

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
ENGENHARIA QUÍMICA**

ÉRICA FLÁVIA GONÇALVES PEDRUZZI LOPES

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA ESCOLA MUNICIPAL NA
ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE BAGÉ-RS**

**Bagé
2022**

ÉRICA FLÁVIA GONÇALVES PEDRUZZI LOPES

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA ESCOLA MUNICIPAL NA
ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE BAGÉ-RS**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado ao Curso de Engenharia
Química da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Química.

Orientadora: Prof^a Dr^a Tânia Regina de
Souza

**Bagé
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

G864a Gonçalves Pedruzzi Lopes, Erica Flavia
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA ESCOLA MUNICIPAL NA
ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE BAGÉ-RS / Erica Flavia Gonçalves
Pedruzzi Lopes.

48 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA QUÍMICA, 2022.

"Orientação: Tânia Regina de Souza".

1. Aproveitamento de água pluvial. 2. Economia de água. I.
Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

ÉERICA FLÁVIA GONÇALVES PEDRUZZI LOPES

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA ESCOLA MUNICIPAL NA ZONA RURAL
DO MUNICÍPIO DE BAGÉ-RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 08 de agosto de 2022.

Banca examinadora:

Profa. Dra. Tânia Regina de Souza
Orientadora
(UNIPAMPA)

Prof. Dr. Edson Abel dos Santos Chiamonte
(UNIPAMPA)

Prof. Dr. Luciano Vieceli Taveira
(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **TANIA REGINA DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/08/2022, às 15:05, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **EDSON ABEL DOS SANTOS CHIARAMONTE, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/08/2022, às 09:52, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LUCIANO VIECELI TAVEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/08/2022, às 12:58, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0892376** e o código CRC **35EFDE0A**.

Referência: Processo nº 23100.016182/2022-21 SEI nº 0892376

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por iluminar a minha mente nos momentos difíceis, pela força e coragem dada, por todas as lições ensinadas e por colocar em minha caminhada anjos, os quais estiveram em todos os momentos dessa jornada. A conclusão deste curso e deste trabalho contou com a ajuda de pessoas muito importantes, as quais agradeço:

A minha família abençoada, os quais compreenderam minhas diversas mudanças de humor, meus dias tristes, ausência e meus medos. E que a cada passo deste caminho vibraram com cada novo aprendizado e conquistas. Sendo de extrema importância, pois incentivaram-me e nunca deixaram que eu desistisse. A vocês meus amores, minha eterna gratidão e amor.

Ao meu avô e anjo seu Delmar, mesmo distante fisicamente, por proteger e iluminar meus passos lá do céu.

A minha filha amada Patrícia, simplesmente por existir, pois é tudo por ti e para ti. Minhas forças e coragem se renovam sempre quando olho para o teu rostinho.

Aos meus amigos pela compreensão do afastamento temporário, pelo carinho e conselhos. Vocês são incríveis. E, sem esquecer dos colegas que se tornaram amigos, presentes dados pela universidade. Em especial Thaís Peres, Alessandro Schneider, Lucas Leites, João Antônio Viana e Stefany Moreira. Os quais proporcionaram a esta jornada, a qual teve inúmeros momentos difíceis para mim, incontáveis momentos maravilhosos cheios de risadas, carinho e tranquilidade. Amigos que levarei comigo para a vida.

Não poderia deixar de agradecer especialmente a minha grande amiga Thaís Peres, a qual segurou minha mão em momentos difíceis e auxiliou para que me mantivesse em pé e superasse cada obstáculo encontrado ao longo do caminho. Com certeza, sem ti e minha família eu não chegaria até aqui e não teria conhecido outros grandes amigos. Um anjo te trouxe para minha vida, a ti minha amiga amada a minha eterna gratidão.

A minha querida orientadora, a Professora Doutora Tânia Regina de Souza, por ser muito além de uma excelente professora e sim uma verdadeira amiga. Sempre disposta a auxiliar seus alunos, transmitir da melhor forma todo o seu conhecimento e com palavras de carinho indicar a melhor direção a seguir e também por ser

incansável, atenciosa, amiga, incentivadora e por sempre acreditar em mim. Por todos os conselhos e por ser sem dúvida esse ser humano incrível.

Gostaria também de agradecer a esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior.

A todos o meu muito obrigada!

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

Albert Einstein

RESUMO

Água é um dos recursos naturais fundamentais para qualquer tipo de vida. E atualmente vivencia-se problemas com a escassez dessa em diversas partes do mundo, seja por consumo exagerado, poluição ou falta de chuvas. Por este motivo se faz necessário a busca por processos de reutilização de água ou captação das águas pluviais e reaproveitamento da mesma, em processos que não necessitem de água potável. Atualmente, este recurso hídrico é tratado como esgoto e é desperdiçado, porém apresenta enorme potencial para ser utilizado em escolas, residências, comércios e em outros locais para fins não potáveis, assim tornando-os locais sustentáveis, com a vantagem de economizar o consumo de água potável. Além deste meio de conservação de água ser um recurso acessível a todos, independentemente de classes sociais. Portanto, o presente trabalho tem por objetivo propor um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais com fins não potáveis para uma escola da rede municipal, localizada na zona rural do município de Bagé-RS. A escola recebe 5000L de água potável semanalmente, totalizando 20m³ mensais e o sistema proposto prevê uma redução de 25% do consumo de água potável, gerando uma economia de R\$29,95 mensais da tarifa de água do DAEB. A área do telhado onde será captada a água pluvial é de 362 m². Foi dimensionado pelo método da NBR 15527 o volume necessário da caixa d'água que irá armazenar água pluvial, chegando ao valor de 5 m³. Também foi utilizado o método da Aquasave, que mostrou a viabilidade da instalação desse sistema. Quanto ao tratamento da água armazenada é necessário a colocação de pastilhas de cloro, dentro de um flutuador, do mesmo tipo dos utilizados em piscinas, na caixa d'água e a substituição das pastilhas deve ocorrer a cada 15 dias. O valor de investimento do sistema proposto foi de R\$ 4760,00 e o tempo de retorno do investimento é de 159 meses, ou seja, aproximadamente 13 anos. A instalação do sistema é viável, mesmo considerando 13 anos para retorno do investimento uma vez que esse valor é pequeno se comparado com os 50 anos de previsão da durabilidade do sistema instalado. Outro fator que justifica a implantação do sistema é a possibilidade de utilizar água pluvial e economizar a água potável durante o período de estiagem que ocorre na cidade de Bagé.

Palavras-chave: Água pluvial. Estiagem. Bagé. Escolas. Escassez de água.

ABSTRACT

Water is one of the fundamental natural resources for any kind of life. And currently there are problems with the scarcity of this in several parts of the world, whether due to excessive consumption, pollution or lack of rain. For this reason, it is necessary to search for processes to reuse water or capture rainwater and reuse it, in processes that do not require drinking water. Currently, this water resource is treated as sewage and is wasted, but it has enormous potential to be used in schools, homes, shops and other places for non-potable purposes, thus making them sustainable places, with the advantage of saving the consumption of potable water. In addition, this way of saving water is a resource accessible to all, regardless of social class. Therefore, the present work aims to propose a system for capturing and using rainwater for non-potable purposes for a municipal school, located in the rural area of the city of Bagé - RS. The school receives 5000L of potable water weekly, totaling 20m³ per month and the proposed system provides for a 25% reduction in potable water consumption, generating savings of R\$29.95 per month in the DAEB water tariff. The roof area where rainwater will be collected is 362 m². The necessary volume of the water tank that will store rainwater was dimensioned by the method of NBR 15527, reaching the value of 5 m³. The Aquasave method was also used, which showed the feasibility of installing this system. As for the treatment of stored water, it is necessary to place chlorine tablets, inside a float, of the same type used in swimming pools, in the water tank and the replacement of the tablets must occur every 15 days. The investment value of the proposed system was R\$ 4760.00 and the payback period is 159 months, that is, approximately 13 years. The installation of the system is feasible, even considering 13 years for the return on investment, since this value is small compared to the 50-year forecast of the durability of the installed system. Another factor that justifies the implementation of the system is the possibility of using rainwater and saving drinking water during the dry season that occurs in the city of Bagé.

