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).

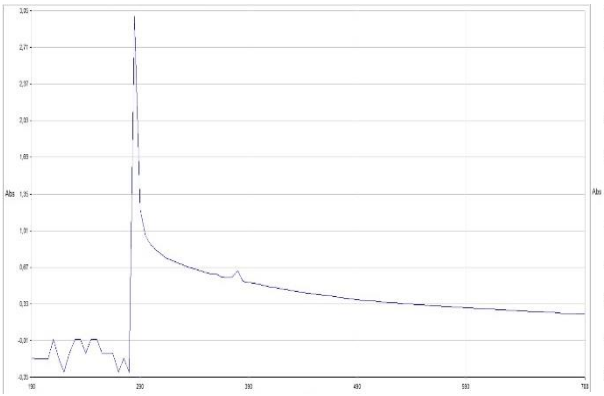
Em se tratando de padrão para lançamento de efluentes, a resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, não apresenta um limite de lançamento para turbidez, mas a avaliação desse parâmetro pode ser um indicativo de contaminação (BRASIL, 2011). A diminuição dos valores indica uma eficiência no tratamento 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.

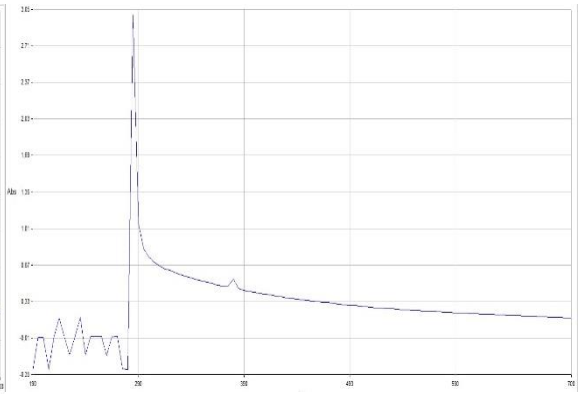
Nas Figuras 1 a 8 é possível observar os espectros de varreduras obtidos nas amostras analisadas. A partir destas observa-se que a cor aparente e verdadeira (Figuras 1 a 4), mesmo com o ajuste de pH conforme descreve o método, obtiveram curvas muito parecidas, apresentando um pico no comprimento de onda 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.



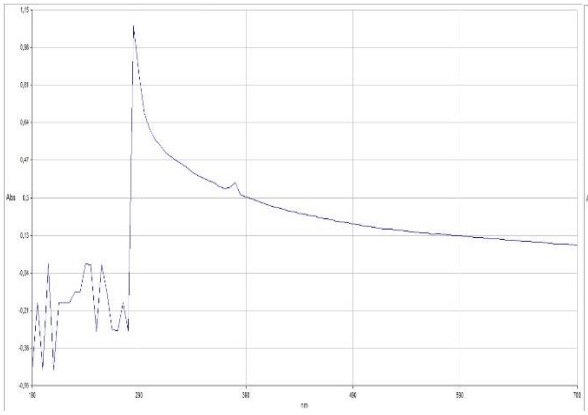
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 2 - pH 7.6 curva da cor aparente.



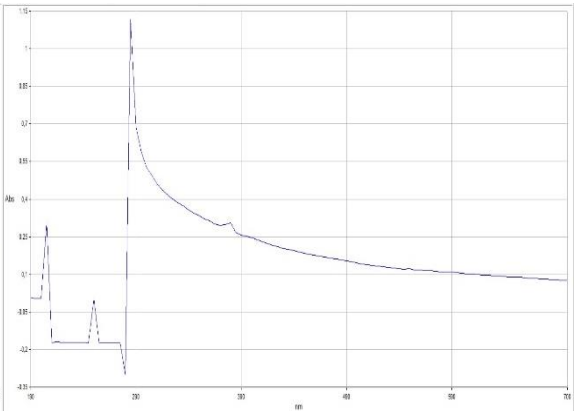
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 3 - pH 6.98 curva da cor verdadeira



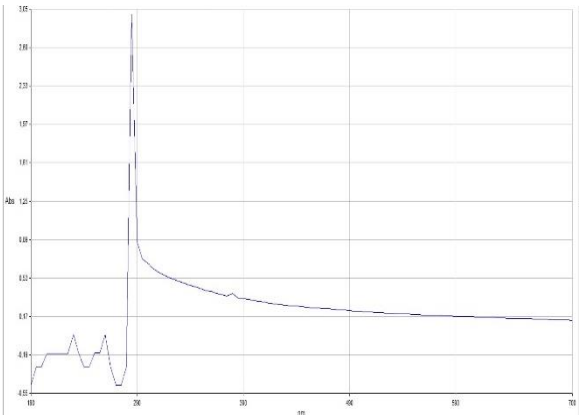
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 4 - pH 7.6 curva da cor verdadeira



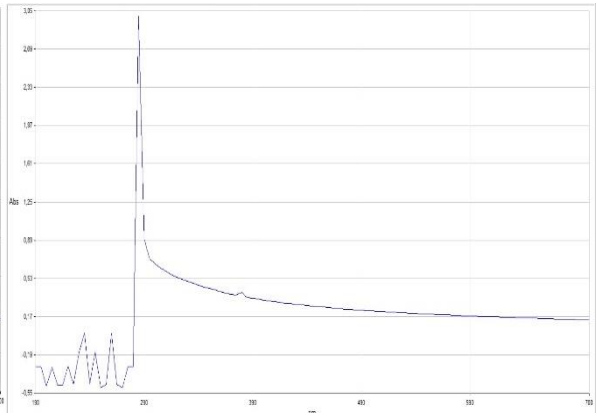
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 5 - pH 7.18 cor aparente esgoto tratado.



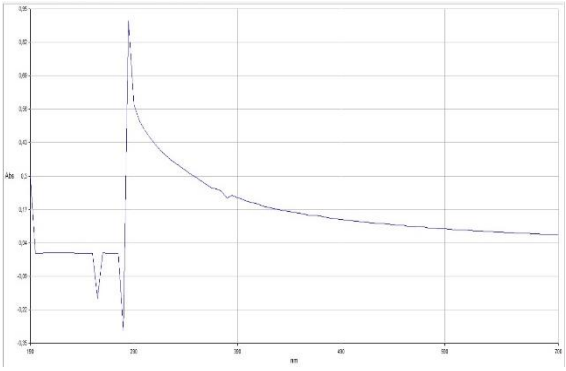
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 6 - pH 7.6 cor aparente esgoto tratado.



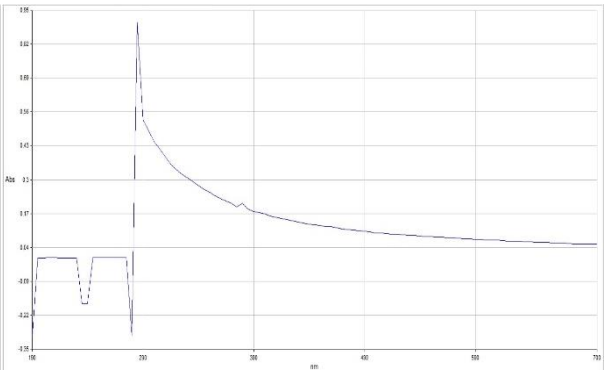
Fonte: Autoria própria (2023).

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.