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 110,63m^3 e volume máximo de 415,67m^3 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.

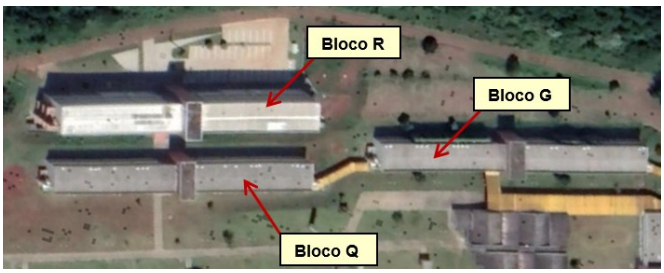
Fonte: Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, (2023).

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:

$$i\,(\frac{mm}{h}) = (K + Tr^{a})/(t+b)^{c} \quad (1)$$

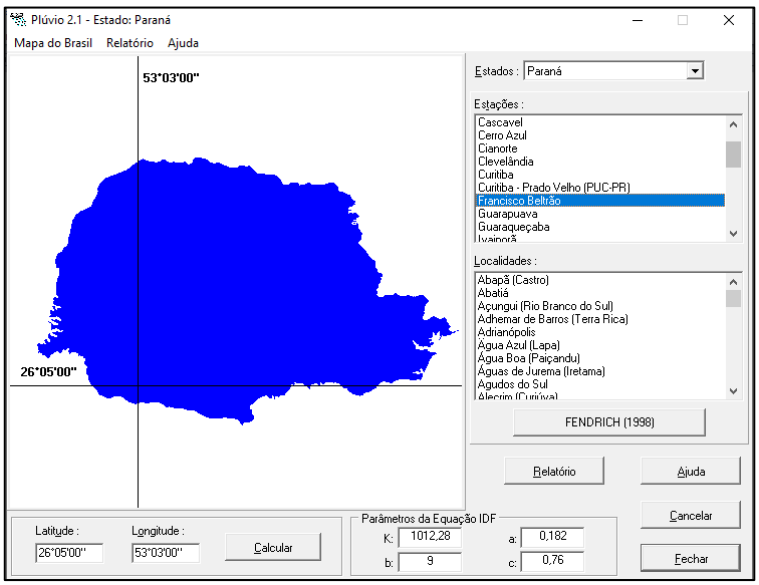
$$P\,(mm) = i * t/60 \quad (2)$$

$$V\,(m^{3}) = P * A \quad (3)$$

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.

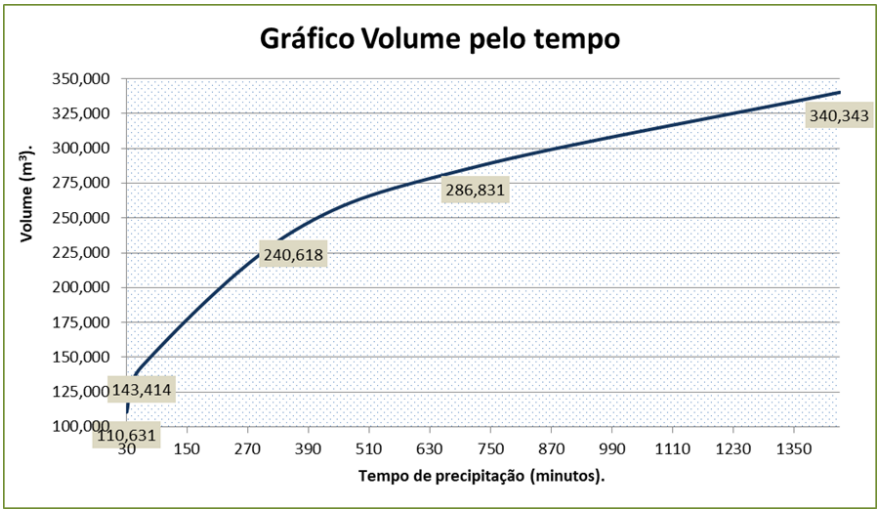
Tabela 3 – Resultados: Volume de água de acordo com a relação Tempo de referência (Tr) pelo tempo (t).

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.

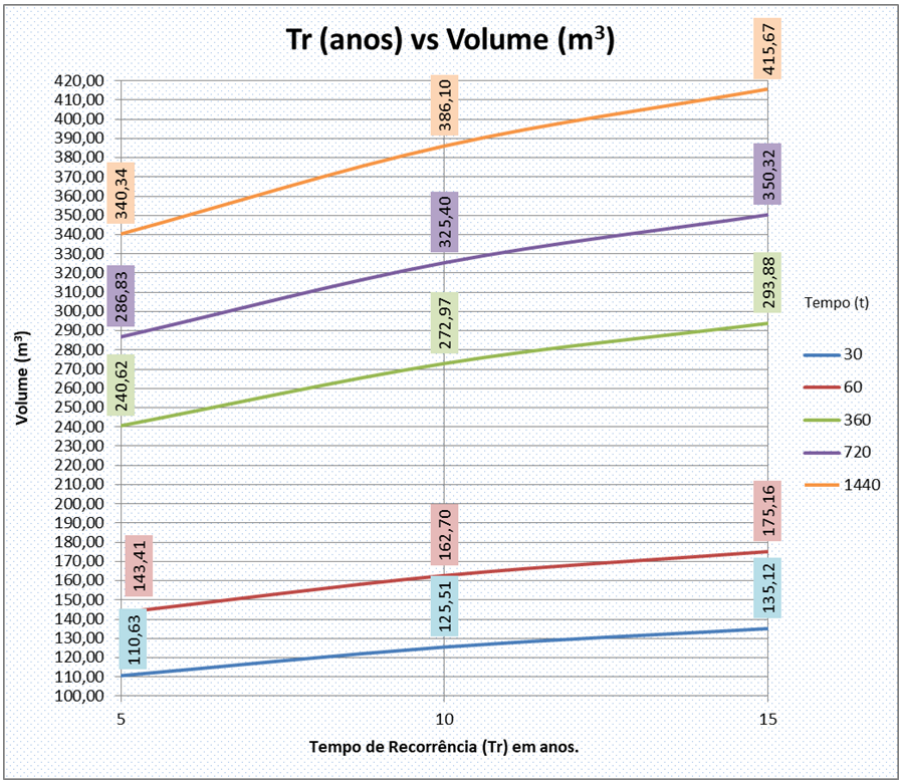
Figura 6 - Gráfico Volume pelo tempo.



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 Prof^{o}. Dr^{o}. 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.