Keywords: Rainwater. Drought. Bagé. Schools. Wartershortage

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das barragens que abastecem a cidade de Bagé/RS	20
Figura 2 - Diagrama termopluiométrico para Bagé-RS.....	22
Figura 3 - Sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais	25
Figura 4 - Grades acopladas ao sistema de calhas	26
Figura 5 - Reservatórios de armazenamento de água I.	26
Figura 6 - Visualização dos três blocos da EMREF estudada.....	34
Figura 7 - Caixa d'água utilizada para armazenar água potável	35
Figura 8 - Arejadores acoplados as torneiras	36
Figura 9 - Calhas instaladas no telhado do Bloco 1	37
Figura 10 - Local de instalação das caixas d'água	39
Figura 11 - Esquema da instalação de aproveitamento de água pluvial	40
Figura 12 - Simulação da conta mensal de água da escola – Consumo de 20 m ³ ...	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados climatológicos dos últimos 5 anos, na cidade de Bagé – RS ..	21
Tabela 2 - Dados climatológicos dos últimos 30 anos, na cidade de Bagé – RS	22
Tabela 3 - Indicadores de qualidade de água pluvial para fins não potáveis	28
Tabela 4 - Dados pluviométricos x área do telhado, do método Aquasave	33
Tabela 5 - Custos da instalação do sistema proposto	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

DAEB – Departamento de Água, Arroios e Esgotos de Bagé

EMREF – Escola Municipal Rural de Ensino Fundamental

ETA – Estação de Tratamento de Água

GO – Goiás

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONG's – Organizações Não Governamentais

ONU – Organização das Nações Unidas

RS – Rio Grande do Sul

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância

UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 A água na natureza	17
3.2 Escassez de água em Bagé	19
3.3 Aproveitamento de água pluvial	24
3.3.1 Exemplos de casos de aproveitamento de água pluvial	29
4 METODOLOGIA	31
4.1 Caracterização do local de estudo e coleta de dados	31
4.2 Dimensionamento do sistema de coleta e aproveitamento de água pluvial	31
5 RESULTADOS	34
5.1 Quantidade de água potável que pode ser substituída por água pluvial	34
5.2 Sugestões para economia de água potável	36
5.2.1 Instalação de arejadores	36
5.2.2 Instalação de um sistema de captação de água pluvial	37
5.3 Custos para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial ...	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
7. REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Atualmente vivencia-se grandiosos problemas com a escassez de água, tornando-se uma preocupação mundial, pois essa move o mundo. O aumento progressivo da população, desperdícios, variações climáticas são alguns dos causadores desta insuficiência, deixando de atender assim as necessidades das pessoas. (GOLDENFUM, 2005).

Tal fato vem despertando cada vez mais questões sobre alternativas de conservação e preservação dos recursos hídricos, como, por exemplo, técnicas de captação e aproveitamento de águas pluviais, recurso valioso e com baixo custo para sua implementação, podendo tornar os locais sustentáveis e proporcionar reduções econômicas, com a economia do consumo de água potável. Porém este meio não é uma prática nova, mas sim utilizada ao longo dos tempos pela humanidade em várias partes do planeta, principalmente em locais onde ocorrem estiagem ou seca.

A cidade de Bagé é uma das cidades do Rio Grande do Sul que vem sofrendo com os períodos de forte estiagem. Segundo DAEB – Departamento de Água, Arrios e Esgotos de Bagé, em fevereiro deste ano de 2022 choveu apenas 29 milímetros, conforme os dados da Estação de Tratamento de Água (ETA) da cidade. Os últimos meses do ano também não apresentaram períodos regulares de precipitações, logo no mês de março a cidade está passando por um racionamento de 12 horas contínuas, sem distribuição de água potável, intercaladas com 12 horas de abastecimento. O objetivo é evitar o colapso no abastecimento, já que as barragens que abastecem a cidade apresentam níveis preocupantes. A Sanga Rasa com 4,30 m abaixo do normal. Já a barragem do Pirai está 3,40 m aquém da normalidade. A Emergencial, por sua vez, está 0,30 m abaixo do nível mínimo.

Porém, não são em todos os meses do ano que ocorrem o fenômeno da estiagem na cidade, mas em alguns períodos. Por este motivo, se faz necessário desenvolver estratégias para economia de água, como por exemplo, a captação de águas pluviais para que assim seja possível sua utilização nos meses em que a chuva é praticamente inexistente.

Diante do explanado, o presente trabalho tem por objetivo a elaboração de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, em uma escola, localizada na zona rural da cidade de Bagé. Essa escola é abastecida por cisterna, que recebe água potável por um caminhão pipa, em um período quinzenal. A água captada será

utilizada para limpeza da escola, para regar hortas e jardins, proporcionando desta maneira uma redução na utilização de água potável para fins não tão nobres.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo propor um sistema de captação de água pluvial com fins não potáveis para a Escola Municipal Rural de Ensino Fundamental, localizada na zona rural do município de Bagé-RS.

2.2 Objetivos Específicos

- Fazer a revisão da literatura sobre o tema abordado;
- Propor um sistema de captação de águas da chuva para fins não potáveis;
- Propor um tratamento eficaz, simples e econômico para esta água;
- Sugerir alterações no local estudado, visando a economia no consumo de água potável;
- Analisar a viabilidade econômica do projeto.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É muito importante a realização de uma fundamentação teórica para aquisição do conhecimento necessário para desenvolver o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de maneira eficiente. Para tanto, esse capítulo aborda assuntos básicos utilizados na escrita desse TCC, divididos nos seguintes subitens: a água na natureza, escassez de água em Bagé, aproveitamento de água pluvial e exemplos de casos de aproveitamento de água pluvial.

3.1 A água na natureza

O planeta Terra ou planeta água, como também podemos chamá-lo, é composto por aproximadamente 70% de água. Segundo a ANA -Agência Nacional de águas e Saneamento Básico (2021), 97,5% de toda água contida no planeta, correspondem a parte salgada disponível, as quais são inadequadas para o consumo humano e irrigações, sem prévio tratamento. Dos 2,5 % restantes, ou seja, a água doce, sabe-se que 69% localizam-se em geleiras e calotas polares em estado sólido permanecendo inacessível, cerca de 30% estão presentes em aquíferos subterrâneos, sobrando apenas 1% de água doce disponível e de fácil acesso. Braga *et al.* (2005) exemplifica que se toda a água do planeta correspondesse a 100 litros, a parcela de água doce utilizável seria correspondente a apenas 0,003 litros, ou seja, meia colher de chá.

Outro agravante é quanto a distribuição da água, que não está localizada de maneira uniforme ao redor do planeta, com apenas nove países possuindo 60% de toda água doce disponível no mundo, sendo eles: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, Estados Unidos, Índia, Colômbia e República Democrática do Congo. Essa má distribuição acarreta excesso de água em algumas regiões, como as florestas tropicais e falta de água em outras, como nas regiões desérticas. Alguns países já enfrentam problemas relacionados com a falta da água, como escassez de água ou seca crônica, entre eles destaca-se: Israel, Jordânia, Kuwait, Arábia Saudita, Tunísia, Catar, Argélia e Egito, que contém a maior região desértica do mundo, o deserto do Saara. (TUNDISI, 2003).

O Brasil é um país favorecido quando é considerada a quantidade de água doce disponível para consumo, sendo o país que apresenta a maior reserva desse tipo de água no planeta, ou seja, em termos percentuais o Brasil detém 12 % de toda a água doce mundial. Nesse montante está incluído o Rio Amazonas, que é considerado o maior rio do mundo, quando considerada a vazão de água. (BRANCO, 2021).

