveis serão demonstrados, mas também abrir portas para as amplas possibilidades que se desdobram a partir da utilização de cada ferramenta.

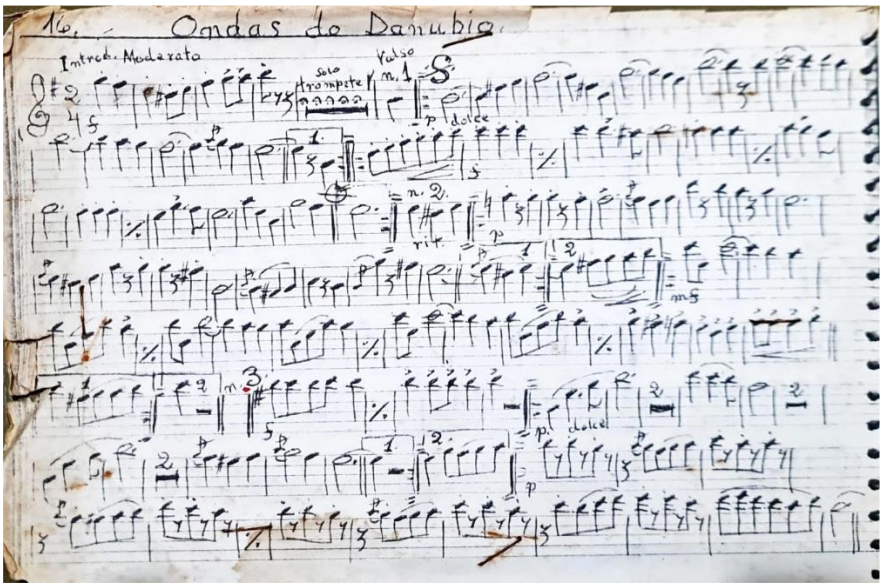
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Candé (1989), o ritmo é composto pela junção de diferentes notas musicais com diferentes durações. Estudos demonstram que o ritmo atua fortemente no ser humano, podendo causar a sensação de agitação ou calma (JABER; MÜLLER, 2004). Juntamente com o som, formam a base para toda composição musical e, mesmo com o decorrer de milhares de anos, ainda não se esgotaram as diferentes combinações entre esses dois elementos básicos para a composição de músicas.

O processo de construção musical alterou-se radicalmente com o passar do tempo. O uso de pena e tinta era comum na época do compositor Johann Sebastian Bach que após escrever uma partitura, a enviava à copistas que tinham como função transcrever as partituras de forma legível para cada músico (LORD, 2008). A escrita de uma música à mão, assim como todo processo que é feito dessa forma, pode conter erros, rasuras, ou mesmo ser ilegível.

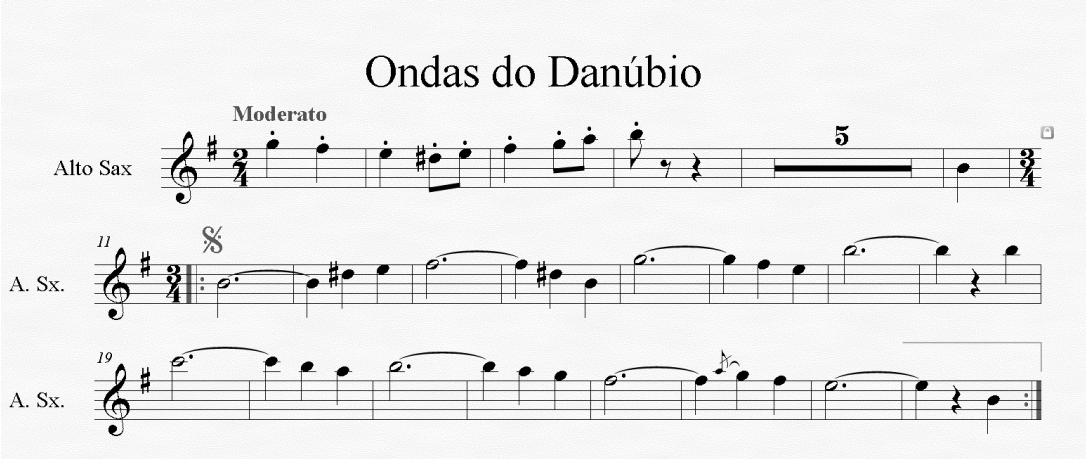
Na figura 1, uma partitura pessoal do saxofonista Egon Kretschmer – nas décadas de 70/80, integrante do Musical Som 7 – observa-se uma partitura escrita à mão. Em contraste, na figura 2 tem-se parte da mesma música, mas escrita a partir de um *software* de edição de partitura (Finale).

Figura 1 – Partitura escrita à mão pelo saxofonista Egon Kretschmer



Fonte: Acervo pessoal (2023)

Figura 2 – Partitura digital a partir de um *software*



Fonte: Autoria própria (2023)

O aparecimento dos *softwares* musicais exigiu que houvesse um padrão de comunicação entre equipamentos musicais eletrônicos. Dessa forma, surgiu na primeira metade dos anos 80 o protocolo MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) (VALENTE, 2022).

De acordo com Miletto *et al.* (2004), os *softwares* podem ser reunidos em 6 grupos: *software* de acompanhamento, *software* de edição de partitura, *software* para gravação de áudio, *software* para instrução musical, *software* para sequenciamento musical e *software* para síntese sonora.

Um *software* para acompanhamento possibilita criar com certa rapidez e eficiência composições, arranjos e auto acompanhamentos, sendo muito utilizado em aulas de técnicas interpretativas.

Já um *software* de edição de partitura tem como função editar e imprimir partituras. A maioria deles funciona inserindo cada nota com o auxílio do mouse, teclado do computador ou mesmo por meio de um instrumento MIDI. Alguns programas possibilitam digitalizar a partitura em papel, e a partir do recurso OCR (*Optical Character Recognition*) transferir todo conteúdo para uma partitura digital editável.

O *software* para gravação de áudio permite gravar múltiplas e simultâneas trilhas de áudio digitalizado, podendo ao final fazer-se a edição e manipulação do som, da equalização, afinação e compressão do tempo.

O *software* para instrução musical é atualmente muito utilizado para estudos da teoria musical, percepção sonora, auxiliando no aprendizado da instrumentalização.

O *software* para sequenciamento digital, segundo o autor, é o mais utilizado para música. Permite a gravação, execução e edição de músicas no formato MIDI, possibilitando que uma música seja gravada em determinado instrumento MIDI e posteriormente reproduzido em outro.

O *software* para síntese sonora é capaz de gerar diferentes timbres a partir de amostras sonoras armazenadas, permitindo desta maneira, a criação e alteração de sons. Dentro deste programa é possível desenvolver e armazenar uma galeria enorme de timbres com base em uma única amostra.

Miletto *et al.* ainda recomenda (tabela 1) diferentes *softwares* para cada grupo citado acima:

Tabela 1 – Exemplos de *softwares* para prática musical

Grupo	Exemplo
Acompanhamento	Arranger's tool, Band-in-a-box, CAMPS, Jammin'keys, Visual Arranger, WinChime
Edição de partitura	Sibelius, Encore, Finale
Gravação de áudio	Pro Tools, Sonar, Logic Audio Platinum
Instrução	Multimedia Elements of Music, Musique, Keyboard Intervals
Sequenciamento	Cakewalk, Cubase, Logic Audio, Vision
Síntese	VAZ, Virtual SoundCanvas

Fonte: Adaptado de Miletto *et al.* (2004)

METODOLOGIA

Este artigo foi realizado a partir de um método exploratório, para esse efeito, utilizou-se de revisão bibliográfica para encontrar, definir e conceituar termos referentes às práticas musicais.

Sustentado por livros e artigos, foi construído uma breve comparação entre um passado remoto de composição e o atual. Da mesma forma, foi verificado os efeitos sobre a ciência no meio musical e de que maneira, arte, ciência e tecnologia cada vez estão mais interligadas.

A descrição de diferentes *softwares* foi empregada a fim de demonstrar as inúmeras possibilidades de criação, composição e arranjo concebíveis a partir desses. Também foi utilizado material pessoal para contrastar a escrita manual da escrita digital.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização massiva de *softwares* no meio musical é cada vez mais recorrente, visto que permite a criação, composição e arranjo de maneira muito mais simples e rápida. Permite ao usuário revisar e editar as partituras sem a necessidade de músicos, ou seja, com o recurso MIDI é possível reproduzir a música no próprio *software* identificando equívocos. Essa maior utilização não implica necessariamente dependência, pois ainda é possível compor em uma folha de papel.

Destaca-se que o protocolo MIDI não é uma espécie de áudio ou instrumento, em outras palavras, refere-se a uma linguagem padrão, utilizada pelos computadores e instrumentos musicais eletrônicos. Esses dados, dentre muitos recursos, podem ser utilizados para criar sons.

As possibilidades dos recursos MIDI não são apenas úteis ao compositor e arranjador, permitindo ainda que os músicos, por exemplo, estudem com o áudio de seu instrumento em casa. As configurações dos *softwares* viabilizam que o áudio do instrumento seja apresentado individualmente, acompanhado do metrônomo ou ainda com todos os instrumentos disponíveis na partitura. Proporciona ainda que seja reproduzido em diferentes velocidades para melhor desempenho do aprendizado, sendo dessa forma, muito utilizada na prática musical atual.

As figuras 1 e 2 demonstram parte de uma mesma música em diferentes bases de construção. O contraste produzido entre elas, reflete facilidade tanto na leitura da partitura gerada pelo *software*, quanto na composição. Um erro em uma partitura escrita à mão é passível de rasuras, borrados ou ainda forçando o compositor a começar do zero a partitura. Sendo que dentro de um programa, além de facilitar as correções é possível fazer a transposição da música inteira para outros instrumentos com poucos cliques.

As inúmeras possibilidades produzidas pelo uso de cada grupo de programa ou pela combinação deles é limitada apenas a criatividade humana. Uma vez escassa a imaginação humana, ainda é possível criar músicas do zero com apenas um clique, usando-se de inteligência artificial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todo trabalho árduo e bruto relacionado a composição e arranjo, ou qualquer outra etapa musical, pode de fato ser aliviado com a utilização de uma vasta galeria de *softwares*, ficando evidente que arte, ciência e tecnologia estão cada vez mais interligadas.

Nessa perspectiva, e tendo em vista os dados apresentados, fica claro que os *softwares* desempenham um papel crucial como ferramentas complementares na composição e arranjo musical. Eles beneficiam os compositores e arranjadores ao tornar a escrita e correção mais fluídas e fáceis. Além disso, oferecem aos músicos uma leitura de partitura mais clara e acesso a diversos materiais digitais.

REFERÊNCIAS

BARRETTO, F. de P. *Artelligent: arte, inteligência artificial e criatividade computacional*. 2016. Tese (Doutorado em Arte) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

CANDÉ, R. *A Música – Linguagem, Estrutura e Instrumentos*. Lisboa: Edições 70, 1989.

JABER, M. dos S.; MÜLLER, F. de M. *Música na propaganda: histórico, elementos, linguagem e sedução*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Comunicação-Habilitação em Publicidade e Propaganda) - Escola de Comunicação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

LISOUNENKO, N. A. *Composição digital: o uso de ferramentas digitais como instrumento de composição musical*. 2020.

LORD, M. *História da música: da antiguidade aos nossos dias*. Eslovênia: H. F. Ullmann, 2008.

LOURENZI, H. de. Musicoterapia; a cura através da música. *In*: *Revista Curas Naturais*. São Paulo, a. 1, v. 1, 2004. p. 56-63.

MCCARTHY, J. *et al*. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. *AI Magazine*, 2006. v. 27, n. 4, p. 12-14.

MILETTO, E. M. *et al*. *Introdução à computação musical*. *In*: IV Congresso Brasileiro de Computação. sn, 2004.

ROADS, C. *The Computer Music Tutorial*. Massachussets: MIT Press, 1996.

SILVEIRA, S. A. da. *Software livre: a luta pela liberdade do conhecimento*. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2018.

SABRA. *Composição Musical*. Disponível em: https://www.sabra.org.br/site/o-que-e-e-como-fazer-uma-composicao-musical/#:~:text=A%20composi%C3%A7%C3%A3o%20musical%20%C3%A9%20o,como%20as%20m%C3%BAsicas%20de%20improviso. Acesso em: 12 de agosto de 2023.

SABRA. *Dicionário Musical*. Disponível em: https://www.sabra.org.br/site/dicionario-para-musicos-iniciantes/. Acesso em: 12 de agosto de 2023.

VALENTE, L. P. *Sistema de análise de características de sinais de áudio para conversão em protocolo MIDI*. 2022.

VARÈSE, E. *Écrits*. Paris: Christian Bourgois Éditeur, 1983.

VELA, M. *Enigmas de la Décima Sinfonía de Beethoven*. Revista Digital del Grupo de Estudios del Siglo XVIII. 2022.

O HOJE COMO EPISÓDIO DE BLACK MIRROR:

Mariana Elizabeth Ceris Burtett GUDINO[1], Ismael ILADIN[1], Dra. Valdeci Batista de Melo OLIVEIRA[2]

[1]Mestrando do Programa de Pós-Graduação de Letras
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *Campus* Cascavel
Cascavel – Paraná - Brasil

[2] Docente do Programa de Pós-Graduação de Letras
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *Campus* Cascavel
Cascavel – Paraná - Brasil

E-mails: mecbgudino@gmail.com, ismael.iladin@escola.pr.gov.br, valzinha.mello@hotmail.com

Resumo: *Nos últimos anos, progressivamente, a vida da sociedade contemporânea ocidental acontece nos palcos virtuais. Novas tecnologias são lançadas e incorporadas anualmente no mercado, muitas vezes tornando-nos seus dependentes. Daí a importância da série de alto alcance e grande sucesso Black Mirror, pois ao apresentar possíveis efeitos colaterais desse novo estilo de vida, por meio de narrativas envolventes e impactantes, contribui para disseminar e fomentar reflexões e discussões dentre seus inúmeros espectadores. Este trabalho tem como objetivo traçar paralelos entre os dramas apresentados nos episódios e em teorias atuais sobre a sociedade em que estamos inseridos. Para atingirmos esse objetivo, fizemos uso principalmente das reflexões teóricas versadas por dois filósofos: Byung Chul Han e Christoph Turcke. Ao final, concluímos que a série presta um serviço social ao fomentar discussões importantes acerca das nossas futuras experiências com relação às tecnologias.*

Palavras-chave: *Black mirror; distopias digitais; sociedade excitada;*

INTRODUÇÃO

Segundo o criador da série britânica, Charles Brooke, o nome Black Mirror faz eferência ao “espelho negro” que pode ser encontrado em qualquer lugar: a tela fria de uma TV, monitor ou um smartphone (LEE, 2016). Os episódios não seguem uma narrativa linear, mas as semelhanças na tecnologia usada conferem pistas ao telespectador de que todas as histórias acontecem em um mesmo lapso temporal. Em Black Mirror, a tecnologia semelhante a contemporânea nos leva a acreditar que os episódios se desenrolam em um futuro não tão distante.

A série conquistou fãs internacionais quando foi incorporada à plataforma de transmissão online Netflix em 2014. É bastante aclamada pela crítica (SHARF, 2020) em razão de apresentar, criativa e sagazmente, os efeitos colaterais da dependência humana

relativa à tecnologia. Retrata, de maneira provocativa, a sociedade do espetáculo e prende telespectadores em debates acalorados por permitir janelas de interpretações e teorias (im)prováveis. O grande trunfo de Black Mirror consiste em apresentar possíveis efeitos colaterais do uso da tecnologia em nossas vidas. Assim, para o desenvolvimento deste trabalho, analisaremos dois episódios de Black Mirror: Be Right Back e Nosedive, que representam, pari passu, distopias fomentadas por futuros dispositivos tecnológicos. Desse modo, eles serão articulados às teorias a fim de ilustrarmos os conceitos desenvolvidos ou denunciados por Byung-Chul Han e Christoph Turcke ao observarem a sociedade contemporânea.

METODOLOGIA

O presente trabalho nasceu de certas inquietações ao assistirmos a alguns episódios da série Black Mirror, os quais coadunam com as experiências contemporâneas, tendo em vista a onipresença das tecnologias e o mundo virtual no cotidiano das pessoas, sejam elas anônimas ou públicas. Essa relação substancial entre sociedade e tecnologia (ou redes sociais), é o ponto nevrálgico de nosso objeto de estudo. Com base nos elementos, ora coletados, nos propusemos analisá-los à luz de algumas teorias que, em tese, poderiam ir ao encontro de nossas discussões acerca das preocupações sociais evocadas pela tecnologia. Procuramos, assim, relacioná-las ao debate atual sobre ética, privacidade e os impactos das tecnologias na sociedade e no comportamento dos indivíduos que delas fazem uso.

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA, ANÁLISE E DISCUSSÃO

Byung-Chul Han (2015) discorre sobre a sociedade positiva em que vivemos, na qual não há espaço para o negativo, mas tão somente à positividade, à produtividade e à informação. Em Black Mirror, no primeiro episódio da segunda temporada, Be Right Back, nos deparamos com a dificuldade dos personagens em lidar com o luto e o vazio. No início do episódio, somos apresentados aos personagens Martha e Ash. Na primeira cena, observamos Martha voltando da conveniência com dois cafés e Ash distraído, utilizando seu celular. Antes de seguirem viagem, Martha impera “porta-luvas” e com base nessa simples ordem podemos perceber o quão regular deva ser a exigência para que o celular seja mantido no porta-luvas quando Ash dirige.

Por não seguir uma sequência exata, cada episódio tem apenas cerca de 50 minutos para apresentar o enredo, os personagens e seus conflitos. Para cumprir essa missão, cada cena precisa ser carregada de sentido e significado. Em Sociedade Excitada, Turcke (2010) explica como os diretores e produtores de comerciais audiovisuais dominaram a técnica de explorar as sensações de forma intensiva, já que possuem pouco tempo de duração e precisam impactar o telespectador nesse curto espaço de tempo. Black Mirror vale-se desse mecanismo, o que torna cada cena um terreno fértil para o espectador. Esse recurso fílmico, aliás, é algo recorrente na arte cinematográfica, cujos autores exploram todo os componentes possíveis para envolver o espectador, tais como a trilha sonora e o tempo decorrido (TARKOVSKI, 1990).

Essa relação íntima e triádica entre tempo, espaço e memória consiste em um nascedouro imagético para o espectador, consolidando a premissa estética do cinema, assentada na ideia da diluição do tempo cronológico - por natureza, inflexível e unidirecional - em favor de um tempo esculpido pelas percepções e sensações do espectador ante os arranjos dos recursos audiovisuais.

A ordem de Martha fornece pistas da possível causa do acidente fatal de Ash, uma vez que, na última cena em vida, ele está ao celular. Somando isso ao caráter distraído do personagem, como alguém engajado na emissão e na recepção dos estímulos provenientes das redes sociais, associamos a distração causada pelo dispositivo como possível desencadeador de sua morte.

A partir desse cenário, o aparelho telefônico reveste-se de outros valores simbólicos: agora, não se trata apenas de um smartphone, mas de um objeto por meio do qual as pessoas se conectam - via redes sociais - e que pode trazer reveses na vida cotidiana, podendo ser, como foi o caso de Ash, um vetor para fatalidades automobilísticas. Ou seja, o smartphone transcende sua serventia convencional e passa a ter um valor emocional, visto que esse objeto é avaliado, modernamente, mais pelo seu valor simbólico e menos pelo seu valor de uso, tal como afere Marx (2017) ao discorrer sobre a fetichização da mercadoria, imersa nos subjetivismos.

Nas cenas seguintes ao óbito de Ash, podemos observar a personagem Sarah oferecendo à Martha um serviço online que promete ajudá-la com o luto, cujo falecido seria o candidato perfeito por conta de sua assiduidade nas redes sociais. Inicialmente,

percebemos a indignação de Martha ante à sua resposta agressiva. Mas, em razão do luto e da ausência de Ash, a protagonista se rende ao serviço.

Vale assinalar que a adesão às ofertas do serviço acontece de forma gradativa: primeiro ela lê e responde ao e-mail emitido pelo software que simula ser Ash com base em tudo o que ele publicara na internet. Depois, engaja-se em chamadas telefônicas e, o mais impactante, encomenda um corpo semelhante ao de Ash para que o software possa operar no mundo físico. O comportamento de aceitação em relação aos serviços oferecidos obedece a uma escala, à proporção que o software vai ganhando a confiança de Martha e, aos poucos, vai oferecendo os próximos níveis dessa experiência. O próprio programa computacional adverte antes de apresentar a opção do corpo "Você está sentada? Isso pode soar um pouco estranho".

Turcke (2010) fala sobre a busca pela sensação que ocorre numa via de mão dupla: ao emitirmos estímulos através dos compartilhamentos, somos impelidos pelo desejo de sermos percebidos e, paradoxalmente, alimentamos as redes sociais, aumentando a torrente de informação que leva outras pessoas, também impelidas pelo mesmo desejo, a emitirem mais estímulos que, consequentemente, estimulam nossas percepções. A concorrência reiterada nas redes sociais leva, segundo o autor (2019), a um grande potencial de distração, "um tipo de percepção que não mais sente a si própria como tal, porque está à disposição, não pode mais envolver-se com nada sem reservas, está sempre mirando de soslaio para outras coisas" (TURCKE, 2010, p. 70).

Ou seja, trata-se de um microcosmo social em que os comportamentos são mimetizados por meio das postagens, transformando-se em um ambiente virtual que refrata integralmente o indivíduo, sejam aspectos espirituais ou de personalidade. Daí por que o software ter conquistado, gradativamente, a confiança de Martha: Ash, em razão de sua presença inequívoca nas redes, contribuiu para deixar suas marcas subjetivas.

O autor Richard Schechner (2023) advoga que performance está onipresente em vários contextos de interação. Ele exorta que é possível conceber performance (1) baseado nos comportamentos cotidianos que afloram naturalmente; (2) ou nas ações que estão correntemente em fluxo, modificando-se constantemente ao sabor do contexto temporal e espacial. Finalmente,

(3) nos estudos que se debruçam sobre a performance, na tentativa de compreender seu universo.

Assim, parece-nos que o software procura essa última via, apontada por Schechner, ao explorar as pegadas virtuais de Ash, e, a partir delas, reconstruir as peculiaridades da personagem. Ou seja, apesar de a performance ser algo inerentemente humano e social, ela pode ser reproduzida artificialmente, desde que a IA (inteligência artificial) seja alimentada com nossos comportamentos performáticos. Nesse sentido, não há como descolar a performance das sociedades. Em última análise, as performances marcam identidades, contam estórias e servem como um instrumento de apreensão de comportamentos culturais, subterfúgio este explorado pelo *software*.

Outro episódio que exemplifica muito bem o conceito da busca por sensação é Nosedive. O primeiro episódio da terceira temporada é marcante por apresentar uma realidade familiar, já que há similaridades entre o mecanismo do episódio com aplicativos atuais. E, assim como avaliamos motoristas de aplicativos, em Nosedive, as pessoas, após cada interação, são constantemente apreciadas com atribuições de 0 a 5 estrelas.

O mecanismo de Nosedive funciona como uma rede social, em que as pessoas se avaliam mutuamente, cuja nota é o parâmetro para o tratamento das pessoas e dos privilégios que elas usufruirão. Nossa protagonista é Lacie Pound, uma jovem mulher que começa a série com 4.2 de pontuação. Uma cena simbólica reside na simples aquisição de um café, cuja maior preocupação da heroína está em postar uma foto da bebida com o biscoito levemente mordido; uma falsa mordida, diga-se, já que ela não ingere o pedaço do alimento. Sua expressão de desgosto revela a experiência negativa que teve com a bebida. Por outro lado, o rosto iluminase com um sorriso à proporção que as avaliações positivas chegam em resposta à foto compartilhada. Para Lacie, os alimentos deixam de seduzir menos pela sensação que promovem e mais pelo engajamento, gerado por ele, nas redes sociais. Torna-se, pois, mais importante nutrir a vida virtual do que sua própria condição biológica.

No livro *Não coisas: Reviravoltas do mundo da vida*, Han (2022) discorre sobre como os objetos são pontos de estabilidade na vida na medida em que lhe dão continuidade. Para ele, a matéria viva e sua história conferem ao objeto uma presença que ativa todo o seu entorno. Porém, a ordem digital vigente desobjetifica o mundo, tornando-o informação. Não são mais os objetos, mas informações que governam o mundo vivo. “Não habitamos mais o céu e a terra, mas a nuvem e o Google Earth. O mundo está se tornando progressivamente intocável, nebuloso e fantasmagórico” (Borcherdt, 2021).

O contrato de aluguel de Lacie está findando, e para conseguir morar em um condomínio sem o irmão, ela precisaria ser melhor remunerada ou atingir a pontuação de 4.5, já que para os membros dessa classe há um desconto de 20%. Aparentemente, para Lacie, é mais fácil aumentar sua pontuação do que o salário, então ela procura um especialista na rede social.

Podemos estabelecer a seguinte analogia: com a pandemia da covid-19, aumentou a migração de micro e pequenos empreendedores para o digital (JORNAL NACIONAL, 2020) e, com isso, surgiram profissionais especializados em marketing digital que oferecem seus serviços a pessoas e empresas que almejam melhorar suas performances nas redes sociais. Tais profissionais dedicam-se ao estudo dos algoritmos das redes sociais para que, assim, possam cobrar pelos seus serviços, com a promessa de aumentar o número de seguidores, o engajamento e a entrega de conteúdo relevante (MONTEIRO, 2018).

Na série, Lacie recebe a previsão de que, se mantiver o mesmo nível de engajamento, em 18 meses atingirá a nota desejada. Essa previsão, porém, não a anima, porque ela precisa urgentemente da nova pontuação. Esse comportamento imediatista é outro efeito colateral da torrente de informações à qual somos submetidos. Desse fenômeno, origina-se a expressão
"cultura do imediatismo", creditada ao professor Douglas Rushkoff (2013), o qual observa que ela nasce da expansão digital e consolida-se nela.

Decidida a conseguir a nota necessária, Lacie forja interações e avaliações das pessoas ao redor, que, ao perceberem sua intenção, a avaliam de forma mais baixa que o habitual. Sua esperança volta a reacender quando uma amiga de infância, Naomi, de nota 4.8, convida-a para ser madrinha de casamento. A oportunidade de se socializar com pessoas com nota acima de 4.5 transforma o casamento na mola propulsora de que a protagonista necessita.

Na data da viagem para o evento, após uma discussão com o irmão, Lacie perde o transporte por aplicativo que a levaria ao aeroporto e recebe avaliação negativa do motorista. Ao chegar no aeroporto atrasada, não consegue embarcar em outro voo, pois sua nota decaíra: apenas pessoas a partir de 4.2 poderiam ter acesso ao serviço.

No século XX, o filósofo Michel Foucault (1987) popularizou o conceito do olhar panóptico ao demonstrar que essa estratégia de controle é utilizada em várias instituições para garantir a docilidade e a obediência das pessoas a partir dos efeitos da vigilância. No

século XXI, Han (2017) alerta para a era da hiper vigilância contemporânea. Todos temos câmeras à disposição e conectadas à rede. Nos tornamos nossos próprios vigias e nossos próprios detentos, pois não só entregamos nossas informações de maneira deliberada na rede, mas também fiscalizamos e avaliamos os conteúdos alheios.

Sob a égide neoliberal da liberdade de escolha individual, somos seduzidos a aderir o estilo de vida dependente das redes de internet, principalmente através das mídias sociais. Em Nosedive, Lacie se compromete com o projeto de aumentar sua pontuação e engaja-se em uma busca constante de superar a si mesma: vemos a protagonista, célere, empenhada na promoção das relações interpessoais. Em *Sociedade do Cansaço*, Han (2015) discorre sobre como nos exaurimos na busca constante pela autossuperação e pela excelência. Conflito nocivo, uma vez que, segundo o autor, quando lutamos contra nós mesmos, há uma autodestruição. Somos cativos, explorados por nós mesmos.

Foucault (1987) denunciou a possibilidade de o saber médico ser explorado como discurso de poder. Ao restringir o problema ao individual, deve-se sedá-lo, hospitalizá-lo e talvez mantê-lo internado. Mas não se contesta a dinâmica relacional vigente na sociedade, que pode estar contribuindo para o adoecimento individual. Han (2010) fala sobre a síndrome de Burnout, uma espécie de esgotamento psicoemocional, que é tratada como um problema individual, mas cuja origem está na relação de nós mesmos com os outros. É nítido perceber algumas destas manifestações em Lacie. Quando, por exemplo, ela decide dirigir por nove horas ininterruptamente para chegar a tempo ao casamento, ela está forçando seus limites físicos, aspirando à sonhada pontuação.

Após uma série de desventuras e avaliações negativas, ela se encontra sozinha e sem perspectiva de alcançar o evento. Entretanto, em um posto, uma caminhoneira oferece carona. Lacie aceita e, ao longo da viagem, contemplamos um diálogo por meio do qual tomamos ciência da nota 4.6 da motorista.

Ela conta sobre a desigualdade do sistema de avaliações e, ainda que ela tivesse dedicado anos para isso, quando seu marido adoeceu, ele teve seu leito concedido a outra pessoa com pontuação levemente maior. Eis o sistema de pontuação definindo o valor da vida humana.

A morte do marido foi o estopim para a motorista e, desde então, ela alega viver sem basear suas experiências e seu valor no sistema de avaliações. E quando nossa protagonista invade o casamento – pois havia sido impedida de ir ao evento por conta de sua pontuação

– assistimos à verdadeira performance de um indivíduo exausto, talvez até sofrendo de Burnout. O discurso é desorganizado, ora mantendo-se no roteiro de suas práticas quando buscava as avaliações positivas, ora expressando raiva contra a amiga de infância que, na verdade, explorava Lacie para se sentir melhor, sem se importar com seus sentimentos.

Para Han (2015), estamos vivendo numa sociedade positiva, cujo imperativo consiste na afirmação de que somos capazes de ações e posse ilimitadas, desde que trabalhemos bem e constantemente. Trata-se, pois, de valorar nossa capacidade de produção, só que, ao invés de uma imposição de autoridade externa, somos nós mesmos os autores desta cobrança. Cenário fértil para desenvolvermos a síndrome do esgotamento profissional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando Martha adere ao software para não ter de lidar com a dor da perda, podemos inferir que ela também menospreza essa experiência transformadora, que é o encontro com a morte. Ao ser expulsa da festa, Lacie grita que sempre quisera ser Naomie, que a ama. Han (2021) fala do smartphone como o novo rosário, por meio do qual fazemos nossas confissões, já que compartilhamos de modo irrepreensível. Seriam as imagens daqueles que admiramos e até mesmo invejamos nossos novos alvos de adoração? Ao final desse episódio, em um espaço similar a presídio, ela faz seu primeiro contato autêntico com outro detento ao insultarem-se mutuamente. Trata-se, pois, da experiência autêntica como sendo o fio condutor da relação interpessoal.

Com o advento das redes sociais digitais, há certa dependência em nos sentirmos amados através de curtidas e comentários, o que pode acarretar sequelas na vida real, visto que nos (preo)ocupamos em estabelecer relações virtuais, obnubilando aquelas que nos mantêm de fato conectados: as relações reais. Os engajamentos cibernéticos tendem a nos preencher momentaneamente, mas a longo prazo acabam aumentando as chances de adoecimento.

Com isso, a série nos oferece a reflexão de que as redes sociais concorrem para a promoção das relações humanas. Porém, é importante refletirmos sobre seu uso irrefreável, pois, além de adoecimentos, pode também ser um instrumento que esvazia o sujeito em relação ao seu progresso e caminho ideais, além de ser uma potencial ferramenta para a manutenção dos discursos de poder.

A série Black Mirror consolida seu protagonismo ao trazer, para o espectador, dilemas muito mais próximos do que gostaríamos. Ao apresentar, por meio de narrativas e personagens passíveis de identificação, a série cumpre um papel social fundamental: o de estimular reflexões acerca das tecnologias e das mídias digitais que podem definir nossas futuras experiências.

Afinal, estamos utilizando as redes sociais como instrumento de comunicação ou aprovação? Ainda, a série nos alerta sobre a necessidade de utilizarmos as tecnologias, no trato com o outro, com prudência e sensibilidade, sem perseguir um poder irreal, que pode, inclusive, influenciar negativamente outras vidas. Além disso, vale ressaltar que o uso das redes sociais pode também se tornar assertivo, impactando positivamente outros indivíduos, desde que sejam utilizadas de maneira consciente.

REFERÊNCIAS

BORCHERDT, G. *ArtReview. Byung-Chul Han: How Objects Lost their Magic*. Publicado em 11/08/2021. Disponível em: https://artreview.com/byung-chul-han-how-bjectslosttheir-magic/ Acesso em 10. Out. 2021.

FOUCAULT, M. *Vigiar e Punir: história da violência nas prisões*. Petrópolis: Editora Vozes, 1987.

HAN, B. *Sociedade do cansaço*. Tradução de Enio Paulo Giachini. Petrópolis: Vozes, 2015.

._____. *No Enxame: perspectivas do digital*. Tradução de Enio Paulo Giachini. Petrópolis: Vozes, 2018.

._____. *Não coisas: Reviravoltas do mundo da vida*. Tradução Rafael Rodrigues Garcia. Petrópolis: Vozes, 2022.

JORNAL NACIONAL. G1. *Pandemia apressa migração de micro e pequenos empreendedores para o digital.* Publicado em 21/12/2020 22h39. Disponível em: < https://g1.globo.com/jornalnacional/noticia/2020/12/21/pandemia-apressa-migracaodemicro-e-pequenosempreendedores-para-o-digital.ghtml> Acesso em 10. Out. 2021.

MARX, K. *O Capital* – Livro III – O Processo Global da Produção Capitalista. Tradução: Rubens Enderle. São Paulo: Boitempo, 2017.

LEE, B. The Guardian. *Black Mirror review – Charlie Brooker's splashy new series is still a sinister marvel*. Publicado em 16/09/2016. Disponível em <

https://www.theguardian.com/tvand-radio/2016/sep/16/black-mirrorfirstbookreviewcharlie-brooker > Acesso em: 10.out.2021.

MONTEIRO, L. Estado de Minas: Emprego. *Profissionais especializados em mídias sociais são disputados pelo mercado*. Publicado em 29/01/2018 14h58. Disponível em: Acesso em 10. Out. 2021.

RUSHKOFF, D. *Present Shock: When Everything Happens Now*. Current. 2013.
SCHECHNER, R. 2006. *O que é performance? in Performance studies: a introduccion, second edition.* New York & London: Routledge, p. 28-51. Tradução de I. R. Almeida, 2011.

SCHARF, Z. *Is 'Black Mirror' Emmy Dominance Over? Series Booted From 2020 TV Movie Race.* In IndieWire. Publicado em 15 de maio de 2023. Disponível em: https://www.indiewire.com/awards/industry/black-mirror-booted-emmys-tv-moviecategory1202231500/ Acesso em 17 de agosto de 2023

TARKOVSKI, A. *Esculpir o tempo*. São Paulo: Martins Fontes, 1990. TURCKE, C. Sociedade Excitada: filosofia da sensação. / tradutores: Antonio A. S, Zuin... [et al.] – Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2010.

UM ESTUDO DA PERSONAGEM NO CONTO *O TAPETE VOADOR*, DE CRISTIANE SOBRAL, SOB A PERSPECTIVA DO FEMINISMO DECOLONIAL

Daiane da Silva LOURENÇO[1]

[1]Departamento Acadêmico de Humanidades
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

E-mails: daianelourenco@utfpr.edu.br

Resumo: *A literatura de autoria negra por muito tempo ficou à margem da tradição literária brasileira, no entanto tem sido publicada por coletivos e editoras especializadas em literatura afro-brasileira. A escritora Cristiane Sobral produz narrativas de resistência e que desestabilizam o sistema moderno-colonial de gênero. Neste artigo, seu conto O tapete voador (2016) é analisado com o objetivo de compreender se ocorre na narrativa um movimento de afirmação do corpo negro como forma de recuperar a experiência de existência retirada pela colonialidade. A pesquisa desenvolvida é qualitativa e bibliográfica, de caráter analítico. O feminismo decolonial é utilizado como base teórica para compreender como a personagem Bárbara é afetada em seu cotidiano por opressões de raça e gênero. Os resultados obtidos revelam que a colonialidade está presente na narrativa através de discursos de outra personagem, a qual oprime Bárbara. O discurso de opressão é perpassado por ideias eurocêntricas de beleza, pela ideologia do embranquecimento e pelo mito da democracia racial. Ao final da narrativa, Bárbara afirma sua identidade como mulher negra, recuperando a experiência de existência. O texto literário subverte a colonialidade de gênero por promover a desconstrução de estereótipos eurocêntricos, o debate sobre a objetificação da mulher negra e a manutenção da resistência.*

Palavras-chave: *Literatura; Feminismo decolonial; Corpo negro.*

INTRODUÇÃO

O privilégio da fala tem sido negado para as pessoas negras de diferentes formas. O racismo estrutural da sociedade brasileira também aparece no mercado editorial devido à dificuldade que escritoras negras enfrentam para publicar, principalmente em grandes editoras. Segundo pesquisa realizada (DALCASTAGNÈ, 2012), no mercado editorial brasileiro há o predomínio de obras literárias produzidas por homens, brancos, de classe média, que moram no Rio de Janeiro e em São Paulo. A pesquisa revelou que as personagens seguem o mesmo parâmetro, sendo maior a presença de narradores, protagonistas e

coadjuvantes homens, brancos, de classe média, heterossexuais e moradores de grandes cidades. Apesar de estruturas de opressão ainda silenciarem muitas escritoras, produções literárias de mulheres negras têm sido publicadas por coletivos e por editoras especializadas em literatura afro-brasileira, espaços que legitimam e dão visibilidade aos seus trabalhos, promovendo inclusive uma prática decolonial.

A tradição literária excluiu por muito tempo a literatura negra. As publicações de intelectuais negras são formas de resistir, de reivindicar espaços e de desestabilizar o sistema moderno-colonial de gênero. Inserem na literatura brasileira contranarrativas, narram suas próprias histórias, desconstroem estereótipos eurocêntricos e representam mulheres negras como sujeitos. É neste contexto que está inserido o conto *O tapete voador* (2016), de Cristiane Sobral.