Vale a pena ressaltar que além disso o Brasil também possui duas grandes reservas de águas subterrâneas. A primeira delas é conhecida como, Aquífero Guarani, e destaca-se como o maior manancial de água doce transfronteiriça do mundo com uma área de 1,2 milhão de km², estendendo-se pelo Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina sendo essa reserva estimada em 112 mil km³ de água (SILVA, 2011). A segunda reserva de água subterrânea é o Aquífero Alter do Chão que é considerado o maior aquífero do planeta, sendo quatro vezes maior do que o Aquífero Guarani. Para se ter uma ideia da quantidade de água reservada no Aquífero Alter do Chão, o qual localiza-se na região Norte do Brasil mais precisamente em algumas partes dos estados do Amazonas, Pará e Amapá, estima-se que este, sozinho, seria capaz de abastecer o planeta inteiro por 250 anos. (SARAIVA, 2017).

Branco (2021) destaca que em países com grande extensão territorial, a má distribuição hídrica pode ocorrer dentro do país. Por exemplo, no Brasil a região sudeste, que é a mais populosa, com 41,6% de toda população, contém apenas 6% das reservas de água doce, enquanto a região norte, a menos populosa, contém 68% de toda a água doce do país e somente 8,6% da população.

Segundo o relatório divulgado pela UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância (2019), em todo o mundo 4,2 bilhões de pessoas não têm serviços de saneamento básico e cerca de 2,2 bilhões de pessoas não têm serviços de água tratada. O relatório também cita que 297 mil crianças menores de 5 anos morrem anualmente, devido à ingestão de água contaminada, falta de saneamento ou higiene inadequada.

Além da importância da água potável, destaca-se a importância do uso da água para higiene. Principalmente, durante a atual pandemia mundial, causada pelo vírus SARS-COV-2, doença infecciosa conhecida como COVID-19. Um dos cuidados para evitar ser contaminado por esse vírus é lavar a mão várias vezes ao dia, lavar utensílios e alimentos e manter as superfícies limpas e desinfetadas. Porém segundo a UNICEF (2019), 75% da população dos países menos desenvolvidos não possui instalações básicas de lavagem das mãos, seja por escassez de água ou falta de

saneamento básico. Nesses países a COVID-19 se alastrou mais rapidamente, ocasionando um número elevado de óbitos.

3.2 Escassez de água em Bagé

Atualmente, a escassez de água atinge 460 milhões de pessoas em todo o mundo, sendo mais acentuada em 29 países que já têm problemas com a falta d'água. Dezenas de milhões dessas pessoas vivem com menos de cinco litros de água por dia, sendo que a recomendação da OMS – Organização Mundial de Saúde é de 110 litros diários, para cada pessoa, para atender às necessidades de consumo e higiene. (BRANCO, 2021).

A escassez de água pode ocorrer devido à seca ou à estiagem. A estiagem é o fenômeno que ocorre num determinado intervalo de tempo, ou seja, não é contínua e ocorre pela falta de chuva em um determinado período do ano. Já a seca é mais severa em relação a estiagem, e ocorre quando a precipitação anual de chuvas for inferior a 60% da normal, durante mais de dois anos consecutivos, em mais de 50% de sua superfície. (SILVA, 2010).

Atualmente 399 cidades do estado do Rio Grande do Sul - RS estão passando por um período de estiagem prolongada e encontram-se em situação de emergência, pois o índice pluviométrico está abaixo do esperado. Essa estiagem resulta em perdas consideráveis para a produção agrícola do estado, além de impacto no fornecimento de água potável para abastecimento público, nessas cidades. (CARDOSO *et al.*, 2020).

Análises realizadas sobre os efeitos da estiagem na safra 2019/2020 em relação à anterior 2018/2019, constataram que devido à crise hídrica ocorreu uma redução considerável no rendimento dos grãos de soja em termos percentuais de 56% da safra anterior e de 70% para a cultura do milho. Nos meses de verão a precipitação média pluvial acumulada no período de dezembro, janeiro e fevereiro (período referente a safra 2019/2020), foi de aproximadamente 225 mm. Comparando esse valor com o valor médio de precipitação em anos que não ocorrem a estiagem, calculado no período de 1981 a 2010, aproximadamente 389mm, observa-se uma redução de quase 58%. (CARDOSO *et al.*, 2020).

Um dos municípios também atingidos por esse problema é Bagé, também conhecida como Rainha da Fronteira, pois localiza-se em zona de fronteira com a

República do Uruguai e possui cerca de 121.518 habitantes, de acordo com a estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2020). Para Brondani; Wollmann; Ribeiro (2013) uma das causas desse período de estiagem é a atuação de um fenômeno conhecido como La Niña, o qual interfere na temperatura da superfície do solo, na temperatura das águas do oceano e gera uma série de mudanças importantes nos padrões de precipitação pluvial e temperatura ambiente.

Bagé possui uma estrutura de abastecimento de água composta por três barragens, as quais são: Sanga Rasa, Piraysinho e Emergencial, como mostra a Figura 1. A barragem Sanga Rasa é a que possui maior capacidade, contudo apresenta dificuldades na manutenção do nível de água, já a barragem do Piraysinho possui boa manutenção do nível de água, porém sua capacidade é a menor de todas. Já a barragem Emergencial é responsável por 1/3 do abastecimento da cidade. Está em construção uma expansão da barragem Emergencial (conhecida como barragem da Arvorezinha), a fim de sanar os problemas com a falta de água na cidade. (BRONDANI; WOLLMANN; RIBEIRO, 2013).

Figura 1 - Localização das barragens que abastecem a cidade de Bagé/RS



Fonte: Adaptação de Brondani; Wollmann; Ribeiro (2013)

Atualmente encontra-se em construção mais uma barragem, maior que as citadas anteriormente, com a finalidade de retenção de um volume maior de água, amenizando os problemas de falta de abastecimento durante o período de escassez.

Tempo (2022) mostra dados das médias climatológicas para a cidade de Bagé, calculados a partir de uma série de dados, obtidos ao longo dos últimos 5 anos. Esses dados representam o comportamento da temperatura ao longo do ano, e estão divididos em valores médios da temperatura mínima diária (°C), valores médios da temperatura máxima diária (°C) e o valor da temperatura média diária (°C). O DAEB (2022) dispõe os valores médios da precipitação pluviométrica (mm) para cada mês do ano, também para os últimos 5 anos. Foram realizadas médias para obtenção do valor de precipitação mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados climatológicos dos últimos 5 anos, na cidade de Bagé – RS

Mês	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Média (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	13,8	36,2	25,8	194,9
Fevereiro	11,8	35	24,8	97,26
Março	11,6	35,2	23,2	97,90
Abril	9,4	32,8	21	97,50
Mai	3,8	28,6	16,6	145,64
Junho	1,8	25,8	14,2	105,62
Julho	0,2	28	13,6	89,24
Agosto	0,8	30,6	15,2	119,60
Setembro	6	29,4	17,6	154,54
Outubro	7,4	33,4	19,4	158,98
Novembro	10,4	34,2	22	65,18
Dezembro	11,4	37,8	24,4	83,32
			TOTAL	1409,68

Fonte: Tempo, 2022.

Com o auxílio do Climatempo (2022) foi possível obter os dados das médias climatológicas para a cidade de Bagé ao longo de 30 anos, disponibilizados na Tabela 2.

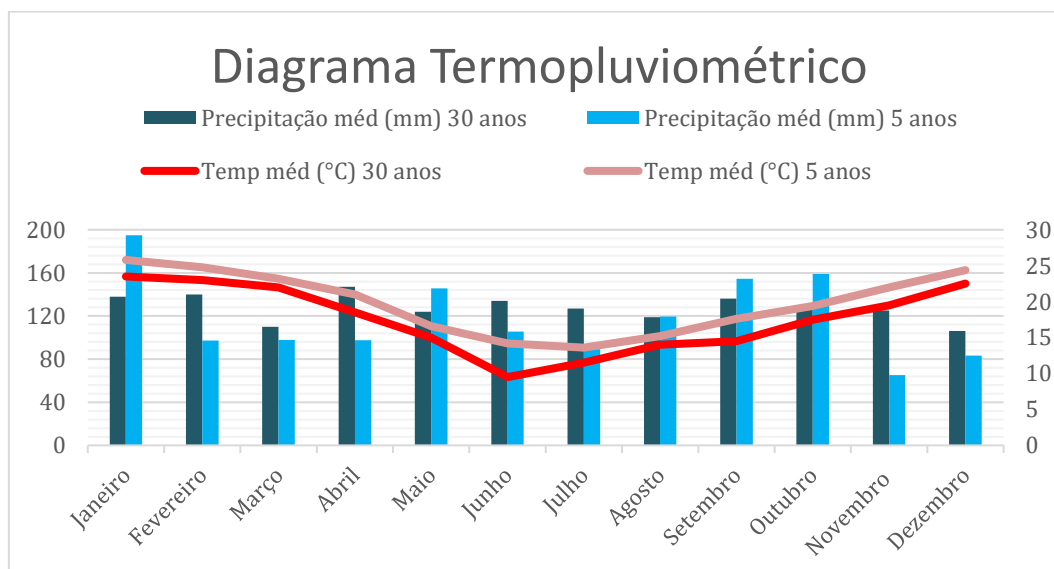
Tabela 2 - Dados climatológicos dos últimos 30 anos, na cidade de Bagé – RS

Mês	Temperatura Minma (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura média (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	18	29	23,5	138
Fevereiro	18	28	23	140
Março	17	27	22	110
Abril	14	23	18,5	147
Maio	11	19	15	124
Junho	4	15	9,5	134
Julho	6	17	11,5	127
Agosto	9	19	14	119
Setembro	10	19	14,5	136
Outubro	12	23	17,5	128
Novembro	14	25	19,5	125
Dezembro	17	28	22,5	106
			TOTAL	1534

Fonte: Climatempo, 2022.

A partir dos dados da Tabela 1 e Tabela 2, é possível representar o diagrama termopluiométrico da cidade de Bagé - RS, para que assim seja possível realizar uma comparação das médias obtidas ao longo dos anos. Através deste diagrama é possível observar os dados do índice de precipitação e o perfil da temperatura ao longo do ano, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Diagrama termopluiométrico para Bagé-RS



Fonte: Autora (2022)

Segundo o autor Silva (2010) a representação dos dados no diagrama termopluiométrico tem como objetivo visualizar em quais meses do ano é provável a ocorrência de escassez de água, nesses meses verifica-se que a coluna que representa a precipitação média, fica abaixo da linha que representa o valor da média de temperatura daquele mês.

A partir da Figura 2, é possível verificar que os maiores valores de índices médios de precipitação pluviométrica são nos meses de janeiro, fevereiro, abril, junho e setembro e os de menores valores são nos meses de março e dezembro para os dados obtidos ao longo dos 30 anos da cidade. Porém, já para os dados médios dos últimos 5 anos, podemos observar que há uma diferença, pois os maiores índices são nos meses de janeiro, maio, agosto, setembro e outubro e os que apresentam níveis menores são nos meses de novembro e dezembro.

Pela interpretação proposta por Silva (2010), relacionada aos dados médios dos 30 anos na cidade, é possível verificar a ocorrência de uma estação úmida que se estende de abril a outubro destacada na figura como colunas acima da curva de temperatura média e uma estação propensa a ocorrência de estiagens, compreendida entre novembro a março, destacada na figura como colunas abaixo da curva de temperatura média. Logo, para os dados dos últimos 5 anos, os períodos de estação úmida ocorrem de maio a outubro, já os períodos com pouca ocorrência de chuvas, os quais ocorrem os períodos de estiagem é compreendido de novembro a abril. Vale a pena ressaltar que em ambos não se pode classificar esse período como estação seca, uma vez que os valores médios superaram 60 mm em todos os meses.

Alguns eventos mundiais visando a preservação do meio ambiente e o uso racional da água surgiram nas décadas passadas, iniciando com a carta de Estocolmo (1972), seguindo com a Eco-92 ou Rio-92 ou agenda 21 (1992), protocolo de Kyoto (1997), a Rio +10 (2002), a Rio +20 (2012) (BUCHMANN; PROCHNOW, 2016).

Silva (2010) ressalta que desde 1992, a Agenda 21, produzida pela Organização das Nações Unidas (ONU), no Rio de Janeiro, recomendou aos 179 países participantes a implementação de políticas de aproveitamento de água pluvial, técnicas de reuso e reciclagem de efluentes.

3.3 Aproveitamento de água pluvial

O aproveitamento de águas pluviais (água reciclada) é muito importante para a gestão dos recursos hídricos, entretanto, não deve ser considerada água de reuso, pois, a água pluvial captada terá sua primeira utilização. (FERNANDES, 2006).

A captação e utilização de águas pluviais é um dos meios para enfrentar a deficiência deste recurso hídrico de grande importância. Não são práticas novas, pois há relatos da utilização de captação de água por povos muito antigos, como os Incas, Maias e Astecas, porém são simples e com grande eficácia resultando em ótimo custo-benefício, maior disponibilidade de água potável, além de ajudar em locais onde a seca é intensa. (GNADLINGER, 2000).

Atualmente as águas pluviais, ou também conhecidas “águas da chuva”, são desperdiçadas, ou seja, não são utilizadas. Elas caem no solo e acabam sendo tratadas como esgoto doméstico (LOPES,2021), sendo uma grande perda, pois as águas que são captadas de precipitações possuem poucas impurezas, porém ao atingir o solo há uma grande probabilidade de que minerais, bactérias, vírus e outras formas de contaminação atinjam essa água, tornando-a imprópria para consumo.

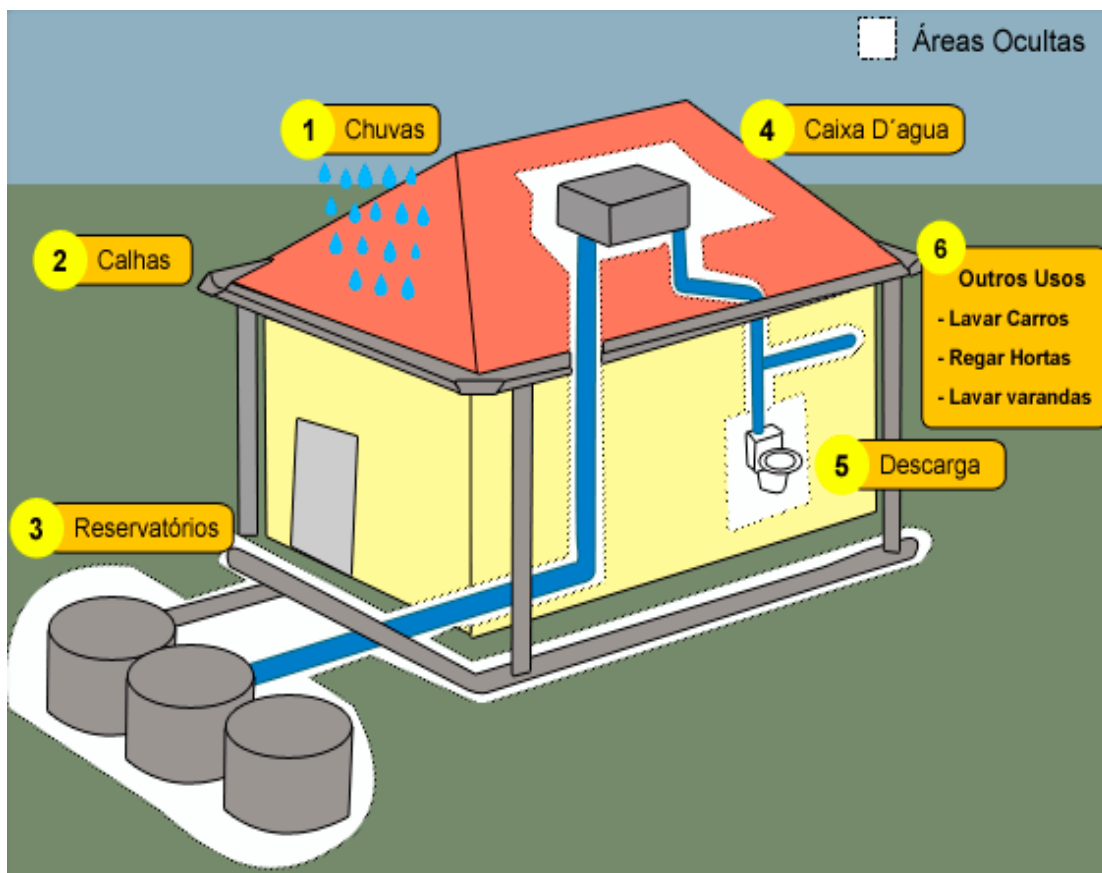
Alguns países industrializados como Japão e Alemanha utilizam esse método em larga escala, investindo cada vez mais em sistemas de aproveitamento de água pluvial. (JESUS, 2013).