Este artigo realiza uma análise da personagem Bárbara, do conto *O tapete voador*, da perspectiva do feminismo decolonial, considerando as opressões de raça e de gênero que a atravessam. O objetivo é compreender se ocorre na narrativa um movimento de afirmação do corpo negro como forma de recuperar a experiência de existência retirada pela colonialidade. A colonialidade perpassa a narrativa em forma de discursos que oprimem Bárbara. Baseando-se em autoras do Sul Global, este trabalho contribui para entender como mulheres negras são afetadas por opressões produzidas pela colonialidade e como a literatura é uma forma de resistência ao sistema moderno-colonial de gênero.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Cristiane Sobral é uma atriz e escritora negra nascida em 1974 no Rio de Janeiro, que reside em Brasília desde 1990. Evidenciar sua raça é significativo para compreender sua produção literária centrada em corpos negros. Seus primeiros textos foram publicados em 2000 em *Cadernos Negros*, coleção que reúne produções literárias afro-brasileiras de diversas regiões do país, organizada pelo coletivo Quilombhoje. O conto analisado neste artigo faz parte da obra *O Tapete Voador* (2016), publicada pela Editora Malê, lançada em 2015 com o objetivo de editar literatura afro-brasileira. As produções citadas foram publicadas em espaços que têm práticas descolonizadoras para que escritoras-outras sejam legitimadas e subvertam a colonialidade do saber e do gênero (CURIEL, 2020).

O apagamento de produções literárias de escritoras negras faz com que exista pouca autorrepresentação de mulheres negras na literatura brasileira. A respeito disso, Evaristo (2005) explica que, ao serem representadas de uma perspectiva eurocêntrica, mulheres-negras são retratadas, muitas vezes, como "outro" e como objeto, retirando-lhes a humanidade e subjetividade. Por outro lado, na produção literária de escritoras negras o corpo-mulher-negra deixa de ser representado como o corpo do "outro" e passa a ser retratado como sujeito-mulher-negra, a partir da subjetividade experienciada pela escritora. O discurso literário produzido por essas mulheres desestabiliza o sistema moderno-colonial porque conta suas próprias histórias. Como ressalta Kilomba (2019), escrever é um ato de descolonização, uma atitude que legitima quem escreve e registra uma realidade descrita de forma equivocada ou sequer citada.

O colonialismo foi um processo de domínio político e econômico que países europeus exerceram sobre países colonizados. A independência de colônias não significou o fim da dominação colonial, pois seus efeitos ainda estão presentes nesses países, como a racialização e o eurocentrismo. A colonialidade é a propagação da estrutura de poder colonial que ainda permanece enraizada na sociedade através de relações de poder. Segundo Curiel (2020), a divisão internacional do trabalho entre centros e periferias se mantém, assim como a hierarquização étnico-racial das populações e a formação dos estados-nação na periferia. O processo que ocorreu foi a transição do colonialismo moderno para a colonialidade. Dessa forma, ser decolonial é enfrentar a colonialidade com atos de resistência e através da desconstrução de padrões impostos aos povos subalternizados.

O feminismo decolonial é uma proposta de revisão e problematização das bases do feminismo que partem de uma ideia de universalização e da subordinação das mulheres ao considerarem apenas problemas de gênero, como se "todas" as mulheres fossem iguais. De acordo com Curiel (2020), nessa generalização as experiências de mulheres afetadas pelo racismo, o classismo, a heterossexualidade e a geopolítica são desconsideradas. O feminismo decolonial, ao contrário, é um movimento que questiona a unidade das mulheres. Para Miñoso (2020), na perspectiva decolonial o feminismo reinterpreta a história analisando o caráter racista e eurocêntrico. Portanto, considera que está em progresso uma virada epistemológica na qual posicionamentos contra-hegemônicos emergiram, ampliando os

feminismos conhecidos, como o feminismo negro, o feminismo pós-colonial, o feminismo materialista francês, o feminismo pós-estruturalista.

Miñoso (2020) explica que a universalidade do movimento feminista assegura bem-estar para algumas, as mulheres de privilégios branco-burgueses, em detrimento da grande maioria racializada, ou seja, não contempla todas as mulheres. Por isso, é imprescindível que mulheres da América Latina e do Caribe aprofundem a crítica feminista a partir de saberes contra-hegemônicos situados em seus contextos, dialogando com produções de pensadoras, intelectuais, ativistas, feministas ou não, de ascendência africana, indígena, mestiça, campesina, imigrantes racializadas e acadêmicas brancas comprometidas com a subalternidade no mundo. Os saberes contra-hegemônicos são as experiências vividas pelas mulheres mencionadas, as quais passam a ser vistas como sujeitos do conhecimento, não apenas objeto.

A metodologia do feminismo decolonial propõe entender como mulheres negras são afetadas por opressões como o racismo, o colonialismo e o classismo.

> Uma posição decolonial feminista significa entender que tanto a raça quanto o gênero, a classe, a heterossexualidade etc. são constitutivos da episteme moderna colonial; elas não são simples eixos de diferenças, são diferenciações produzidas pelas opressões, de maneira imbricada, que produzem o sistema colonial moderno (CURIEL, 2020, p. 133).

Curiel (2020) defende que não é necessário afirmar que é negra, pobre, mulher, trata-se de entender por que é racializada, empobrecida e sexualizada. O objetivo da teoria feminista decolonial é mostrar que as condições foram produzidas pela colonialidade. Com base em tais discussões, a personagem Bárbara, do conto *O Tapete Voador*, é analisada.

METODOLOGIA

Esta pesquisa é qualitativa e bibliográfica, de caráter analítico. O conto selecionado para estudo é intitulado *O Tapete Voador*, publicado em um livro com o mesmo título, em 2016. No conto a personagem protagonista é Bárbara. O feminismo decolonial é utilizado como perspectiva de estudo a fim de observar como a personagem é afetada em seu cotidiano

de trabalho por opressões como o racismo, o colonialismo e o classismo, e mostrar que essas condições são produzidas pela colonialidade. A intenção é compreender se há na narrativa um movimento de trazer o corpo negro de volta, recuperando a experiência de existência retirada pela colonialidade.

Esta pesquisa surge da urgência de se olhar para produções de intelectuais do Sul Global, como uma crítica à dependência de trabalhos acadêmicos produzidos pelo Norte Global, enxergando a literatura a partir de epistemologias do Sul e de uma análise crítica da colonialidade (MIÑOSO, 2020). Baseia-se em teorias formuladas por mulheres do Sul Global que ressaltam seus saberes e criticam o eurocentrismo e a colonialidade do poder; estudam o sistema moderno-colonial de gênero; propõem uma metodologia feminista decolonial; abordam a relação entre racismo, sexismo e colonialismo (CURIEL, 2020; GONZALES, 2020; KILOMBA, 2019; LUGONES, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No conto *O tapete voador*, a personagem protagonista é Bárbara, uma mulher negra trabalhadora que atua na assessoria de comunicação de uma renomada multinacional. A narrativa inicia ressaltando a alegria da personagem com seu sucesso profissional e seu interesse em continuar estudando, por isso pediu o apoio da empresa para fazer um curso de pós-graduação. Repentinamente, foi convocada para uma reunião com o presidente da empresa, o que a fez considerar que poderia receber uma promoção.

A personagem é apresentada aos leitores da seguinte forma: “Era vaidosa, experimentava ao máximo as possibilidades do seu cabelo afro, com presilhas, turbantes, prendedores, faixas, enfim, tudo que pudesse iluminar e exaltar a sua identidade” (SOBRAL, 2016, p. 7-8). Essa atitude de afirmação de sua identidade negra revela uma mulher que não segue padrões de beleza eurocêntricos. No dia da reunião com o presidente, “(...) fizera um penteado trançado, com desenhos adornando a cabeça inteira, como uma preciosa moldura” (SOBRAL, 2016, p. 7-8). Bárbara é introduzida na narrativa como uma jovem mulher negra que evidencia sua negritude, filha de empregada doméstica e porteiro, com um cargo importante em uma renomada empresa.

A personagem fica surpresa ao conhecer pessoalmente o presidente da empresa, pois era um homem que fazia questão de ser invisível, intocável. Ao vê-lo, descobre que é um

homem negro na presidência da multinacional: “Com gestos precisos, ele estendeu a mão negra, que saltou ágil, da beirada da manga do terno branco impecável, muito bem cortado” (SOBRAL, 2016, p. 9). Neste momento, Bárbara admira o homem negro a sua frente.

O objetivo do encontro foi rapidamente esclarecido pelo presidente: “Admiro a sua dedicação e o seu profissionalismo, acredito no seu potencial, por isso vou tentar tecer alguns comentários que poderão ser fundamentais à sua ascensão profissional” (SOBRAL, 2016, p. 9). O presidente parou para ajustar a temperatura do ar-condicionado, “(...) o que fez com que a sala reproduzisse uma atmosfera climática um tanto europeia” (SOBRAL, 2016, p. 9). A partir deste momento da narrativa, a colonialidade aparece no discurso do presidente.

A personagem Bárbara já revela uma preocupação diante do caminho que a conversa começa a tomar ao ouvir que poucas mulheres negras chegam até o lugar em que ela está. O presidente continua:

> — Entretanto, há outras coisas que você deve aperfeiçoar. O seu *marketing* pessoal, por exemplo. Não me leve a mal, mas já temos bons produtos para minimizar acidentes genéticos desagradáveis, como o cabelo do negro. É um dos seus defeitos. Seu cabelo é péssimo. Mas não se aflija com isso, eu posso ajudar. Costumo viajar para o exterior e minha esposa poderá trazer ótimos cosméticos (...) (SOBRAL, 2016, p. 10).

O estereótipo de “boa aparência”, a partir de uma visão eurocêntrica, é imposto para a personagem Bárbara através de um personagem negro que ocupa uma posição de poder. O presidente da empresa revela que por ter negado sua negritude e passado por um processo de embranquecimento conseguiu chegar ao cargo que ocupa.

Bento (2022, p. 107-108) explica que, “o cabelo da mulher negra é emblemático de um incômodo que não tem a ver tanto com o cabelo, mas sim com o que representa a presença negra nos espaços que a branquitude considera exclusivamente seus”. Portanto, apesar da dedicação, do profissionalismo e do potencial da personagem Bárbara, ela não esconde sua negritude para inserir-se em um espaço majoritariamente ocupado por brancos, questão que é ressaltada pelo presidente que pretende aconselhá-la.

A perspectiva decolonial questiona quem pode ocupar os lugares de privilégio e de comando nas instituições. Para Bento (2022), o território da ascensão profissional é um dos mais tensos, pois pessoas negras que chegam em posições de comando estão invertendo a lógica de que pessoas brancas sempre ocupem espaços de liderança. A tentativa de evitar que negros ocupem cargos superiores em uma empresa é chamada de racismo institucional, uma prática que resulta do colonialismo e da ideia de inferiorização de negros/as, a qual ainda mantém a maior parte da população negra em posições de subordinação e desqualificação.

Além disso, a colonialidade do ser estabelece padrões universais, coloca as pessoas brancas como referência, o que aparece na seguinte fala do presidente: “Você precisa aprender a jogar conforme as regras. Para que insistir em ser negra em um país racista? Quanto menos você declarar a sua negritude, melhor” (SOBRAL, 2016, p. 10). O privilégio dos brancos é explicado para a personagem Bárbara, pois supostamente ela ainda não entendeu a colonialidade presente na sociedade. O presidente continua sua fala dizendo que está disposto a ajudá-la e que tem um futuro brilhante, “alvíssimo”, desde que oculte sua negritude.

Bárbara fica imóvel diante do que ouve. A fala do presidente propaga opressões de gênero e de raça. O monólogo aborda também a importância de que pretos se casem com mulheres brancas, “puras”, “com bons genes”, para evitar “defeitos de cor” no futuro, e afirma que negros são “alcoólatras”, “vagabundos”, “criminosos”. Por fim, o presidente destaca que o racismo não existe e que vivemos em uma democracia racial.

As falas do presidente buscam ensinar Bárbara a se comportar respeitando as relações de poder propagadas na sociedade. Segundo Gonzales (2020), isso ocorre porque as mulheres não brancas são “faladas”, definidas e classificadas por um sistema ideológico de dominação que as infantiliza. É um processo de negação do direito de ser sujeito do próprio discurso e da própria história.

A ideologia do branqueamento é para Gonzalez (2020) um aspecto presente na América Latina por causa do racismo latino-americano que atua de forma a manter negros e indígenas na condição de subordinados dentro das classes mais exploradas. Uma ideologia que “(...) reproduz e perpetua a crença de que as classificações e os valores da cultura ocidental branca são os únicos verdadeiros e universais” (GONZALEZ, 2020, p. 44). Como

consequência, o desejo de embranquecer é internalizado por negros de forma que negam sua própria raça e cultura, comportamento perceptível no presidente da empresa na narrativa. O presidente naturalizou a cultura ocidental branca como norma e a partir de tal perspectiva perpetua o racismo. Além disso, propaga o mito da democracia racial, o qual para Gonzalez (2020) é um silenciamento sobre as contradições raciais, que contribui com uma dominação ideológica branca.

Diante de todas as afirmações que ouviu, Bárbara fica sem ação.

> Não conseguia controlar as lágrimas a escorrer pelo rosto aflito. O presidente ofereceu um lenço branco, ela recusou. Deixou que as lágrimas trouxessem alguns escurecimentos à tona e limpassem as imagens de terror que embaçavam a sua visão (SOBRAL, 2016, p. 11).

A personagem recusa o lenço branco, uma referência à tentativa de embranquecimento, e prefere que escurecimentos venham à tona, após tantos "esclarecimentos" apresentados pelo presidente. Bárbara ficou com as pernas trêmulas e quase questionou suas convicções. Por fim, levantou decidida e com suas certezas, dizendo: "Veja Senhor Presidente, eu sou negra. Negra!" (SOBRAL, 2016, p. 11). A personagem afirma sua negritude e diz que não pode corresponder à expectativa da empresa. Diante disso, pede demissão.

Bárbara vive um momento de epifania, de compreensão da colonialidade presente na sociedade: "Tudo ficou muito óbvio a partir de então. Foi conquistando oportunidades, desbravando trilhas de afirmação da sua identidade, sempre resistindo às tentações enganosas do embranquecimento" (SOBRAL, 2016, p. 12). Apesar da tentativa de objetificação, Bárbara é sujeito de sua própria história, afirma sua identidade e tem atitudes de resistência ao sistema moderno-colonial de gênero. O presidente tentou puxar o seu tapete, mas Bárbara aprendeu a voar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da personagem Bárbara demonstra que a afirmação da identidade da personagem no final do texto, ao dizer "eu sou negra", é um movimento de afirmação do

corpo negro. Apesar do discurso propagador de hierarquias raciais e de gênero, as atitudes de Bárbara após ouvir o presidente são formas de recuperar a experiência de existência retirada pela colonialidade. A fala opressora do presidente, buscando iniciar um processo de embranquecimento, não alcançou o objetivo. A objetificação da mulher negra é questionada pelo texto literário produzido por uma escritora que descontrói padrões impostos aos povos subalternizados e coloca a mulher negra como sujeito.

O feminismo decolonial é base importante de estudo para entender as relações de poder utilizadas pelo presidente para oprimir Bárbara. A personagem estava trabalhando em uma instituição que lhe agradava, pretendendo subir de cargo e melhorar sua qualificação profissional. Tudo isso foi negado à Bárbara por recusar-se a ocultar sua negritude e adequar-se aos padrões estabelecidos pela colonialidade. A possibilidade de alcançar posições de poder no espaço de trabalho estava atrelada à retirada da existência do corpo negro. Ao optar pela sua subjetividade negra, Bárbara precisou percorrer caminhos que não foram fáceis, mesmo tendo experiência e qualificação profissional.

A metodologia do feminismo decolonial contribuiu para compreender como a personagem Bárbara foi afetada por opressões produzidas pela colonialidade, as quais são desveladas na construção literária, contribuindo com uma educação decolonial dos leitores. Diante da análise do conto *O tapete voador*, de Cristiane Sobral, conclui-se que a autorrepresentação de mulheres negras em narrativas literárias insere na literatura brasileira perspectivas que subvertem a colonialidade do gênero.

REFERÊNCIAS

DALCASTAGNÈ, R. *Literatura brasileira contemporânea*: um território contestado. Editora Horizonte, 2012.

CURIEL, O. Construindo metodologias feministas a partir do feminismo decolonial. *In*: HOLLANDA, H. B. (Org.). *Pensamento feminista hoje*: perspectivas decoloniais. Rio de Janeiro: Bazar do Tempo, 2020. p. 121-138.

EVARISTO, C. Da representação à auto-representação da mulher negra na literatura brasileira. *Revista Palmares*, 2005. Disponível em: http://www.palmares.gov.br/sites/000/2/download/52%20a%2057.pdf. Acesso em: 23 jul. 2023.

GONZALES, L. Por um feminismo afro-latino-americano. *In*: HOLLANDA, H. B. (Org.). *Pensamento feminista hoje*: perspectivas decoloniais. Rio de Janeiro: Bazar do Tempo, 2020. p. 38-51.

KILOMBA, G. *Memórias da plantação*: episódios de racismo cotidiano. Trad. Jess Oliveira. 1. ed. Rio de Janeiro: Cobogó, 2019.
LUGONES, M. Colonialidade e gênero. *In*: HOLLANDA, H. B. (Org.). *Pensamento feminista hoje*: perspectivas decoloniais. Rio de Janeiro: Bazar do Tempo, 2020. p. 52-83.
MIÑOSO, Y. E. *Sobre por que é necessário um feminismo decolonial*: diferenciação, dominação coconstitutiva da modernidade ocidental. MASP, 2020. Disponível em: https://assets.masp.org.br/uploads/temp/temp-Giqs0qaSQ1sxGgwydI1C.pdf. Acesso em: 23 jul. 2023.

ÁREA 9

EXTENSÃO

GIECT: ARTICULANDO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

Keli Cristina MAURINA[1], **Fernando Allan O. dos SANTOS**[2]

[1]Departamento Acadêmico de Física
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Pato Branco
Pato Branco – Paraná - Brasil

[2] Departamento de Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Pato Branco
Pato Branco – Paraná - Brasil

E-mails: kelimaurina@utfpr.edu.br, fernandoallan@alunos.utfpr.edu.br

Resumo: *A indissociabilidade ensino-pesquisa-extensão embora promulgada constitucionalmente em nosso país, muitas vezes leva a ações que ocorrem em paralelo sem uma (inter)ligação. Carecemos de exemplos práticos que ilustrem de forma concreta a articulação pleiteada pela tríade acadêmica. Nesse sentido, relatamos o desenvolvimento de um grupo (cadastrado oficialmente no diretório do CNPq), que desdobrou-se de forma a contemplar o pressuposto da indissociabilidade. O Grupo Interações em Educação Científica e Tecnológica (GIECT) teve como origem outro grupo, que depois de mais de cinco anos de atividades na área do processo de ensino e de aprendizagem em Física, na UTFPR Campus Pato Branco, percebeu a necessidade de oportunizar aos acadêmicos do campus às discussões da área Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Tendo como propósito estudar e pesquisar as interações existentes na educação científica e tecnológica, o que contempla distintos elementos, com destaque às relações CTS, o GIECT, promove dentre várias atividades, encontros quinzenais – os EnGIECTs – abertos às comunidades interna e externa; e também, inovou mediante a criação de uma unidade curricular optativa extensionista vinculada a seu projeto de extensão – Clube de Ciências – favorecendo a curricularização da extensão, com desdobramentos ao ensino e à pesquisa.*

Palavras-chave: *Princípio da Indissociabilidade; CTS; Física; Divulgação Científica.*

INTRODUÇÃO

A UTFPR é a primeira e única (até o presente momento) “universidade tecnológica” no Brasil. No Art. 3º de sua lei de criação, consta o entendimento do que é tecnologia: “uma dimensão essencial que ultrapassa as aplicações técnicas, interpretando a tecnologia como processo educativo e investigativo para gerá-la e adaptá-la às peculiaridades regionais (BRASIL, 2005)”. Percebe-se desse modo, uma tentativa de ir além da ideia simplista de tecnologia somente como ciência aplicada, abrangendo todo o rico processo de construção e

suas implicações – o que vem ao encontro das proposições do campo de estudos Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

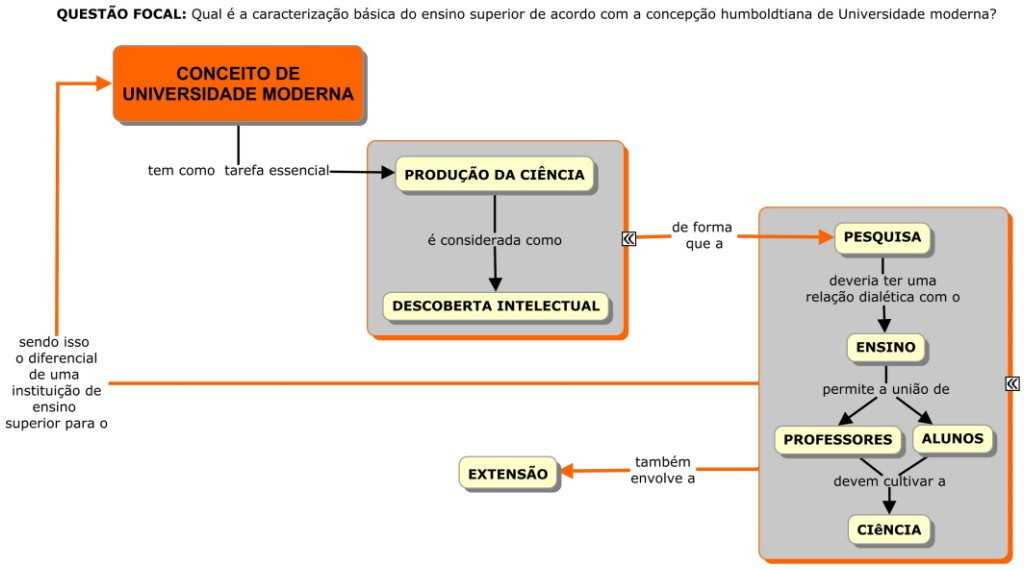
Sob esse importante conceito – tecnologia – a UTFPR vem se efetivando no decorrer desses anos de modo a corresponder aos princípios de sua criação. Assim como a Universidade Moderna concebida por Humboldt (PEREIRA, 2009), a UTFPR também é regida pelo princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, tratado no Art. 207, da Constituição Federal (BRASIL, 1988) e na lei n.º 11.184/05, no Art. 2º, Parágrafo IV: "desenvolvimento de cultura que estimule as funções do pensar e do fazer, associando-as às atividades de ensino, pesquisa e extensão (BRASIL, 2005)".

Nesse sentido, inúmeras atividades e eventos promovem a articulação ensino-pesquisa-extensão na UTFPR. Entre estes, podemos citar: seminários, semanas acadêmicas, oficinas, palestras etc. Particularmente, em relação ao Campus Pato Branco, temos um recente empreendimento que busca a articulação ensino-pesquisa-extensão na prática, trata-se do Grupo Interações em Educação Científica e Tecnológica (GIECT), que tem por elemento central as relações CTS.

FUNDEMENTAÇÃO TEÓRICA

Como estamos tratando de uma das características do ensino superior, faz-se relevante a retomada sobre a própria definição de Universidade. Assim sendo, buscamos a concepção humboldtiana de Universidade Moderna, que teve origem na Universidade de Berlim em 1808 (PEREIRA, 2009). Percebe-se como ilustramos no mapa conceitual da Figura 1, que deve existir uma relação dialética entre pesquisa e ensino, e com a extensão (elemento esse que foi inserido posterior às proposições de Humboldt, como modelo de Universidade norte-americana). Tal relação deve permear docente e aluno, de modo a desenvolver a ciência, não esquecendo do aspecto moral.

Figura 1 – Universidade Moderna



Fonte: Autoria própria (2023)

Essa configuração é que diferencia uma Universidade de uma instituição de ensino superior arbitrária, como Boaventura defende fortemente, dizendo que "(...) no século XXI só há universidade quando há formação graduada e pós-graduada, pesquisa e extensão. Sem qualquer destes, há ensino superior, não há universidade" (SANTOS, 2005, p. 64-65).

Concernente ao exposto acimo, buscamos em Ortega y Gasset (1999), aspectos sobre a Missão da Universidade, que deve preparar o estudante para viver "à altura do seu tempo", portanto, faz-se necessário o ensino da cultura. Deixando claro que o ser culto, não se restringe a possuir mais conhecimento sobre o montante do conhecimento especializado, mas sim um conhecimento que seja favorável a mudança do perfil do homem-massa.

Por conseguinte, apoiados nessa concepção, agregamos o elemento cultura científica como integrante dessa definição de "ser culto". Fourez (1999) considera que a cultura científica e tecnológica é promovida por uma Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT), que teria a mesma importância que o processo de alfabetização no final do século XIX para aquela sociedade. O propósito da ACT para o ensino de Ciências é proporcionar a: "formação cidadã dos estudantes para o domínio e uso dos conhecimentos científicos e seus

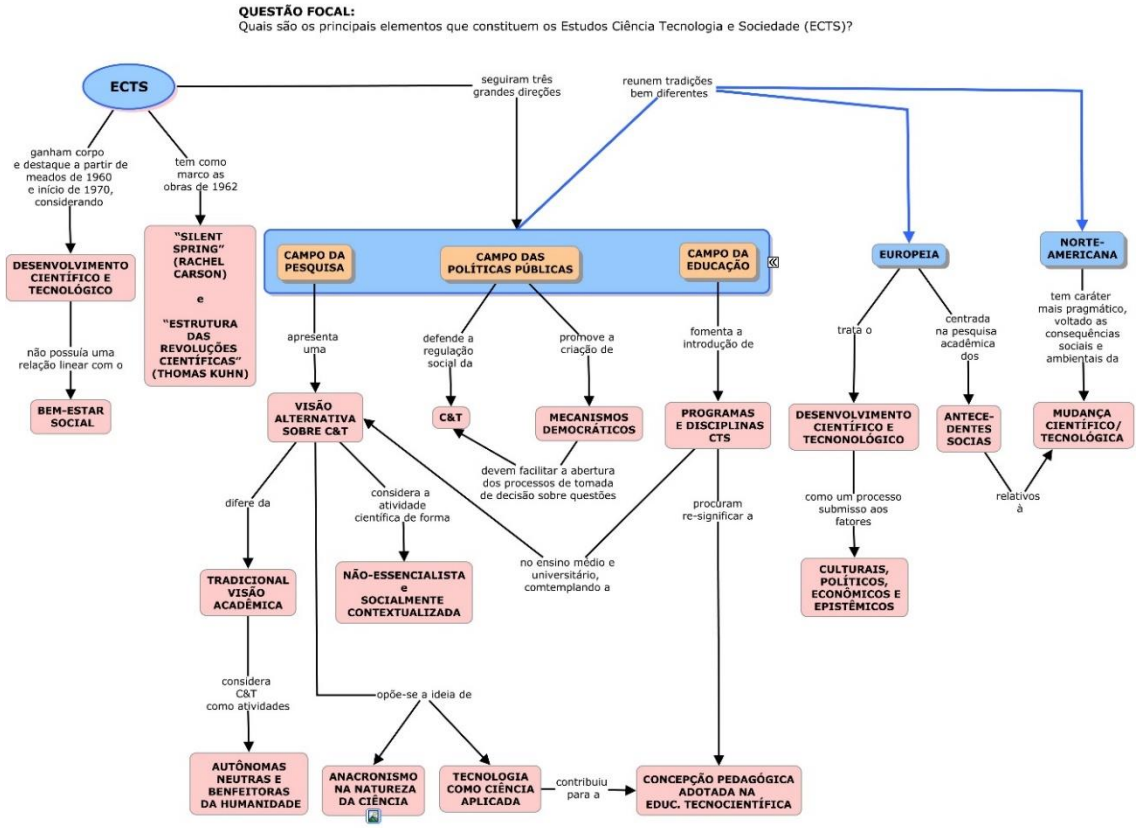
desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida (SASSERON & CARVALHO, 2011, p. 60)".

Em consonância, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), também defende a cultura científica como um direito de todos: "(...) nos obriga, e não apenas de uma perspectiva educacional, porém ética e de compromisso social, a incrementar os esforços para garantir a todas e a todos uma cultura científica e tecnológica de qualidade (KATZKOWICZ, MACEDO, 2003, p. 70)."

Assim sendo, torna-se evidente que a cultura científica deve ser promovida pela Universidade, através da ampliação e diversificação de estratégias e oportunidades. À vista disso, consideramos que a UTFPR por suas características de formação diferenciadas, deve empenhar esforços para a efetivação de ações que promovam essa cultura.

Um elemento motivador que envolve os conceitos aqui mencionados, é o campo de Estudos CTS, surgido na década de 1960, que visa dentre outros propósitos, a superação do debate simplista que levantava apenas os prós e contras da Ciência e Tecnologia (C&T). Na Figura 2, há a exposição gráfica via mapa conceitual do histórico e composição do campo CTS.

Figura 2 – Elementos constituintes dos ECTS



Fonte: Maurina (2021)

Por conseguinte, após a retomarmos essencialmente os conceitos de Universidade Moderna, cultura científica e CTS, retomamos nossa proposta inicial de apresentação do GIECT como um exemplo de integração ensino-pesquisa-extensão, agregando as referidas concepções.

METODOLOGIA

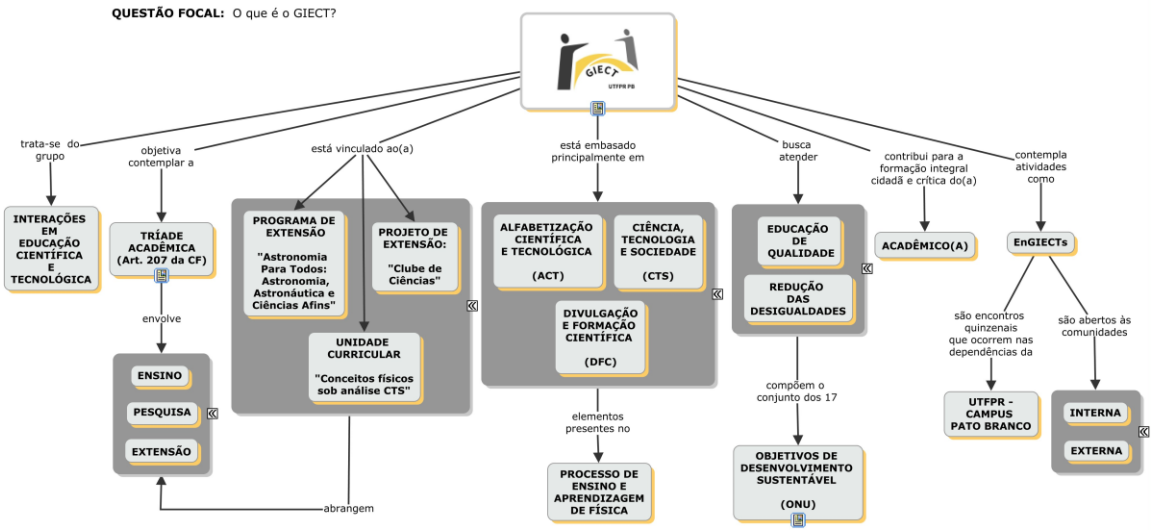
No primeiro semestre de 2022, o GIECT foi criado a partir da reestruturação do Grupo de Pesquisa em Ensino de Física (GEFIS), que já tinha sete anos de atuação no Campus Pato Branco. No decorrer do desenvolvimento das várias atividades do GEFIS, materializou-se a ideia de que a indissociabilidade extensão-pesquisa-ensino não ocorre apenas no plano macro da Instituição. Ela também ocorre na atuação dos indivíduos e grupos, ou seja, em uma atividade de extensão, o professor pode falar e refletir sobre seu trabalho, levantando novas questões para sua área de conhecimento (extensão suscitando pesquisa). Em sala de aula, um professor ou um estudante pode enriquecer a discussão, com

observações trazidas de atividades externas (ensino permeando a extensão). Em uma atividade extensionista, ao se trabalhar determinado conceito físico, o estudante universitário tem mais chance de consolidar seu conhecimento. Essas, e muitas outras situações, indicaram a necessidade de uma abordagem mais aprofundada sobre a temática CTS, de forma a sistematizar a compreensão dessa dinâmica e melhor orientar o planejamento das atividades.

Outro dado importante nesta discussão, é que o DAFIS é a unidade pedagógica-administrativa onde estão inseridas as ações relativas a ensino, pesquisa e extensão realizadas pelos docentes da área de Física, sendo responsável pelas disciplinas de Física que integram a formação básica de sete cursos de graduação da UTFPR Campus Pato Branco. Então, o público majoritário atendido pelo DAFIS é formado por estudantes dos primeiros semestres da graduação. Nesse sentido, cresceu também a preocupação em aproximar esse público, oferecendo-lhe recursos para enriquecer sua formação científica, de acordo com as características expostas na seção anterior (Fundamentação Teórica).

Desse modo, o GIECT surgiu com o propósito de estudar e pesquisar as interações existentes na educação científica e tecnológica, o que contempla distintos elementos, com destaque: a ACT, a divulgação e formação científica , as relações CTS e, o processo de ensino e aprendizagem de Física, como pode ser analisado na Figura 03, perante o mapa conceitual.

Figura 3 – Mapa Conceitual: Configuração do GIECT



Fonte: Autoria própria (2023)

Destacamos que a denominação do grupo foi pensada de modo a relacionar conceitos físicos com a educação científica e tecnológica. Assim sendo, o termo "interações" foi escolhido, pois está diretamente relacionado com o conceito de força e com a ideia de influência recíproca entre elementos arbitrários, como ilustrado no logotipo presente na parte superior do mapa conceitual (Figura 3).

A partir dessa base, ao final de 2022, foi criada a unidade curricular "Conceitos físicos sob análise CTS"[1], de caráter optativa e extensionista, que é uma das modalidades pelas quais se pode creditar as cargas horárias das Atividades Acadêmicas de Extensão (AAEs), conforme preconiza o Art. 4º, da Resolução COGEP/UTFPR nº 167 (UTFPR, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ainda que a criação do GIECT seja recente (primeiro semestre do corrente ano), podemos apresentar algumas atividades desenvolvidas, com destaque aos encontros quinzenais que foram posteriormente denominados de EnGIECTs. Abertos à comunidade interna e externa, os encontros ocorrem nas dependências da UTFPR – Campus Pato Branco, com divulgação prévia via *email* institucional[2], redes sociais e cartazes, conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4 – Artes de divulgação dos EnGIECTs 001 e 006

Fonte: Autoria própria (2023)

[1] Aprovada via Resolução COGEP nº 283/2023
https://sei.utfpr.edu.br/sei/publicacoes/controlador_publicacoes.php?acao=publicacao_visualizar&id_documento=3567723&id_orgao_publicacao=0
[2] Assessoria de Comunicação (ASCOM).

Alguns dos EnGIECTs tiveram por base algum livro da área de divulgação científica, como por exemplo, as duas obras de Carl Sagan, mencionadas no Quadro 01 (05/22 e 07/22). Outros, foram embasados em artigos específicos ou elaborados de modo a contemplar algum objetivo específico, como foi o caso dos encontros 02/22, 04/22 e 03/23, que procuraram contextualizar o nascimento da Física Moderna – paradigma emblemático da História da Ciência –, pouco conhecido pelas pessoas, de modo geral.

Quadro 1 - EnGIECTs

Nº	Data	Título da apresentação
		2022
01	30/03/22	Como as ciências morrem?
02	27/04/22	Quais os problemas que desencadearam a Física Moderna?
03	11/05/22	Divulgação científica: Por que é tão importante?
04	25/05/22	As soluções para os problemas que desencadearam a Física Moderna
05	08/06/22	"O Mundo Assombrado pelos Demônios (Carl Sagan)"
06	23/08/22	A ciência é neutra? O que dizem os filmes de ficção científica
07	06/09/22	"Bilhões e Bilhões - Reflexões Sobre Vida e Morte na Virada do Milênio" (Carl Sagan)
08	20/09/22	Como a Física Moderna e a Astronomia criaram uma teoria para o aquecimento global?
09	04/10/22	Astronomia do invisível
10	18/10/22	"Homo Deus: uma breve história do amanhã"
11	01/11/22	"O Gene Egoísta"
		2023
01	28/03/2023	Por que discutir as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade?
02	11/04/2023	Durma tranquilo até 2050 e outros mal-entendidos sobre o fim dos combustíveis fósseis
03	25/04/2023	O que desencadeou a Física Moderna?
04	09/05/2023	"Inclusão como fonte de inovação: alguns casos de amor e um caso de vingança"
05	23/05/2023	"Uma senhora toma chá – Como a Estatística revolucionou a ciência no século XX"
06	06/06/2023	A ciência entre o poder e biopoder no mundo moderno
07	20/06/2023	Trabalhos da unidade curricular "Conceitos físicos sob análise CTS"
08	04/07/2023	Trabalhos da unidade curricular "Conceitos físicos sob análise CTS"

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A criação do GIECT surgiu impulsionada pela carência de discussões sobre as relações CTS dentro da UTFPR Campus Pato Branco, bem como, a necessidade de contemplar atividades que já vinham sendo desenvolvidas e abarcavam ensino, pesquisa e extensão. Contudo, havia a exigência por nós sentida, de fundamentarmos teoricamente tais ações e ensejos.

Portanto, para demonstrar como o GIECT pode envolver os três elementos da tríade acadêmica, levantamos a fundamentação legal desse princípio, seu contexto histórico, que perpassa o conceito de Universidade Moderna. Aliado a isso, ressaltou-se a característica da UTFPR como primeira "universidade tecnológica", abordando suas implicações e possíveis desdobramentos. Consideramos também a realidade do DAFIS no Campus Pato Branco. Por fim, abordamos alguns dos principais elementos presentes na área de pesquisa em Ensino de Física – a ACT, a DFC e CTS – para realizar uma reflexão sobre o GIECT.

O GIECT pode também prestar apoio nas questões que envolvem CTS, nas inúmeras instâncias de atuação do Campus Pato Branco. Consideramos que pode inclusive influenciar no processo de reestruturação dos cursos – principalmente de Engenharias –, assim como ocorreu em outras instituições de ensino superior (IES), por exemplo na UFSC, em função do trabalho efetivo do grupo do professor Bazzo (BAZZO, 2017; BAZZO, PEREIRA, 2019), na inserção oficial desse assunto na grade curricular.

Desse modo, conscientes do longo caminho que ainda temos por percorrer, perspectivamos ampliar o número de docentes participantes do GIECT, com diversificação de áreas. Consideramos que a semente – concepção de grupo – foi lançada e pode servir de modelo ou inspiração para outros *campi* da própria UTFPR, bem como de outras IES.

REFERÊNCIAS

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, 5 out 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 31 ago. 2022.

BRASIL. *Lei Nº 11.184, de 07 de outubro de 2005*. Transformação do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná em Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11184.htm> Acesso em: 12 ago. 2022.

BAZZO, Walter A. *Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da Educação Tecnológica*. Florianópolis, Editora da UFSC, 2017.

BAZZO, Walter A.; PEREIRA, L. T. V. Rompendo paradigmas na educação em engenharia, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, v. 14, n. 41, p. 169-183, 2019. Disponível em: http://www.revistacts.net/contenido/numero-41/rompendo-paradigmas-na-educacao-em-engenharia/ Acesso em: 10 set. 2022.

FOUREZ, Gérard. *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires: Colihue, 1999.

KATZKOWICZ, Raquel; MACEDO, Beatriz. Educação Científica: Sim, mas qual e como? In: SASSON, Albert et al. *Cultura científica*: um direito de todos. Brasília: UNESCO, 2003. p.67-86. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000133538> Acesso em: 14 jul. 2022.

MAURINA, Keli C. Constituição dos ECTS em campo acadêmico: visualização integrada via mapas conceituais. In: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UTFPR-DV E III MOSTRA CIENTIFICA DA PÓS-GRADUAÇÃO, 6., 2021, Dois Vizinhos. *Anais* eletrônicos [...] Dois Vizinhos: UTFPR, 2021. Disponível em: https://cloud.utfpr.edu.br/index.php/s/abrS3qq0xqjQMJw. Acesso em: 20 nov. 2022.

ORTEGA Y GASSET, José. *Missão da Universidade*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.

PEREIRA, Elisabete M. de Aguiar. A universidade da modernidade nos tempos atuais. *Avaliação*: Revista da Avaliação da Educação Superior, Sorocaba, v. 14, n. 1, p. 29-52, Mar. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-40772009000100003> Acesso em: 01 Set. 2019.

SANTOS, Boaventura de Sousa. *A Universidade no século XXI*: para uma reforma democrática e emancipatória da Universidade. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

SASSERON, Lúcia H.; CARVALHO, Anna Maria P. de. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: < https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246/172> Acesso em: 24 de fev 2019.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Conselho de Graduação e Educação Profissional. *Resolução nº 167, de 24 de junho de 2022*. Regulamenta as atividades acadêmicas de extensão (AAEs) dos cursos de graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba: COGEP, 2022. Disponível em: https://sei.utfpr.edu.br/sei/publicacoes/controlador_publicacoes.php?acao=publicacao_visualizar&id_documento=3080123&id_orgao_publicacao=0 Acesso em: 23 set. 2022.

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN MANUFACTURING* EM UMA EMPRESA DO RAMO DE NUTRIÇÃO ANIMAL

Maurício ROMANO[1], **Lindomar Subtil de OLIVEIRA**[2]

[1] Graduado em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Humanidades - DAHUM
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

E-mails: mauricioromano@alunos.utfpr.edu.br; lindomar@utfpr.edu.br,

Resumo: *Nas grandes empresas é comum a utilização de metodologias e ferramentas Lean de gestão da qualidade para melhorar a eficiência dos processos produtivos. Embora a realidade das pequenas empresas seja diferente, onde a operação muitas vezes é reduzida, flexível, e de fácil ajuste, ainda assim é possível adaptar e aplicar tais metodologias para elevar o desempenho produtivo. Um importante método de gestão da produção é o Lean Manufaturing, que tem como princípios eliminar desperdícios, agregar valor e garantir a qualidade. O objetivo deste artigo é demonstrar a aplicação do Lean Manufacturing através de um estudo de caso em uma empresa do segmento de nutrição animal. As etapas do trabalho foram: planejamento, coleta de dados, tratamento, aplicação das ferramentas Lean, mapeamento dos processos, mapa de fluxo de valor e propostas de melhorias. Na etapa de planejamento, realizaram-se visitas na empresa para conhecer melhor e mapear os processos produtivos, bem como para realizar a coleta de dados. Os conceitos e as ferramentas Lean foram propostas de acordo com as necessidades da empresa. A partir do mapeamento dos processos construiu-se o mapa de fluxo de valor, onde identificaram-se os gargalos e deficiências na produção. Como resultado, o estudo contribuiu por apresentar diversas sugestões e propostas de melhorias para a empresa, sendo que algumas delas foram implementadas e outras estão em fase de implantação. Outrossim, evidenciou-se a oportunidade de adaptar e aplicar os conceitos do Lean Manufacturing numa pequena empresa, principalmente porque elas muitas vezes não possuem acesso ou conhecimento sobre essas ferramentas.*

Palavras-chave: *Gestão da Qualidade; Lean Manufacturing; Pequenas e Médias Empresas.*

INTRODUÇÃO

As Pequenas e Médias Empresas (PMEs) normalmente têm diversas limitações na área da gestão, carecem de planejamento estratégico e não fazem uso de ferramentas básicas. Para elas, a gestão da qualidade tornou-se um fator competitivo. Logo, a necessidade de aumentar a produtividade e a qualidade, e se adaptar e lidar com os concorrentes de mercado, levou as empresas a terem uma maior preocupação com os custos operacionais e com a gestão da qualidade. Outrossim, impactou também no surgimento de ferramentas de melhoria de processos nos meios de manufatura (DA SILVA; FERREIRA, 2000). Gestão e qualidade são conceitos que se complementam e geram vantagens principalmente na coordenação e melhorias nos meios produtivos de qualquer organização (JOSÉ; MOREIRA, 2007).

Dentre as ferramentas existentes, destaque para o *Lean Manufacturing* que se tornou umas das mais utilizadas e populares no mundo todo. Conhecida como Sistema Toyota de Produção, a ferramenta *Lean* visa diminuir o tempo, espaço e esforço, aumentando a eficiência com menos recursos (DENNIS, 2008). Para este autor, o sistema *Lean* compõe de uma série integrada de partes com uma meta inicialmente definida, e sua aplicação deve englobar o sistema como um todo, buscando atuar nos mais diversos departamentos, desde o chão de fábrica até os setores administrativos.

O presente artigo tem por objetivo demonstrar a implementação da metodologia *Lean Manufacturing* e apresentar um plano de melhorias nos processos produtivos em uma empresa de pequeno porte, do segmento de produção de suplemento animal. Para tanto, buscou-se mapear os processos, identificar os principais problemas operacionais da indústria e aplicar as ferramentas de acordo com a metodologia proposta.

O artigo está estruturado em 5 seções, a contar desta introdução. O segundo aborda o referencial teórico. O terceiro apresenta os procedimentos metodológicos. Na seção 4 os resultados e discussões e, por fim, a seção 5 traz as considerações finais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O *Lean Manufacturing* ou Manufatura Enxuta, surgiu no Japão após a segunda guerra. Diante de uma enorme crise, os engenheiros da Toyota desenvolveram um método inovador e com uma abordagem simples, que buscava aumentar a eficiência da produção implantando uma cultura de eliminação gradual de desperdícios e redução de gastos com processos desnecessários (DE SOUZA, 2016; YADAV et al., 2020; SANTOS; TOMOMITSU, 2020).

A filosofia *Lean* difundiu-se rapidamente, principalmente nos países desenvolvidos. É considerada uma metodologia completa, pois tem suporte de ferramentas nos níveis estratégicos e operacionais, incluindo as ferramentas da qualidade. Também é reconhecida por considerar o ser humano como um dos principais pilares (PORTO; ALMEIDA, 2020). Além disso, boa parte da metodologia *Lean* é baseada na junção de diversas ferramentas, sendo muito comum encontrar similaridade entre elas, e em alguns casos, até compartilham das mesmas técnicas. Neste artigo, são apresentadas algumas dessas ferramentas onde busca-se entender melhor a sua aplicabilidade e as suas características.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este artigo classificou-se como um estudo de caso, qualitativo e aplicado. Da mesma forma, caracterizou-se como pesquisa participante, pois houve a intervenção e interação direta do pesquisador com os colaboradores da empresa estudada.

Por questões de privacidade das informações, atribuiu-se o nome fictício de “Nutribom” a empresa objeto desse estudo. Trata-se de uma fabricante de suplemento animal para bovinos, ovinos e equinos, localizada na região Sudoeste do Paraná. A empresa possui 15 funcionários e destaca-se por sua gestão profissionalizada e especializada no segmento, trabalhando com formulações de diferentes produtos, de acordo com as necessidades e especificidades do cliente.

Para a coleta de dados da pesquisa foram realizadas diversas visitas e acompanhamentos semanais no ambiente de fábrica da empresa. À medida que as etapas do estudo foram avançando, despertou-se um interesse maior da direção para implementar as melhorias e realizar mudanças nos processos produtivos, baseando-se principalmente na

metodologia *Lean Manufacturing.* Durante a investigação, foram realizados mapeamentos dos processos por meio de observações e contato direto com operadores de produção, bem como entrevistas com o gerente e o Diretor administrativo da empresa. O estudo foi desenvolvido e implementado nas sete etapas descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Etapas da metodologia aplicada

N	Etapa	Descrição
(i)	Planejamento da pesquisa	Foram realizadas diversas reuniões com a direção da empresa, a fim de estabelecer um planejamento e cronograma de ações, bem como quais seriam as prioridades e como seriam realizadas as visitas e coleta de dados.
(ii)	Instrumentos e coletas de dados	Para a coleta de dados, a linha de produção foi dividida em etapas de operação. Para cada uma delas foram feitas medidas de tempo de cada operação para os produtos de linha. Neste processo, todos os fatores que influenciavam a produção foram registrados e analisados. Obteve-se uma visão inicial do comportamento de quais eram as variáveis que afetavam diretamente o processo produtivo.
(iii)	Tratamentos de dados	Os dados foram registrados em um arquivo eletrônico e depois repassados para planilhas no Excel para serem processados, gerados os gráficos e comparado os resultados. Juntamente com os gestores da empresa, foram realizados análises e diagnósticos dos resultados, avaliados os processos e equipamentos, metodologias, tempo de produção, tipos de desperdícios, e segurança e bem-estar dos colaboradores, integrando-os com a aplicação da filosofia *Lean.*
(iv)	Ferramentas aplicadas	Definiram-se quais ferramentas se adequariam melhor aos processos. Como a empresa já aplicava as ferramentas *Kanban* e o 5s, o mapa de fluxo foi proposto como a melhor alternativa, associado aos conceitos da filosofia *Lean*.
(v)	Mapeamento dos processos	Nesta etapa realizou-se o mapeamento dos processos produtivos, explorando cada setor, desde a chegada da matéria-prima até a saída do produto.
(vi)	Mapa de fluxo de valor	Com base no mapeamento dos processos, montou-se os mapas de fluxo de valor atual e futuro para a linha de produção, bem como foram mapeados todos os problemas encontrados e apresentado as sugestões de melhorias.
(vii)	Proposta de melhorias	A partir dos resultados obtidos, realizou-se uma análise para avaliar as alternativas de melhorias para a empresa, bem como foi proposto um plano de ações de melhorias para os problemas diagnosticados.

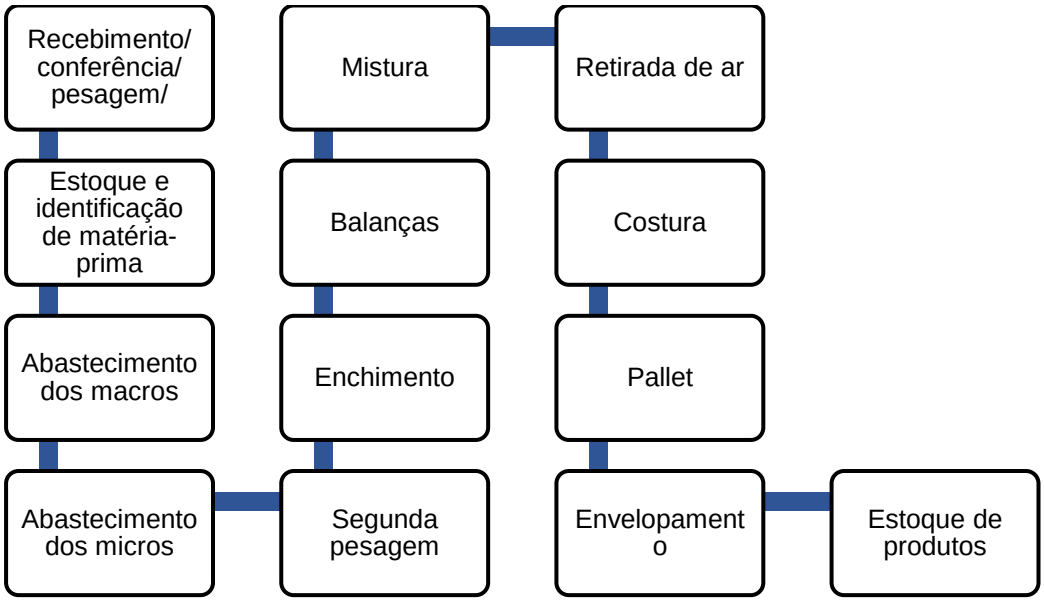
Fonte: Autoria própria (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mapeamento dos processos

O primeiro passo foi conhecer e entender melhor o fluxo dos processos do sistema produtivo, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1- Fluxo dos processos



Fonte: Autoria própria (2023).

O mapeamento dos processos ajudou a ter uma visão geral da rotina de produção. Além disso, obteve-se informações detalhadas dos processos produtivos em que foi possível localizar pontos de desperdícios, falhas nas metodologias aplicadas, falta de organização e outras dificuldades que só foram observadas quando houve uma atenção maior das rotinas.

Mapa de Fluxo de Valor Atual

Com base no diagnóstico dos processos, elaborou-se o mapa de fluxo de valor atual (Tab. 2), com a descrição dos principais problemas da linha de produção.

Tabela 2 – Mapa de Fluxo de Valor Atual

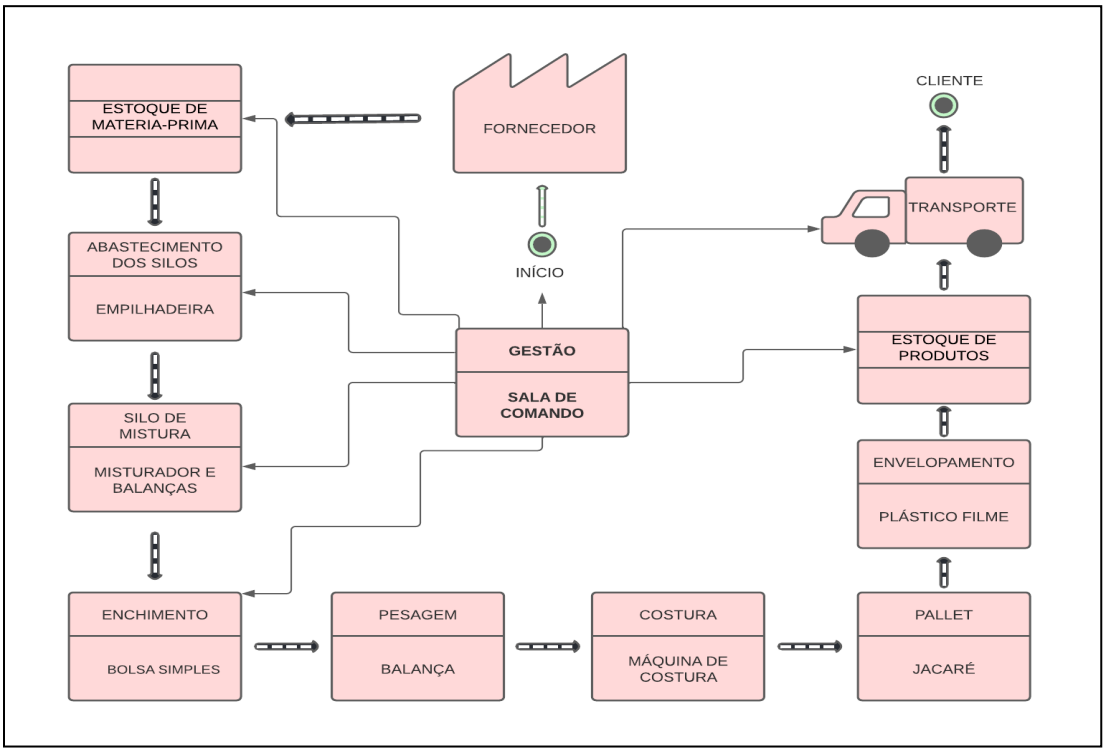
Processo	**Descrição**
1° pesagem (Dentro do silo)	Demora do ajuste da balança e na liberação do produto; Rodízio de funcionários, ocasinando despadronização dos processos e desperdício de tempo
Enchimento	Erro de posição e dificuldade de abertura da bolsa, causando perda de produto
2° pesagem	Problema de manuseio da bolsa na balança, alterando a precisão de pesagem
Retirada de ar e ajuste do produto na embalagem	Tempos e métodos diferentes entre funcionários; Perda de produto na retirada de ar
Costura	Demora na troca da linha; Atrasos na costura; Rodízio de funcionários; paradas constantes na produção
Pallet	*Layout* dos pallets causam paradas na produção; Atrasos na troca do pallet

Envio ao estoque de produto	Atrasos no deslocamento dos pallets finalizados; congestionamento na linha de produção
Observações extras	Comunicações informais e distrações; rodízio de funcionários impactando na velocidade da produção; manutenção das tubulações; Sistema de exaustão ineficiente; manutenção de esteiras; sistema de troca de linha ineficiente; finalização dos pallets realizada com a ferramenta errada; falta de controle adequado de perdas.

Fonte: Autoria própria (2023).

Foi possível notar que a maior predominância dos problemas é de natureza humana, em que há dificuldade em se manter a metodologia e padronização correta. Também foram observados outros problemas de natureza técnica e mecânica que comprometiam a produção. A Figura 2 mostra o fluxograma de valor atual da empresa e os processos produtivos.

Figura 2 – Fluxograma de Valor Atual



Fonte: Autoria própria (2023).

De acordo com os gestores e com as observações realizadas, os principais problemas estavam concentrados no processo que envolvia a 1ª pesagem, ensaque, 2ª pesagem, costura, pallet e finalização, onde a maioria das atividades são realizadas manualmente.

Mapa de Fluxo de Valor Futuro

Com base no mapa de fluxo atual, foi montado o mapa de fluxo de valor futuro com as sugestões de melhorias para cada problema identificado (Tabela 3).

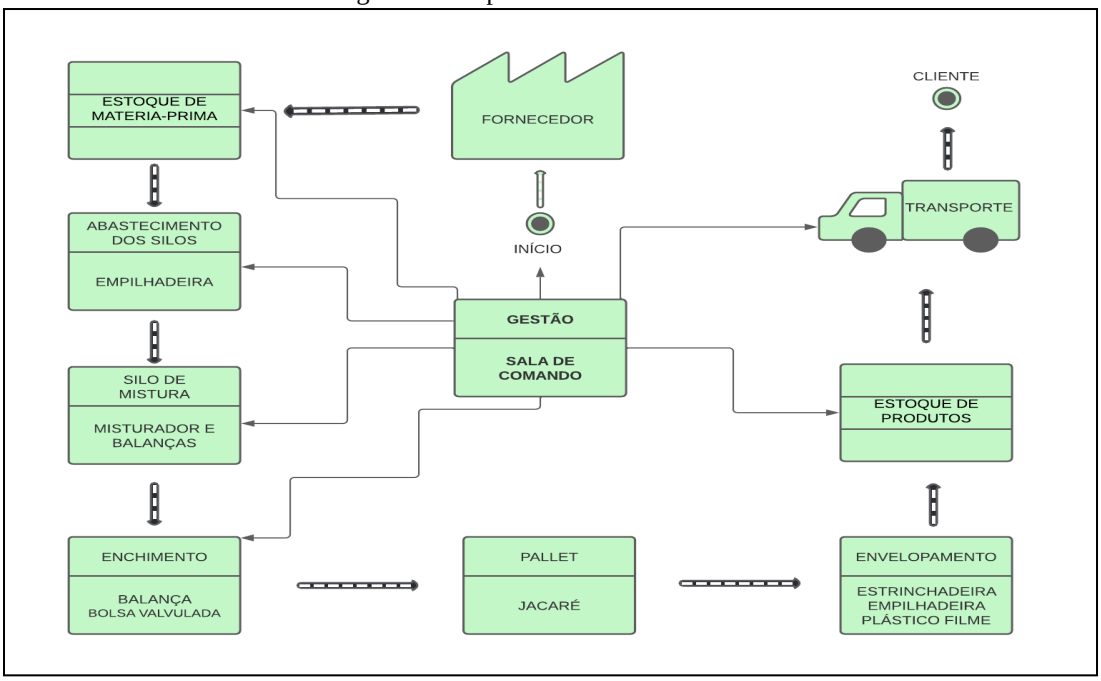
Tabela 3 – Mapa de Fluxo de Valor Futuro

Processo	**Sugestões de melhorias**
1° pesagem (Dentro do silo)	Regulagem das balanças; Capacitação dos funcionários para configuração da balança
Enchimento	Unir a etapa de enchimento com a 2ª pesagem
2° pesagem e ajuste de peso	Esta etapa poderia ser unida ao processo anterior
Retirada de ar e Costura	Utilizar rolos de linha maiores; desenvolver técnica de corte e emenda de linha (etapa que consome muito tempo)
Pallet	Adquirir uma ferramenta para finalização dos pallets; melhorar o Layout
Envio do produto ao estoque	Aumentar a agilidade no processo
Observações extras	Padronização das atividades; utilizar bolsa valvulada; duplicar a linha de produção no enchimento; realizar mais um turno de trabalho; consertar esteira; ajustar o sistema de exaustão; evitar ou minimizar o rodízio de funcionários; oferecer mais capacitação; realizar manutenção dos equipamentos; melhorar o sistema de vibração para compactação do produto dentro da bolsa; aprimorar os métodos de retirada de ar e costura para sacas maiores.

Fonte: Autoria própria (2023).

A maioria das sugestões apresentadas não são difíceis de implementar. Outras, porém, envolvem evidentemente um esforço maior e demandam de recursos financeiros da empresa. Assim, com base nas sugestões propostas, elaborou-se o mapa de fluxo de valor futuro apresentado na Fig.3.

Figura 3 – Mapa de fluxo de Valor futuro



Fonte: Autoria própria (2023).

A principal mudança consistiria em que a etapa da segunda pesagem e a etapa da costura pudessem ser eliminadas, tornando o processo mais direto. A eliminação desses dois processos acarretaria a diminuição do tempo total de produção e reduziria de forma drástica os problemas de acúmulo na linha de produção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo é parte do resultado de um trabalho de conclusão de curso de graduação. No trabalho foram abordados os conceitos e aplicação das ferramentas da metodologia *Lean Manufacturing* através de um estudo de caso de uma empresa. As ferramentas escolhidas e aplicadas no estudo foram o mapeamento de processos e o mapa de fluxo de valor.

O mapa de fluxo de valor abrangeu todos os processos de forma detalhada. Por meio dele identificou-se que a maioria dos problemas na linha de produção estão relacionados a fatores humanos, o que pode ser resolvido por meio de capacitações e padronização dos métodos utilizados. Também foi possível observar novas oportunidades de melhorias, como é o caso dos novos tipos de embalagens e equipamentos que foram propostos. Já quanto às medições de tempo, de uma maneira mais técnica, demonstrou ser uma das etapas mais

importantes, principalmente para se compreender os processos produtivos e como o fator tempo influenciava na aplicação das outras ferramentas.

O planejamento das etapas da pesquisa, junto com a metodologia e sugestões apresentadas, trouxeram resultados relevantes que foram aproveitados pela empresa Nutribom. Neste sentido, foram levantadas novas possibilidades de melhorias, permitindo mais autonomia para a produção. É importante destacar nesse trabalho a abertura e acessibilidade da empresa, que ofereceu constantemente apoio e auxílio para o desenvolvimento do estudo, principalmente no subsídio das informações.

Ainda como resultado deste trabalho, foram sugeridas capacitações aos funcionários, de forma que todos terão acesso aos resultados obtidos neste estudo como forma de conscientização, bem como terão contato com a filosofia *Lean.* Além disso, propôs-se que os métodos sejam aperfeiçoados seguindo com a padronização dos processos.

Todas as informações e sugestões foram apresentadas e repassadas para os gestores da Nutribom em forma de relatório. Muitas das melhorias propostas estão sendo implementadas aos poucos, algumas delas já foram feitas, como é o caso da finalização dos pallets. De forma geral, as ferramentas aplicadas contribuíram para melhorar o desempenho, enfatizando que a filosofia *Lean Manufacturing* pode ser aplicada em empresas de pequeno porte e que trabalhos como este podem ser replicados, contribuindo para o desenvolvimento de micro e pequenas empresas.

No tocante as limitações da pesquisa, houve no início dificuldade em lidar com a aceitação dos colaboradores da linha de produção. Isto porque muitos sentiam-se em parte desconfortáveis com a presença do pesquisador no ambiente de trabalho fazendo o monitoramento dos processos e a coleta de dados. Para pesquisas futuras, seria fundamental replicar este trabalho em outros tipos de empresas, de diferentes portes e estruturas, e avaliar ainda os aspectos e fatores que influenciam a implementação da metodologia *Lean Manufacturing*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Nutribom pela disponibilidade em participar do estudo e por disponibilizar as informações para a construção desse artigo.

REFERÊNCIAS

DA SILVA, J. C. T.; FERREIRA, D. Pequenas e médias empresas no contexto da gestão da qualidade total. *Produção*, Bauru, SP, v. 10, n. 1, p. 19–32, 2000.

DE SOUZA, J. M. PDCA e Lean Manufacturing: estudo de caso de aplicação de processos de qualidade na Gráfica Alfa. *Revista de Ciências Jurídicas e Empresariais*, LONDRINA, PR, v. 17, n. 1, p. 11-17, 2016.

DENNIS, P. *Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo*. Porto Alegre, RS. 2.ed. 2008.

JOSÉ, P.; MOREIRA, L. *Gestão da Qualidade*, n. 1, p. 1–13, 2007.

PORTO, B. S.; ALMEIDA, P. R. V. Lean Manufacturing como base para implantação das tecnologias emergentes no contexto da indústria 4. 0. Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA), p. 1–21, 2020.

SANTOS, L. F.; TOMOMITSU, H. T. A. A importância das ferramentas Lean para empresas que atuam sob encomenda: um estudo de caso no setor de construção civil. *In*: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. *Anais* ENEGEP. Foz do Iguaçu, PR, 2020.

YADAV, G. et al. Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. *Journal of Cleaner Production*, v. 245, 2020.

INFORMÁTICA APLICADA PARA ESTUDANTES DE ESCOLA PÚBLICA ATRAVÉS DE ATIVIDADES DE EXTENSÃO

Nicoli Caroline FICANHA[1], Marcelo ZANETTI[2]

[1]Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Realeza
Realeza – Paraná - Brasil

E-mails: nicolic.ficanha@hotmail.com; marcelo.zanetti@uffs.edu.br.

Resumo: *O progresso da utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) como recurso educacional caracteriza o computador como a ferramenta da qual o estudante executa as atividades escolares e evolui suas habilidades de comunicação, escrita e compreensão através do desenvolvimento de documentos digitais. Objetivando a capacitação e formação tecnológica por meio da extensão universitária em parceria com escolas públicas no sudoeste do Paraná, bem como a inclusão digital de jovens a partir do uso do computador como ferramenta de apoio para o desenvolvimento de atividades escolares, desenvolveu-se o projeto de extensão "Informática Aplicada para estudantes do ensino médio", que era executado semanalmente nos períodos matutino e vespertino para 167 alunos entre 2022 e 2023. A suite LibreOffice e as plataformas Google, Canva, Mindmeister, Storyboardthat e Kahoot foram utilizadas em sala de aula, de forma a incentivar a utilização como ferramentas auxiliares nas atividades escolares. Em comparação aos métodos de ensino-aprendizagem habituais, o emprego das TICs faz com que os estudantes demonstrem maior interesse pelos conteúdos, visto que a inclusão digital possibilita o desenvolvimento de atividades digitais personalizados que favorecem o desempenho escolar e, futuramente, profissional. O conhecimento tecnológico é um dos principais recursos disponíveis que tornam o aprendizado mais ameno e proveitoso, dinamizando o espaço escolar e o desenvolvimento das tarefas através do emprego de recursos digitais.*

Palavras-chave: *Computador; Educação; Tecnologia; Educação Digital.*

INTRODUÇÃO

A tecnologia digital e a constante evolução das formas de comunicação surgem como instrumentos educacionais capazes de alcançar diversos benefícios no desenvolvimento de habilidades como a pesquisa, elaboração de textos, capacitação profissional e atividades associadas ao lazer e a criatividade. O computador no ambiente escolar auxilia a dinâmica do processo de ensino-aprendizagem, sendo um recurso

pedagógico que motiva o conhecimento e a curiosidade dos alunos através de uma exposição mais atrativa e instigante (OLIVEIRA; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2020).

A demanda pelo conhecimento na área tecnológica vem se ampliando no mercado de trabalho e na esfera acadêmica, exigindo uma certa compreensão nos respectivos campos. O reflexo desse recurso na educação básica se manifesta posteriormente, quando a comunidade, num aspecto geral, desenvolve novas habilidades na busca de informação e conhecimento de acordo com seus interesses e necessidades (LIMA; TODA; ISOTANI, 2020).

É objetivando a formação tecnológica de estudantes do ensino público dos municípios de Realeza e de Santa Izabel do Oeste, no sudoeste do Paraná, que o projeto se estabelece. A partir da extensão universitária, em parceria às escolas dos dois municípios, aplica-se o domínio do computador e dos principais softwares que podem ser utilizados no processo de aprendizagem, por meio da inclusão digital de jovens a partir do uso do computador como ferramenta de apoio para o desenvolvimento de atividades escolares.

A partir da integração entre o acesso ao computador e as demandas escolares, é possível dinamizar o espaço colegial e a utilização de tecnologias no desenvolvimento de diversas atividades. A produção de documentos digitais, a pesquisa em fontes de informação confiáveis, o aperfeiçoamento de habilidades já descobertas e a capacitação dos estudantes do ensino público que desejam acessar vagas de trabalho que demandem conhecimentos em informática são todas atribuições executáveis através do acesso às Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) associadas à formação escolar.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A tecnologia vem sendo utilizada cada vez mais na educação, intensificando gradualmente a operação do computador, o armazenamento e o processamento de dados relacionados à informática na rotina dos estudantes (ROCHA, 2008). Almeida (2000) caracteriza o computador como “uma máquina que possibilita testar ideias ou hipóteses”, permitindo ao indivíduo que o executa a criação de diversas interações por meio de suas funções, contribuindo significativamente com a produtividade e otimização como ferramenta de trabalho e estudo. O computador ainda permite a construção e reconstrução

do conhecimento ao ser manipulado, principalmente pelo uso da Internet, que possibilita a troca de informações entre localidades distantes (SILVA; NASCIMENTO, 2020).

O ensino através da tecnologia se baseia numa versão computadorizada dos métodos tradicionais de ensino, como tutoriais, exercício-e-prática, jogos e simulações. Porém, o computador pode ser utilizado como ferramenta educacional, não correspondendo ao instrumento de ensino, mas sim à ferramenta com a qual o aluno elabora algo e executa uma atividade por intermédio deste (VALENTE, 1993). As atividades incluem a elaboração de textos, quizes utilizados em qualquer disciplina envolvendo perguntas de múltipla escolha rápidas (GOMES; SILVA, 2022), jogos educativos como o Kahoot, plataformas online colaborativas como o Canva para criar cartazes, personalizar imagens, vídeos e animações e também softwares colaborativos de mapas mentais como o MindMeister, que possibilita um estudo mais eficiente que promove o potencial criativo (RANGEL, 2022).

Desse modo, as TICs vêm ganhando espaço no ambiente escolar, representando a fusão entre os campos de informática, telecomunicações e outros meios eletrônicos. As TICs são constituídas dos processos de informação, comunicação e transmissão através de hardware e software e dos meios de comunicação. A integração delas e dos serviços de Internet nas práticas letivas possui um caráter disciplinar e transdisciplinar capaz de proporcionar enriquecimento na abordagem dos objetivos das disciplinas ministradas aos estudantes, interagindo com outras fontes de conhecimento e na capacitação da utilização do meio virtual (GONÇALVES, 2012).

Cabe destacar que a maioria das crianças da atualidade já nasce no mundo tecnológico e informatizado, onde as TICs já estão presentes, sendo chamadas de “nativos digitais” ou “Geração Z” (PASSERO; ENGSTER; DAZZI, 2016). Nesse cenário, é indispensável falar sobre o objeto de aprendizagem, que consiste em qualquer recurso digital, como textos, vídeos, imagens ou páginas Web que possa apoiar o aluno no processo de aprendizagem (LIMEIRA; MORAES, 2017).

Os nativos digitais são ávidos por informações dinâmicas e diversificadas, estando suscetíveis a imergir num emaranhado de informações dispersas e/ou imprecisas e, sendo assim, propensos a atividades não construtivas. O computador não é, portanto, prejudicial,

quando utilizado de maneira consciente. Esse comportamento tem desafiado a educação tradicional centrada no professor, exigindo uma maior liberdade, customização, integridade, colaboração, e principalmente entretenimento, velocidade e inovação dos sistemas educacionais, migrando a abordagem pedagógica para o aluno. (PASSERO; ENGSTER; DAZZI, 2016).

Os softwares livres na grande maioria não são cobrados, porém alguns equipamentos agregam o custo de softwares pagos e, por isso, é comum ouvir que os primeiros não são tão funcionais quanto os segundos, enquanto na verdade possuem funcionalidades e possibilidades muito semelhantes. O LibreOffice é uma suíte de aplicativos livre disponível a todos os sistemas operacionais, sendo possível associá-lo ao Google, cuja função é a produção de materiais de estudo através de novos modelos de aprendizagem (ISOPPO, 2019). Nesse software é possível compartilhar conteúdos e formatar documentos didáticos, por ser composto por um editor de texto, de apresentações, um editor de planilhas eletrônicas, editor de fórmulas matemáticas, um programa para ilustrações e um para a criação de bancos de dados (GUIZZO; NUNES, 2012).

A capacitação dos estudantes é, portanto, fundamental para a demanda proporcionada pela utilização das TICs no mercado atual, levando em consideração a constante atualização dos modos operacionais dessa ferramenta tecnológica. Ademais, “o uso do software livre no espaço escolar, amplia o potencial crítico do cidadão frente as opções de software proprietário impostas pelo mercado de trabalho”, visto que alguns contratos de licença limitam a possibilidade de escolha dos usuários (GUIZZO; NUNES, 2012).

METODOLOGIA

Através do apoio da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) e do aporte de recursos financeiros da Fundação Araucária, o projeto de extensão “Informática aplicada para estudantes do ensino médio”, pode ser desenvolvido em parceria com duas escolas estaduais, cujo público-alvo abrangeu 167 alunos de maio de 2022 até maio de 2023. A partir da seleção dos estudantes, foram definidas quatro turmas, sendo duas no município de Realeza e duas no município de Santa

Izabel do Oeste, ambas no estado do Paraná, com aulas ministradas semanalmente nos turnos da manhã e tarde. O transporte até o *campus* Realeza foi disponibilizado para os estudantes pela prefeitura Municipal de Realeza.

O conteúdo didático desenvolvido cumpriu o equivalente a 3 horas-aula por turma, programado junto ao professor orientador do projeto, abrangendo atividades desempenhadas no laboratório de informática com o objetivo de promover a inclusão digital dos estudantes e proporcionar benefícios pela utilização das TICs no ambiente escolar. O cronograma do curso, que ofereceu certificado aos alunos que cumpriram 75% de frequência, foi planejado a partir de uma sequência de aprendizado e dificuldade, apresentando inicialmente os componentes e funcionalidades básicas do computador e suas ferramentas, para em seguida demonstrar os principais mecanismos e recursos disponíveis.

O software LibreOffice foi amplamente trabalhado nas atividades de sala de aula com o propósito de instruir os estudantes a produzirem documentos digitais, capazes de dinamizar e auxiliar seu desempenho escolar de maneira individual e também coletiva. A partir da suite LibreOffice, o pacote Writer foi utilizado para desenvolver as habilidades de escrita e de comunicação, exercitando a criação de textos e a utilização dos recursos disponíveis na ferramenta, dentro das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Através da escrita, os alunos foram capacitados a posicionar de maneira adequada as mãos no teclado, extraindo o máximo de sua funcionalidade sem que houvesse a necessidade de verificar previamente as teclas.

Ainda no pacote LibreOffice, o Calc foi utilizado para melhorar o entendimento da matemática básica através das operações e funções disponíveis no software. Ademais, para o aperfeiçoamento de apresentações, o LibreOffice Impress, foi apresentado aos alunos, instruindo a maneira correta de produzir apresentações de slides, destacando também o comportamento e a postura que devesse ter durante uma apresentação.

A plataforma Google foi apresentada aos estudantes como sugestão de gestão profissional e pessoal, demonstrando ferramentas de apresentação e de comunicação que servem de guia organizacional para trabalhos, textos, imagens, vídeos e demais recursos multimídia. Através do Google Sites, os alunos desenvolveram as habilidades de

organização, colaboração, criatividade, gestão e gerenciamento de projetos individuais e compartilhados pela criação de sites colaborativos.

O software Canva foi apresentado aos alunos objetivando a criação de materiais de apoio criativos, como cartazes e infográficos, para fixação de conteúdos escolares de maneira visualmente atraente, além de apresentar a ampla diversidade de recursos audiovisuais que auxiliam nas apresentações e atividades escolares. O Mindmeister também foi utilizado com o mesmo objetivo, demonstrando os recursos capazes de sistematizar ideias de maneira criativa, desenvolvendo mapas mentais que auxiliam os estudos do aluno na escola.

Na parte final do projeto, foram utilizadas plataformas, tal como Storyboarhthat, que proporciona a criação de histórias em quadrinhos de forma a estimular a criatividade na apresentação de ideias e conceitos aprendidos, além de aprimorar as habilidades na área de artes digitais. . Por fim, a plataforma Kahoot foi utilizada com o objetivo de incentivar os alunos a estudarem e testarem os seus conhecimentos de maneiras consideradas mais interativas e divertidas para os estudantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A oportunidade de aprender a utilizar o computador e as tecnologias de informação como ferramenta de apoio aos estudos e, futuramente, na execução de atividades profissionais é imprescindível, visto que muitas escolas públicas não estão preparadas para oferecer essa capacitação.