A água pluvial coletada pode ser utilizada de inúmeras maneiras, em usos que não necessitam água potável e que possa ser utilizada uma água com qualidade inferior, como por exemplo, na lavagem de veículos, na descarga de vasos sanitários, de mictórios; limpeza de pisos e paredes; rega de jardins e água de reserva para combate a incêndio. (NBR 5626,1998).

Esse aproveitamento de água pode trazer grandes benefícios como economia financeira, uma vez que economiza cerca de 30% o consumo de água potável, preservação do meio ambiente e ainda redução da quantidade de chuva que escoam no sistema de esgotos urbanos (reduzindo desta forma as enxurradas e enchentes). (CARVALHO JUNIOR, 2017).

Na Figura 3 é apresentado um esquema de captação de água pluvial residencial, para posterior utilização dessa água para fins não potáveis.

Figura 3 - Sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais

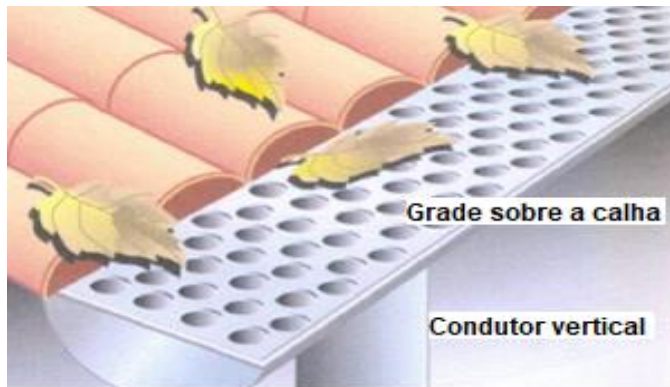


Fonte: Adaptação de Friburgo Filtros, 2017

Acima, nota-se que primeiramente a água da chuva precipita sobre o telhado (1), após cair escoar em direção a calha, que contém uma grade para retirada de materiais indesejáveis (2), através das tubulações são levadas ao reservatório onde fica armazenada (3), a água é bombeada para a caixa d'água (4) de onde será distribuída para uso na descarga de banheiro (5) e para uma torneira (6) que possibilita diversos usos, como lavar carro, lavar piso, para regar plantas e outras formas de uso não potável.

Segundo May (2004) o sistema de calhas que irá coletar a água pluvial, deve conter uma grade ou tela acoplada, para evitar a entrada de folhas e outras sujeiras, como visualizado na Figura 4. E de acordo com a NBR 10844 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989) as calhas devem possuir uma inclinação mínima de 0,5% para garantir o escoamento da água pluvial até o conduto vertical, que realiza seu transporte até os reservatórios.

Figura 4 - Grades acopladas ao sistema de calhas

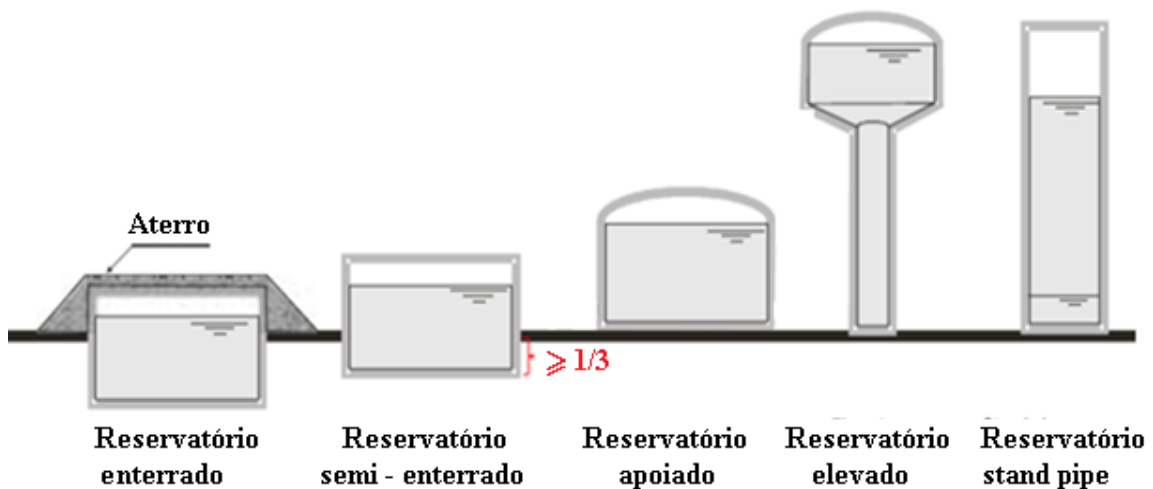


Fonte: May (2004)

Jesus (2013) cita a necessidade de descartar o volume do primeiro fluxo de água pluvial, pois pode conter certa quantidade de poeira e impurezas que foram arrastadas da superfície do telhado. May (2004) sugere que o volume do reservatório de autolimpeza deve ter capacidade para de 0,8 a 1,5 L/m² de telhado. Já para Tomaz (2003), o volume do reservatório de autolimpeza deve ter a capacidade de 0,4 L/m² de telhado.

Outro fator importante a ser considerado é a escolha do reservatório principal, onde será armazenada a água pluvial. May (2004) apresenta uma classificação dos tipos de reservatórios, como visualizado na Figura 5.

Figura 5 -Reservatórios de armazenamento de água



Fonte: May (2004)

Na Figura 5, são apresentados 5 tipos de reservatórios que são utilizados para armazenamento de água. O reservatório do tipo enterrado, encontra-se completamente embutido no terreno; o do tipo semi-enterrado apresenta uma altura embutida no terreno, correspondendo a pelo menos 1/3 do volume do reservatório e o restante acima do nível do solo, o do tipo apoiado, encontra-se sobre a superfície do solo, o do tipo elevado apresenta estruturas de elevação e encontra-se em um nível acima do solo e finalmente o do tipo stand pipe, que vem a ser um reservatório elevado com a estrutura de elevação embutida de modo a manter contínua o perímetro da seção transversal da edificação.

Sistemas de aproveitamento de água pluvial podem ser instalados em residências, comércios e indústrias. Nas indústrias e prédios comerciais a água pluvial pode ser utilizada na climatização, resfriamento de maquinários, lavagem industrial de roupas, lavagem de veículos de pequeno e grande porte (ônibus e caminhões) e limpeza industrial.

A principal vantagem de utilizar o processo de aproveitamento de água pluvial em empresas e prédios comerciais, quando comparados com os mesmos sistemas instalados em residências, é que a quantidade de água coletada vai ser superior nas empresas e prédios comerciais, uma vez que apresentam uma área de captação de água pluvial (telhados) maior do que nas residências.