Ao possibilitar o contato do aluno com o computador, desenvolve-se a capacidade de empregar a ferramenta nas esferas educacional e profissional. A partir da avaliação de 81 estudantes matriculados, a principal motivação para participar do curso correspondeu ao interesse em aprender informática (84%), sendo que 66,7% deles classificaram o curso como excelente e 24,7% como bom, o que demonstra a relevância da capacitação tecnológica dos alunos de escolas públicas.

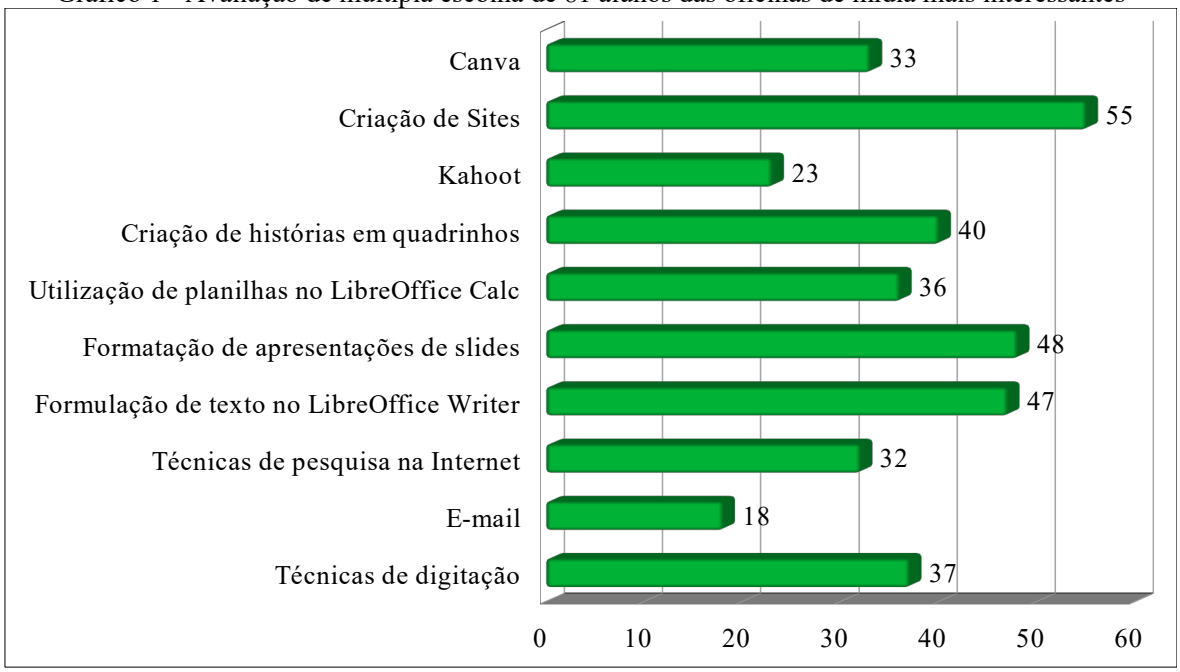
Segundo 69,1% dos estudantes, a aplicação do domínio do computador e dos principais softwares que podem ser utilizados no processo de aprendizagem são capazes de dinamizar o espaço escolar, sendo possível utilizar esses conhecimentos em atividades

escolares e também de maneira profissional. Dessa forma, se promove o estímulo à pesquisa em fontes de informações digitais na busca de conhecimento e o aperfeiçoamento de habilidades necessárias para desenvolver documentos digitais como textos, apresentações, vídeos, fotos, áudios e demais recursos multimídia.

Através do curso gratuito ofertado aos estudantes, foi promovida a inclusão digital dos jovens que não têm acesso ao computador ou às tecnologias de informação, visto que 74,1% dos alunos matriculados não possuem acesso a essa ferramenta em casa.

Dentre os assuntos abordados no curso, os alunos demonstraram maior interesse na criação de sites e na formatação de apresentação de slides, como demonstra o Gráfico 1, que expressa a avaliação de múltipla escolha da oficina de mídias trabalhada no curso. Boa parte dos participantes (65,4%) considerou o curso muito proveitoso.

Gráfico 1 - Avaliação de múltipla escolha de 81 alunos das oficinas de mídia mais interessantes



Fonte: Autoria própria (2023)

Ademais, o desenvolvimento de atividades escolares utilizando os recursos estudados tornou-se habitual, considerando que os alunos passaram a empregar as TICs em seus estudos e atividades, aprimorando a criatividade, a habilidade de escrita e a comunicação no ambiente escolar, considerando que 87,7% dos alunos tiveram suas

expectativas atendidas, 86,4% fariam outros cursos de informática e 90,1% fariam o curso ofertado novamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização das ferramentas tecnológicas é, além de uma necessidade, uma oportunidade de aprendizado mais dinâmica e proveitosa, que fornece aos estudantes do ensino básico a possibilidade de aperfeiçoar seu sistema de pesquisa, processo de aprendizado e sua capacidade de realização a partir de uma metodologia que abrange o domínio dos principais softwares que fundamentam a elaboração dos documentos digitais.

O conhecimento do pacote LibreOffice é capaz de contribuir ativamente nas atividades escolares, desde a formatação de textos até a elaboração de trabalhos com figuras, elementos gráficos, tabelas e sumário. A utilização de funções e operações em planilhas eletrônicas se mostra vantajosa no entendimento dos conceitos matemáticos e na na resolução de problemas. E, por fim, a utilização de plataformas que auxiliam a elaboração de apresentações e outros tipos de materiais educativos, como a criação de cartazes, documentos, infográficos, tirinhas e vídeos, possuem destaque pelos seus diversos recursos de formatação e edição que aprimoram as atividades escolares.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. E. de. *Informática e formação de professores*. Brasília: Ministério da Educação, 2000.

GOMES, M. G. S.; SILVA, A. G. da. Uso de aplicativos didáticos: potencialidade das metodologias ativas no contexto da prática educativa na educação básica. *In*: VIII Congresso Nacional de Educação, 2022. *Anais VIII CONEDU*. Campina Grande: Realize Editora, 2022. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/88226>. Acesso em: 27 mai. 2023.

GONÇALVES, A. R. C. *O papel das TIC na escola, na aprendizagem e na educação*. 2012. Dissertação (Mestrado em Comunicação Cultura e Tecnologias de Informação) – Instituto Universitário de Lisboa, 2012. Disponível em: https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/5146/1/master_ana_costa_goncalves.pdf. Acesso em: 19 mar. 2023.

GUIZZO, M. A.; NUNES, J. S. *Um estudo sobre a difusão e utilização do BrOffice/LibreOffice no mercado de trabalho da região sul de Santa Catarina*. Instituto

Federal de Santa Catarina – (IF-SC), Criciúma, 2012. Disponível em: http://wsl.softwarelivre.org/2012/0009/23.pdf. Acesso em: 19 mar. 2023.

ISOPPO, K. S. L. *Estudo de caso sobre o uso da ferramenta LibreOffice para a preparação de materiais didáticos em uma escola.* 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Informática Instrumental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/197055. Acesso em: 19 mar. 2023.

LIMA, J.; TODA, A.; ISOTANI, S. Proposta de Curso de Extensão para Desenvolver o Pensamento Computacional no Ensino Médio Integrado. *Anais dos Trabalhos de Conclusão de Curso*. Pós-Graduação em Computação Aplicada à Educação Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. Universidade de São Paulo, 2020. Disponível em: https://especializacao.icmc.usp.br/documentos/tcc/josenilton_lima.pdf. Acesso em 17 mar. 2023.

LIMEIRA, M. A.; MORAES, M. A. C. de. *A utilização das TICs na educação infantil. 2017*. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Informática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina, 2017. Disponível em: http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/493/2/2017_tcc_malimeira.pdf. Acesso em: 19 mar. 2023.

OLIVEIRA, E. D.; OLIVEIRA, E. A.; OLIVEIRA, E. D. A utilização dos laboratórios de informática na educação básica: estudo de caso da rede estadual de ensino de Jandaia do Sul – PR. *DI@LOGUS*, *[S. l.]*, v. 9, n. 3, p. 59–72, 2020. Disponível em: https://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/dialogus/article/view/382. Acesso em: 17 mar. 2023.

PASSERO, G.; ENGSTER, N. E. W.; DAZZI, R. L. S. Uma revisão sobre o uso das TICs na educação da geração Z. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre v. 14, n. 2, 2016. Disponível em https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/70652. Acesso em: 19 mar. 2023.

RANGEL, E. R. *Gamificação como estratégia de aprendizagem em aulas remotas: uma revisão de literatura*. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Educação e suas Tecnologias) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Valença, 2022. Disponível em: http://repositorio.ifba.edu.br/jspui/handle/123456789/300. Acesso em 27 mai. 2023.

ROCHA, S. S. D. O uso do computador na educação: a informática educativa. *Revista Espaço Acadêmico*, n. 85, junho de 2008. Disponível em: http://www.espacoacademico.com.br/ 085/85rocha.pdf. Acesso em: 19 mar. 2023.

SILVA, C. C.; NASCIMENTO, R. M. T. Informática básica na escola: uma experiência no ensino fundamental / Basic computer science at school: an experience in elementary school. *Brazilian Journal of Development*, *[S. l.]*, v. 6, n. 4, p. 21668–21676, 2020. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9285. Acesso em: 18 mar. 2023.

VALENTE, J. A. *Diferentes usos do Computador na educação*. *In*: Valente, J. A. (org) Computadores e Conhecimento: Repensando a educação. Campinas, SP. Gráfica da UNICAMP 1993, p. 6.

DIAGNÓSTICO DAS AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES RURAIS DO SUDOESTE DO PARANÁ: ASPECTOS PRELIMINARES

Paulo Henrique SOARES[1], João Francisco MARCHI[2], Rodrigo KUMMER[3]

[1] Graduação em Engenharia de Alimentos – COEAL
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias – DAGRO
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[3] Departamento de Humanidades – DAHUM
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: paulohenriquesilva@alunos.utfpr.br; joaomarchi@professores.utfpr.edu.br; rodrigokummer@utfpr.edu.br

Resumo: *Este artigo apresenta um diagnóstico preliminar de elementos socioeconômicos das agroindústrias familiares rurais da Região Sudoeste do Paraná. Essa região se caracteriza pela forte presença da agricultura familiar. Nesse contexto, é também espaço de desenvolvimento de agroindústrias familiares rurais (AFR), que apresentam uma pequena escala produtiva, produção artesanal e mão de obra majoritariamente familiar. Nesta pesquisa buscou-se verificar qual o panorama de desenvolvimento e a caracterização dessas AFRs. Para tanto, utilizou-se de um questionário semiestruturado contendo 40 questões. Obteve-se uma amostra de 40 respostas de 16 municípios diferentes. Os dados obtidos demonstram a importância das agroindústrias familiares rurais para a região, tanto em aspectos econômicos e produtivos, quanto nos aspectos sociais. Trata-se de uma atividade que agrega valor aos produtos da agropecuária, que abastece o mercado regional e emprega significativa parcela dos membros das famílias rurais. Definitivamente é um setor que merece maior atenção das políticas públicas e das instituições de pesquisa e extensão.*

Palavras-chave: *agroindústria familiar; agricultura familiar; Sudoeste paranaense; ruralidade.*

INTRODUÇÃO

A agricultura familiar é um elemento central nas relações de alimentação e abastecimento. O termo, ainda que definido na década de 1990, suscita um debate com larga tradição nas Ciências Sociais e Ciências Agrárias. Abarca um conjunto heterogêneo de práticas e

dinâmicas rurais que complexificam as dinâmicas territoriais, culturais e produtivas do contexto agropecuário brasileiro.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revela que no último censo agropecuário realizado no ano de 2017, cerca de 86,4% do total de agroindústrias rurais correspondem à agricultura familiar. Ainda, segundo dados apresentados pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário no ano de 2017, a agricultura familiar corresponde em cerca de mais de 40% do valor bruto da produção agropecuária e suas cadeias produtivas podem corresponder a 10% de todo o PIB brasileiro seguindo as últimas pesquisas.

O aumento da demanda por alimentos produzidos por pequenos produtores também acompanhou o aumento do PIB da produção agropecuária, com variação positiva de 1,9% no primeiro trimestre e previsão de 2,5 para o ano (IBGE, 2020). Para acompanhar esta demanda, os pequenos produtores tiveram que recorrer a opções para comercialização online de sua produção e se adequar aos novos protocolos de enfrentamento à pandemia (SCHNEIDER, 2020).

A agricultura familiar é conhecida por sua agregação de valor e diversificação na sua cadeia produtiva. Segundo Schneider *et al.* (2020) no Brasil, a diversidade de formas familiares de agricultura permite distintas possibilidades de abordar o fenômeno, mostrando a riqueza do tecido social de inúmeras regiões rurais e a construção de distintas categorias analíticas. A diversificação da agricultura familiar em algumas regiões do Estado do Paraná aponta para a importância das Agroindústrias Familiares Rurais (doravante AFR) como ferramenta para o desenvolvimento local, fomentando a economia local impactando na agregação de valor aos produtos, geração de trabalho e renda aos produtores rurais.

Dentro desse contexto, a região Sudoeste do Paraná possui uma grande diversificação da produção e das atividades rurais, incluindo neste cenário as agroindústrias familiares rurais de pequeno porte, que transformam produtos de origem animal (queijos, salames, copa, mel, etc.) e produtos de origem vegetal (conservas e doces, derivados cana, panificados, etc.). Este trabalho, portanto, visa apresentar dados preliminares de uma coleta de dados que objetiva compreender melhor a dinâmica social e produtiva das agroindústrias familiares rurais no Sudoeste paranaense.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O setor agropecuário brasileiro tem passado por avanços significativos devido às tecnologias da informação, automação, gestão e sustentabilidade. Essas inovações têm impulsionado o desenvolvimento e a produtividade do setor, tornando-o uma das principais atividades econômicas em todo o mundo (MONTES DE MELO *et al.*, 2021).

No entanto, os pequenos produtores enfrentam desafios ao tentar identificar e quantificar os pontos fracos em seus processos produtivos. Entre os principais problemas que afetam negativamente esses produtores estão a falta de preparo e conhecimento, a gestão de pessoal, a produção e armazenamento, o consumo e desperdício, a concorrência, os altos custos para a manutenção e aquisição de maquinários, o impacto do clima, os custos de produção e a elaboração de projetos para obter crédito. Muitas vezes, esses produtores tomam decisões baseadas apenas em sua própria experiência, sem considerar abordagens mais fundamentadas e estratégicas (MONTES DE MELO *et al.*, 2021).

As pequenas propriedades rurais possuem grande potencial como cadeias de produção, oferecendo uma quantidade expressiva de mão de obra e promovendo a sustentabilidade, consumo local e geração de renda para várias famílias. A agricultura familiar é um conjunto de exercícios agrícolas voltados para a manutenção e ampliação da produtividade, visando à lucratividade e à preservação da qualidade do ambiente (ar, água e solo), bem como da diversidade biológica, que tem impacto direto na qualidade de vida das pessoas envolvidas (DE ALMEIDA *et al*., 2021).

A Lei da Agricultura Familiar, também conhecida como Lei n° 11.326 de 2006, estabelece os critérios para definir agricultores familiares e empreendedores familiares rurais. De acordo com essa lei, são considerados agricultores familiares aqueles que realizam atividades no meio rural e atendem aos seguintes requisitos: não possuir área maior do que 4 módulos fiscais, utilizar principalmente mão de obra da própria família em suas atividades econômicas, ter a maior parte da renda familiar originada das atividades vinculadas ao estabelecimento ou empreendimento e conduzir o estabelecimento ou empreendimento com a família (DE ALMEIDA *et al*., 2021).

Essa definição abrange pequenos produtores rurais, povos e comunidades tradicionais, assentados da reforma agrária, silvicultores, aquicultores, extrativistas e pescadores

(DE ALMEIDA *et al*., 2021). De acordo com o levantamento do Censo Agropecuário de 2017, que abrangeu mais de 5 milhões de propriedades rurais em todo o Brasil, constatou-se que 77% dos estabelecimentos agrícolas do país são classificados como de agricultura familiar. Além disso, as estatísticas revelaram que a agricultura familiar empregava mais de 10 milhões de pessoas em setembro de 2017, correspondendo a 67% do total de ocupações na agropecuária e sendo responsável por 40% da renda da população economicamente ativa (IBGE 2019).

Esse setor merece destaque como produtor de alimentos, especialmente no cultivo de milho, mandioca, pecuária leiteira, gado de corte, ovinos, caprinos, olerícolas, feijão, cana-de-açúcar, arroz, suínos, aves, café, trigo, mamona, frutas e hortaliças. Nas culturas permanentes, a agricultura familiar contribui com 48% do valor da produção de café e banana, enquanto nas culturas temporárias, esse segmento representa 80% do valor de produção da mandioca, 69% do abacaxi e 42% da produção de feijão, entre outras culturas. Segundo o Censo Agropecuário mencionado, a agricultura familiar é a base econômica de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes (IBGE 2019).

Segundo MARCHI *et al*., (2018), as tecnologias apropriadas e inovadoras existentes na área de produção e transformação de alimentos precisam ser adaptadas e adotadas pelos agricultores familiares, com o objetivo de melhorar a qualidade dos produtos e padronizá-los, uma vez que a falta de padrão e controle de qualidade nas unidades é um obstáculo para a comercialização. Esses estudos também destacaram a receptividade dos agricultores familiares em relação a essas tecnologias, pois enxergam nelas oportunidades para incorporar conhecimentos técnicos, melhorar a qualidade de seus produtos, aumentar a rentabilidade e manter-se nos mercados local e regional.

METODOLOGIA

Realizou-se um diagnóstico socioeconômico durante os meses de março a maio de 2023, junto a 40 (quarenta) agroindústrias rurais de pequeno porte localizadas na região do Sudoeste do Paraná. Para isso, foi elaborado um questionário semiestruturado contendo 40 questões objetivas e subjetivas, a fim de coletar dados relevantes. Para facilitar a aplicação dos questionários, foi utilizada uma plataforma online do Google *Forms*.

Os questionários foram enviados para os agricultores por meio da plataforma de mensagens WhatsApp. O critério de envio dos questionários foi uma base de conhecimento prévia, disponibilizada pelo Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-PR). Foram disparadas 90 mensagens, realizando-se 3 tentativas de retorno, sendo que se obteve 40 respostas de 16 municípios diferentes, consideradas uma amostra representativa no âmbito do escopo de análise.

As informações coletadas foram organizadas em sete seções: Seção I: Informações sobre a Agroindústria; Seção II: Dados sobre a Agroindústria, produção e matéria-prima; Seção III: Atividade produtiva, comercialização e mercado; Seção IV: Diagnóstico sobre a regularização sanitária das unidades; Seção V: Perfil tecnológico das unidades e investimentos; Seção VI: Prospecção de demandas e necessidades. Para fins de construção do presente texto, foram analisadas apenas algumas informações da base de dados obtida, selecionadas preponderantemente nas seções I, II, III e VI.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos a partir dos questionários perfazem uma amostra de 16 municípios, representando uma cobertura de 40% da região em estudo[1]. Verificou-se que a maioria dos estabelecimentos agroindustriais familiares da região Sudoeste do Paraná é gerenciado por mulheres sendo 52,5% dos casos (21 respostas) em relação a 47,5% (19 respostas) de estabelecimentos gerenciados por homens. É prudente considerar que a atividade de gerenciamento possui elementos compartilhados entre mais de um membro do grupo familiar, no entanto há uma prevalência de tomada de decisões e, mesmo, de responsabilidades legais em relação aos registros e variáveis fiscais.

A maior presença feminina no comando das agroindústrias pode estar articulada a cultura de contato com as atividades tradicionalmente desenvolvidas pelas mulheres no contexto regional. A participação ativa das mulheres nas agroindústrias familiares não apenas contribui para o desenvolvimento econômico e social das comunidades rurais, mas também

[1] A mesorregião do Sudoeste do Paraná é composta por 40 municípios (IPARDES, 2012). Um dos questionários respondidos é do município de Três Barras, que pertence a mesorregião Oeste do Paraná. A resposta foi mantida na amostra por ser representativa para o estudo e por não interferir na análise, visto que sua localização é adjacente a área de estudo e manter-se no padrão esperado.

tem um impacto positivo na produção de alimentos oriundos de panificações, indústria de leites, queijos e derivados.

Percebeu-se que a produção agroindustrial familiar rural no Sudoeste está concentrada em quatro atividades: frutas, legumes e hortaliças (33%); panificação (23%); leite e derivados (21%); carnes e derivados (21%); mel (2%). O montante produzido, porém, se concentra nas atividades de leite e derivados.

A população envolvida nas atividades das agroindústrias é majoritariamente familiar. Verificou-se que em 72, 5% das unidades produtivas o número de trabalhadores é de 1 a 3. E em 27,5% tem-se de 4 a 7 pessoas envolvidas. Apenas um quarto (25%) das unidades pesquisadas apontaram a contratação de funcionários. Em 81,8% dos casos, trata-se da contratação de 1 a 3 pessoas. Apenas 2 unidades indicaram contratar de 4 a 7 pessoas. Esses dados reforçam a AFR como vetor de empregabilidade no seio das unidades produtivas familiares rurais.

A faixa etária do pessoal envolvido nas AFRs é majoritariamente de 31 a 50 anos de idade. Há um dado significativo, o de que não são predominantemente idosos que atuam nestas atividades. Isso é interessante porque temos indicativos na teoria que postulam a tendência do envelhecimento e da masculinização no meio rural (CAMARANO & ABRAMOVAY, 1998). A faixa etária da população envolvida é expressa pela tabela 1.

Tabela 1 – Faixa etária da população envolvida nas AFRs

Categoria	Homens	Mulheres
Menor que 16 anos	0	1
16 a 30 anos	6	9
31 a 50 anos	29	28
51 a 60 anos	11	10
Maior que 60 anos	2	3

Fonte: Autoria própria (2023)

É importante ressaltar que 66,7% das AFRs consultadas apontaram a necessidade de maior mão de obra na unidade produtiva. Essa discussão diz respeito a inserção dos filhos na atividade e mesmo na sucessão. Questionados sobre a probabilidade de os filhos seguirem atuando na atividade, obteve-se o seguinte quadro**:** Muito Alta: 6 – 15,4%; Alta: 7 – 17,9%;

Média: 14 – 35,9%; Baixa: 6 – 15,4%; Muito Baixa: 6 – 15,4%. Há uma perspectiva significativamente alta de permanência, sendo que 66,7% responderam que já possuem a indicação de sucessor(es).

Quanto aos insumos utilizados na produção agroindustrial familiar, os dados apresentados revelam a diversidade na origem da matéria-prima utilizada. De acordo com os números, uma parte significativa dessa matéria-prima é proveniente da própria propriedade, representando de 20 a 50% do total. Isso indica que os agricultores estão cultivando e criando boa parte dos recursos necessários para a produção, o que evidencia a capacidade de aproveitar os recursos disponíveis em suas propriedades. As unidades produtivas familiares têm uma tradição de processamento de alimentos que cultivam para autoconsumo, o excedente é um potencial produto de venda. (TORREZAN *et al*., 2017).

Além disso, uma porcentagem considerável da matéria-prima é adquirida de terceiros, correspondendo a 16 a 40% do total. Essa prática mostra a capacidade dos agricultores de estabelecer parcerias com outros produtores e fornecedores, expandindo suas fontes de matéria-prima e diversificando a produção. Existem ainda casos em que a matéria-prima é tanto própria como adquirida de terceiros, num processo de complementaridade e sazonalidade.

Esses dados ressaltam a importância da gestão eficiente da matéria-prima na produção, mostrando que os agricultores familiares são capazes de utilizar diferentes fontes de matéria-prima, sejam elas internas ou externas. Essa diversificação fortalece a resiliência do setor, permitindo a adaptação às condições de mercado e garantindo a sustentabilidade das atividades agroindustriais.

Nas agroindústrias mencionadas, a produção ocorre durante todo o ano em cerca de 89,7% dos casos. Isso significa que as atividades agroindustriais são realizadas de forma contínua, sem interrupções sazonais significativas. Essa característica é essencial para garantir o suprimento constante de produtos agroindustriais e atender à demanda dos consumidores ao longo do ano. Essa é uma característica marcante da agroindústria rural, isto é, a produção contínua da matéria-prima.

Ao manter uma produção constante, as agroindústrias podem aproveitar os recursos disponíveis, como a matéria-prima cultivada na própria propriedade ou adquirida de tercei-

ros, de acordo com os dados apresentados. Isso permite um fluxo regular de produção, minimizando oscilações e possibilitando o fornecimento estável de produtos agroindustriais aos mercados locais, regionais ou até mesmo internacionais.

O faturamento bruto indicado pelos respondes é predominantemente de R$ 1.000,00 a R$ 10.000,00, representando 47,5% do universo pesquisado. Trata-se, portanto, de uma conjuntura de baixa renda. Posteriormente verifica-se a seguinte distribuição: de R$ 10.000,00 a R$ 50.000,00 (35%); de R$ 50.000,00 a R$100.000,00 (15%) e de R$ 100.000,00 a R$ 500.000,00 (2,5%). Conforme pondera Gazola (2009), a reprodução das agroindústrias rurais ocorre mesmo em situações de dificuldades econômicas e sociais. Além disso, geralmente as atividades agroindustriais não são as únicas desempenhadas nas unidades produtivas familiares rurais. Veja-se que a importância da renda da agroindústria na unidade foi classificada como: alta – 50%; média – 42,5%; baixa – 7,5%.

A dinâmica de comercialização dos produtos segue uma tendência de venda local e regional. Verificou-se a seguinte distribuição do local de venda: municipal – 49%; regional – 31%; estadual – 15% e nacional – 5%. Isso significa que a circulação e rotatividade financeira desempenhadas por essas agroindústrias permanece nos municípios, gerando impacto econômico em escala local.

É importante perceber que o mecanismo de venda utilizando as redes sociais e o próprio Whats App tem crescido. A pesquisa revelou que a forma de venda se distribui da seguinte forma: varejo (supermercado) – 25%; venda direta via WhatsApp – 19%; venda direta em residência – 18%; mercado institucional (alimentação escolar) – 14%; feiras – 10%; atacado – 9%; representante comercial – 5%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados obtidos, pode-se inferir provisoriamente que as agroindústrias familiares rurais do Sudoeste do Paraná expressam grande importância nas relações econômicas e sociais. Envolvem significativa participação dos membros das famílias rurais, oferecendo empregabilidade e espaço de protagonismo feminino.

O perfil dessas agroindústrias é de pequeno porte, processando parte dos produtos cultivados e criados na própria unidade. Entre as atividades principais verificou-se a transformação de frutas, legumes e hortaliças; panificação; leite e derivados; carnes e derivados. Em relação ao volume processado, leite e derivados são os produtos mais expressivos. Além disso, a mão de obra envolvida nessas atividades é, geralmente, de 1 a 3 pessoas. O faturamento bruto mensal é baixo, concentrado em unidades com até R$ 10.000,00.

A forma de comercialização é variada, mas percebeu-se que a utilização de venda direta utilizando aplicativo de mensagens instantâneas parece ter se transformado numa ferramenta importante. Isso abre a perspectiva de que as famílias possam diminuir a interferência de atravessadores nesse processo e, assim, aumentar sua autonomia.

As análises posteriores buscarão aprofundar esses elementos e indicar ações diretas que potencializem o desenvolvimento deste importante setor da economia e da sociedade regional. É fundamental pensar esse setor como estratégico no desenvolvimento econômico e social da região, donde políticas públicas e perspectivas legais são inescapáveis.

REFERÊNCIAS

BRUMER, A. *O sexo da ocupação considerações teóricas sobre a inserção da mão de obra feminina na força de trabalho. Revista Brasileira de Ciências Sociais*, São Paulo, v. 3, n. 8, p. 1-18, out., 1988.

CAMARANO, A. A., & ABRAMOVAY, R. *Êxodo rural, envelhecimento e masculinização no Brasil: panorama dos últimos cinquenta anos. Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 15, n 2, p. 45–65, 1998.

DE ALMEIDA, N. C. D.; GONÇALVES ROSA PACHECO, C. S. *Agricultura familiar e alimentação escolar: uma revisão da literatura. Diversitas Journal*, v. 7, n. 4, p. 2751-2764, out./dez. 2022. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/2390. Acesso em: 20 maio. 2023.

GAZOLLA, Marcio. *Instituições e economia dos custos de transação: aplicação de alguns elementos para a análise dos pequenos empreendimentos agroindustriais*. *REDES*, Santa Cruz do Sul, v. 14, n. 3, p. 161-185, set./dez. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. *Agropecuária cresce 1,9% no primeiro trimestre, diz IBGE*. IBGE, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2020/06/agropecuaria-cresce-1-9-no-primeiro-trimestre-diz-ibge. Acesso em: 24 dez. 2022.

IBGE. Censo Agropecuário 2017: *Resultados Definitivos. Rio de Janeiro:* IBGE, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf. Acesso em: 21 jun. 2023.

IPARDES**.** *Relação dos municípios segundo as regiões geográficas do Paraná – 2012*. Curitiba: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES, 2012. Disponível em: https://www.ipardes.pr.gov.br/sites/ipardes/arquivos_restritos/files/documento/2019-09/Regioes%20geograficas%20municipios.pdf. Acesso em: 30 maio. 2023.

MARCHI, J.F; CIUFFA, M.A.N.L. *Diagnóstico das agroindústrias familiares rurais da região de Francisco Beltrão e Dois Vizinhos.* ANAIS do XVIII Seminário de Extensão da Unioeste. Foz do Iguaçu Paraná. 2018; p. 357-362.

MONTES DE MELO, D. *et al*. *A importância da gestão rural e da sustentabilidade em pequenas propriedades rurais. GETEC*, v. 10, n. 31, p.1-20, 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2510/1563>. Acesso em: 20 maio. 2023.

SCHNEIDER, S.; CASSOL, A.; LEONARDI, A.; MARINHO, M. de. M. *Os efeitos da pandemia da Covid-19 sobre o agronegócio e a alimentação. Estudos Avançados*, São Paulo, v. 34, n.100, p. 167-188, 2020.

TORREZAN, Renata; CASCELLI, Sônia Maria Ferreira; DINIZ, Janaína Deane de Abreu Sá. *Agroindústria familiar: aspectos a serem considerados na sua implantação*. Brasília: Embrapa, 2017.

UMA JORNADA CIENTÍFICA PELO TEMPO: UMA AÇÃO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA PARA PROMOVER EQUIDADE DE GÊNERO NAS CIÊNCIAS

Sabrina Zaluski GONÇALVES[1], Yasmin SCARABELOT[1], Caroline DALL'AGNOL[1]

[1]Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Dois Vizinhos
Dois Vizinhos – Paraná - Brasil

E-mails: sabrinazaluski@alunos.utfpr.edu.br, yasminscarabelot@alunos.utfpr.edu.br, cdagnol@utfpr.edu.br

Resumo: *O projeto de extensão Meninas e Mulheres nas Ciências tem como objetivo divulgar o conhecimento científico e incentivar o interesse de adolescentes pela área. Uma das suas principais ações é denominada "Uma jornada científica pelo tempo". Essa ação consiste em encontros em colégios parceiros que buscam destacar descobertas feitas por mulheres cientistas historicamente desvalorizadas. Os encontros contaram com a participação de alunas e professoras da universidade e envolveram atividades práticas, jogos, trabalhos em equipe e discussões interdisciplinares. Os alunos também tiveram a oportunidade de visitar a UTFPR campus Dois Vizinhos, conhecendo seus laboratórios e realizando experimentos com a ajuda de professores e monitores. Através dos encontros na escola foi possível estabelecer uma relação benéfica tanto para os alunos da escola, quanto para os acadêmicos. Pois, através de discussões que permitiram ambos conhecerem realidades distintas, foi possível trocar experiências, tirar as dúvidas dos estudantes em relação à universidade e colocar o que é aprendido no meio acadêmico à serviço da comunidade.*

Palavras-chave: *Extensão universitária; Atividades interdisciplinares; Interação Universidade - Escola.*

INTRODUÇÃO

De acordo com o Plano Nacional de Extensão Universitária (2000), a extensão universitária é um processo educativo, cultural e científico que integra de forma inseparável o ensino e pesquisa, promovendo uma relação transformadora entre a universidade e a sociedade. O projeto de extensão Meninas e Mulheres nas Ciências, que conta com a participação de professoras e alunas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), do câmpus Dois Vizinhos, tem como propósito divulgar o conhecimento

e incentivar crianças e adolescentes a seguirem carreiras nas Ciências, além de destacar descobertas realizadas por mulheres que não receberam o devido crédito pelo seu trabalho no decorrer da história.

As ações desse projeto incluem rodas de conversa (virtuais ou presenciais), em que profissionais especializados debatem as implicações da ocupação feminina nos mais diversos espaços, uma página do Instagram que é uma ferramenta utilizada para divulgar postagens que abordam temas e mulheres relevantes nas mais diversas áreas das Ciências a fim de divulgar conhecimento e mostrar reconhecimento pelos feitos realizados por mulheres. E por fim, encontros no Colégio Estadual de Dois Vizinhos, ministrados por professoras e alunas da UTFPR, com alunos e alunas dos 8°s e 9°s anos, em que, por meio de atividades lúdicas e interdisciplinares, tenta-se instigar e incentivar o cientista existente em cada criança.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Extensão universitária

Comunicada na Constituição Federal desde 1988, a extensão é um segmento do ensino superior que passou a ter diretrizes específicas no Brasil no início do século XXI. Em 2012 ocorreu o FORPROEX (Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Instituições Públicas de Educação Superior Brasileiras), que discutiu e publicou a política nacional de extensão universitária, assim como suas diretrizes definindo um conceito de extensão universitária.

> A Extensão Universitária, sob o princípio constitucional da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, é um processo interdisciplinar, educativo, cultural, científico e político que promove a interação transformadora entre a Universidade e outros setores da sociedade. (FORPROEX, 2012, p. 28).

Tal definição mostra o quão importante é realizar projetos de ensino, extensão e pesquisa, visto que, é necessário compartilhar os conhecimentos adquiridos no ensino da graduação. A utilização das experiências adquiridas no ambiente acadêmico tem o objetivo de colaborar com o desenvolvimento da sociedade entre estudantes e a comunidade, e pode potencializar a transformação dos diversos setores da sociedade.

Assim, dentre as várias funções da Universidade, o emprego de suas atividades a serviço do que a maioria da sociedade necessita pode ser desenvolvido através da extensão universitária, que possui como um de seus princípios o compromisso social, elaborado por meio de práticas associadas ao bem estar e qualidade da população, procurando satisfazer as carências da maioria dos beneficiados por meio da aproximação e troca de experiências e conhecimentos com processos de ensino e aprendizagem assimilados a práticas cotidianas.

O impacto de projetos de extensão na formação do discente

Os projetos de extensão têm uma grande influência na formação dos discentes, uma vez que proporcionam oportunidades para aplicações práticas do conhecimento adquirido em sala de aula, além de possibilitar o desenvolvimento de habilidades e competências socioemocionais e éticas. Por meio da participação em projetos extensionistas, o discente tem a chance de se envolver com a comunidade e entender as demandas e necessidades locais, o que contribui para a sua formação como cidadão e para o desenvolvimento de uma consciência crítica sobre a realidade em que está inserido.

Além disso, a realização de atividades em grupo e interação com outros alunos e professores em um ambiente não acadêmico também são oportunidades para aprimorar habilidades como trabalho em equipe, liderança, comunicação, gestão de conflitos e didática.

Sabe-se também que, um dos principais papéis da extensão universitária é a construção, por parte dos estudantes, de relações entre conhecimentos práticos e teóricos produzidos na universidade para que tais aprendizados sejam levados a diversos campos da comunidade. Desta forma, segundo Canon e Pelegrinelli (2019), reduz-se a distância entre

a sociedade e a academia, garantindo ações de impacto na transformação tecnológica, social, cultural, ética e econômica dos estudantes da comunidade em que está inserida.

Alfabetização científica e popularização da ciência

A participação popular no que tange às decisões em relação ao progresso da ciência e suas aplicações é de extrema importância para que a divulgação científica seja cada vez mais abrangente e positiva. Albagli (1996), destaca a relevância da divulgação científica, mostrando aspectos como o desenvolvimento da produção tecnológica e científica, controle social dos efeitos da ciência e da tecnologia na vida cotidiana e apresentação de soluções aos problemas básicos da humanidade.

Atualmente, a sociedade necessita de acesso compreensível e facilitado ao conhecimento científico devido à crescente complexidade das descobertas científicas e dos avanços tecnológicos. É fundamental que as informações sejam passadas de forma clara para o público em geral, que também desempenham o importante papel de tomadores de decisões. Segundo Bueno (2010), é necessário fornecer informações de fácil entendimento para o público não especializado, sem a utilização de linguagem técnica e complexa utilizada por cientistas e que podem tornar as informações inacessíveis e difíceis de entender para aqueles que não possuem formação na área.

De acordo com Carneiro (2014), em 2003, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) criou a Secretaria de Ciência e Tecnologia para Inclusão Social (SCTIS) e desenvolvimento de programas para a popularização da ciência, na qual foram definidas algumas prioridades. As ações incluem maiores prevalências como apoio a centros e museus de ciências, ampliação e aprimoramento a visibilidade da ciência na mídia e na qualidade de informações transmitidas, melhorias no ensino de ciências, apoio a eventos nacionais de divulgação científica, apoio à qualificação e formação de comunicadores científicos, incentivo a ações de universidades valorizando projetos de extensão que popularizam a ciência e a tecnologia.

A divulgação científica em diversos meios, como redes sociais e YouTube, é essencial para levar o conhecimento científico a um público mais amplo. Segundo

Gonçalves (2012), tais meios são acessíveis e permitem maior interação e disseminação do conhecimento. As redes sociais possibilitam o compartilhamento rápido e fácil de informações, imagens e vídeos, estimulando discussões sobre temas científicos. O YouTube também auxilia na divulgação científica, com vídeos curtos e interativos que abordam uma ampla variedade de tecnologias, tornando o conhecimento científico mais acessível e compreensível para o público.

Durante uma pandemia, a importância desses meios de comunicação para a divulgação científica ficou ainda mais evidente. Com a rápida disseminação da desinformação sobre a COVID-19, a divulgação científica se tornou uma necessidade urgente. As redes sociais e outras plataformas de comunicação foram usadas por especialistas para compartilhar informações precisas e atualizadas sobre a pandemia, ajudando a combater a desinformação e fornecendo orientações importantes para o público.