É necessário que essas águas coletadas tenham um padrão de qualidade, para que seja possível sua utilização, mesmo que para fins não potáveis. Portanto, a regulamentação desta atividade é estabelecida pela NBR 15527 da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007), denominada "Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos" a qual entrou em vigor em 24 de outubro de 2007, porém sofreu alterações em 2019. Os parâmetros estabelecidos por esta norma são descritos na Tabela 3, juntamente com a frequência que devem ser realizados testes de qualidade e os valores máximos permitidos para cada um dos parâmetros:

Tabela 3 - Indicadores de qualidade de água pluvial para fins não potáveis

Parâmetros	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos <5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	<15 uT
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

NOTA: Podem ser utilizados outros métodos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio

^a no caso de aplicação de cloro para desinfecção

^buT é a unidade de turbidez

^cuH é a unidade Hazen

Fonte: NBR 15527 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007)

Ainda segundo a NBR 15527 da ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007), geralmente para uso menos exigentes a intensidade de filtração e desinfecção são menores, portanto, apenas uma filtração simples e cloração são eficientes para que a água pluvial captada atinja os indicadores de qualidade necessários. Para um excelente desempenho do sistema é imprescindível que alguns cuidados sejam adotados, tais como:

- É de extrema importância que a distribuição desta água não seja associada ao sistema de rede de água potável fornecida pela concessionária, pois esta não atinge as exigências para dessedentação humana;
- É indicado que seja realizada a limpeza dos reservatórios, ao menos uma vez ao ano, para que assim não ocorra uma contaminação indesejada;
- É indicado conter a incidência de sol devido ao crescimento de algas e para que a taxa de evaporação não seja grande;
- Os pontos de distribuição desta água devem estar devidamente identificados com advertências, segundo a NBR 15527 da seguinte maneira: “água não potável”. Para que seu uso não seja indevido.

3.3.1 Exemplos de casos de aproveitamento de água pluvial

Segundo Carlon (2005) a empresa Deutsche Lufthansa AG, em Hamburgo, na Alemanha, utiliza a água de pluvial, em seu centro de manutenção, para lavagem de aeronaves e na seção de pinturas, substituindo até 60% da demanda e a empresa Volkswagen utiliza a água pluvial nas torres de resfriamento em diversas unidades de produção na Alemanha e na Polônia, suprimindo 10% da demanda total.

A Cidade do Samba, é um complexo na região portuária da cidade do Rio de Janeiro inaugurado em 2006 para as escolas de samba do Grupo Especial, com uma área de 72 mil metros quadrados, 14 galpões de 4 andares, que servem como barracão para as escolas prepararem e montarem carros alegóricos, fantasias e adereços utilizados no desfile durante o carnaval. A Cidade do Samba adota um sistema de reaproveitamento de água pluvial, para uso geral, descargas, limpeza e para o combate a incêndios. Foram investidos R\$ 700 mil reais no sistema alternativo que conta com calhas coletoras, tubulações, 2 cisternas com capacidade para 300 m³ de água cada uma, 14 caixas d'água com capacidade de 5m³ de água cada uma, 14 filtros autolimpantes e 30 bombas. Atualmente são utilizados quase 2000 m³ por mês, o que representa uma economia de 36% do volume de água potável consumida. (VIOLA; NUNES; FREITAS, 2020).

Oliveira (2008) realizou uma dissertação onde apresentou dois estudos de caso. No primeiro, o aproveitamento de água pluvial foi para a irrigação do gramado de um campo de futebol com uma área de 7140m² no centro desportivo do Campus da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), em Minas Gerais. A água pluvial foi coletada no telhado do ginásio de esportes, sendo possível a captação de 4200m³ anuais, ficando em um reservatório que suporta até 1500m³. No segundo estudo de caso, a água pluvial captada foi aproveitada para uso em descargas. Onde os volumes dos reservatórios necessários foram estimados em 335, 238 e 305m³ para sanar a demanda de água não potável utilizada em cada um dos prédios estudados.

Na Escola Municipal João Menna Barreto na cidade de Santa Maria - RS, foi realizado um estudo para o dimensionamento de um sistema de captação de água pluvial, onde estas seriam utilizadas para descargas de vasos sanitários. Portanto, foi possível verificar a capacidade de captação dos telhados em aproximadamente 32,15m³ ao mês e que a cisterna devia ter 8,27m³, gerando assim uma redução de até 60% do consumo de água potável. (OURIQUES et al, 2005).

Segundo Tugoz; Bertolini; Brandalise (2016) foi implantado um sistema de aproveitamento das águas das chuvas para fins não potáveis em uma Escola Estadual do Paraná, na cidade de Marechal Cândido Rondon. E os resultados do estudo confirmam a eficiência do sistema, pois este reduz em 57,97% o consumo de água potável fornecida pela empresa de água e esgoto.

Bagatini (2018) realizou o dimensionamento de um reservatório de armazenamento de água da chuva na Escola Padre José Schardong, localizada no município de Cerro Largo – RS, com a intenção de utilizá-la nos sanitários dos banheiros feminino e masculino, e verificar a viabilidade econômica do sistema. Foi viável a captação no município devido à ocorrência de precipitações regulares e distribuídas durante o ano, sendo recomendada a utilização de um reservatório de 20m³. Os custos para a implantação do sistema foram de aproximadamente R\$7,314.48, contudo os resultados da análise econômica demonstraram que o sistema é viável economicamente e possui tempo de retorno máximo de 8 anos e mínimo de 9 meses.

Silva, Ribeiro e Prado (2021) relatam que uma residência com 340m² que contém um sistema de captação de água pluvial e a utiliza na jardinagem, áreas comuns e limpeza da residência, totalizando uma demanda de 12 m³ de água mensalmente, pode gerar uma economia de R\$ 315,70 (conforme tarifas da COPASA de R\$ 26,30 por m³). Efetuando uma comparação dos dados de custo com a implantação do sistema e da economia gerada nessa implantação, chegou-se no tempo aproximado de retorno do investimento no valor de 3,88, ou seja, um tempo aproximado de 3 anos e 10 meses.

DALMORO (2017) mostra um dimensionamento de sistema de captação de água pluvial em um edifício de 11 andares (garagem, 8 andares residenciais e cobertura com salão de festas duplex). Com área total de 4.854,26m² de forma a comportar até 166 pessoas ao mesmo tempo, com um consumo de água de 33.200 litros de água diariamente, resultando em aproximadamente 100 m³ mensais. Desse total 242 m³ de água são utilizados somente nas descargas e podem ser substituídas por água potável. Para tanto, o autor prevê um investimento de R\$18135,16 (dezoito mil, cento e trinta e cinco reais) que se paga em 9 anos e 5 meses. O autor destaca que esse tempo é relativamente curto considerando a vida útil de 50 anos do sistema implantado.

4 METODOLOGIA

Este capítulo tem a finalidade de detalhar todos os mecanismos de cálculos utilizados na execução desse TCC. Para tanto, o capítulo foi dividido em subitens que contemplam as seguintes etapas: caracterização do local de estudo e coleta de dados, dimensionamento do sistema de coleta e aproveitamento da água pluvial (método da NBR 15527 e da Aquasave) e o tempo de retorno do projeto.

4.1 Caracterização do local de estudo e coleta de dados

O local de estudo é uma escola municipal rural de ensino fundamental, ou seja, uma EMREF – Escola Municipal Rural de Ensino Fundamental, localizada em Bagé – RS.

Para analisar o potencial de economia de água potável que pode ser obtida, fez-se necessário um estudo prévio sobre consumo de água. Para tanto, foram realizadas visitas à escola e entrevistas não estruturadas com funcionários. As visitas seguiram os protocolos de proteção e segurança contra a COVID-19, ou seja, foi utilizada máscara e mantido o distanciamento de 1,5 m.

As informações obtidas nas visitas possibilitaram a coleta de dados, como: quantidade de alunos, consumo médio mensal de água, capacidade da cisterna que armazena a água potável, frequência de limpeza na escola, se possui alguma prática de reuso, se possui torneiras de fluxo reduzido ou fechamento automático, área do telhado da escola e verificação e medições das estruturas existentes que possibilitaram os cálculos da instalação do reservatório que poderá ser utilizado para armazenamento de água pluvial.

Como a escola já está construída e torna-se muito oneroso alterar as tubulações e conexões embutidas na parede, que alimentam as torneiras dos banheiros e as bacias sanitárias, optou-se por substituir a água potável por água pluvial apenas na limpeza da escola, regas de jardins e hortas.

4.2 Dimensionamento do sistema de coleta e aproveitamento de água pluvial

O dimensionamento do reservatório é primordial para que o sistema de captação de água pluvial funcione adequadamente. Para tanto esse TCC prevê o uso

de um reservatório apoiado que será instalado na escola, em um local a ser determinado, para captar a água que será coletada nos telhados dos prédios existentes no local.