No entanto, é necessário ressaltar que a divulgação científica em meios de comunicação mais acessíveis deve ser realizada com responsabilidade e precisão, evitando simplificações excessivas que podem levar a mal-entendidos ou desinformação.

A importância de interdisciplinaridade em projetos de extensão

A interação entre diferentes áreas do conhecimento, como a ciência, tecnologia, artes, humanidades, entre outras, permite que os projetos de extensão possam integrar diferentes perspectivas e soluções para os desafios enfrentados pela sociedade. De acordo com Morais (1989), o contato do estudante com um ambiente diferente do qual está inserido enriquece tanto a formação profissional quanto às atividades de extensão promovidas, pois permite uma visão mais ampla dos problemas sociais, permitindo uma análise mais aprofundada das diferentes dimensões envolvidas. Além disso, possibilita a utilização de diferentes metodologias e abordagens para a resolução de problemas, levando em consideração diferentes perspectivas e experiências.

A abordagem interdisciplinar pode ser altamente satisfatória na execução de projetos de extensão. A interação entre diferentes áreas do conhecimento permite que os projetos de extensão possam ser mais efetivos e eficazes na resolução dos problemas, por

meio da integração de diferentes concepções, conhecimentos e habilidades. Tal percepção também contribui para a formação acadêmica dos estudantes envolvidos nos projetos extensionistas, permitindo uma formação ampla e diversificada, preparando-os para lidar com desafios complexos e situações que fornecem soluções integradas e multidisciplinares.

Como exemplos de projetos interdisciplinares e extensionistas, podemos citar o Grupo de Controle e Modelagem (GCOM), e o Cine Escola.

De acordo com Reis (2014), o (GCOM), formado por estudantes e professores de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), desenvolveu um conjunto de práticas extensionistas para alunos de escolas públicas com baixo desempenho do ENEM. O projeto teve como objetivo utilizar a robótica e a inclusão digital para motivar os alunos a participarem de competições de robótica e despertar o interesse em ingressar em universidades. Os participantes das atividades notaram melhora em relação ao desempenho escolar, e apresentaram anseio em fazer um curso superior, principalmente nas áreas da engenharia.

Segundo Sousa e Do Amaral (2021), o projeto “Cine Escola: Luz, câmera, educação” promoveu um programa educativo de cinema para 182 alunos de quatro escolas de ensino fundamental e médio em Palmas. O projeto teve como objetivo criar momentos de reflexão sobre a importância dos Direitos Humanos na prática educativa. Foram realizados quatro encontros do projeto, com exibições do filme “Estrelas além do tempo” e do documentário “Hakani: uma menina chamada sorriso”. Ao final de todas as sessões foram realizadas discussões a respeito da luta feminina, segregação racial, ciência, igualdade de gênero, direito à vida, direito à cultura e direitos humanos, trazendo debates para que todos ficassem a vontade para expressar suas opniões sobre o que entenderam das sessões contribuindo para a formação de novas ideias.

METODOLOGIA

Os encontros da ação “Uma jornada científica pelo tempo” foram realizados no Colégio Estadual de Dois Vizinhos e ministrados por alunas dos cursos de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia e Engenharia Florestal, juntamente com professoras da

UTFPR- Dois Vizinhos, para turmas do 8° e 9° anos, contando com aproximadamente 25 alunos em cada encontro.

Professoras da UTFPR- Dois Vizinhos que ministram aulas das disciplinas das áreas de Biologia, Matemática, Física, Química, Inglês e Português que fazem parte dos projetos de extensão Meninas e Mulheres nas Ciências, Keep English Around e Grupo Tutorial de Bioprocessos, reuniram-se semanalmente para discutir os temas e conteúdos a serem trabalhados em cada encontro. Primeiramente, os planejamentos de aulas das disciplinas citadas e/ou das áreas correlatas foram analisados e serviram como balizadores dos temas escolhidos. Optou-se por centrar os temas em fatos históricos importantes para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

Em seguida, a partir dos grandes temas, foram discutidos quais conteúdos poderiam ser envolvidos, sempre pensando na interdisciplinaridade e buscando mostrar as relações existentes entre conteúdos e temas. Por último foram criadas as atividades que envolveram jogos, trabalhos em equipe, atividades práticas e experimentos, discussões, *quizzes* e construção de materiais em formato de cartazes e modelos pedagógicos. A fim de valorizar as mulheres cientistas e seus feitos, em um dos encontros foi apresentado aos alunos a biografia de Caroline Herschel, uma mulher de extrema importância na astronomia responsável pela descoberta do cometa 35/Herschel-Rigollet e da galáxia elíptica M110. Outra conquista alcançada em parceria com seu irmão foi a descoberta do planeta Urano, crédito geralmente atribuído a William, mas que contou com a intensa contribuição de Caroline.

Para cada encontro no colégio formou-se uma equipe composta por duas professoras e três alunos. Ao todo foram 8 encontros no colégio, nas sextas-feiras, das 13:30 às 17:30. Para cada um dos encontros foram planejadas atividades teóricas e práticas em que os alunos eram chamados a participar. Ao final do encontro, os alunos recebiam uma tarefa que fazia a ligação entre os assuntos do encontro atual e do próximo.

O tema do primeiro encontro foi “A formação do planeta”. Neste dia, os estudantes tiveram contato com réplicas de dinossauros extintos e entenderam um pouco mais sobre geologia, a formação do solo e do petróleo, e a relação dos combustíveis fósseis com a

poluição do meio ambiente. Para exemplificar os efeitos da poluição, foi realizada uma atividade prática sobre chuva ácida utilizando a fenolftaleína como indicador de pH. Após o intervalo, os alunos receberam uma explicação sobre a escala de pH e sua relação com o logaritmo. Foi mostrado o cálculo de logaritmos transformando-os em exponenciais e foi realizado um jogo da memória. A aula foi finalizada com uma tarefa de casa para ser discutida no próximo encontro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Projeto Meninas e Mulheres nas Ciências, através da ação "Uma jornada científica pelo tempo" busca a valorização da ciência como um todo, mas principalmente de descobertas científicas feitas por mulheres que não receberam devido crédito por seus trabalhos. Ademais, as atividades desenvolvidas nas escolas, além de disseminar essas informações, tem a intenção de incentivar e instigar cada criança a seguir carreira em áreas científicas, podendo contribuir para a sociedade futuramente.

Todos os encontros e os temas abordados foram capazes de apresentar um pouco mais do mundo do ponto de vista científico às crianças participantes do projeto, estimulando-as a pensar criticamente. Os assuntos discutidos abordaram várias áreas do conhecimento, como: energias renováveis, energia nuclear, descoberta de imunizantes, microbiologia, astronomia e evolução das tecnologias. Por fim, os alunos tiveram a oportunidade de conhecer a estrutura da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos, visitando a fazenda experimental, salas de aula e laboratórios, nos quais foram também realizados experimentos, com o auxílio de professores e monitores.

Os resultados a curto prazo são, principalmente, o engajamento dos alunos nas atividades, o que pode ser visto na Figura 1, que mostra o experimento sobre chuva ácida realizado com os alunos, e na Figura 2, que mostra alunos durante o jogo sobre logaritmo. Os feedbacks de alunos e professores que participaram foram muito positivos e vários alunos manifestaram interesse em participar novamente. Todos se mostraram muito curiosos e interessados em aprender e participar. Já a longo prazo, espera-se promover um

futuro com uma sociedade mais igualitária, sem distinção de gênero, e cada vez mais tecnológica.

Figura 1 - Alunos realizando experimento da chuva ácida

Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 2 - Alunos durante o jogo sobre logaritmo

Fonte: Autoria própria (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os encontros realizados no Colégio Estadual Dois Vizinhos possibilitaram estabelecer uma relação mútua de troca de saberes e conhecimento entre os estudantes, favorecendo o contato dos universitários com o ambiente não acadêmico e possibilitando que habilidades fossem trabalhadas e aprimoradas. Os alunos foram ensinados sobre temas envolvendo ciência e tecnologias, instigando discussões a respeito dos assuntos abordados, e conhecendo um pouco mais sobre o ramo acadêmico.

Através da ação Uma Jornada Científica pelo Tempo, o projeto Meninas e Mulheres nas Ciências desempenha um papel crucial na transferência de conhecimento para a comunidade por meio de atividades extensionistas, impulsionando o desenvolvimento e a transformação social, trazendo também amplos benefícios ao meio acadêmico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo apoio financeiro, à Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo incentivo à pesquisa e divulgação científica, ao Colégio Estadual Dois Vizinhos pela parceria e colaboração e às equipes dos projetos

Meninas e Mulheres nas Ciências, Keep English Around e Grupo Tutorial de Bioprocessos pela contribuição no planejamento e na realização das atividades.

REFERÊNCIAS

BUENO, W. C. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. *Inf. Inf.,* Londrina, v. 15, n.esp, p. 1-12, 2010.

ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? *Ci. Inf.,* Brasília, v. 25, n. 3, p.396-404, set/dez. 1996.

FORPROEX. Política Nacional de extensão universitária. Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras. Manaus, 2012.

PLANO NACIONAL DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA. Fórum de Pró-Reitores de extensão das Universidades Públicas Brasileiras e SESu/MEC. 2000/2001.

CARNEIRO, M. H. S., Por que divulgar o conhecimento científico e tecnológico? Disponível em: http://divulgencia.blogspot.com/2014/09/por-que-divulgar-o-conhecimento.html. Acesso em 22 jun. 2023.

MORAIS, R. *Cultura brasileira e educação.* Papirus, 1989.

REIS, G. L. *et al.* A relevância da integração entre as universidades e escolas: um estudo de caso de atividades extensionistas em robótica educacional voltadas para rede pública de ensino. *Interfaces: Revista de Extensão da UFMG,* Belo Horizonte, v.2, n.3, p.52-76, jul./dez. 2014.

SOUSA, A. I. N.; DO AMARAL, L. D. P. Interligando escolas e universidade com o projeto de extensão "Cine escola: luz, câmera, educação". *Revista extensão,* Tocantins, v.5, n.1, p.52-59, 2021.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 22 jun. 2023.

GONÇALVES, M. *Contribuições das mídias sociais digitais na divulgação científica: transformações em cinco séculos*. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, 2012.

CANON, C. A. S.; PELEGRINELLI, G. Extensão universitária: O impacto de um projeto de extensão na formação profissional dos discentes na educação superior. *Revista UFG,* Goiânia, v.19, p.1-15, 2019.

O PAPEL DA UNIVERSIDADE NA EDUCAÇÃO SANITÁRIA: PROJETO DE EXTENSÃO SOBRE DRENAGEM URBANA

Bárbara Gobato dos SANTOS[1], Karla Cassiani Antunes VARELA[1], Carin Andressa PALOSCHI[1], Fernanda PELENTIER[1], Beatriz Maria Faust LOPES[1], Priscila Soraia da CONCEIÇÃO[1]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: barbaragobato@alunos.utfpr.edu.br, karlav@alunos.utfpr.edu.br, carinpaloschi@alunos.utfpr.edu.br, pelentier@ alunos.utfpr.edu.br, beatrizmaria@alunos.utfpr.edu.br, priscilas@utfpr.edu.br.

Resumo: *Este artigo tem como objetivo apresentar uma prática de educação sanitária realizada para alunos do ensino médio, considerando os aspectos relacionados à drenagem urbana e à prevenção de doenças a partir de conhecimentos em saúde ambiental. Para isso, foi aplicado um questionário online, após uma apresentação sobre a temática, por meio do aplicativo Kahoot, para os alunos do Colégio Estadual de Marmeleiro no Paraná. Após a introdução do conteúdo, os alunos tiveram um bom desempenho em relação às questões do jogo. Conclui-se que é necessário investir em projetos de extensão que envolvam a universidade e as escolas na promoção da educação sanitária, visto que a prática elaborada forneceu resultados positivos em relação à aprendizagem dos alunos.*

Palavras-chave: *Educação sanitária; Drenagem urbana; Saúde ambiental; Extensão universitária.*

INTRODUÇÃO

Em 2015 foram aprovados os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), com 169 metas, como parte da Agenda 2030. Destaca-se o ODS 6, com oito metas relacionadas à importância de assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. (BARBADO, 2021)

O saneamento básico é o conjunto de medidas que visam garantir as condições sanitárias necessárias à qualidade de vida da população, abrangendo as operações de abastecimento de água potável, limpeza urbana e coleta de resíduos sólidos, tratamento de esgoto sanitário e drenagem urbana. (ROSSI, 2012)

Diante das alterações ambientais provocadas pela degradação da natureza e pela redução dos recursos naturais decorrentes das ações humanas, torna-se imprescindível a educação sanitária da população. Nesse contexto, o saneamento básico desempenha um papel fundamental para a sustentabilidade ambiental, social e econômica da sociedade. (ROSSI, 2012)

A formação de cidadãos conscientes de sua responsabilidade ambiental é essencial e deve ser uma das prioridades dos centros de ensino do país. Nesse sentido, as universidades públicas têm muito a oferecer à sociedade por meio dos conhecimentos adquiridos em anos de pesquisa, estudo e trabalho. (ROSSI, 2012)

Este artigo tem como objetivo expor uma prática de extensão universitária e divulgar os resultados da atividade desenvolvida na escola do município de Marmeleiro, Paraná, tendo como público-alvo e multiplicador os alunos do ensino médio. Os conteúdos abordados envolviam de forma interativa, os benefícios ambientais, sanitários e sociais derivados da implantação de um saneamento básico adequado, com ênfase na drenagem urbana.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A implantação de uma infraestrutura adequada de saneamento é indispensável para o desenvolvimento urbano e rural. A legislação brasileira que aborda o saneamento básico é a Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o setor, com o objetivo de assegurar o acesso universal aos serviços de saneamento (BRASIL, 2007).

Conforme Tucci (2007), é crucial que haja tal estruturação, devido ao ciclo de contaminação causado pelos efluentes gerados, como o esgoto doméstico, industrial e o esgoto pluvial. A contaminação ocorre quando esses resíduos líquidos são despejados sem passar pelas estações de tratamento adequadas ou sem seguir os processos necessários para torná-los seguros para o retorno aos rios. Outros contaminantes incluem, vazamentos nos sistemas de esgoto sanitário e pluvial, deposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e os diversos usos e ocupações do solo (TUCCI, 2007).

O sistema de drenagem urbana refere-se à infraestrutura e às práticas adotadas para coletar e conduzir as águas pluviais nas áreas urbanas. (RIGHETTO, 2009). Uma gestão da drenagem de águas pluviais mal elaborada pode acarretar em riscos a toda população exposta.

Partindo de uma abordagem ambiental, risco é definido como uma possível ameaça, um perigo para quem está sujeito a ele (VEYRET, 2007).

Com o desenvolvimento urbano há uma maior impermeabilização do solo, pois nestes ambientes as áreas são ocupadas com construção de casas, edificações, asfaltamento de ruas, pavimentação, etc., dificultando assim a infiltração da água no solo, passando a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial (GALVÃO, 2008). Conforme a população cresce, são necessárias mais obras (SILVA et al., 2020), ocorrendo também ocupação indevida das margens dos rios que afetam o sistema, pois essas áreas estão cada vez menos permeáveis e com menos vegetação, o que faz com que haja maior escoamento superficial (SOARES, 2015).

Para que haja a expansão das cidades e de forma sustentável é importante que a área urbana seja planejada de forma integrada, e os procedimentos para efetivar tais planejamentos dependem tanto da formulação quanto da gestão de planos setoriais, regionais, sejam esses municipais, estaduais ou federais (SUGAHARA, 2022).

A educação ambiental contribui com as informações que auxiliam na redução de riscos pois corresponde a um processo de aprendizagem que visa promover a conscientização e o conhecimento, para capacitar os indivíduos a se tornarem cidadãos responsáveis e ecologicamente conscientes, capazes de tomar decisões voltadas às suas práticas relacionadas ao meio ambiente (CARVALHO, 2008)

A disponibilização das informações para a sociedade, contribuem para torná-la menos vulnerável sendo uma forma de redução de risco para a comunidade, possibilitando mudanças, pois incentiva uma nova forma de pensar a sociedade (ANDRADE et al., 2015).

METODOLOGIA

A prática em educação ambiental foi desenvolvida no Colégio Estadual de Marmeleiro, no município de Marmeleiro, estado do Paraná, com os segundos e terceiros anos do ensino médio. Para o desenvolvimento da prática, foi realizada uma breve contextualização do assunto de drenagem urbana com os alunos e, em seguida, foi apresentada a plataforma *Kahoot* para realização de um *quiz*. A turma do segundo ano foi definida como turma 1 e a turma do terceiro ano como turma 2.

A plataforma utiliza jogos como instrumento de aprendizado, através de tecnologia educacional. Os jogos "Kahoots" acontecem por perguntas pré-definidas pelo organizador da plataforma, e seus jogadores respondem por questões de múltipla escolha. A plataforma é acessada por qualquer dispositivo com internet, pode ser ligada por um navegador da *Web* ou pelo aplicativo *Kahoot!*. O acesso à plataforma é livre.

Na prática desenvolvida, previamente foram desenvolvidas questões e respostas sobre o tema de drenagem urbana, a fim de tornar a atividade mais dinâmica. A seguir encontram-se as questões e suas alternativas, que foram apresentadas aos alunos:

1. Há uma rede exclusiva para captar a água da chuva.
    a. Verdadeiro
    b. Falso
2. Qual a importância de separar o destino da água pluvial e a do esgoto?
    a. Para que a água da chuva não seja lançada no rio antes de ser tratada.
    b. Para que o esgoto não seja lançado no rio antes de ser tratado.
3. O que fazer quando acontece um alagamento?
    a. Transitar sobre vias alagadas.
    b. Descartar os alimentos/ remédios que foram contaminados.
4. Você acha que tem relação o resíduo deixado em local inapropriado e drenagem urbana?
    a. Não, os resíduos não chegam nas tubulações de drenagem.
    b. Sim, pois pode entupir os bueiros.
5. Quais doenças são de veiculação hídrica?
    a. Diarreia e febre.
    b. Câncer e diabetes.
    c. Leptospirose e dengue.

Em sala, foi apresentado aos alunos o código *PIN* do *quiz*, pelo qual fizeram o acesso. A plataforma aceita um limite de 11 jogadores. Nas salas em que a quantidade de alunos foi superior a 11, os mesmos jogaram em grupos. No final do *quiz*, foram repassadas às questões e explicado sobre a importância de cada uma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os alunos da primeira sala de aula (turma 1), a que foi realizado o questionário pertencia ao segundo ano do ensino médio. Os resultados para os acertos e erros percentuais são demonstrados a seguir:

Tabela 1 – Percentual de acertos e erros da turma 1.

Perguntas	Tempo Disponível (s)	Correta %	incorreta %	Sem Resposta %
1	10	27,27	18,18	54,55
2	60	100	0	0
3	30	72,72	27,27	0
4	30	100	0	0
5	10	54,55	0	45,45

Fonte: Autoria própria (2023)

Pode-se observar que as perguntas 2 e 4 tiveram 100% de acerto. Estas questões possuem relação entre os temas sobre saneamento básico. A questão 2 relacionava drenagem urbana e esgotamento sanitário e a questão 4 trazia ao debate a temática do descarte incorreto de resíduos.

Segundo a “Carta das Responsabilidades: Vamos Cuidar do Brasil”, a coleta seletiva é o tema mais escolhido para projetos em escolas, tornando-se um assunto difundido e, quanto ao tema “tratamento de esgoto” também é um assunto ambiental bastante difundidos na sociedade, portanto mais discutidos nos colégios.

A pergunta n° 3 teve grande percentual de acerto, 72,72%, isto pode ser devido ao fato de que os alagamentos acontecem com frequência na região (PEDRON et al., 2019) e serem bastante divulgados em telejornais e redes sociais, o que promove menor confusão sobre o assunto.

Ao verificar os percentuais de questões sem respostas, nota-se que as perguntas n° 1 e 5 tiveram percentuais elevados, 54,55% e 45,45%, respectivamente. Considerando que o tempo disponível para responder tais questões foi de 10 segundos e, conforme apontamentos dos próprios alunos durante a realização do teste, é possível concluir que o tempo foi insuficiente para a finalização.

Para a turma 2, alunos do terceiro ano do ensino médio, o tempo disponível para realização das questões foi readequado, 60 segundos para todas as perguntas. Os resultados foram os seguintes:

Tabela 2 – Percentual de acertos e erros da turma 2.

Perguntas	Tempo Disponível (s)	Correta %	incorreta %	Sem Resposta %
1	60	72,72	18,18	9,10
2	60	90,90	9,10	0
3	60	90,90	9,10	0
4	60	90,90	0	9,10
5	60	81,82	18,18	0

Fonte: Autoria própria (2023)

Houve o aumento do percentual de acertos das perguntas 1 e 5, possivelmente devido ao alongamento do tempo de resposta. A questão 1 foi a com menor taxa de acerto, 72,72% , que por sua vez trata sobre o sistema separador absoluto, estabelecido pela Lei Federal nº 11.445/2007, em seu artigo 44, inciso 3º, este tema é bastante técnico e pouco difundido, o que justifica a desinformação sobre este tema. De forma geral, obteve-se cerca de 85,50% de acertos e 10,91% de erros para esta turma.

Ao comparar os resultados entre as salas de aula, a turma 2 teve uma média maior de acertos (85,50%). Porém, ao equipará-las com a média de questões incorretas a sala 2 também tem a maior, 10,91% enquanto a sala 1 teve 9,09% por conta do número de questões não respondidas. É necessário ressaltar que as turmas estão em níveis diferentes de escolarização, logo, é esperado que a turma de 3ª série tenha um desempenho melhor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante o exposto, vê-se que o papel da universidade nas práticas de educação sanitária é de extrema importância e desempenha um papel fundamental no desenvolvimento e disseminação do conhecimento, envolvendo a universidade e as escolas, visando a melhoria da qualidade de vida e a preservação do meio ambiente. Para tanto, o objetivo do trabalho foi alcançado, e observou-se que houve interesse dos alunos em relação à prática proposta o que forneceu resultados positivos em relação à aprendizagem dos alunos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M.M.N.; SZLAFSZTEIN, C. Community participation in flood mapping in the Amazon trough interdisciplinary methods. Natural Hazards. v. 78, n. 3, p. 1491–1500,

2015.

ANDRADE, M. M. N.; MARQUES, M. M. A Educação Ambiental como instrumento na prevenção de riscos ambientais. Educação Ambiental em Ação, v. 17, n. 67, 2019.

BRASIL. Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece Diretrizes para o Saneamento Básico. Governo Federal, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 18 jun. 2023.

CARVALHO, I. C. M. *Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico*. Cortez Editora, 2017.

GALVÃO, R. S. Drenagem urbana e planejamento ambiental: Vale do Rio João Mendes (Niterói, RJ). 2010.

PEDRON, A.; DAVID, A. R.; SALVATI, D.; BONATTO, N. T. Relatório ambiental Simplificado. Secretária de Planejamento. Francisco Beltrão-Pr, 2019.

RIGHETTO, A.M. Manejo de águas pluviais urbanas, PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

ROSSI, C. D. R.; RECIO, M. Á. L.; MADRUGA, K. C. R.; BILÉSIMO, T. L. Educação ambiental, sustentabilidade e saneamento básico: trabalhos junto às escolas. Revista Técnico-Científica do IFSC, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 741-741, 2012.

SILVA, J. L. O.; CARVALHO, E. N.; NOGUEIRA, B. D. S.; LIMA, A. L. R. S. R.; MATOS, F. R.; LEAL, D. O.; VARJÃO, F. L. M.; ANDRADE, M. R. Drenagem urbana: Saneamento básico e controle de enchentes. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 3, n. 3, p. 2472-2477, 2020.

SOARES, A. B.; ADUATI, A.C.; RÉGIS, G. S.; KUNKEL, L. F.; FREDDI, M. G.; KISSMANN, L. Drenagem urbana influência da drenagem urbana nas enchentes e inundações. Salão do Conhecimento,XXIII Seminário de Iniciação Científica, 2015.

SUGAHARA, C. R.; FERREIRA, D. H. L.; GUEDES, W. P. Sistema de drenagem e planejamento urbano da cidade de Campinas/SP. Gerenciamento de Cidades, v. 10, n. 75, p. 87-96, 2022.

TUCCI, C. E. M. *Gestão da drenagem urbana*. IPEA, 2012.
TUCCI, C. E. M. *Inundações urbanas*. ABRH/Rhama, 2007.

MELLO, S. S, TRAJBER. R. Vamos cuidar do Brasil: conceitos e práticas em educação ambiental na escola. Brasília: Ministério da Educação, Coordenação Geral de Educação Ambiental, Ministério do Meio Ambiente, Departamento de Educação Ambiental:

UNESCO, 2007

VEYRET, Y. *Os Riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente*. Contexto, 2007.

BARBADO, N.; LEAL, A. C. Cooperação global sobre mudanças climáticas e a implementação do ODS 6 no Brasil. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, 2021.

PROJETO DE EXTENSÃO - OBTENÇÃO DE ÁLCOOL DE LIMPEZA A PARTIR DE BEBIDAS ALCOÓLICAS APREENDIDAS E DOADAS PELA RECEITA FEDERAL

Ronaldo Follmann SANTOS [1], Tânia Maria CASSOL[2], Luan Barichello CORSO[3], Bianca Adelina BISPO[4], Luís Otavio ANGÉLICO[5] Thais Rossetto da Silva CORDEIRO[6]

[1]Departamento Coordenação de Estação Experimental-COEXP
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2]Departamento de Química e Ciência Biológicas-DAQBI
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[3]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[4]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[5]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[6]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: ronaldosantos@utfpr.edu.br, tcassol@utfpr.edu.br,
luancorso@alunos.utfpr.edu.br, bispo@alunos.utfpr.edu.br,
luisangelico@alunos.utfpr.edu.br e thais.2020@alunos.utfpr.edu.br.

Resumo: Nos últimos três anos, houve um aumento expressivo de 91% na apreensão de bebidas alcoólicas, passando de 471.085 garrafas em 2019 para 900.692 unidades em 2021. A Receita Federal estima que cerca de R$ 67,1 milhões em mercadorias ilícitas foram retirados do mercado. Diante desse cenário, surgiu a necessidade de encontrar uma destinação econômica para essas mercadorias apreendidas, como as bebidas alcoólicas. Nesse contexto, o projeto de extensão foi desenvolvido com o objetivo de produzir álcool de limpeza a partir da destilação dessas bebidas alcoólicas, visando seu uso na universidade. O método utilizado no projeto consiste em uma destilação simples (processo de separação de substâncias em suas diferentes temperaturas de ebulição com composições distintas, e por decorrência da volatilidade dos compostos da mistura inicial), utilizando um alambique, e o controle de qualidade é feito regularmente através da medição com um alcoômetro, garantindo a manutenção das características do álcool produzido. Durante a execução do projeto, aproximadamente 1200L de bebidas alcoólicas apreendidas foram processadas,

resultando em cerca de 370L de álcool 70% destinado à limpeza. Esse aproveitamento representa aproximadamente 67,7%. Diante da viabilidade econômica demonstrada pelo projeto, a universidade planeja expandir a capacidade dos equipamentos para aumentar e melhorar a produção de álcool.

Palavras-chave: *Destilação; Bebidas; Álcool.*

INTRODUÇÃO

A crescente expansão do mercado global de bebidas alcoólicas tem impulsionado a necessidade de controle e inspeção de qualidade. Um dos aspectos-chave desse controle é a avaliação do teor de etanol, uma vez que sua concentração é um atributo fundamental que caracteriza o produto e pode representar sua identidade distintiva. Essa necessidade analítica está ligada à garantia de qualidade na cadeia de abastecimento alimentar, tributação e declaração do teor de etanol no rótulo (FULGÊNCIO, 2023 *apud* SISCO *et al*., 2020). Do ponto de vista forense, também é importante verificar se uma bebida foi adulterada ou falsificada. A adulteração pode ocorrer tanto no processo como na rotulagem. (RATANAWIMARNWONG, 2023 *apud* SISCO *et al.*, 2020).

Muitos países têm altos impostos especiais de consumo para bebidas alcoólicas fermentadas, e a declaração incorreta do teor alcoólico é uma das categorias de fraude encontradas nos regulamentos oficiais (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

A apreensão de bebidas alcoólicas subiu 91% nos últimos três anos, saindo de 471.085 garrafas, em 2019, para 900.692 unidades, em 2021. De acordo com dados da Receita Federal, foram retirados do mercado ilícito cerca de R$ 67,1 milhões. Somente em maio deste ano, 146 garrafas de vinhos argentinos importados irregularmente foram apreendidas na Via Expressa em São José (POLÍCIA, RODOVIÁRIA FEDERAL, 2023).

As bebidas fermentadas têm em média cerca de 16% de álcool em volume, enquanto as bebidas destiladas têm teores muito superiores, entre 30 e 60% (EUROPEAN COMMISSION, 2022). A cerveja e o vinho estão entre as bebidas mais consumidas no mundo, sendo as duas bebidas alcoólicas mais consumidas na Europa (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Secretaria Especial da Receita Federal do Brasil é um órgão que se subordina ao Ministério da Fazenda, desempenhando funções essenciais para o cumprimento dos objetivos do Estado. Possui como responsabilidade a administração dos tributos de competência da União. Além disso, subsidia o Poder Executivo Federal na elaboração da política tributária brasileira, trabalhando na prevenção e combate à sonegação fiscal, ao contrabando, ao descaminho, à contrafação, à pirataria, ao tráfico ilícito de entorpecentes e drogas similares, ao tráfico internacional de armas de fogo e munições, à lavagem de dinheiro e ocultação de bens, direitos e valores, entre outros ilícitos aduaneiros (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2023).

A destilação constitui um processo de separação de substâncias em suas diferentes temperaturas de ebulição. Durante o fornecimento de calor para a mistura líquida, ocorre a vaporização parcial, originando duas fases distintas: líquida e vapor, com composições distintas, em decorrência da volatilidade dos compostos da mistura inicial (LEAL, 2015).

O processo de destilação é facilitado quando se obtém uma maior divergência de volatilidades, resultando em fases líquida e vapor com composições distintas. A destilação divide-se em duas etapas: a primeira parte do aquecimento da mistura com o objetivo da conversão de ao menos uma parte do líquido em vapor. Seguido da condensação desse vapor em outra área retirada do processo. O destilador é o equipamento empregado para suceder esse processo (LEAL, 2015).

Historicamente bebidas alcoólicas como aguardente, whisky, conhaque etc. são obtidas através do processo de destilação. Utilizando-se um alambique, ou de sistemas modernos, o destilado com maior teor alcoólico é obtido após o etanol, possuidor de um ponto de ebulição abaixo do da água, ser concentrado (LEAL, 2015).

A destilação é utilizada em inúmeras indústrias com a finalidade de separação de substâncias líquidas de sólidos não voláteis ou para desassociais dois ou mais líquidos com pontos de ebulição distintos. O petróleo bruto (crude), por exemplo, é a matéria-prima levada à destilação. A destilação fracionada utiliza-se de colunas metálicas com pratos, originando diversos produtos em diferentes temperaturas no decorrer da coluna. O petróleo resulta em subprodutos como gases de petróleo liquefeito (GPL), gasolina, diesel, querosene e óleo combustível (LEAL, 2015).

A determinação do teor de etanol em bebidas alcoólicas é fundamental para o controle de qualidade no processo produtivo. O imposto cobrado sobre bebidas alcoólicas em muitos países também é baseado no teor de etanol dos produtos. Portanto, há sempre a necessidade de um método simples e confiável para determinar o teor de etanol nesses tipos de produtos, seja para garantia de qualidade, tributação ou declaração do teor de etanol na embalagem (RATANAWIMARNWONG, NUANLAOR *et al*, 2020).

METODOLOGIA

O experimento foi dirigido na instalação do Laboratório de Frutas Bebidas e Hortaliças da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Francisco Beltrão. A destilação foi conduzida de forma similar o processo de destilação em alambique como a metodologia proposta por Souza (2009) com modificações.

As bebidas doadas pela Receita Federal chegaram em contêineres de 1000L, contendo aproximadamente 500L de bebida, e foram descarregadas na área externa do laboratório. Para neutralizar possíveis ácidos remanescentes e evitar a fermentação do vinho, o pH das bebidas foi ajustado utilizando-se Hidróxido de Sódio. A transferência da bebida da área externa para o interior do laboratório foi realizada utilizando a técnica de sifonagem.

Posteriormente, procedeu-se à higienização do alambique de cobre com capacidade de 50L (conforme figura 1). Em seguida, foram adicionados 40L de bebidas alcoólicas e o gás foi aceso para iniciar o processo de aquecimento. Durante o processo, a temperatura foi monitorada no termômetro do equipamento, mantendo-a controlada entre 80°C e 90°C. Essa temperatura foi ajustada através da abertura ou fechamento do fornecimento de gás, de forma a manter o controle adequado do processo.

Figura 1- Alambique

Fonte: Autoria própria (2023)

"Nessa técnica de destilação, a bebida alcoólica é aquecida no interior do alambique e os vapores hidroalcóolicos gerados foram condensados e coletados até que o destilado global recolhido tivesse apresentado um teor alcoólico médio de 60° GL" (SOUZA, 2009).

A fim de que o processo acontecesse de maneira mais eficiente, foram utilizados gelos artificiais reutilizáveis para manter a água da serpentina fria, com propósito de facilitar a condensação do vapor.

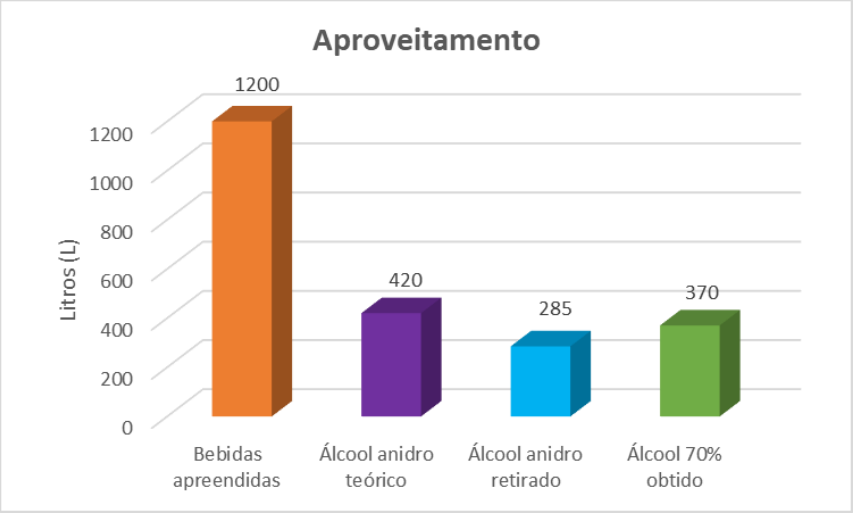
Para acompanhar e manter as características do produto, foi utilizado um alcoômetro. Esse instrumento é projetado para medir o teor de álcool em soluções que variam de 0 a 100° GL, segundo Gay Lussac (INCOTERM, 2008). Periodicamente, foram feitas correções nas graduações do alcoômetro em um balde, que consiste na combinação de diferentes concentrações, a fim de atingir um teor de álcool de 60° (considerado ideal para fins de limpeza).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o desenvolvimento do projeto de extensão, foram recebidos aproximadamente 1200L de bebidas alcoólicas apreendidas, as quais foram convertidas em cerca de 370L de álcool 70% destinado à limpeza. O Gráfico 1 a seguir ilustra a comparação

entre o total de bebidas alcoólicas recebidas e a produção de álcool para limpeza. É perceptível que houve um aproveitamento de 67,7%, levando em consideração as bebidas destiladas e o vinho, que possuíam uma quantidade de álcool aproximada de 35%.

Gráfico 1- Aproveitamento do álcool da bebida recebida



Fonte: Autoria própria (2023)

Para a destilação do etanol, é necessário que a temperatura do sistema dentro do alambique se mantenha ligeiramente acima de 78,3 ºC (ponto de ebulição do etanol) e abaixo de 100 ºC (ponto de ebulição da água). Esses são valores aproximados de temperatura, visto que valores exatos dependem da relação com a altitude da cidade em relação ao nível do mar.

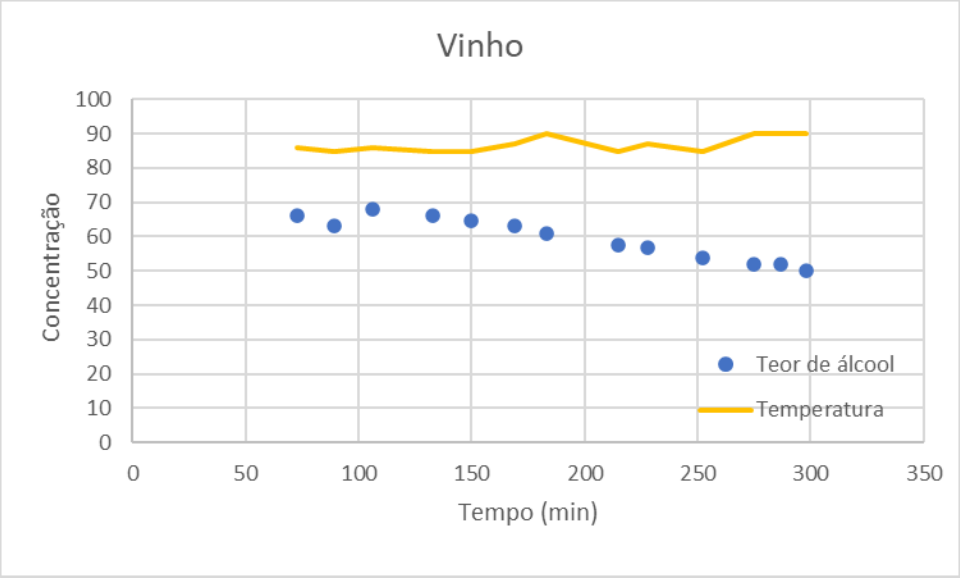
Além disso, constatou-se que as bebidas destiladas possuem um teor alcoólico mais elevado. No estágio inicial, a graduação alcoólica das bebidas destiladas é superior à do vinho, conforme ilustrado nos Gráficos 2 e 3 a seguir.

Nos mesmos Gráficos 2 e 3 também é possível analisar o decaimento do teor de álcool ao longo do tempo, ocasionado pela evaporação constante da mistura das bebidas. Como se tem por objetivo a destilação do etanol, este decai majoritariamente.