A NBR 15527 da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007), apresenta diversas metodologias para dimensionar o volume que os reservatórios devem apresentar para o armazenamento de águas pluviais, entre elas o método prático inglês, que foi utilizado nesse TCC. Nesse método o volume do reservatório pode ser calculado a partir da Equação (1). O valor da precipitação média anual foi obtido a partir da Tabela 1, que mostra os dados climatológicos dos últimos 5 anos, na cidade de Bagé – RS. (TEMPO, 2022).

$$V_c = 0,05.P.A \quad (1)$$

Em que: V_c é o volume de água da cisterna (m^3);

P é a precipitação média anual (m) e

A é a área de coleta - telhado (m^2).

Também foi utilizado o método Aquasave, citado por Carvalho (2010) *apud* Aquasave (2010) para verificar se a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial é vantajosa. Esse método necessita de 4 passos para o dimensionamento do reservatório.

Passo 1: A partir da Tabela 4 é realizada a interceptação da média pluviométrica anual, da cidade onde será instalada a cisterna de armazenamento de água pluvial, ou seja, o índice da média pluviométrica da cidade de Bagé, com o valor da área do telhado, onde será captada a água pluvial, obtendo o valor do volume anual de captação (m^3 /ano). Para encontrar o valor mensal da captação basta dividir o valor obtido na Tabela 1 por 12.

Tabela 4 - Dados pluviométricos x área do telhado, do método Aquasave

Índice pluviométrico (mm/ano)	Área do telhado (m ²)								
	100	200	300	400	500	1000	1500	2000	
800	7,2	14,4	216	28,8	360	72,0	108,0	144,0	
900	8,1	16,2	243	32,4	405	81,0	121,5	162,0	
1000	9,0	18,0	270	36,0	450	90,0	135,0	180,0	
1100	9,9	19,8	297	39,6	495	99,0	148,5	198,0	
1200	10,8	21,6	324	43,2	540	108,0	162,0	216,0	
1300	11,7	23,4	351	46,8	585	117,0	175,5	234,0	
1400	12,6	25,2	378	50,4	630	126,0	189,0	252,0	
1500	13,5	27,0	405	54,0	675	135,0	202,5	270,0	
1600	14,4	28,8	432	57,6	720	108,0	144,0	288,0	

Fonte: Carvalho (2010) *apud* Aquasave (2010).

Passo 2: Calcular o volume de água potável, que deve ser substituído por água pluvial, no estabelecimento estudado.

Passo 3: Para calcular o volume ideal da cisterna.

Passo 4: Checar se o volume de captação é superior ao do volume achado para a cisterna. Em caso negativo, o sistema de aproveitamento de água pluvial não é vantajoso e deve ser repensado.

4.3 Tempo de retorno do projeto

É necessário calcular a relação custo-benefício para verificar a possibilidade da instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial na escola. Para tanto o preço dos materiais necessários para essa instalação e a mão de obra necessária seguiram valores consultados no comércio local de Bagé.

Também foi necessário quantificar o valor relativo ao consumo de água total da escola e da economia de água gerada com o sistema de aproveitamento de água instalado e para tanto o site do DAEB oferece uma calculadora para simular os valores que seriam cobrados para determinado consumo.

Após a obtenção desses valores é realizado o cálculo do tempo de retorno desse investimento, ou seja, o *payback*

5 RESULTADOS

Os resultados são apresentados em quatro subitens. O primeiro subitem contém uma aproximação do consumo de água não potável para a execução de atividades como cultivo de horta e limpeza na escola. Em segundo são apresentadas sugestões para redução do consumo de água potável disponibilizada pela concessionária DAEB. Após, é apresentado os custos necessários para instalação do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial e por fim uma análise da viabilidade do projeto.

5.1 Quantidade de água potável que pode ser substituída por água pluvial

Foram realizadas visitas presenciais na escola, onde foi possível através de entrevistas, não estruturadas, realizadas com os funcionários, obter dados importantes para dimensionar o sistema de instalação de aproveitamento de água pluvial.

Sabe-se que a escola tem quantidade total de 53 alunos, 09 professores, 04 funcionários e é composta por três blocos, os quais são observados na Figura 6. O primeiro contém três salas de aula, sala de professores, diretoria e dois banheiros. O segundo é composto por seis salas de aula e o terceiro e último prédio contém o refeitório.

Figura 6 – Visualização dos 3 blocos da EMREF estudada



Fonte: Autora (2022)

A escola oferece à população ensino pré-escolar (4 – 5 anos) e ensino fundamental (1º ano até 9º ano), distribuídos em dois períodos, manhã e tarde.

Foi possível averiguar que toda a água utilizada na escola é fornecida pelo caminhão pipa da concessionária de abastecimento de água da cidade, o DAEB - Departamentos de Água, Arroios e Esgotos de Bagé, o qual disponibiliza em um período semanal aproximadamente 5000L de água potável para o desenvolvimento de todas as atividades na escola, totalizando 20m³ mensais. Toda a água recebida abastece uma caixa d'água localizada na escola, ao lado do refeitório, como mostra a Figura 7 e fica armazenada para consumo. Não foi possível verificar se durante o abastecimento, já havia alguma quantidade de água dentro da caixa e o volume abastecido era menor que 5000 L.

Figura 7 – Caixa d'água utilizada para armazenar água potável



Fonte: Autora (2022)

Com o auxílio dos funcionários da escola foi possível estimar o consumo aproximado de água que é utilizada no desenvolvimento de funções que não necessita o uso de água potável, ou seja, que pode ser substituída pela água que será captada pelo sistema de aproveitamento de água da pluvial.

Para a higienização da escola, são utilizados diariamente doze baldes com capacidade para quinze litros de água (cheios até $\frac{3}{4}$ do volume – 11,25L) e produtos químicos. Metade dessa quantidade é utilizada no período da manhã e a outra metade no período da tarde. O total de água utilizada na limpeza da escola corresponde a 675L semanais, valor correspondente a 13,5% do volume da caixa d'água instalada na escola (5000L).

Para a rega da horta, utiliza-se dois baldes de água por canteiro, diariamente, sendo a horta composta por 5 canteiros com 5m de comprimento e 1m de largura cada um. O total de água utilizado na rega é de 112,5L diários, ou seja 562,5L semanais. Esse valor correspondente a 11,25% do volume da caixa d'água instalada na escola (5000L).

Somando o montante de água utilizada na higienização da escola e na rega da horta, temos um volume de 1237,5L/semana, ou seja, 4950L/mês, que corresponde a quase 25% do volume da caixa d'água instalada na escola, ou seja, 25% do consumo semanal de água potável poderia ser substituído por água pluvial.

Também foi verificado que a energia elétrica utilizada na escola é proveniente da rede pública de abastecimento, o esgoto sanitário segue para uma fossa séptica e a coleta de lixo é periódica.

5.2 Sugestões para economia de água potável

Foram pensadas numerosas ações para a economia de água potável, porém faz-se necessário pensar nos custos dessas ações, por este motivo sugeriu-se a instalação de arejadores

5.2.1 Instalação de arejadores

A primeira sugestão de economia de água potável foi pensando no baixo custo de investimento e um rápido retorno quanto a economia de água. Para tanto sugere-se a instalação de arejadores em todas as torneiras da escola, conforme a Figura 8, garantindo uma redução de vazão de água e conseqüente economia.

Figura 8 – Arejadores acoplados as torneiras



Fonte: Biscwiki (2022)

Os arejadores são acessórios acoplados na extremidade das torneiras, os quais tem como função misturar ar à água, dessa forma diminuem a vazão de água mantendo a sensação de grande volume. (MATTOS, 2011).

Um arejador tem o objetivo unicamente de oferecer economia de água aos seus usuários, essa economia pode variar, oscilando e 50% a 80%. Exemplificando, uma torneira comum sem arejador tem vazão de aproximadamente 13,8 l/min, com a instalação de um arejador essa vazão cairá para 6 l/min, gerando uma economia de 57% segundo a COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP (LOPES, 2021).

Também é interessante a realização de palestras e/ou aulas com o objetivo de despertar nos alunos e nos funcionários o interesse em economizar água, uma vez que o arejador não consegue diminuir o desperdício.