Gráfico 2- Bebida destilada

Fonte: Autoria própria (2023)

Gráfico 3- Vinho



Fonte: Autoria própria (2023)

Considerando a viabilidade do projeto, a direção apresentou uma proposta aos colaboradores envolvidos, que incluem a Receita Federal de Dionísio Cerqueira/SC, a Receita Federal de Foz do Iguaçu/PR, a Abrabe (Associação Brasileira de Bebidas), a Krefta

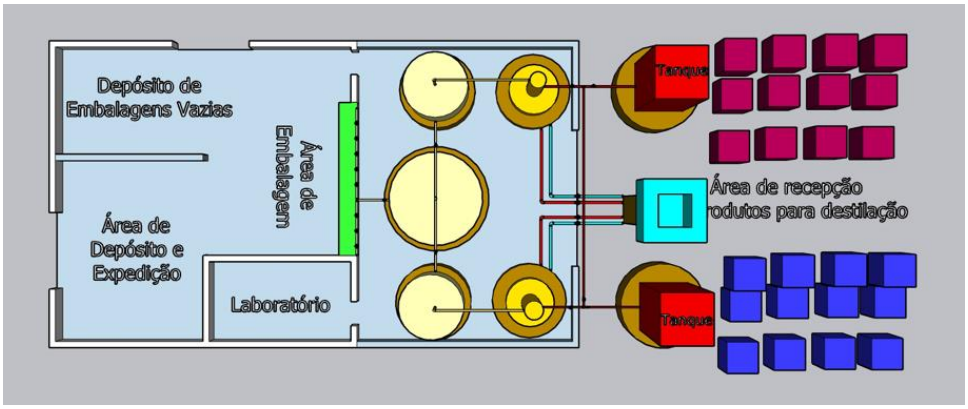
(Tecnologia em Serviços) e a Universidade Tecnológica do Paraná. Essa proposta consiste na construção de um laboratório dedicado à destilação, com a disponibilização dos equipamentos necessários e a estrutura física adequada.

Ademais, a Receita Federal de Dionísio Cerqueira/SC e a Receita Federal de Foz do Iguaçu/PR teriam participação no projeto ao disponibilizarem bebidas alcoólicas apreendidas em fluxo adequado à capacidade do laboratório, juntamente com insumos provenientes de apreensões, como, por exemplo, o gás de cozinha.

Adicionalmente, a Abrabe estaria apta a disponibilizar recursos financeiros para viabilizar a construção e aquisição dos equipamentos necessários. Além disso, a Krefta seria responsável por dar a destinação adequada aos cacos de vidro resultantes da quebra das garrafas.

Por fim, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná se comprometeria a ceder a área para a construção do laboratório, bem como fornecer mão de obra por meio de alunos estagiários para realizar as atividades relacionadas ao funcionamento do laboratório. O planejamento do laboratório é representado na figura 2 a seguir.

Figura 2- Layout do laboratório



Fonte: Autoria própria (2023)

O projeto de extensão esteve presente no evento VEM PARA UTF, realizado em 09 de novembro de 2022, onde teve a oportunidade de compartilhar conhecimentos sobre o processo de destilação e assuntos relacionados. Durante o evento, foram alcançados cerca

de 871 alunos de colégios da região sudoeste do Paraná, com o objetivo de disseminar o conhecimento nessa área.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho trouxe como proposta o reaproveitamento de bebidas alcoólicas apreendidas pela Receita Federal de Dionisio Cerqueira – Santa Catarina para a produção de álcool de limpeza, com o propósito de reduzir gastos na universidade, doar o produto para entidades públicas e treinar os alunos para futuras atividades industriais e também providenciar um destino mais nobre e correto para as bebidas que normalmente são destruídas.

Tendo em vista que o projeto se mostrou economicamente viável, mesmo que os equipamentos utilizados são de pequeno porte, a Universidade tem o planejamento de uma ampliação dos equipamentos para uma maior e melhor produção de álcool, conseguindo assim aumentar a produção para se alcançar todos os objetivos propostos.

AGRADECIMENTOS

As autorias agradecem às pessoas que contribuíram com o desenvolvimento do projeto ao longo do tempo e à Receita Federal pela doação de bebidas e insumos diversos.

REFERÊNCIAS

EUROPEAN COMMISSION, **Labelling of alcoholic beverages in the EU**: some facts. Brussels, 2022. Disponível em: https://ec.europa.eu/food/safety/labelling-and-nutrition/food-information-consumers-legislation/alcohol-labelling_en. Acesso em: 16 jun. 2023.

INCOTERM. **Manual de Incoterms**. 2008. Disponível em: https://www.incoterm.com.br/media/2010/01/5682-manual.pdf. Acesso em: 11 jun. 2023.

LEAL, João Paulo. Destilação. **Revista de Ciência Elementar**, v. 3, n.1. Disponível em: https://rce.casadasciencias.org/rceapp/pdf/2015/083/. Acesso em: 16 jun. 2023.

RATANAWIMARNWONG, Nuanlaor, *et al*. "**Simple Flow System with In-Line Gas-Diffusion Unit for Determination of Ethanol Employing Hypsochromic Shift of Visible Absorbance Band of Methyl Orange**" Talante, vol. 206, 1 jan. 2020, p. 120234. Disponível em: www.sciencedirect.com/Science/article/abs/pii/S0039914019308677?via%3Dihub,

https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.120234, *apud* FULGÊNCIO, Ana Carolina da Costa. **Combinando modelos quimiométricos e portabilidade para o controle de qualidade de cerveja e outras bebidas fermentadas**. 2023. p. 173. Tese (Doutorado em Ciências – Química). Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/51383. Acesso em: 17 jun. 2023.

Rodoviária Federal, Polícia. "146 Garrafas de Vinhos Argentinos Importados Irregularmente São Apreendidos Na via Expressa Em São José.". Disponível em: www.gov.br/prf/pt-br/noticias/estaduais/santa-catarina/2023/maio/146-garrafas-de-vinhos-argentinos-importados-irregularmente-sao-apreendidos-na-via-expressa-em-sao-jose. Acesso em: 16 jun. 2023.

Secretaria Especial da Receita Federal do Brasil. Disponível em: https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/acesso-a-informação/institucional. Acesso em: 16 jun. 2023.

SISCO, *et. al*., L Robinson, P. Chankaw, N. Choengchana, D. Nacapricha. Determinação da concentração de etanol em bebidas alcoólicas por análise direta em espectrometria de massa em tempo real (DART-MS) **Química Forense**, 18 (2020), Artigo 100219, *apud* FULGÊNCIO, Ana Carolina da Costa. Combinando modelos quimiométricos e portabilidade para o controle de qualidade de cerveja e outras bebidas fermentadas. 2023. p. 173. **Tese (Doutorado em Ciências – Química)**. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/51383. Acesso em: 17 jun. 2023.

SOUZA, Paula. **Produção de água ardente de cana-de-açúcar por dupla destilação em alambique retificador** (Mestrado em Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz). Universidade de São Paulo. 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis /11/11141/tde-10112009-140837/publico/Paula_Souza.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

OFERTA DE AULAS PREPARATÓRIAS À PROVA DO ENEM NA UTFPR-FB: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA DO ANO DE 2023

Lais Akemi DAVELLI[1], Camila Nicola Boeri DI DOMENICO[2], Maycow Gonçalves CARNEIRO[2].

[1]Acadêmica do curso de Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

[2] Departamento Acadêmico de Física, Estatística e Matemática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

E-mails: laisakemi@alunos.utfpr.edu.br, camiladomenico@professores.utfpr.edu.br, maycow@utfpr.edu.br.

Resumo: *Criado em 1998, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) tem como objetivo examinar a efetividade do aprendizado dos estudantes, ao final do ensino médio, assim como auxiliar no ingresso à educação superior por meio do Sistema de Seleção Unificada (Sisu) e pelo Programa Universidade para Todos (ProUni). Dado que a prova é dividida em dois dias, sendo no segundo aplicada a prova de Matemática e suas Tecnologias, o projeto de extensão "Aulas de matemática preparatórias à prova do ENEM" foi criado com o intuito de ajudar os estudantes do ensino médio da região de Francisco Beltrão, no Paraná, a conquistarem uma vaga no ensino superior por meio de uma boa nota no ENEM e fornecer auxílio nas áreas da matemática, em razão da dificuldade apresentada pelos alunos nesta disciplina. As aulas foram ministradas em dois dias na semana com turmas no período noturno e vespertino, com duração de uma hora e meia, e foram montadas com foco na resolução de questões, com algumas aulas expositivas, quando necessário. As aulas iniciaram no dia 04 de abril e finalizaram no dia 28 de junho de 2023. No final foi aplicada uma pesquisa de satisfação com os participantes acerca de tópicos como explicação da professora, abordagem das aulas e material disponibilizado, que obtiveram mais de 90% de qualificação positiva.*

Palavras-chave: *ENEM; Cursinho popular; Aulas de matemática.*

INTRODUÇÃO

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) é uma prova que avalia o ensino e a aprendizagem dos estudantes concluintes da educação básica, servindo também, como principal fonte de dados para os indicadores educacionais do Brasil (INEP, 2023). A prova é dividida em dois dias e engloba questões das seguintes áreas do conhecimento: Ciências Humanas e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Matemática e suas

Tecnologias, Linguagens, Códigos e suas Tecnologias e Redação, sendo matemática a área em que os alunos relatam ter mais dificuldades.

Os principais problemas relacionados à dificuldade em Matemática, por parte dos alunos, são a falta de domínio em assuntos anteriores e o excesso do uso de cálculos com fórmulas nas escolas, sem muitas relações práticas, com aplicações desta área (FERNANDES, 2007).

A pandemia de Covid-19 e a necessidade da adaptação do ensino, migrando para o ambiente online, afastou ainda mais os alunos da disciplina de matemática, uma vez que houve um agravamento da defasagem escolar (AUDE, 2023). Assim, é de extrema importância auxiliar os alunos do ensino médio em sua preparação para realizar a prova do ENEM, bem como de diferentes vestibulares, principalmente aqueles que tiveram seu processo de aprendizagem prejudicado por não se ajustarem ao EAD, uma vez que o nível das provas externas continua exigentes.

Dessa forma o projeto de extensão “Aulas de matemática preparatórias à prova do ENEM” da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Francisco Beltrão, tem como objetivo, além de ajudar os estudantes do ensino médio da região a conquistarem uma vaga no ensino superior por meio de uma boa nota no ENEM, fornecer ao maior número de pessoas possível, auxílio nas áreas da matemática, para que esta disciplina não seja mais vista de maneira negativa pelos estudantes.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A necessidade de serem ofertadas aulas preparatórias de Matemática para as provas do ENEM justifica-se pelos resultados que a área de Matemática e suas Tecnologias vem apresentando ao longo das últimas edições deste exame, conforme elencado abaixo numa análise dos anos de 2016 até 2022:

No ENEM de 2016, segundo os dados do Ministério da Educação e Inep (2017), em Matemática e suas Tecnologias, a maioria (2.430.115) alcançou notas entre 400 e 500 pontos. Apenas 3.747 ficaram entre 800 e 900 e 5.734 tiveram zero. A média nacional foi de 493,9.

Em relação às notas na área de Matemática, houve uma melhora nos resultados do ENEM 2017, quando comparados aos de 2016:

- Nota mínima – 310,4
- Nota máxima – 993,9
- Nota média geral – 518,5

Na publicação dos resultados do ENEM de 2017, pela primeira vez a divulgação das notas considerou a proficiência média geral e a proficiência média dos concluintes, e também as proficiências médias dos treineiros, dos egressos e das pessoas privadas de liberdade, conforme descrito na Tabela 1:

Tabela 1 – Proficiência média do ENEM de 2017

Proficiência Média	**Notas**
Concluintes	522,3
Egressos	516,62
Treineiros	538,77
Participantes Privados de Liberdade	447,4

Fonte: INEP (2018)

Em relação aos resultados obtidos pelos estudantes no ENEM no ano de 2018, na área de Matemática e suas Tecnologias, os dados foram (Tabela 2):

Tabela 2 - Proficiência média do ENEM de 2018

Proficiência	**Nota**
Média Geral	535,5
Mínima	360
Máxima	996,1
Concluintes	533,4
Egressos	533,9
Treineiros	553,4

Fonte: INEP (2019)

Já no ENEM de 2019, em que um total de 3.710.433 de pessoas fizeram a prova, os resultados obtidos na área de Matemática e suas Tecnologias são os seguintes (INEP, 2020):

- Nota mínima – 359
- Nota máxima – 985,5
- Nota média geral – 523,12

O total de estudantes por faixa de pontuação é mostrado conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Número de estudantes por faixa de pontuação

Faixa de Pontuação	Total de estudantes
0 - 100	747
300 - 400	389.444
400 - 500	1.451.814
500 - 600	958.253
600 - 700	631.611
700 - 800	231.488
800 - 900	43.629
900 - 1000	3.447

Fonte: INEP (2020)

Em relação ao ENEM de 2020, para os 2.597.464 alunos que realizaram a prova de Matemática, os resultados obtidos foram (INEP, 2021):

- Nota mínima – 327,1
- Nota máxima – 975
- Nota média geral – 520,73

Por faixa de pontuação, os dados são (Tabela 4):

Tabela 4 - Número de estudantes por faixa de pontuação

Faixa de Pontuação	Total de estudantes
0 - 100	913
300 - 400	419.124
400 - 500	840.959
500 - 600	672.417
600 - 700	464.468
700 - 800	155.861
800 - 900	39.004
900 - 1000	4.718

Fonte: INEP (2021)

Por fim, os dados da área de Matemática e suas Tecnologias, no ENEM de 2021, são apresentados abaixo (Tabela 5):

Tabela 5 - Proficiência média do ENEM de 2021

Proficiência	Nota
Média geral	533,72
Mínima	310,4
Máxima	953,1
Média dos participantes surdos que optaram por vídeo-prova traduzida em Libras	437,42
Média dos participantes surdos que optaram por intérprete de Libras	433,42

Fonte: INEP (2022)

Além disso, houveram 799 provas em branco.

Segundo dados da Comissão Permanente do Vestibular (Coperve) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a Edição do ENEM de 2022 teve na disciplina de Matemática e suas Tecnologias nota mínima de 336.80 e nota máxima de 985.70. Tal área do conhecimento apresentou, no mesmo ano, maior diferença entre nota mínima e máxima das demais áreas do conhecimento abordadas no ENEM.

METODOLOGIA

As aulas do projeto foram planejadas priorizando a resolução de exercícios dos principais assuntos que aparecem no ENEM. Para isso, foi feita uma apostila com as questões de matemática, resolvidas e comentadas, do ENEM dos anos de 2019, 2020, 2021 e 2022.

Dessa forma, as questões foram separadas por assuntos, sendo eles: Matemática Básica, Análise de gráficos, Equações do 1° e 2° grau, Trigonometria, Progressão Aritmética e Geométrica, Geometria Plana e Espacial, Probabilidade e Estatística. Além disso, um cronograma foi elaborado para a organização das aulas.

Para o início das aulas, os alunos preencheram um formulário de inscrição e escolheram entre os dois horários possíveis para as aulas, um noturno e um vespertino, que foram ministradas uma vez na semana. Além disso, foi aberta uma turma específica para o Colégio Agrícola (Ceepsudoeste), dado que os estudantes, por se tratar de um internato, são incapazes de saírem da escola. As aulas para essa turma ocorreram no período noturno, sendo lecionadas da mesma maneira que nas outras turmas.

No início das aulas, foi aplicado um simulado diagnóstico composto por seis questões, de diferentes níveis de dificuldade, que foram aplicadas no ENEM de 2017 até 2022. O mesmo simulado foi aplicado no último dia de aula com a finalidade de avaliar a efetividade das aulas.

Como material didático para as aulas, utilizou-se apresentações em modelo de *slides* com o enunciado e as alternativas das questões do tema trabalhado na semana. Assim, durante as aulas, foram resolvidos exercícios, com eventuais aulas expositivas sobre os assuntos que exigem uma abordagem mais teórica, como por exemplo Geometria, uma área que trabalha com muitas fórmulas.

No último dia de aula, foi realizado um jogo de revisão com 10 questões envolvendo algumas fórmulas exigidas no ENEM, regras de fatoração e perguntas de raciocínio lógico. Também, foi aplicada uma pesquisa de satisfação com os alunos, através de um formulário, em que foi possível obter as opiniões, reclamações e sugestões dos alunos acerca do projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cronograma de aulas criado é ilustrado na Tabela 6, com os temas e os dias das aulas ministradas, sendo indicado por (n) as aulas que ocorreram de noite e (t) a tarde. As aulas iniciaram no dia 04 de abril e finalizaram no dia 28 de junho de 2023.

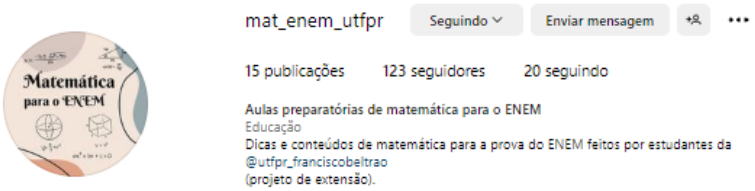
Tabela 6 – Cronograma das aulas

Data	Conteúdo	Quantidade de alunos		
04 e 05/04	Matemática Básica	13 alunos (n)	11 alunos (t)	cancelada
11 e 12/04	Simulado	20 alunos (n)	10 alunos (t)	13 alunos (n)
18 e 19/04	Correção do simulado	17 alunos (n)	11 alunos (t)	12 alunos (n)
25 e 26/04	Correção do simulado (continuação)	19 alunos (n)	10 alunos (t)	20 alunos (n)
02 e 03/05	Gráfico e Funções	10 alunos (n)	3 alunos (t)	5 alunos (n)
09 e 10/05	SEMANA ACADÊMICA (DISPENSA DE AULAS)			
16 e 17/05	Geo. Plana	19 alunos (n)	6 alunos (t)	15 alunos (n)
23 e 24/05	Geo. Espacial	18 alunos (n)	4 alunos (t)	8 alunos (n)
30 e 31/05	PA + PG	13 alunos (n)	1 aluna (t)	2 alunos (n)
06 e 07/06	Probabilidade e Estatística	14 alunos (n)	2 alunos (t)	cancelada
13 e 14/06	Análise Combinatória	1 aluno (n)	nenhum	3 alunos (n)
20 e 21/06	Trigonometria	8 alunos (n)	4 alunos (t)	3 alunos (n)
27 e 28/06	Kahoot e Prova diagnóstica	8 alunos (n)	5 alunos (t)	4 alunos (n)

Fonte: Autoria própria (2023)

Também foi criado um perfil no *Instagram* (Figura 1) em que foram postados vídeos com dicas sobre os principais conteúdos que aparecem na prova do ENEM. Tal perfil tem o intuito de alcançar o maior número de alunos possíveis, não somente o público local de Francisco Beltrão.

Figura 1 – Perfil do I*nstagram* do projeto



Fonte: Autoria própria (2023)

Como ilustra a Figura 2, foram colocadas na rede, com a periodicidade de um vídeo por semana, conteúdos úteis para o Exame Nacional. Cada vídeo aborda um tema diferente como dicas para a realização da prova, principais fórmulas e resumos dos conteúdos.

Figura 2 – Primeira publicação do perfil do *Instagram*

Fonte: Autoria própria (2023)

Em relação à opinião dos alunos acerca das aulas, obteve-se um retorno positivo tanto ao método de ensino adotado, voltado para a resolução das questões, quanto para a qualidade de explicação e o material utilizado, dado que, na pesquisa realizada, todos os aspectos foram avaliados como "Muito bom", com mais de 90% de votos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a execução do projeto de extensão "Oferta de aulas preparatórias à prova do ENEM" é possível constatar os inúmeros benefícios e impactos positivos que essa prática trouxe para os estudantes e para a comunidade em geral. O projeto consistiu em oferecer aulas semanais com os conteúdos do ensino médio e complementar o aprendizado por meio da postagem de vídeos sobre os assuntos abordados no *Instagram*. Nesse sentido, pode-se destacar os seguintes pontos:

- Acesso à Educação de Qualidade: Uma das principais vantagens do projeto foi democratizar o acesso à educação de qualidade. Ao oferecer aulas preparatórias gratuitas e de fácil acesso, alunos que antes enfrentavam dificuldades financeiras ou geográficas para obter um reforço educacional, puderam se beneficiar dos conteúdos e preparar-se para os exames do ENEM e vestibulares.
- Redução de Desigualdades Sociais: O projeto também teve um papel relevante na redução das desigualdades sociais no âmbito educacional. Ao atingir um público mais amplo e diversificado, possibilitou que estudantes de diferentes origens socioeconômicas tivessem acesso às mesmas oportunidades de preparação para os exames, contribuindo para a equidade no acesso ao ensino superior.
- Estímulo ao Aprendizado Contínuo: As aulas semanais e os vídeos postados no *Instagram* forneceram uma estrutura de aprendizado contínuo aos estudantes. Isso incentivou a criação de uma rotina de estudos, bem como o desenvolvimento de hábitos de estudo autônomos e disciplina, habilidades essenciais para o sucesso acadêmico e profissional.
- Impacto na Autoconfiança dos Alunos: O projeto também desempenhou um papel significativo no aumento da autoconfiança dos estudantes. Ao oferecer aulas preparatórias e material de estudo, os alunos sentiram-se mais seguros e preparados para enfrentar os desafios do ENEM e dos vestibulares, o que pode impactar positivamente em seus desempenhos nestas provas.

Por fim, é válido destacar que este tipo de projeto contribui para reforçar a importância da educação como ferramenta de transformação social e individual. Ao oferecer recursos

educacionais gratuitos e de qualidade, mostrou-se o valor do conhecimento como um bem público essencial para o desenvolvimento da sociedade.

REFERÊNCIAS

AUDE, Tamiris de Aguiar Caetano. *Dificuldades de aprendizagem em matemática: impactos deixados pela pandemia***.** In: Anais do XXVI Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática. Anais...São Paulo (SP) On-line, 2022. Disponível em: <https//www.even3.com.br/anais/ebrapem2022/563506-DIFICULDADES-DE-APRENDIZAGEM-EM-MATEMATICA--IMPACTOS-DEIXADOS-PELA-PANDEMIA>. Acesso em: 27/05/2023

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. *Enem*. Disponível em: https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enem. Acesso em: 23 maio 2023.

FERNANDES, Allana Ramony Batista et al. *Principais motivos que dificultam a aprendizagem da matemática*. XI Encontro de Iniciação à Docência, 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (Santa Catarina). Comissão Permanente do Vestibular. TRI ENEM. Disponível em: https://php.coperve.ufsc.br/triEnem/. Acesso em: 30 maio 2023.

ÁREA 10

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

MUSEU DAS GRANDES NOVIDADES: A PRESERVAÇÃO DA MEMÓRIA DA EVOLUÇÃO DA COMPUTAÇÃO

Danilo Bressiani SOLEK[1], Andrés E. Coca SALAZAR[1], Karen A. Solek SOARES[2]

[1]Coordenação de Engenharia de Computação (COENC)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Toledo
Toledo – Paraná - Brasil

[2] Departamento de Arquitetura e Urbanismo (DAU)
Universidade Estadual de Maringá
Maringá – Paraná - Brasil

E-mails: danilosolek9@gmail.com, andressalazar@utfpr.edu.br, karen.soares@escola.pr.gov.br

Resumo: *A ciência e a tecnologia estão em constante evolução e os computadores são um exemplo, bem como configuram, atualmente, um problema social, gerando lixo tecnológico. Entre a preservação e o descarte, permanece a memória e sua marca de significação em acervos escolhidos. Os lugares de preservação da memória socialmente construída são os museus que, em sua estrutura e organização vem evoluindo em forma e conteúdo. A presente pesquisa quanti-qualitativa pretende, além de um contexto histórico, identificar os modos de apresentação dos acervos, que em algum momento já representaram uma "tecnologia de ponta", característica que pode ser mantida conforme seu modo de exposição ao público, ajudada pela computação. Os acervos consultados foram o de museus brasileiros catalogados conforme o Instituto Brasileiro de Museus (IBRAM) e também os apresentados ou informados em sites por meio de pesquisa livre. A análise dos resultados apontam a recorrência de apresentações tradicionais dos acervos com tendências a virtualidade.*

Palavras-chave: *Museu; Computação; Evolução tecnológica.*

INTRODUÇÃO

A presente pesquisa desenvolve o assunto dos acervos utilizados pelos museus, abordando os acervos classificados como científicos e tecnológicos, especificamente, os acervos de computação brasileiros. Justificou-se o presente trabalho na necessidade de entender a forma de organização dos espaços físicos ou midiáticos na exploração de acervos que abordem a preservação da memória computacional, tendo em vista que, apesar de atuais, são espaços escassos.

O problema da pesquisa foi o de analisar como são expostos os acervos que zelam pela preservação de peças relevantes da evolução tecnológica computacional. Para tal, foram formuladas as seguintes hipóteses: que os museus classificados como de ciência e tecnologia, com acervos de computação, abordam a exposição destes por seus atributos físicos de design e não como conteúdo de evolução tecnológica em suas possibilidades de interatividade a dados não materiais.

Intencionando a resposta ao objetivo geral da análise das formas de exposição de acervos da tecnologia computacional, foram formulados os seguintes objetivos específicos: a) pesquisar historicamente a evolução dos acervos dos museus como espaços de preservação da memória; b) levantar os museus brasileiros classificados como de ciência e tecnologia que desenvolvam temas da computação; c) dentre os espaços identificados, verificar como se procede a organização de exposição do acervo computacional. O marco teórico da pesquisa foram as definições estabelecidas pelo Instituto Brasileiro de Museus - IBRAM.

O artigo está organizado em introdução, fundamentação teórica, metodologia, resultados e discussão, com as considerações finais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A cultura, como característica das sociedades humanas, é desenvolvida e renovada em seus elementos e conteúdos, repassando-os para as próximas gerações. A preservação das memórias das experiências aprendidas no passado apresenta-se como uma preocupação social. “Nesse sentido, a memória tem agente de identidade dos grupos, classes, tradição histórica, como também da memória individual, na realização de um fato social” (SILVA e SOARES, 2018, p.20).

Uma das formas de manutenção do patrimônio material e imaterial do acervo cultural da humanidade encontra-se nos espaços dos museus. Para além da preservação, o museu também possui outras duas funções comuns ao trabalho cultural, que estão entre o estímulo da produção de outros bens culturais e o da circulação desses bens, o que oportuniza conhecimento pelo contato a seus acervos (LARAIA, 2001).

Figura 1 – Exemplos arquitetônicos representativos de museus: A) o Palazzo Medici Riccardi em Florença, na Itália; B) Museu do Louvre em Paris, na França; C) Museu Nacional no Rio de Janeiro e D) Museu Guggenheim de Nova York, nos Estados Unidos da América.

Fonte: Organização dos autores (2023). Pinterest (2023)

A cronologia de surgimento e implantação dos museus no mundo se confunde com a formação das civilizações, evoluindo ao longo do tempo em seu conteúdo e formas de exposição, até os formatos atuais (SUANO, 1986). Suano (1986) apresenta a evolução do colecionismo, partindo dos acervos formados por receptores de tesouros da Idade Média, passando pelos artefatos de valores históricos e científicos do Renascimento. Na renascença italiana, como exemplo, o **Palazzo Medici Riccardi**, em Florença, constitui-se no primeiro museu privado da Europa (KIEFER, 2000) (Figura 1, letra A). A instituição do museu surge no final do século XVIII, na condição de proteger e valorizar bens materiais que identificam e promovem a produção artística e científica, valores simbólicos validados pela classe burguesa em ascensão, antes exclusivos da monarquia (KIEFER, 2000). A finalidade educacional do museu é referenciada a partir de 1793, no **Museu do Louvre**, em Paris, com um acervo destacando valores clássicos greco-romanos, ampliado decorrente das apropriações de Napoleão Bonaparte (SUANO, 1986) (Figura 1, letra B). No Brasil, em 1818, o Museu Real, hoje conhecido por **Museu Nacional**, no Rio de Janeiro, abriga acervos da história natural, fauna e flora, mineralogia, achados arqueológicos e etnográficos (SANTOS, 2000) (Figura 1, letra C). Após a segunda Guerra Mundial (1939-1945), no espírito de renúncia do antigo e um compromisso voltado a atender as

necessidades das massas, os museus buscaram em sua arquitetura, não só a preservação do acervo, mas a melhor forma de explorá-lo, bem como a possibilidade de ampliação deste espaço (SILVA e SOARES, 2018). Como exemplo, o **Museu Guggenheim** em Nova York é uma expressão da arquitetura como obra de arte, configurado em efeitos estéticos integrados a seu conteúdo (MONTANER, 2003) (Figura 1, letra D). A reestruturação museológica torna a edificação também um cenário e um atrativo, podendo até ser mais chamativo do que seus conteúdos (SILVA e SOARES, 2018). Neste sentido, a edificação do museu ganha importância social, tornando-o instrumento de prospecção turística para as cidades (KIEFER, 2000).

Observa-se que os museus acompanharam a evolução tecnológica em conteúdo e forma. Outra vertente encontra-se na modificação de exposição dos acervos em novo ambientes. Alguns museus propõem a realização de trabalhos de interação tecnológica das obras expostas com seus visitantes, além do usual cuidado e operação com documentos audiovisuais que constituem patrimônio histórico. Neste sentido, pode ser citado o Museu da História do Computador, no Vale do Silício, na cidade de Mountain View, nos Estados Unidos. Este museu abriga “a maior e mais significativa coleção de artefatos de computação do mundo” (VIAJONÁRIOS, 2023, s.p.).

A proposta do Instituto Brasileiro de Museus (IBRAM), autarquia federal de estímulo e promoção de museus criada em 2009 (Lei nº 11.906/2009) e vinculada ao Ministério da Cultura, é a de que os museus sejam conceitos e práticas em metamorfose, mantendo acervos do patrimônio material e imaterial, manifestações humanas e naturais que estão em constante mudança (MENDONÇA, 2012). Com isso, há a disseminação de museus interativos e atrativos ao público pelo uso de tecnologias audiovisuais. Os museus atuais são fontes de entretenimento e instrução, além de local de estudos e práticas de conservação e preservação do patrimônio intelectual (SILVA e SOARES, 2018).

A discussão sobre os museus brasileiros e suas abordagens serão apresentadas nos tópicos a seguir.

METODOLOGIA

A presente pesquisa desenvolveu-se de forma quanti e qualitativa, buscando a resolução do problema de entender como são expostos os acervos que zelam pela preservação de peças relevantes da evolução tecnológica computacional. Primeiramente a busca foi por meio de pesquisa bibliográfica abordando teoricamente a evolução dos museus e seus acervos. Foi levantada a evolução histórica do museu como espaço de preservação da memória das sociedades humanas, e a exemplificação da tipologia dos seus acervos como modo de sua classificação, como o proposto pelo IBRAM.

Conforme o Guia de Museus Brasileiros (IBRAM, 2011), são várias as tipologias de museus, podendo assumir uma ou várias das classificações conforme o que estão dispostos em acervo: a) antropologia e etnografia; b) arqueologia; c) artes visuais; d) ciências naturais e história natural; e) ciência e tecnologia; f) história; g) imagem e som; h) virtual; i) biblioteconômico; j) documental e k) arquivístico. O recorte da pesquisa manteve o foco na classificação "ciência e tecnologia", que é caracterizado por tratar de "bens culturais representativos da evolução da história da ciência e da técnica" (IBRAM, 2011, p.19).

Na segunda parte da pesquisa, a partir de dados e classificações do IBRAM, complementados por uma pesquisa livre, foram identificados museus que se dedicam à classificação científica e tecnológica relacionadas com a computação, e analisou-se a forma de exposição de seus acervos de forma comparativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A necessidade de um espaço voltado ao estudo para a compreensão do passado e contemplação de artefatos culturais são preocupações antigas que foram sendo moldadas conforme as necessidades de conservação e apreciação de seu conteúdo. São nos acervos que encontram-se os pontos de reflexão e análise de testemunhos materiais, no intuito de preservação do passado, com condições ou não de ser utilizado no presente em sua potencialidade (SUANO, 1986).

Nos dados do IBRAM, os museus catalogados como "ciência e tecnologia" concentram-se em exibir e preservar coleções, entre elas a do tema computacional. De

acordo com o Guia dos Museus Brasileiros (IBRAM, 2011), os museus cadastrados no órgão até 2011 e com acervos voltados para a computação eram três: o Museu do Computador da Universidade Estadual de Maringá; o Museu da Computação Prof. Odelar Leite Linhares do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da Universidade de São Paulo; e o Museu do Computador de Itapecerica da Serra-SP.

Atualmente, o IBRAM mantém um sistema nacional de identificação com aproximadamente 3 mil museus brasileiros inscritos na plataforma "Museusbr". Contudo, apesar de apresentar um mapa de museus que podem ser selecionados por tipos e temáticas, existem somente 20 dentro da tipologia de acervo de ciência e tecnologia em todo o Brasil. Ressalta-se que, nesta busca, os museus destacados não necessariamente tem acervos relacionados ao tema computacional (MUSEUSBR, s.d.).

Fora da esfera da lista de museu catalogados pelo IBRAM, em uma pesquisa livre, foram encontrados museus que possuem sites específicos ou informativos, evidenciando seus acervos no tema desta pesquisa, podendo ser destacados os existentes nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná (Tabela 1).

Tabela 1 – Relação de Museus brasileiros com acervo de computação

Nome (data de fundação)	**Entidade Vinculada**	**Exposição do Acervo**
Museu da computação[1], INCE (1967)	Instituto Técio Pacitti de Aplicações e Pesquisa Computacionais, UFRJ - Núcleo de Computação Eletrônica (INCE), Rio de Janeiro, RJ	local
Museu da computação Prof. Odelar Leite Linhares[2], ICMC (1972)	Instituto de Ciências e Matemáticas e de Computação (ICMC), USP-São Carlos - Departamento de Ciências de Computação e Estatística, São Carlos, SP	local e virtual
Projeto Museu do Computador[3] (1996)	UEM - Departamento de informática, Maringá, PR	local
Museu do Computador e futuro da tecnologia[4] (1998)	Associação cultural, São Paulo, SP	local e virtual em metaverso
Museu da Computação e Informática[5], MCI (2000)	Associação cultural, Sorocaba, SP	local
Museu de Tecnologias[6], MUTEC (2008)	UTFPR- Departamento de Informática, Curitiba, PR	local
Museu de Informática[7] (2017)	UNICAMP - Centro de Computação (CCUEC), Campinas, SP	local
Museu Capixaba do Computador[8], MCC (2022)	Associação cultural, Sorocaba, SP	local
Museu da Computação[9]	UEPG - Departamento de informática, Ponta Grossa, PR	local e virtual

Fonte: Organização dos autores (2023). INSTITUTO TÉRCIO PACITTI DE APLICAÇÕES E PESQUISA COMPUTACIONAL[1], 2023; INSTITUTO DE CIÊNCIA E MATEMÁTICA E DE COMPUTAÇÃO[2], 2023; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARNGÁ[3], 2023; MUSEU O COMPUTADOR E FUTURO DA TECNOLOGIA[4], 2023; MUSEU DA COMPUTAÇÃO E INFORMÁTICA[5], 2023; UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ[6], 2023; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS[7], 2023; MUSEU CAPIXABA DO COMPUTADOR[8], 2023; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA[9], 2023.

Colocados em ordem cronológica de surgimento, observa-se que os museus mais antigos estão vinculados a autarquias que nasceram dentro de universidades e aos seus departamentos de matemática. A partir de meados da década de 1990, vinculam-se aos departamentos de informática. Alguns museus surgem de associações culturais sem fins lucrativos, mas a grande maioria surgem e permanecem vinculados as universidades (Tabela 1).

Dalsasso (*et al*, 2014) comenta o quão usual é a existência de disciplinas introdutórias que buscam um panorama da evolução da computação nos cursos universitários, abordando a fundamentação teórica e histórica da área. A criação de um museu com estes temas são alternativas e estratégias em complementação às aulas expositivas, o que justifica a relação destes museus aos departamentos de cursos universitários.

Os museus da computação, em seus vários formatos, tem como característica os esforços de preservação digital, arquivando e restaurando software e documentos históricos para garantir sua acessibilidade futura, com o intuito de preservar a história da ciência e da tecnologia da computação. Seus acervos podem ser extremamente vastos, incluindo coleções de instrumentos científicos antigos, computadores e outras máquinas, dispositivos de comunicação, equipamentos matemáticos, documentos históricos e entre outros. Os museus com foco em preservar a evolução computacional abrangem a maior gama de itens relacionados à computação, incluindo modelos de computadores pioneiros para a história da informática, componentes eletrônicos, como placas-mãe, memórias RAM, e processadores, periféricos, como teclados, mouses, impressoras e discos rígidos. Como a interação com os modelos computacionais mudaram ao longo do tempo, também são abordados os softwares, como sistemas operacionais antigos e outros programas, além de jogos clássicos.

Quanto a forma de mostra dos acervos, poucas destas instituições oferecem exposições interativas para educar e envolver o público. Geralmente são mostras educacionais, onde os visitantes podem aprender sobre a história, o desenvolvimento e os avanços científicos e tecnológicos pela observação dos equipamentos. As instituições oferecem visitas guiadas, eventos especiais, palestras e workshops.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O museu e sua edificação evoluiu historicamente, desde o armário-caixa exposto pelo colecionador; de câmara de maravilhas com a exposição física de seu acervo, assumindo no século XX a flexibilidade de espaços conforme o avanço tecnológico, o que também transformou as coleções que encontram-se em acervo.

Mesmo que os museus do computador ou informática tratem de acervos de ciência e tecnologia, as instituições que se utilizam da tecnologia para tornar a visitação mais interativa e estimulante estão em torno de 30% das instituições pesquisadas. A pesquisa demonstrou que a escolha da mostra dos acervos encontra-se entre a tradicional observação das peças em exposição local, mas indicou uma tendência às propostas de mostras virtuais. A utilização de ambientes que potencializam a colaboração e a interação, conectado ao ambiente digital é demonstrado como uma motivação à visitação e um convite ao estudo, entre outros segmentos para treinamento, entretenimento e turismo.

Outra observação é que grande parte dos museus que oferecem somente a exposição local sequer possuem um site estruturado, dificultando as informações sobre a origem e conteúdo do acervo, bem como a real existência do museu. A falta de vinculação destes museus ao IBRAM demonstra uma fragilidade de divulgação de acervos.

Como contribuição, a pesquisa destaca aspectos sobre o potencial que ainda podem ser explorados dos acervos que influenciam o ensino e transformam a sociedade, geralmente confinados nos espaços físicos dos museus. Neste sentido, a engenharia da computação pode desempenhar papel fundamental para os museus da computação. Por meio das técnicas e conhecimento especializado sobre programação, eletrônica e sistemas computacionais, os engenheiros da computação podem contribuir tanto na forma física, pela pesquisa e documentação de dispositivos, na manutenção e restauração de

equipamentos antigos, na preservação de software histórico, quanto na virtual, no desenvolvimento de exposições interativas. A criação de museus virtuais podem tornar acessíveis seus acervos e divulgá-los a um maior número de visitantes, até mesmo recriar coleções de cenários históricos inexistentes nos dias atuais, mantendo a função de preservar e ensinar a história da computação.

REFERÊNCIAS

DALSASSO, P.; SOLANGE, A.; BERNARDI, G.; MARTINS, F.; ZANKI, A. Resgatando A História da Computação através de um Museu Virtual 3D Interativo. *In:* Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC), XXXIV, 2014, Brasília, p. 1297-1306.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MUSEUS (Brasil). *Guia dos Museus Brasileiros.* Brasília: IBRAM, 2011. online. Disponível em:https://antigo.museus.gov.br/guia-dos-museus-brasileiros/. Acesso em: maio 2023.

INSTITUTO DE CIÊNCIA E MATEMÁTICA E DE COMPUTAÇÃO. *Museu de Computação Prof. Odelar Leite Linhares.* São Carlos: USP. Disponível em: https://mc.icmc.usp.br/. Acesso em: maio 2023.

INSTITUTO TÉRCIO PACITTI DE APLICAÇÕES E PESQUISA COMPUTACIONAL. *Museu da Computação.* Rio de Janeiro: UFRJ. Disponível em: http://portal.nce.ufrj.br/index.php/institucional/historico/museu-da-computacao-da-ufrj?highlight=WyJtdXNldSJd. Acesso em: maio 2023.

KIEFER, F. Arquitetura de museus. *In:* Arqtexto. Porto Alegre: UFRGS, 2000, p.12-25.

LARAIA, R. B. *Cultura: um conceito antropológico.* Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001.

MENDONÇA, T. M. Q. A. *Museus da Imagem e do Som: O desafio do processo de musealização dos acervos audiovisuais no Brasil.*(Tese de Doutorado).Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2012.

MONTANER, J. M. (trad. E. Aguiar). *Museus para o século XXI.* Barcelona: Gustavo Gili, 2003.

MUSEU CAPIXABA DO COMPUTADOR. Disponível em: https://museucapixaba.com.br/quem-somos/. Acesso em: maio 2023.

MUSEU DA COMPUTAÇÃO E INFORMÁTICA. Dísponível em: https://theifriend.com/visit/museu-da-computacao-e-informatica-mci-HHHcIH. Acesso em: maio 2023.

MUSEU DO COMPUTADOR E FUTURO DA TECNOLOGIA. Disponível em: https://museudocomputador.org.br/. Acesso em: maio 2023.

MUSEUSBR (Brasil). *Rede nacional de identificação de museus.* Disponível em: https://renim.museus.gov.br/museusbr/. Acesso em: maio 2023.

PINTEREST. *Museu do Louvre. Imagem.* Disponível em: www.pinterest.com/valeriacabrini/museu-do-louvre/. Acesso em: ago. 2023.

PINTEREST. *Museu Guggenheim.* Imagem. Disponível em: br.pinterest.com/julinhasilvacri/museu-guggrnheim/. Acesso em: ago. 2023.

PINTEREST. *Museu Nacional.* Imagem. Disponível em: br.pinterest.com/cbetobraga118/national-museum/. Acesso em: ago. 2023.

PINTEREST. *Palazzo Medici Riccardi.* Imagem. Disponível em: www.pinterest.com/annacrovsri/palazzo-medici-riccardi/. Acesso em: ago. 2023.

SANTOS, M. S. Os museus brasileiros e a constituição do imaginário nacional. *In:* Sociedade e Estado, 2000, n.15 (02), 271–302.

SILVA, F. G.; SOARES, K.A.S. A evolução do museu na história: do armário-caixa à nova interface tecnológica. *In:* Revista Thêma et Scientia [on line], n.8, v.2, jul/dez 2018.

SUANO, M. *O que é museu.* São Paulo: Brasiliense, 1986.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. *Museu de Informática.* Campinas-SP: UNICAMP. Disponível em: https://www.ccuec.unicamp.br/museu/?page_id=372. Acesso em: maio 2023.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ. *Projeto Museu do computador.* Maringá-PR- UEM. Disponível em: http://ws2.din.uem.br/~museu/oprojeto.htm. Acesso em: maio 2023.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA. *Museu da Computação UEPG.* Ponta Grossa-PR: UEM. Disponível em: https://museudacomputacao.deinfo.uepg.br/. Acesso em: maio 2023.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. *Museu de tecnologias: MUTEC.* UTFPR, Campus Curitiba. Disponível em: http://www.utfpr.edu.br/noticias/curitiba/mutec-guarda-a-historia-das-tecnologias. Acesso em: maio 2023.

VIAJONÁRIOS. *Califórnia: Museu da História do Computador no Vale do Silício.* Disponível em: https://viajonarios.com/museu-da-historia-do-computador-no-vale-do-silicio/. Acesso em: maio 2023.

CONTRIBUIÇÕES DA EDUCAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DOS ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO

Tatiana Oliveira Couto SILVA[1], Raquel Cristina Martins SALVIATI [1,2], Décio Estevão do NASCIMENTO[1]

[1] Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade - PPGTE
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba – Paraná - Brasil

[2] Instituto Carlos Chagas, Fiocruz-PR,Curitiba – Paraná - Brasil

E-mails: tatianasilva@alunos.utfpr.edu.br, decio@utfpr.edu.br, raquel.salviati@fiocruz.com

Resumo: *A literatura referente à temática dos ecossistemas de inovação tem apresentado a inovação como a melhor resposta para gerar o crescimento econômico. Nas últimas décadas, o desenvolvimento da economia baseada no conhecimento ganhou destaque e passou a ser alvo das políticas públicas de diversos países. Esta pesquisa realizou uma revisão de literatura que buscou identificar o estado da arte analisando os artigos científicos publicados em 2020 e que, a partir de critérios de seleção definidos pelos autores, foram considerados mais relevantes para discutir a relação entre a educação e o desenvolvimento dos ecossistemas regionais de inovação. Os resultados da pesquisa demonstram, a partir de exemplos de países analisados, que para estruturar uma economia baseada no conhecimento, além da implantação e do investimento nos ecossistemas de inovação, é fundamental o papel da educação inovadora e empreendedora, na formação de recursos humanos com competência para produzir inovação.*

Palavras-chave: *Educação inovadora; Educação STEAM; Ecossistemas de inovação; Economia do conhecimento.*

INTRODUÇÃO

Em tempos de expressivo desenvolvimento de novas tecnologias, a literatura tem apresentado a inovação como a melhor resposta para gerar crescimento econômico nos países (ALNAFRAH, 2020; BEKANA, 2020; DAHESH, 2020; LUNDVAL, 2016). Na condução deste processo de geração de novas tecnologias, a literatura sobre o tema apresenta a importância não apenas da elaboração de políticas e de investimento público e privado, mas da colaboração entre os atores envolvidos, no desenvolvimento de seus papéis estratégicos (ALNAFRAH, 2020; BRUNETTI, 2020; KIM, 2020) na formação e no fortalecimento de ecossistemas regionais de inovação (BENITEZ, 2020; BRUNETTI, 2020).

Em relação ao papel das universidades e instituições de ensino no desenvolvimento regional (ALEFFI, 2020; CRUZ AMARAN, 2020; GUERRERO, 2020; PEDROSA ZAPATA, 2020; PIQUE, 2020; RODIONOV, 2020; YAN, 2020), a presente pesquisa se propõe a apresentar modelos de educação que têm sido pautados na literatura atual que abordam o desenvolvimento econômico dos países, a promoção dos ecossistemas de inovação e a evolução para uma economia baseada no conhecimento (BEN HASSEN, 2020; CHYSSOU, 2020; DAHESH, 2020; ETZKOWITZ, 2000; LO, 2020).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para fomentar um desenvolvimento social e econômico baseado na criação de novas tecnologias, os governos elaboram políticas voltadas à Ciência, Tecnologia e Inovação (PCTI) e estruturam sistemas nacionais ou regionais de inovação (LUNDVAL, 2016; MOORE, 1993).No mesmo contexto, a literatura tem trazido também o conceito de ecossistemas de inovação (ALEFFI, 2020; BENETIZ, 2020; CHRYSSOU, 2020) por apresentarem uma visão análoga à biologia de como as instituições presentes nestes territórios devem interagir e trabalhar coletivamente (ALNAFRAH, 2020; FIRSOVA, 2020; MAYSAMI, 2020).

Em um ecossistema de inovação, os stakeholders (empresas de diversos ramos, instituições de ensino, investidores, institutos de pesquisa, agências governamentais, associações comerciais e demais partes interessadas) estão, ao mesmo tempo, unidos por meio de parcerias e competindo na produção de conhecimento que possa agregar valor econômico e na proposição de negócios inteligentes (BENITEZ, 2020; CRUZ- AMARÁN, 2020; KANGAS, 2020; ROIG, 2020; TAMBOSI, 2020; YAN, 2020). Elementos fundamentais para o sucesso dessa grande parceria são a confiança mútua entre os atores envolvidos e a comunicação clara e regular para compartilhamento de ideias, planejamento, divisão de responsabilidades e tomada de decisões eficientes (ROIG, 2020).

Além do envolvimento ativo dos stakeholders, o sucesso de um ecossistema de inovação depende também de investimento em capital (ALNAFRAH, 2020; BEKANA, 2020; BRUNETTI, 2020). De acordo com Tambosi (2020), cada modo de capital - seja ele social, humano, institucional, criativo, de conhecimento, produtivo ou infra estrutural - desempenha um papel fundamental e contribui para a obtenção de vantagens competitivas dentro do contexto socioeconômico regional.

Neste contexto, destaca-se o papel fundamental da educação, tendo como seus representantes universidades, instituições de ensino, institutos de pesquisa e agências de formação que desempenham o papel de capacitar recursos humanos, com foco em inovação e empreendedorismo (ALEFFI, 2020; CHRYSSOU, 2020).

Visando formar, desde a educação básica, capital físico e humano voltados para a produção de inovações tecnológicas (BREINER, 2012), o modelo de educação Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (STEAM) tem como foco conteúdos didáticos voltados para as áreas de ciência, tecnologia, engenharia, matemática e artes. A educação STEAM tem por objetivo trabalhar os conteúdos escolares, em qualquer nível e modalidades de ensino, por meio de projetos de ensino inovadores que integram os conteúdos curriculares e, a partir da utilização de uma metodologia ativa e uso de novas tecnologias, propõe que os estudantes resolvam problemas reais do quotidiano, desenvolvimento desta forma, sua criatividade, automotivação, capacidade de interação no trabalho cooperativo, competitividade e interesse pela ciência e tecnologia (AGUILERA, 2021)

De acordo com a literatura, a universidade, classicamente reconhecida por sua atuação na geração e compartilhamento de conhecimento científico, passa a ser também empreendedora e engajada nas parcerias com empresas e com a sociedade, transformando novos conhecimentos em benefícios econômicos que impulsionam o desenvolvimento econômico, que são elementos chave para o desenvolvimento de uma sociedade do conhecimento (ALEFFI, 2020; CHRYSSOU, 2020; CRUZ AMARAN, 2020; GACHIE, 2020; KANGAS, 2020).

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada a partir de um mapeamento da literatura que buscou identificar o estado da arte analisando os artigos científicos mais relevantes sobre a relação entre a educação STEAM e o desenvolvimento dos ecossistemas regionais de inovação. Para a busca foram utilizados os termos no singular, grafados em inglês. Foram utilizados operadores booleanos “AND”, “OR” e “NOT”; o símbolo de truncagem “*”, e, para as palavras compostas, foram utilizadas as aspas (“”). O Quadro 1 apresenta as estratégias de busca das palavras-chave e dos filtros utilizados.

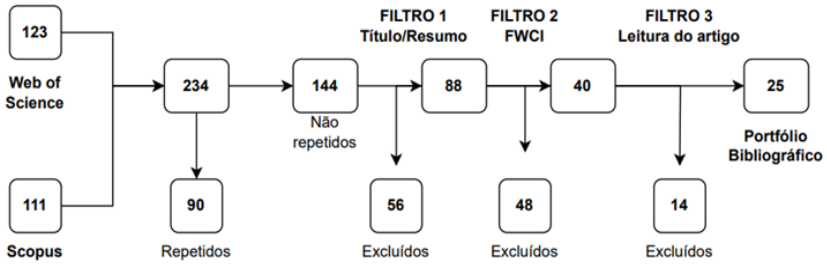
Quadro 1 - Estratégia de busca

Palavras-chaves	Filtros
(education OR teaching OR learn-ing OR steam OR stem) AND ("innovati* *system*" OR "*system* of innovation") NOT "stem cell*" - Scopus e Web of Science	• Ano de publicação: 2020 • Pesquisa em: tópico (WoS) título, resumo e palavra-chave (Scopus) • Tipo de documento: artigo e artigo de revisão • Idioma: Inglês, espanhol e português

Fonte: Autoria própria (2023)

A partir da varredura realizada nas bases de dados Scopus e Web of Science, foram encontradas 234 referências: 111 na Scopus e 123 na Web of Science. As referências foram exportadas para o gerenciador de referências EndNote como sistema de catalogação. Foram excluídos 90 artigos repetidos e após a leitura dos títulos, palavras-chaves e resumos, 56 foram excluídos por não demonstrarem aderência ao tema de pesquisa. Dos 88 artigos com aderência ao tema, 48 foram excluídos pela classificação da métrica ponderada de citação Field-weighted Citation Impact (FWCI)[1] inferior à 0,5. Os 40 artigos foram analisados de forma completa no software de análise de dados qualitativos Atlas.ti, dos quais 25 foram considerados relevantes para este trabalho. A Figura 1 apresenta a síntese destes dados.

Figura 1 - Fluxograma para determinação do Portfólio Bibliográfico



Fonte: Autoria própria (2023)

Após a leitura dos artigos do portfólio bibliográfico, foram acrescentadas 4 referências citadas pelos autores e consideradas relevantes para a fundamentação deste trabalho, totalizando um portfólio total de 29 referências bibliográficas.

[1] *Field-Weighted Citation Impact* (FCWI) é a razão entre o total de citações recebidas pela saída do denominador e o total de citações esperadas com base na média do campo de assunto. Um impacto de citação ponderado por campo de 1 significa que a saída tem o desempenho esperado para a média global (What is Field-weighted Citation Impact (FWCI)? Scopus, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a pesquisa realizada, observa-se que o investimento em capital humano é fundamental para o processo de inovação e tem sido um dos gargalos para o avanço tecnológico de vários países (ALNAFRAH, 2020; BEKANA, 2020). A inovação é produzida por indivíduos que são diariamente desafiados a utilizarem sua capacidade criativa, para desenvolverem suas habilidades e competências na resolução de problemas de forma colaborativa, com visão empreendedora e capacidade de assumir riscos (DE SANDES, 2020; ELERT, 2020; KIM, 2020; PIQUE, 2020).

Maysami (2020), que realizou um estudo com atores envolvidos no ecossistema empreendedor do Irã, constatou que o talento é a principal fonte de empreendedores tecnológicos. Segundo Maysami (2020), empreendedores talentosos possuem características específicas, como: “espírito empreendedor, mentalidade e valores adequados, empenho e profissionalismo, capacidade de trabalho em equipe, capacidade técnica, contentamento e tolerância, autoconfiança, criatividade e inovação” (MAYSAMI, 2020, p. 10).

Na literatura analisada verificou-se o exemplo de países que valorizam a importância da formação de recursos humanos, investindo em sistemas e programas de educação inovadora e empreendedora e que, com isso, estão se destacando na corrida da produção de novas tecnologias (ETZKOWITZ, 2020; JAMIESON, 2020; KANG, 2020; LO, 2020; PIQUE, 2020; YANG, 2020).

Um estudo realizado por Jamieson (2020), no Canadá, com estudantes do Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB GA), mostrou que é viável para a formação dos estudantes ensinar inovação, design e liderança por meio de uma comunidade de práticas desafiadoras que impulsiona os estudantes para a inovação (JAMIESON, 2020).

Alnafrah (2020) constatou em sua pesquisa que o progresso dos sistemas nacionais de inovação de 54 países, ao longo de 29 anos, foi impulsionado por uma infraestrutura avançada de TIC e um sistema educacional de qualidade. A falta de investimento nessas áreas é apontada por Alnafrah (2020) como uma das principais razões para a lenta evolução dos sistemas nacionais de inovação em alguns países (ALNAFRAH, 2020, p. 45).

Buscando identificar como os países árabes estão avançando na consolidação de uma sociedade baseada no conhecimento, Ben Hassen (2020) analisou os países do Catar e do

Líbano. De acordo com o autor, o Catar tem como força principal uma forte posição fiscal e um governo determinado em diversificar a economia, porém seu sistema nacional de inovação possui baixo desempenho pela escassez de recursos humanos qualificados. Já no Líbano ocorre o oposto. O espírito empreendedor, enraizado à cultura multilíngue do país, somado a um forte sistema educacional, produz recursos humanos altamente qualificados, porém a precária infraestrutura de TIC e a instabilidade política, impede o desenvolvimento do país e impulsiona a fuga de cérebros (BEN HASSEN, 2020, p. 13).

De acordo com Lo (2020), em Hong Kong, no final dos anos 2000, o empreendedorismo acadêmico foi enfatizado como uma das missões das universidades, ao lado do ensino e da pesquisa. A partir de 2009, universidades públicas de Hong Kong receberam financiamento para impulsionar essas iniciativas. No período de 2012 a 2015, um orçamento de US $6,7 milhões por ano foi alocado para agregar valor à pesquisa e aumentar a competitividade internacional do sistema de ensino superior (LO, 2020, p. 6-7).

Kang (2020) analisou o fluxo de conhecimento e o papel das universidades entre os sistemas de inovação de duas regiões fronteiriças da China - Hong Kong e Shenzhen. Em seu estudo, Kang (2020) afirma que, Hong Kong detém um forte capital humano - quatro das oito universidades públicas, e listadas entre as 100 melhores Instituições de Ensino Superior (IES) do ranking mundial de universidades Quacquarelli Sydmonds (QS) de 2019, estão na região (KANG, 2020, p. 9). Porém, Hong Kong sofre com o envelhecimento de sua população, com a forte dependência da indústria terciária que contribui com mais de 90 por cento do PIB, com um governo que por décadas teve um papel não-intervencionista e com a estagnação dos investimentos em P&D. Para efeitos de comparação, em 2016, as despesas de P&D de Hong Kong, 2.562,703 milhões de dólares), corresponderam a aproximadamente 20% das despesas de P&D de Shenzhen (12.645,00 milhões de dólares).

Por outro lado, Shenzhen, embora nos últimos anos venha recebendo forte investimento em tecnologia e inovação, seu sistema de inovação carece de recursos humanos. Os pontos fortes do crescente desenvolvimento econômico de Shenzhen, apontados por Kang (2020), são os programas de recrutamento de jovens talentos do exterior fomentados pelo governo, uma participação forte do governo em parcerias com as universidades, as empresas a sociedade e, por fim, a promoção de uma cultura regional voltada à inovação e ao empreendedorismo (KANG, 2020). Um ponto crítico apontado no sistema educacional

de Shezhen é o grande foco em formar recursos humanos voltados à ciência e tecnologia, mas que ignora temas voltados para os estudos das ciências sociais e das artes (KANG, 2020).

Yang (2020), em seu estudo sobre a relação da educação com a inovação aberta em um ecossistema de inovação, usou como objeto de pesquisa o parque educacional Shanghai Zizhu International Education Park (SZIEP), um centro de educação e pesquisa em Zizhu, Xangai. O objetivo do SZIEP é estabelecer um ecossistema de inovação abrangendo elementos como criatividade, empreendedorismo, financiamento, investimento e inovação. Até maio de 2020, com o apoio do governo de Shanghai Minhang e da Zona Nacional de Desenvolvimento Industrial de Alta Tecnologia de Zizhu, o parque recebeu a implantação de seis escolas com parcerias de instituições de ensino internacionais: o Instituto de Indústria Cultural e Criativa (China e EUA), a Asia Europe Business School (China e França), o Joint Translational Science and Technology Research Institute (China e Israel), o Shanghai International College, o Huaer Zizhu Lemania College (China e Suíça) e o Shanghai Zizhu International Education College. Cada instituição de ensino tem um foco específico voltado para a inovação, na formação de talentos em várias áreas do conhecimento, incluindo as artes. A proposta do SZIEP é considerada um programa piloto para uma reforma educacional nacional abrangente e gradual (YANG, 2020).

Por fim, o Vale do Silício na Califórnia, referência mundial de ecossistema de inovação, que concentra as maiores empresas de TI (como Apple; Amazon; Facebook, Google, Microsoft, IBM, Hewlett-Packard, Intel, Oracle Corporation), tem como um dos principais fatores de sucesso o papel desempenhado pelas universidades da região como UC Berkeley, Stanford e UC San Francisco que desenvolvem uma educação altamente empreendedora, que prepara seus estudantes para pensarem de forma inovadora, incentiva o network, o trabalho colaborativo e fomenta a criação de startups. Esta cultura do conhecimento atrai capital, talento e tecnologia do mundo inteiro. Nesta proposta de formar recursos humanos que sejam preparados para criar tecnologias, escolas de educação básica implantadas no Vale do Silício atuam com o mesmo modelo educacional inovador. (ETZKOWITZ, 2020; PIQUE, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no mapeamento da literatura realizado, é possível verificar a escassez de estudos que tenham como foco a importância da formação educacional, no papel da universidade enquanto formadora de recursos humanos - inclusive na formação de professores capazes de formar estudantes em um currículo voltado para a inovação e o empreendedorismo. Pouco também se discute sobre a importância de os governos investirem em políticas públicas que integrem a educação básica e superior com ciência, tecnologia e inovação no desenvolvimento dos ecossistemas de inovação. Além disso, nenhum dos trabalhos analisados abordou a educação STEAM em países latino-americanos.

Para pesquisas futuras, recomendamos a ampliação deste trabalho para a realização de estudos de caso e a elaboração de estratégias que auxiliem os ecossistemas de inovação na implantação de programas educacionais de formação de capital humano que desenvolvam ideias disruptivas e que possam ser aplicados na realidade Brasileira.

REFERÊNCIAS

AGUILERA, David; ORTIZ-REVILLA, Jairo. STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review. Education Sciences, v. 11, n. 7, p. 331, 2021.

ALEFFI, Chiara et al. Research, education and co-creation: the university in place/Ricerca, formazione e co-creazione: l'università sul campo. IL CAPITALE CULTURALE. *Studies on the Value of Cultural Heritage*, n. 10, p. 175-187, 2020.

ALNAFRAH, Ibrahim; ZENO, Bassel. A new comparative model for national innovation systems based on machine learning classification techniques. *Innovation and Development*,v. 10, n.1, p. 45-66, 2020.

BEKANA, Dejene Mamo. Does governance quality promote innovation in sub-Saharan Africa? An empirical study across 37 countries. *Innovation and Development*, v. 10, n. 1, p. 21-44, 2020.

BEN HASSEN, Tarek. The state of the knowledge-based economy in the Arab world: cases of Qatar and Lebanon. *EuroMed Journal of Business*, v. 16, n. 2, p. 129-153, 2020.

BENITEZ, Guilherme Brittes; AYALA, Néstor Fabián; FRANK, Alejandro G. Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation. *International Journal of Production Economics*, v. 228, p. 107735, 2020.

BREINER, Jonathan M. et al. What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. School Science and Mathematics, v. 112, n. 1, p. 3-11, 2012.

BRUNETTI, Federico et al. Digital transformation challenges: strategies emerging from a multi-stakeholder approach. *The TQM Journal*, v. 32, n. 4, p. 697-724, 2020.

CHRYSSOU, Constantinos E. University–industry interactions in the Sultanate of Oman: Challenges and opportunities. *Industry and Higher Education*, v. 34, n. 5, p. 342-357, 2020.

CRUZ-AMARÁN, Damaris; GUERRERO, Maribel; HERNÁNDEZ-RUIZ, Alma Delia. Changing times at Cuban universities: Looking into the transition towards a social, entrepreneurial and innovative organization. *Sustainability*, v. 12, n. 6, p. 2536, 2020.

DAHESH, Mehran Badin et al. Reviewing the intellectual structure and evolution of the innovation systems approach: A social network analysis. *Technology in Society*, v. 63, p. 101399, 2020.

ETZKOWITZ, Henry et al. Innovation by design: SPARK and the Overcoming of Stanford University's Translational "Valley of Death" in Bio-Medicine. *Managerial and Decision Economics*, v. 41, n. 6, p. 1113-1125, 2020.

FIRSOVA, Anna A.; MAKAROVA, Elena L.; TUGUSHEVA, Ryasimya R. Institutional management elaboration through cognitive modeling of the balanced sustainable development of regional innovation systems. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, v. 6, n. 2, p. 32, 2020.

GACHIE, Wanjiru. Higher education institutions, private sector and government collaboration for innovation within the framework of the Triple Helix Model. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, v. 12, n. 2, p. 203-215, 2020.

GUERRERO, Maribel; URBANO, David; GAJÓN, Eduardo. Entrepreneurial university ecosystems and graduates' career patterns: do entrepreneurship education programmes and university business incubators matter?. *Journal of Management Development*, v. 39, n. 5, p. 753-775, 2020.

JAMIESON, Marnie V.; SHAW, John M. Teaching engineering innovation, design, and leadership through a community of practice. *Education for Chemical Engineers*, v. 31, p. 54-61, 2020.

KANG, Yuyang; JIANG, Jin. Revisiting the innovation systems of cross-border cities: the role of higher education institution and cross-boundary cooperation in Hong Kong and Shenzhen. *Journal of Higher Education Policy and Management*, v. 42, n. 2, p. 213-229, 2020.

KANGAS, Riikka; AARREVAARA, Timo. Higher education institutions as knowledge brokers in smart specialisation. *Sustainability*, v. 12, n. 7, p. 3044, 2020.

KIM, Moon Gyu et al. Social entrepreneurship education as an innovation hub for building an entrepreneurial ecosystem: The case of the KAIST social entrepreneurship MBA program. *Sustainability*, v. 12, n. 22, p. 9736, 2020.

LO, William Yat Wai; TANG, Hei-Hang Hayes. Chasing phantoms? Innovation policy, higher education and the pursuit of a knowledge economy in Hong Kong. *Journal of Higher Education Policy and Management*, v. 42, n. 2, p. 178-193, 2020.

LUNDVALL, Bengt-Åke. The learning economy and the economics of hope. Anthem Press, 2016.

MAYSAMI, Amir Mahdi; ELYASI, Ghanbar Mohammadi. Designing the framework of technological entrepreneurship ecosystem: A grounded theory approach in the context of Iran. *Technology in Society*, v. 63, p. 101372, 2020.

MOORE, James F. Predators and prey: a new ecology of competition. Harvard business review, v. 71, n. 3, p. 75-86, 1993.

PEDROZA-ZAPATA, Á. R.; SILVA-FLORES, M. L. College ecosystems of science, technology, innovation and entrepreneurship. *Mago*, v. 12, n. 25, p.93-110, 2020.

PIQUÉ, Josep M.; BERBEGAL-MIRABENT, Jasmina; ETZKOWITZ, Henry. The role of universities in shaping the evolution of Silicon Valley's ecosystem of innovation. *Triple Helix*, v. 7, n. 2-3, p. 277-321, 2020.

WHAT IS FIELD-WEIGHTED CITATION IMPACT (FWCI)?, Scopus, 2022. Disponível em: < https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/14894/supporthub/scopus/~/what-is-field-weighted-citation-impact-%28fwci%29%3F/ >. Acesso em: 17 jun. 2023.

RODIONOV, Dmitrii; VELICHENKOVA, Daria. Relation between Russian universities and regional innovation development. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, v. 6, n. 4, p. 118, 2020.

ROIG, Alexis; SUN-WANG, Jia Liang; MANFREDI-SÁNCHEZ, Juan-Luis. Barcelona's science diplomacy: towards an ecosystem-driven internationalization strategy. *Humanities and Social Sciences Communications*, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2020.

TAMBOSI, Silvana Silva Vieira; GOMES, Giancarlo; AMAL, Mohamed. Organisational learning capability and innovation: study on companies located in regional cluster. *International Journal of Innovation Management*, v. 24, n. 06, p. 2050057, 2020.

YAN, Haiyan et al. Internal and external coordinated open innovation ecosystems: Concept building and applying to Shanghai zizhu international education park. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, v. 6, n. 4, p. 113, 2020.

SISTEMA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Alcides Pereira da Silva Jr[1], Décio Estevão do Nascimento [2], Márcio Eduardo Zuba [3]

1 PPGPGP - Programa De Pós-Graduação Em Planejamento E Governança Pública
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba – Sede Centro
Curitiba – Paraná - Brasil

2 PPGPGP - Programa De Pós-Graduação Em Planejamento E Governança Pública
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba – Sede Centro
Curitiba – Paraná – Brasil

3 PPGPGP - Programa De Pós-Graduação Em Planejamento E Governança Pública
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba – Sede Centro
Curitiba – Paraná - Brasil

E-mails: alcidesjunior@alunos.utfpr.edu.br, decio@utfpr.edu.br, marciozuba@ufpr.brj

Resumo: *A abertura e modernização do mercado energético propiciam o surgimento de inovações tecnológicas no setor, destacando-se, entre as fontes renováveis, a solar fotovoltaica e a autoprodução de energia elétrica. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a literatura relacionada ao sistema de inovação tecnológica (SIT) da geração distribuída fotovoltaica. Para atingir o objetivo foi realizado um estudo de mapeamento sistemático de literatura apoiado na metodologia de snowball sampling (bola de neve). Como principais resultados, destaca-se que o processo identificou 85 artigos, sendo estes classificados em relação à relevância, seus autores, origens e periódicos que mais publicaram sobre o tema, verificando-se as abordagens tecnológicas, os setores que as pesquisas objetivaram atingir e o levantamento das formas em que sistemas de inovação tecnológica foram aplicadas nos artigos que compõem o portfólio.*

Palavras-chave: *Geração distribuída; Energia solar; Sistema de Inovação Tecnológica; Revisão sistemática da literatura.*

INTRODUÇÃO

A sociedade demanda, cada vez mais, eletricidade e calor para realizar suas atividades diárias, o que leva ao aumento do consumo de energia. Se as tendências atuais de consumo se mantiverem, a demanda global de energia dobrará até 2050 (SENKUS et al., 2021).

Por outro lado, a ciência e a prática demonstram que uma forte onda de inovação está crescendo no setor energético, resultando em uma mudança disruptiva na eficiência e na redução do custo na produção de energia limpa (SENKUS et al., 2021).

Em meio à evolução da tecnologia digital, a redução dos custos de energia renovável descentralizada e a operação de recursos energéticos distribuídos (REDs) mudaram o papel dos consumidores no mercado de energia elétrica (MARTINS; BRANCO; HALLACK, 2022). O paradigma do consumidor como participante passivo foi substituído pelo conceito de *prosumer* (ou prosumidor, no neologismo em português), que é um consumidor participativo na produção descentralizada (MARTINS; BRANCO; HALLACK, 2022).

O consumo de energia residencial está mudando à medida que surgem novas tecnologias e políticas visando a transição para a energia limpa (KIM; PARK, 2021). Entre as tecnologias que exploram fontes renováveis, a solar fotovoltaica, juntamente com a energia eólica, é a mais importante desde o início deste século (PINHEIRO et al., 2020). Destaca-se o aumento do interesse dos consumidores, apoiados pelo conceito de geração distribuída, ao investirem em tecnologia solar fotovoltaica, tornando o uso dessa fonte de energia um mercado promissor (PINHEIRO et al., 2020).

Essas mudanças exigem ajustes nos mercados de energia elétrica (MARTINS; BRANCO; HALLACK, 2022). Os órgãos reguladores precisam entender a realidade de cada local à luz dessas novas tecnologias e, consequentemente, traçar estratégias para adaptar modelos de negócios, políticas públicas e instrumentos regulatórios, para promover soluções para um novo equilíbrio nesse mercado em mudança (MARTINS; BRANCO; HALLACK, 2022).

Para Jacobsson e Bergek (2004), o sucesso de uma nova tecnologia na transformação do sistema energético não é determinado apenas por suas características tecnológicas, mas também leva em conta o sistema social que desenvolve, difunde, implementa ou rejeita novas tecnologias. Por várias razões, portanto, o sistema de energia precisa ser transformado em um sistema sustentável, tanto em termos de oferta quanto de demanda (BERGEK; HEKKERT; JACOBSSON, 2008). Para esses autores, essa transformação provavelmente envolverá tecnologias que utilizam fontes de energia renováveis, o que, necessariamente, envolve um processo de desenvolvimento e difusão “demorado (várias décadas), incerto (em

termos de mercado, tecnologia e política) e doloroso (muitos obstáculos e falhas)" (BERGEK; HEKKERT; JACOBSSON, 2008, p. 79, tradução nossa). Esse processo de desenvolvimento e difusão de uma nova tecnologia específica se reflete na formação e evolução dos sistemas de inovação tecnológica (SIT) (BERGEK; HEKKERT; JACOBSSON, 2008).

Nesse contexto, esta pesquisa busca caracterizar a literatura relacionada ao Sistema de Inovação Tecnológica da geração distribuída fotovoltaica. A pesquisa se justifica pelo crescente interesse na transição energética e pelos temas geração distribuída (GD) e energia fotovoltaica (FV), e a necessidade de se obter uma base consistente de material para análise.

SISTEMA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE FONTE SOLAR

Um sistema é definido geralmente como uma configuração de componentes conectados que, juntos, constituem uma rede de relacionamentos (BERGEK; HEKKERT; JACOBSSON, 2008). A perspectiva de "funções" de um sistema de inovação tecnológica busca compreender as contribuições, positivas ou negativas, de um ou mais de seus constituintes para o objetivo principal do sistema, que é desenvolver, disseminar e implementar inovações em um determinado campo da tecnologia (BERGEK, 2002).

Para Hekkert *et al*. (2007), o processo, conjunto e interativo, de desenvolvimento de tecnologia em interação com o sistema em que está inserida, chama-se de processo de inovação. A inovação é um determinante fundamental para o crescimento econômico e o desenvolvimento a longo prazo, o que justifica a preocupação em acelerar o desenvolvimento desses processos (HEKKERT et al., 2007).

Além da perspectiva de gerar eletricidade e mitigar as emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) e suas consequências socioeconômicas, quando realizada em regiões de baixa intensidade de carbono, a adoção das tecnologias que aplicam energia solar fotovoltaica apresenta potencial para mitigar problemas associados à segurança energética (PINHEIRO et al., 2020).

O custo médio da geração de energia solar fotovoltaica caiu 80% nos últimos 13 anos, graças aos avanços em ciência e tecnologia, e o futuro aponta para um custo gradualmente

menor, tendo ainda como vantagem o fato de não estar exposto à volatilidade que caracteriza os custos das fontes hídricas e a gás (D'AMBROSIO; LOSASSO; TERSIGNI, 2021).

Nesse contexto, para que haja uma transição energética adequada, é essencial que, além da remoção de eventuais barreiras regulatórias injustificadas, também sejam avaliados os efeitos econômicos das novas tecnologias para a sustentabilidade financeira do setor e a equidade social de acesso à rede (MARTINS; BRANCO; HALLACK, 2022).

METODOLOGIA

Para a seleção do portfólio bibliográfico esta pesquisa adotou, como metodologia, o Mapeamento Sistemático da Literatura, mediante a abordagem conhecida como *snowball sampling* (ou bola de neve), que propõe o "uso da lista de referências de um artigo ou das citações do artigo para identificar artigos adicionais" (WOHLIN, 2014).

A metodologia de seleção do referencial bibliográfico consiste em uma série de procedimentos sequenciais que se iniciam com a definição do mecanismo de busca dos artigos científicos nas bases escolhidas, seguindo por procedimentos de filtragem até a seleção e análise dos resultados obtidos e que irão compor o portfólio bibliográfico relevante sobre o tema. O processo de levantamento bibliométrico foi estabelecido em 10 etapas, apresentadas a seguir.

Na etapa 1 foram definidos o problema, a pergunta e os objetivos da pesquisa. A seguir, na etapa 2, foram estabelecidos eixos temáticos e a partir deles foram escolhidas palavras-chave e elaborou-se uma *string* de busca preliminar, o que constituiu a etapa 3, para utilização no processo de busca de artigos científicos, utilizando-se aqui da ferramenta Google Acadêmico para o teste de aderência das palavras (etapa 4). Posteriormente, na etapa 5, foi elaborada uma nova *string*, mais ampla e aplicada às bases selecionadas (Web of Science e Scopus). Os resultados obtidos em cada base de dados (ou seja, o banco inicial de artigos) foi exportado para o *software* de gerenciamento bibliográfico Zotero e a organização dos dados foi realizada em planilha Excel, para facilitar a manipulação das informações. Já a etapa 6 consistiu na filtragem dos artigos, iniciando-se com a exclusão de documentos repetidos, algo que pode ocorrer pelo fato de a busca ter sido feita em duas bases de dados. Na sequência foi realizada a leitura flutuante dos artigos disponíveis e o *download* das

seguintes partes: títulos, resumos, palavras-chave e conclusões ou resultados aderentes ao tema da pesquisa. O resultado deste processo de filtragem foi o portfólio bibliográfico mais relevante, ou seminal.

Visando ampliar o portfólio de artigos, foi utilizada a técnica de *snowball sampling* (bola de neve), que consistiu em iterações para trás (com o levantamento de todo o referencial destes documentos até aqui selecionados) e para frente (com o levantamento, via ferramenta de busca Google Acadêmico, de pesquisas que se utilizaram dos artigos selecionados em estudos mais recentes, ou seja, as citações desta base de artigos (etapa 7). A seguir, na etapa 8, aplicou-se um filtro temporal, buscando-se artigos publicados nos últimos seis anos, e os demais filtros já definidos: disponibilidade integral do documento, exclusão de duplicados, leitura flutuante e identificação da aderência ao tema. Obteve-se, assim, um novo portfólio bola de neve, que, somado ao portfólio inicial, constituiu-se no *corpus* dinâmico da pesquisa.

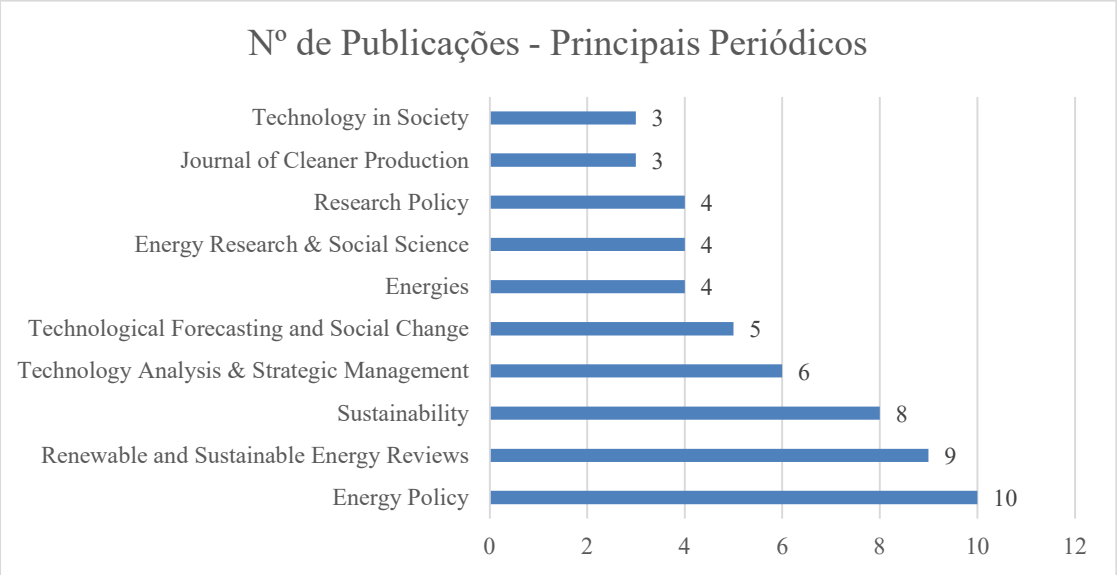
A etapa 9 consistiu o levantamento a partir dos artigos selecionados de todo o referencial bibliográfico utilizado (com exceção de dissertações e teses), com o qual, mediante tabulação de dados, foi possível identificar os autores mais frequentes – considerados, portanto, autores basilares. Os artigos produzidos pelos autores de base mais citados na base do *corpus* dinâmico foram separados e organizados, com os documentos mais relevantes compondo o *corpus* estático (etapa 10 do processo). O conjunto final dos documentos, resultado do levantamento bibliométrico, passou a compor o portfólio bibliográfico do tema de pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a análise dos dados dos artigos selecionados buscou-se avaliá-los quanto à relevância dos periódicos em que foram publicados, quanto ao reconhecimento científico e relevância dos autores, tendências tecnológicas, setores da sociedade mais representativos e, por fim, quanto às aplicações do modelo de abordagem funcional de sistemas de inovação tecnológica. Os 85 artigos foram publicados em 33 periódicos distintos, o que demonstra o interesse nesta área de pesquisa. São considerados periódicos de relevância para a pesquisa

aqueles que publicaram o maior número de artigos do portfólio bibliográfico, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Periódicos em que foram publicados os artigos



Fonte: Autoria própria (2023).

Destacam-se, pela frequência, dez principais periódicos, com no mínimo três publicações cada e que juntos representam 66% das publicações. Os principais periódicos estão destacados na Tabela 1, com suas relevâncias mensuradas a partir de seu *score*, obtido em 2022, nos indicadores Impact Fator e Cite Score, em que se destacam os seguintes Periódicos: Technological Forecasting and Social Change, Journal of Cleaner Production e Renewable and Sustainable Energy Reviews.

Tabela 1 – Relevância dos periódicos

Periódico	Impact Fator (WoS)	Cite Score (Scopus)	Média
Energies	3,2	5,5	4,4
Sustainability	3,9	5,8	4,9
Technology Analysis & Strategic Management	3,4	7,1	5,3
Energy Research & Social Science	6,7	11,9	9,3
Technology in Society	9,2	11,2	10,2
Research Policy	7,2	15,1	11,2
Energy Policy	9,0	15,2	12,1

Technological Forecasting and Social Change	12,0	17,2	14,6
Journal of Cleaner Production	11,1	18,5	14,8
Renewable and Sustainable Energy Reviews	15,9	26,3	21,1

Fonte: Autoria própria (2023).

Os autores mais relevantes do portfólio bibliográfico incluem, além dos autores da abordagem funcional, outros sete autores considerados basilares ao se estudar o tema sistemas de inovação tecnológicos, conforme o resumo do Quadro 1.

Quadro 1 – Autores basilares

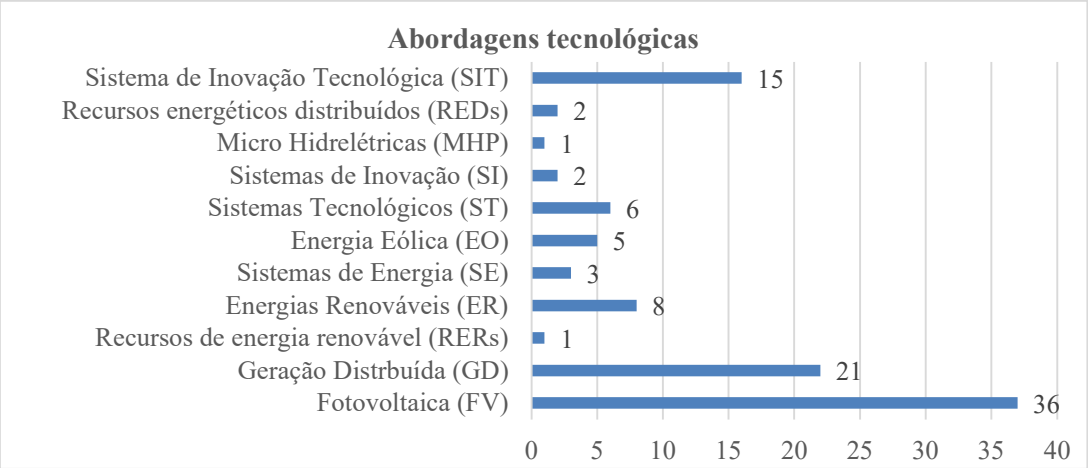
Autor	Área de Pesquisa	Instituição	País
Anna Bergek	Política de Sistemas e Tecnologia de Inovação	Universidade de Tecnologia de Chalmers	Suécia
Staffan Jacobsson	Ciência dos materiais	Universidade Uppsala	Suécia
Bo Carlsson	Escola de Administração	Universidade Western Reserve	EUA
Frank W. Geels	Sistemas de inovação	Universidade de Manchester	Inglaterra
Jochen Markard	Inovação no Setor de Serviços Públicos	Instituto Federal de Ciência e Tecnologia	Suíça
Marko P. Hekkert	Dinâmica de Sistemas de Inovação	Universidade Utrecht	Holanda
Tobias S. Schmidt	Política de Energia e Tecnologia	Instituto de Ciência, Tecnologia e Política	Suíça
Roald A. A. Suurs	Inovação e Ciências Ambientais	Universidade Utrecht	Holanda
Bengt-Åke Lundvall	Negócios e Gestão	Universidade de Aalborg	Dinamarca
Joern Huenteler	Administração, Tecnologia e Economia	Escola Politécnica	Suíça

Fonte: Autoria própria (2023).

Esses autores (10 no total) são pesquisadores e/ou professores dedicados às áreas de inovação e tecnologia sob os aspectos das disciplinas de engenharia e de administração de empresas. À exceção de Bo Carlsson, todos eles são nascidos e publicam seus trabalhos na Europa (Suécia, Suíça, Holanda, Dinamarca, Holanda e Inglaterra).

As inovações tecnológicas são tratadas no portfólio sob diferentes conceitos, elencados na Figura 2.

Figura 2 – Inovação tecnológica

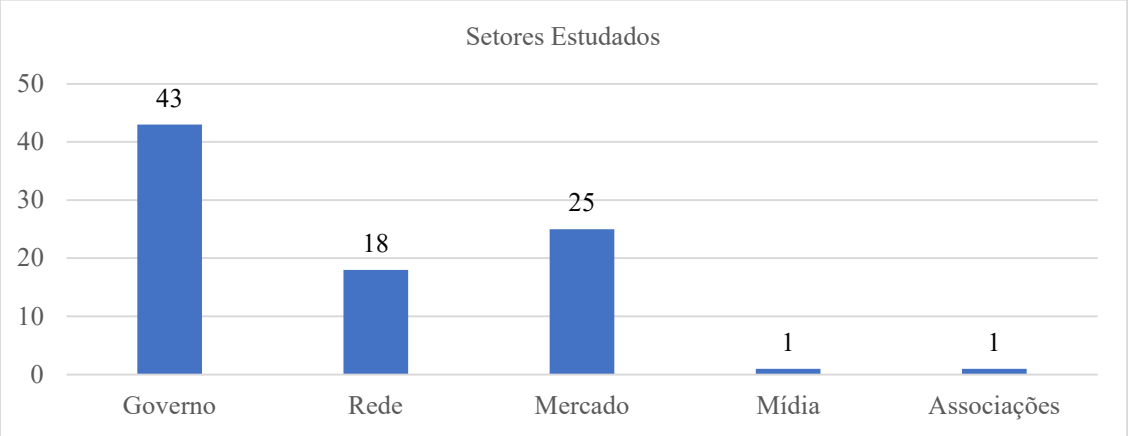


Fonte: Autoria própria (2023).

Além do modelo baseado em sistemas de inovação tecnológica (SIT), presente em 18% do referencial teórico, outros termos se destacam, apresentando tendências para abordagens de inovações tecnológicas relacionadas à geração distribuída (GD) ou energia fotovoltaica (FV), os quais estão explícitos em 25% e 42% dos artigos, respectivamente. Os demais termos ou conceitos referem-se a outras fontes de energia (por exemplo, energia eólica e hídrica) e a grupos de inovações tecnológicas, como recursos energéticos renováveis (RERs) e recursos energéticos distribuídos (REDs), que surgiram a partir da evolução do uso das energias renováveis, ligadas principalmente à GD, de fontes solar e eólica.

A partir da leitura de título, palavras-chave, resumo e introdução dos artigos que compõem o portfólio, procurou-se identificar quais os setores da sociedade estão colocados no centro desses estudos. O resultado está na Figura 3.

Figura 3 – Frequência por setores da sociedade



Fonte: Autoria própria (2023).

O destaque desta análise aponta para o poder institucional dos governos como o principal setor, ou ator, quando se trata de avaliar, propor e implementar ações para o desenvolvimento tecnológico. Os artigos focados especificamente no modelo de abordagem funcional do SIT não focam em algum setor, mas apontam para a totalidade dos atores, ou para a rede de atores, ou seja, para empreendedores, formuladores de políticas, mercados e outras partes interessadas e que compõem um sistema de inovação tecnológica.

O segundo setor mais frequentemente citado nos artigos do portfólio são os mercados. O objetivo de estudo de 28% dos artigos é responder a alguma demanda mercadológica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A amostra de artigos que constitui o portfólio bibliográfico foi analisada para investigação de sua confiabilidade. Para isso, foi verificado se os artigos haviam sido publicados em periódicos de relevância, qual seu nível de citação e a credibilidade de seus autores, verificando-se, ainda, as suas principais aplicações. Assim, conclui-se que o problema proposto pela pesquisa foi integralmente respondido, com a identificação de autores e periódicos fundamentais que servirão de base científica confiável para o desenvolvimento de pesquisas futuras que envolvam o modelo de avaliação funcional relativo a sistemas de inovação tecnológica, energia solar e geração distribuída.

REFERÊNCIAS

BERGEK, Anna. *Shaping and Exploiting Technological Opportunities*: The Case of Renewable Energy Technology in Sweden. 2002. Tese (Doutorado em Tecnologia) – Department of Industrial Dynamics, Chalmers University of Technology, Göteborg, 2002.

BERGEK, Anna; HEKKERT, Marko; JACOBSSON, Staffan. Functions in innovation systems: A framework for analysing energy system dynamics and identifying goals for system-building activities by entrepreneurs and policy makers. *In*: FOXON, Timothy J.; KÖHLER, Jonathan; OUGHTON, Christine (ed.). *Innovations for a Low Carbon Economy*: Economic, Institutional and Management Approaches. Cheltenham: Edward Elgar, 2008. p. 79-111.

HEKKERT, Marko P. *et al*. Functions of innovation systems: a new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, [*s. l.*], v. 74, n. 4, p. 413-432, maio 2007. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002.

D'AMBROSIO, V.; LOSASSO, M.; TERSIGNI, E. Towards the Energy Transition of the Building Stock with BIPV: Innovations, Gaps and Potential Steps for a Widespread Use of Multifunctional PV Components in the Building Envelope. **Sustainability**, v. 13, n. 22, p. 12609, 15 nov. 2021.

JACOBSSON, Staffan; BERGEK, Anna. Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in renewable energy technology. *Industrial and Corporate Change*, [*s. l.*], v. 13, n. 5, p. 815-849, 2004.

KIM, Minkyu; PARK, Chankook. Academic Topics Related to Household Energy Consumption Using the Future Sign Detection Technique. *Energies*, [*s. l.*], v. 14, n. 24, 8446, 14 dez. 2021.

MARTINS, Vanderlei Affonso; BRANCO, David Alves Castelo; HALLACK, Michelle Carvalho Metanias. Economic Effects of Micro- and Mini-Distributed Photovoltaic Generation for the Brazilian Distribution System. *Energies*, [*s. l.*], v. 15, n. 3, 737, 20 jan. 2022.

PINHEIRO, Hélio Henrique Cunha *et al*. Photovoltaic Solar Systems in Multi-Headquarter Institutions: A Technical Implementation in Northeastern Brazil. *Energies*, [*s. l.*], v. 13, n. 10, 2659, 25 maio 2020.

SENKUS, Piotr *et al*. The Potential of Ecological Distributed Energy Generation Systems, Situation, and Perspective for Poland. *Energies*, [*s. l.*], v. 14, n. 23, 7966, 29 nov. 2021.

WOHLIN, Claes. Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. *In*: Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering. *Anais* […]. London: EASE '14, 2014.

ANÁLISE DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ENERGIA DE VIBRAÇÃO CARACTERIZANDO UM PROVÁVEL COMPORTAMENTO CAÓTICO: ESTUDO DE CASO EM UM TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

Luiz Felipe Cassimano dos SANTOS[1], Kamily Fulber BASSEIO[1], Luiza Morsche ROMANI[1], Marlon ABATI[1], Vinícius Franzen RAMILO[1], Douglas da Costa FERREIRA[1]

[1]Departamento Acadêmico de Engenharias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: luizfelipesantos@alunos.utfpr.edu.br, kamilyfulber@alunos.utfpr.edu.br, luizamorsche@alunos.utfpr.edu.br, marlonabati@alunos.utfpr.edu.br, viniciusramilo@alunos.utfpr.edu.br, douglasferreira@utfpr.edu.br

Resumo: *A captação de energia é um campo de estudo que se desenvolveu nos últimos 15 anos na busca de uma alternativa sustentável para produção de energia elétrica. Desde pequenos gradientes de temperatura, movimento do corpo humano, movimento de pequenas massas de ar, radiofrequência e vibração, o estudo de sistemas de captação de energia é vasto. Especificamente sobre energia de vibração, os estudos realizados, em sua maioria, abordam os possíveis aumentos de eficiência. Dentre esses trabalhos de pesquisa, destacam-se aqueles relativos à manutenção do comportamento na região de ressonância. Esse trabalho de pesquisa irá estudar o comportamento de sistemas de captação de energia de vibração, em um experimento captando energia de vibração de um ônibus em movimento. O objetivo é verificar o possível comportamento caótico do sistema, para em trabalhos futuros realizar a manutenção desse comportamento com o intuito de aumentar a eficiência do sistema.*

Palavras-chave: *Sistema de Captação de Energia; Vibração; Comportamento caótico*

INTRODUÇÃO

Emissões de gases de efeito estufa e os impactos ambientais das fontes de energia não-renováveis pelo aumento da demanda energética mundial tem levado à busca por fontes de energia limpa e renovável (GURUACHARYA; HOSSAIN, 2018). Nesse contexto, as pastilhas piezelétricas surgem como uma alternativa de geração de energia renovável, uma vez que

são capazes de converter a energia mecânica em eletricidade (PRADEESH et al., 2020). A energia piezelétrica é uma das formas de aproveitamento de fontes de energia não convencionais que podem ser utilizadas para a geração de energia elétrica (HARB, 2011). As pastilhas piezoelétricas são dispositivos que podem ser aplicados em diversos contextos, tais como na captação de energia de vibrações, ondas do mar, fluxo de ar e até mesmo na respiração humana (WEI; JING, 2017).

A utilização de pastilhas piezoelétricas na geração de energia elétrica é uma forma promissora de produzir energia limpa e renovável de forma sustentável, visto que sua instalação e manutenção são simples, sem necessidade de grandes obras de infraestrutura (LIANG; LIAO, 2011). Além disso, a energia piezoelétrica pode ser uma opção para regiões remotas que não possuem acesso à rede elétrica convencional. A captação de energia elétrica por meio de vibrações é um tema de grande relevância e interesse no campo da geração de energia renovável (SODANO; INMAN, 2004).

Em particular, a captação de energia por vibração de um ônibus tem sido objeto de estudos recentes, já que os veículos de transporte público urbano podem gerar vibrações significativas em seu funcionamento diário (ABDELKAREEM et al., 2018). Diversos autores têm explorado essa possibilidade e proposto diferentes soluções para a captação de energia elétrica a partir das vibrações geradas pelos ônibus, como sistemas de captação de energia por vibração a partir da suspensão de um ônibus ou pela absorção de impactos nos eixos (ALI et al., 2021; DUONG; CHUN, 2020; PRADEESH et al., 2020).

Os trabalhos sobre melhorar a eficiência dos sistemas de captação de energia de vibração, em geral, exploram o efeito da ressonância, como realizar projetos de elementos com vários modos de vibração (LIU; QIAN; LEE, 2013) e estudos estatísticos para projetar o sistema de forma que fique a maior parte do tempo em ressonância (MCINNES; GORMAN; CARTMELL, 2008). Também existem diversos trabalhos com sistemas híbridos, ou seja, que captam energia da vibração e de outras fontes ao mesmo tempo, por exemplo unindo a vibração e o efeito eletromagnético do corpo se movimentando pelo efeito da vibração (IQBAL; KHAN, 2018; OWENS; MANN, 2012; WANG et al., 2007) e captação de energia de vibração, solar e térmica (GAMBIER et al., 2012).

Dentre os diversos estudos para aumentar a eficiência dos sistemas de captação de energia de vibração, o foco desse trabalho é no comportamento caótico desses sistemas. Já existem estudos buscando maximizar a captação de energia utilizando o comportamento caótico de sistemas vibratórios (HENRIQUE; COSTA; SILVA, 2013; HENRIQUE CERQUEIRA COSTA BASQUEROTTO; FÁBIO ROBERTO CHAVARETTE; SAMUEL DA SILVA, [s.d.]), mas a maior parte dos trabalhos está concentrada no controle do caos (KUMAR; GUPTA; ALI, 2019; TAN et al., 2021; TELLES RIBEIRO et al., 2022), sendo que o estudo proposto não é controlar o caos, mas sim fazer uso da energia disponível no caos para aumentar a conversão da energia mecânica em energia elétrica.

Pequenas alterações nas condições iniciais resultam em efeitos significativos do comportamento dos sistemas caóticos (KUMAR; GUPTA; ALI, 2019; TAN et al., 2021; TELLES RIBEIRO et al., 2022).

Os sistemas caóticos são não-lineares e podem ser caracterizados pela presença de atratores estranhos (KUMAR; GUPTA; ALI, 2019) que foram inicialmente observados por Lorenz (DOROSHIN, 2011; SPROTT, 2014) e mensurados em um sistema dinâmico não-linear por meio dos Expoentes de Lyapunov (DANCA; KUZNETSOV, 2018).

Em 1963 o pesquisador Edward Norton Lorenz publicou seu trabalho intitulado "*Deterministic nonperiodic flow*", estabelecendo o conceito do caos, muito conhecido pelos leigos no assunto como "Efeito Borboleta" o qual até já foi tema de filmes de Hollywood. O que é pouco conhecido é que muito antes dele, em 1893, o estudioso Russo Aleksandr Mikhailovich Lyapunov publicou o trabalho chamado "*On the form of a curve that satisfies a certain condition*" e introduziu o conceito de estabilidade de sistemas dinâmicos não-lineares por meio dos expoentes de Lyapunov, sendo que Lorentz estabeleceu o conceito de sistemas caóticos utilizando os expoentes de Lyapunov para determinar que um sistema dinâmico não-linear, com pelo menos três dimensões de estado, pode ser considerado caótico se os expoentes de Lyapunov forem positivos. Apesar da significativa contribuição de Lyapunov para mensurar o caos e de Lorenz para estabelecer os conceitos dos sistemas caóticos, foi somente em 1985 que o estudioso Alan Wolf desenvolveu um algoritmo para determinar os expoentes de Lyapunov em seu trabalho "*Determining Lyapunov exponents*

from a time series", que é a base do estudo de sistemas dinâmicos caóticos até os dias de hoje (FIEDLER-FERRARA; PRADO, 1994).

Este trabalho tem por objetivo estudar como um sistema que capta energia de vibração se comporta em relação à vibração que é gerada no sistema dinâmico, de modo a verificar se há coincidência entre os picos de energia captada e os picos de vibração e, assim, investigar a provável existência de um comportamento caótico nesse sistema, isto é, onde o comportamento dinâmico desse sistema não pode ser explicado pelas condições iniciais.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido com a utilização de pastilhas piezoelétricas de 20 mm de diâmetro com tensão máxima de 30 volts e terminações positivas e negativas soldadas na pastilha, conforme mostra a figura 01

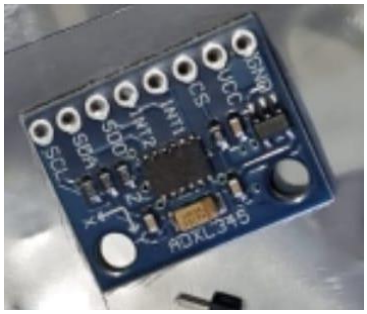
Figura 1 – Pastilha piezoelétrica de 20 mm com terminações soldadas, utilizada no experimento

Fonte: Autoria própria (2023)

A medição das vibrações foi realizada por meio de um acelerômetro triaxial ADXL 345 que possui acuracidade de ±16g com resolução de 4 mg/LSB (LSB: *Least Significant Bit* – menor unidade de medida que pode ser lida pelo sensor) e capacidade de medição de inclinação de menos de 1º e com saída digital de 16 bits, conforme figura 02.

Foi utilizado um Arduino Mega 2560 com clock de 16 MHz, Regulador de 5V, regulador de 3,3V (150 mA), 4 portas seriais de hardware, 16 portas analógicas do conversor ADC (A0 até A15) e 12 portas PWM de 16 bits (D2 a D13). Para fazer a conexão entre os sensores e o Arduino foi utilizado um protoboard de 840 pinos e fios jumper que evitam a necessidade de soldagem.

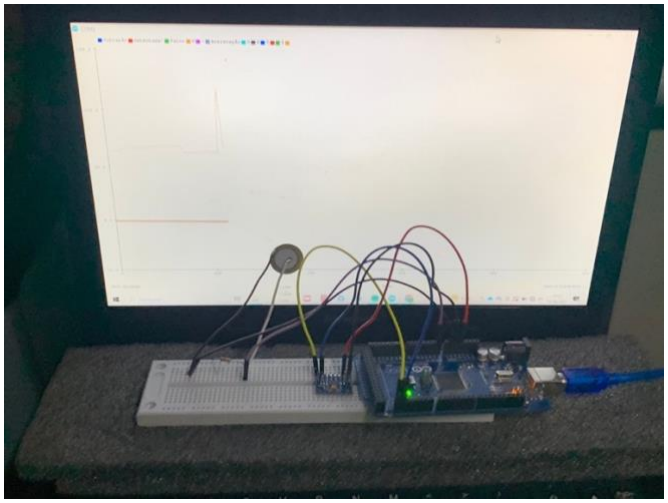
Figura 2 –Acelerômetro ADXL 345 utilizado no experimento



Fonte: Autoria própria (2023)

O pino de sinal da pastilha piezoelétrica foi conectado a um pino analógico do Arduino, enquanto o outro pino da pastilha foi aterrado (GND) no Arduino. Para reduzir o ruído na leitura do sinal e proteger o pino analógico do Arduino, um resistor de 10 kohms foi conectado em série com a pastilha piezoelétrica. O programa desenvolvido para o Arduino foi configurado para efetuar leituras a intervalos regulares de 0,001 segundos (1 milésimo de segundo). O conjunto foi montado em um aparato de espuma, junto a um notebook para gravar os resultados, que ficou no colo de um indivíduo ao se deslocar com um ônibus urbano, durante o trajeto da UTFPR até o centro da cidade de Francisco Beltrão/PR, conforme mostra a Figura 03.

Figura 3 – Aparato montado, que ficou no colo durante a coleta de dados



Fonte: Autoria própria (2023)

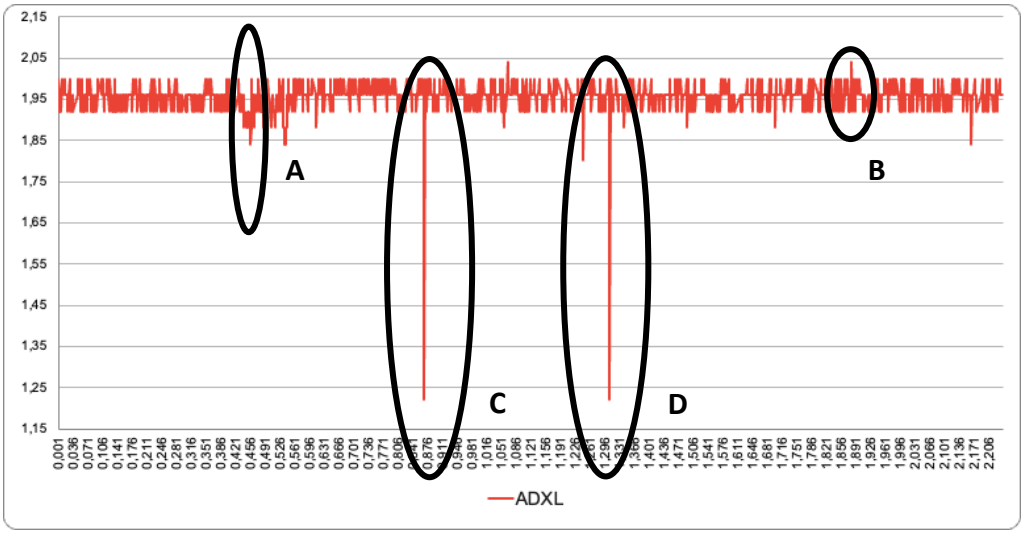
Os dados coletados foram utilizados para analisar a relação da vibração com a energia produzida pelas pastilhas ônibus, sendo possível gerar um gráfico de energia captada e variação da vibração ao longo do tempo do experimento. Neste experimento, o trajeto foi realizado em 20 min no total da rota do ônibus urbano, sendo selecionadas 2242 amostras de dados a serem discutidos nos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do trajeto que durou em torno de 20 minutos, foram realizadas cinco coletas de dados com duração entre 1,0 e 2,0 minutos cada uma delas. Dentre as coletas de dados, foram intencionalmente selecionadas 2242 amostras de dados, para que fosse possível observar o fenômeno a que se propõem esse estudo. Importante registrar que o fenômeno ocorreu em todas as cinco coletas de dados, mas foram intencionalmente selecionadas amostras onde o fenômeno ficou mais evidente.

O gráfico com os resultados mostrados na figura 04 são do acelerômetro ADXL 345. Os picos de vibração, onde estão indicados, como exemplo, os deslocamentos A e B podem indicar que a vibração do sistema entrou em ressonância com o aparato no qual está acoplado o acelerômetro ADXL 345. Os deslocamentos C e D podem indicar grandes solavancos ao qual o ônibus tenha sofrido.

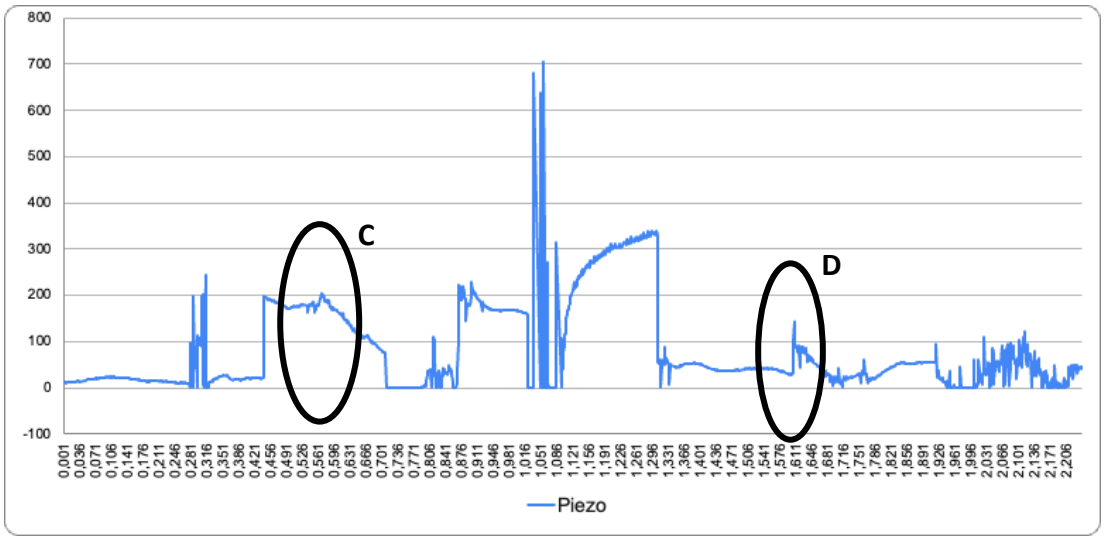
Figura 4 –Vibração com acelerômetro ADXL 345 e os picos de vibração



Fonte: Autoria própria (2023)

O gráfico da figura 05 mostra a captação de energia com a pastilha piezoelétrica para as mesmas amostras de dados intencionalmente selecionadas. Neste gráfico é possível observar os picos de captação de energia, como exemplificado pelos deslocamentos C e D.

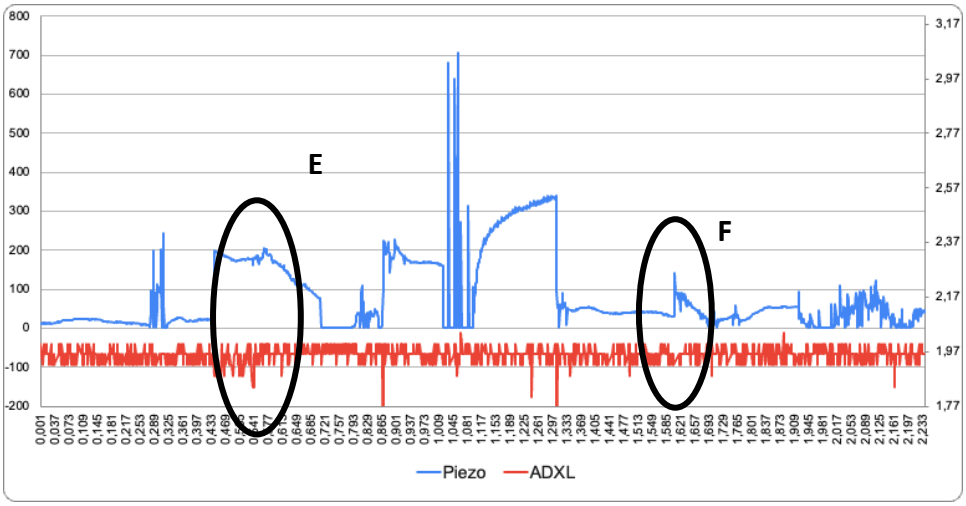
Figura 5 –Vibração com acelerômetro ADXL 345 e os picos de vibração



Fonte: Autoria própria (2023)

No entanto, como mostra a figura 06, os picos de vibração não são coincidentes com os picos de captação de energia, como exemplificado pelos pontos E e F. Sendo a existência de comportamento caótico, uma possível explicação para esse fenômeno.

Figura 6 – Captação de Energia da pastilha PZT x vibração com acelerômetro ADXL 345



Fonte: Autoria própria (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre a captação de energia de vibração com a vibração gerada por um ônibus em movimento, de tal forma a caracterizar picos de captação de energia que não podem ser explicadas somente com a ressonância do sistema ou por grandes deslocamentos que o ônibus possa ter sofrido. Dessa maneira definir um provável comportamento caótico do sistema.

Para caracterizar o comportamento caótico será preciso determinar os expoentes de Lyapunov com os dados experimentais, o que será a continuação dessa pesquisa. Em os expoentes de Lyapunov sendo positivos, então se confirma a hipótese de que os picos de energia captada são resultado do comportamento caótico do sistema dinâmico estudado.

Após essa confirmação, a próxima etapa da pesquisa será determinar um controlador utilizando o método de Desigualdades Matriciais Lineares (LMI – *Linear Matrix Inequalities*) de forma a maximizar a captação de energia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná por incentivar a pesquisa na graduação por meio do Programa de Iniciação Científica Voluntária (PIVIC). Agradecemos à Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação do Campus de Francisco Beltrão da UTFPR por disponibilizar os laboratórios de pesquisa e os instrumentos necessários para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABDELKAREEM, M. A. A. et al. Energy harvesting sensitivity analysis and assessment of the potential power and full car dynamics for different road modes. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 110, p. 307–332, 15 set. 2018.

ALI, A. et al. Design of novel energy-harvesting regenerative shock absorber using barrel cam follower mechanism to power the auxiliaries of a driverless electric bus. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, v. 48, 1 dez. 2021.

DANCA, M. F.; KUZNETSOV, N. Matlab Code for Lyapunov Exponents of Fractional-Order Systems. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, v. 28, n. 5, 1 maio 2018.

DOROSHIN, A. V. Modeling of chaotic motion of gyrostats in resistant environment on the base of dynamical systems with strange attractors. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, v. 16, n. 8, p. 3188–3202, ago. 2011.

DUONG, M. T.; CHUN, Y. DO. Optimal Design of a Novel Exterior Permanent Magnet Tubular Machine for Energy Harvesting from Vehicle Suspension System. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, v. 35, n. 4, p. 1772–1780, 1 dez. 2020.

GAMBIER, P. et al. Piezoelectric, solar and thermal energy harvesting for hybrid low-power generator systems with thin-film batteries. *Measurement Science and Technology*, v. 23, n. 1, 2012.

GURUACHARYA, S.; HOSSAIN, E. Self-Sustainability of Energy Harvesting Systems: Concept, Analysis, and Design. *IEEE Transactions on Green Communications and Networking*, v. 2, n. 1, p. 175–192, 1 mar. 2018.

HARB, A. Energy harvesting: State-of-the-art. *Renewable Energy*, v. 36, n. 10, p. 2641–2654, out. 2011.

HENRIQUE, C.; COSTA, C.; SILVA, S. Exploiting Nonlinearities and Chaos To Enhance Energy Harvesting System Using Piezoelectric Devices. *22nd International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2013)*, v. 1, n. Cobem, p. 449–457, 2013.

HENRIQUE CERQUEIRA COSTA BASQUEROTTO FÁBIO ROBERTO CHAVARETTE; SAMUEL DA SILVA, C. *EXPLOITING NONLINEARITIES AND CHAOS TO ENHANCE ENERGY HARVESTING SYSTEM USING PIEZOELECTRIC DEVICES*. [s.l: s.n.].

IQBAL, M.; KHAN, F. U. Hybrid vibration and wind energy harvesting using combined piezoelectric and electromagnetic conversion for bridge health monitoring applications. *Energy Conversion and Management*, v. 172, p. 611–618, 15 set. 2018.

KUMAR, R.; GUPTA, S.; ALI, S. F. Energy harvesting from chaos in base excited double pendulum. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 124, p. 49–64, 1 jun. 2019.

LIANG, J.; LIAO, W. H. Energy flow in piezoelectric energy harvesting systems. *Smart Materials and Structures*, v. 20, n. 1, jan. 2011.

LIU, H.; QIAN, Y.; LEE, C. A multi-frequency vibration-based MEMS electromagnetic energy harvesting device. *Sensors and Actuators, A: Physical*, v. 204, p. 37–43, 2013.

MCINNES, C. R.; GORMAN, D. G.; CARTMELL, M. P. Enhanced vibrational energy harvesting using nonlinear stochastic resonance. *Journal of Sound and Vibration*, v. 318, n. 4–5, p. 655–662, 23 dez. 2008.

OWENS, B. A. M.; MANN, B. P. Linear and nonlinear electromagnetic coupling models in vibration-based energy harvesting. *Journal of Sound and Vibration*, v. 331, n. 4, p. 922–937, 13 fev. 2012.

PRADEESH, E. L. et al. *Vibration Based Piezoelectric Energy Harvesting-A Review*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. *Anais*...IOP Publishing Ltd, 14 dez. 2020.

SODANO, H. A.; INMAN, D. J. *A Review of Power Harvesting from Vibration using Piezoelectric Materials*. [s.l: s.n.].

SPROTT, J. C. A dynamical system with a strange attractor and invariant tori. *Physics Letters, Section A: General, Atomic and Solid State Physics*, v. 378, n. 20, p. 1361–1363, 4 abr. 2014.

TAN, T. et al. Piezoelectric autoparametric vibration energy harvesting with chaos control feature. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 161, 1 dez. 2021.

TELLES RIBEIRO, J. G. et al. Controlling chaos for energy harvesting via digital extended time-delay feedback. *European Physical Journal: Special Topics*, v. 231, n. 8, p. 1485–1490, 1 jul. 2022.

WANG, P. H. et al. Design, fabrication and performance of a new vibration-based electromagnetic micro power generator. *Microelectronics Journal*, v. 38, n. 12, p. 1175–1180, dez. 2007.

WEI, C.; JING, X. *A comprehensive review on vibration energy harvesting: Modelling and realization. Renewable and Sustainable Energy Reviews Elsevier* Ltd, , 2017.