A segunda sugestão de economia de água potável é o uso de um sistema de captação de água pluvial.

5.2.2 Instalação de um sistema de captação de água pluvial

Para calcular o tamanho da caixa d'água que será utilizada como reservatório, faz-se necessário primeiramente o cálculo da área do telhado.

Cálculo da área do telhado

A captação da água pluvial ocorrerá nos 3 telhados presentes em cada bloco da escola, e apenas o Bloco 1 já apresenta calha coletora de água pluvial instaladas, como visualizado na Figura 9.

Figura 9 – Calhas instaladas no telhado do Bloco 1



Fonte: Autora (2022)

O telhado localizado no Bloco 1 (T_1) apresenta uma extensão de 21 m x 6,5 m, ou seja, apresenta uma área de 136,50 m² e em sua extremidade, o telhado localizado no Bloco 2 (T_2) apresenta uma extensão de 15,5 m x 7 m, ou seja, apresenta uma área de 108,5 m², e o telhado localizado no Bloco 3 (T_3) apresenta uma extensão de 13 m x 9 m, ou seja, apresenta uma área de 117 m². Portanto, a área total de coleta é obtida, somando a área dos três telhados, totalizando 362 m².

Cálculo para o volume da cisterna

Para estimar o volume que deverá possuir a cisterna é necessário realizar o método inglês descrito na NBR 15527 citada no capítulo anterior. Adotando o valor da precipitação média anual de 1409,68mm (1,40968m), mostrado na Tabela 1, e a área de coleta do telhado de 362m², a partir da Equação 1 chega-se ao resultado do volume de água da cisterna (V_c) de 25,5m³ por ano, ou 2,2m³ por mês.

Para que seja possível avaliar a viabilidade do projeto é necessário utilizar o método da Aquasave, o qual o possuiu 4 passos descritos no capítulo da metodologia.

No passo 1 foi realizada a interceptação da média pluviométrica anual 1409,68 mm com o valor da área do telhado 362m², mostrado na Tabela 4, obtendo o valor do volume anual de captação 45,93m³/ano e o valor mensal da captação 3,8 m³/mês.

No passo 2 calculou-se o volume de água potável, que deve ser substituído por água pluvial. Esse valor foi obtido através do procedimento mostrado no item 5.1, sendo o valor de 4950L/mês, ou 4,95m³ mensais.

No passo 3, obteve-se o volume ideal da cisterna, dividindo o valor obtido no passo 2 por 2, ou seja, o volume de água da cisterna (V_c) de 2,48m³.

No passo 4 é realizada uma verificação da vantagem de se instalar o sistema de aproveitamento de água pluvial e por este motivo, o volume de captação deve ser superior ao do volume achado no passo 3. Como o valor mensal da captação de 3,8 (m³/mês) é superior ao do volume da cisterna (V_c) de 2,48m³, constata-se que o sistema a ser instalado é viável.

. A diferença de valores dos volumes das cisternas calculados com o método da NBR 15527 (2,2m³ por mês) e da Aquasave (2,48m³/mês) pode ser explicado pelo fato do segundo método ser desenvolvido para a cidade de Londrina, localizada no estado do Paraná, que apresenta dados pluviométricos diferentes de Bagé.

Como o tempo de estiagem em Bagé se prolonga por alguns meses é interessante ter uma cisterna que armazene água pluvial para ser utilizada por dois meses consecutivos. Ou seja, o volume da cisterna deve considerar o armazenamento de 5m³. Para tanto recomenda-se a colocação de uma caixa d'água (cisternas) com capacidade para 5m³ cada, colocadas apoiadas no chão em um local que possa receber a água que escoar nas calhas dos telhados. O sistema apoiado foi escolhido por ser o mais barato e evitar o custo de bombeamento da água.

O local escolhido para instalação da caixa d'água fica próximo da horta e atrás do Bloco 2, como verificado na Figura 10. No momento a horta está com poucas plantas, pois a escola retornou com as aulas presenciais no mês de março, após ter ficado dois anos fechada devido à pandemia, mas já foram plantadas mudas de diversas espécies de verduras e vegetais e provavelmente agora no mês de agosto esse cenário já seja diferente.

Figura 10 – Local de instalação das caixas d'água

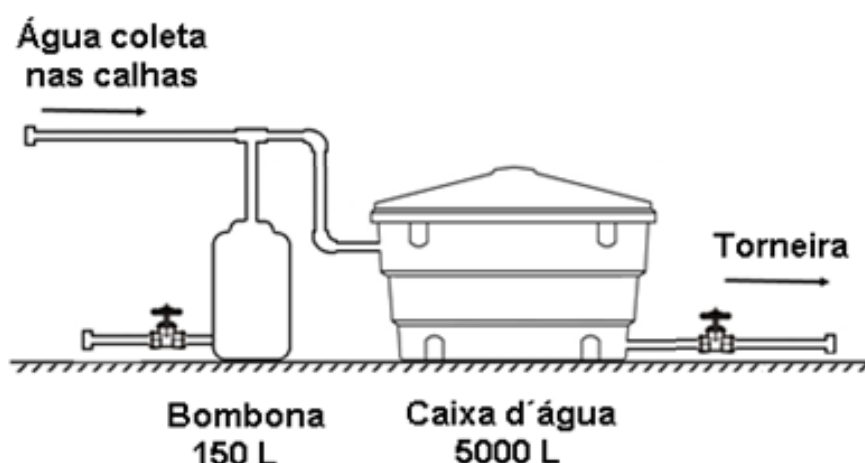


Fonte: Autora (2022)

O sistema proposto para ser instalado na escola foi adaptado do esquema desenvolvido por Lopes (2021), e pode ser visualizado na Figura 11. O esquema mostra que toda a água coletada, proveniente das calhas dos três blocos, segue para a mesma tubulação. Essa tubulação apresenta uma conexão hidráulica do tipo "Tê" que direciona essa água para uma bombona com capacidade de 150 L, para armazenar as primeiras águas de chuva. Quando a bombona estiver cheia,

automaticamente a água escoar para a caixa d'água. Na saída da caixa d'água será adicionada uma torneira que propicie a saída da água pluvial que será utilizada na limpeza e na rega da horta. Se for preciso pode ser acoplada uma mangueira nessa torneira para facilitar a rega da horta. Como o terreno apresenta um leve declive, o escoamento da água da caixa para a horta ocorre por gravidade.

Figura 11 – Esquema da instalação de aproveitamento de água pluvial



Fonte: Adaptado de Lopes (2021)

Assim que a chuva cessar e as caixas estiverem cheias, a bombona utilizada para armazenar as primeiras águas de chuva deve ser esvaziada e toda água do seu interior deve ser descartada. Esse descarte ocorre porque o fluxo inicial da chuva é considerado impróprio pois pode conter muitas impurezas, uma vez que lava o telhado que ficou exposto ao meio ambiente, arrastando impurezas e a poeira depositada sobre ele.

Tomaz (2003) propõe que o volume do reservatório da primeira água pluvial deve ter capacidade para 0,4 L/m² de telhado, e para os 362 m² de telhado, utilizada como base de cálculo nesse TCC, foi calculada a necessidade do uso de uma bombona de 150L.

Quanto ao tratamento da água armazenada nas caixas d'água é necessário a colocação de pastilhas de cloro, dentro de um flutuador, do mesmo tipo dos utilizados em piscinas, em cada uma delas. A cada 15 dias é necessário a colocação de novas pastilhas de cloro. A lavagem da parte interna das caixas d'água deve ser realizada anualmente e das calhas semestralmente. (HAFNER, 2007; LOPES, 2021).

Para verificar a possibilidade da instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial na escola, estudada nesse TCC, é necessário avaliar a relação custo/benefício dessa instalação.

5.3 Custos para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial

Para esse estudo, foram consultados materiais e mão de obra no comércio local da cidade de Bagé - RS. Os preços dos materiais utilizados na instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial a ser instalado na escola, podem ser visualizados no Tabela 5, juntamente com o preço da mão de obra para a instalação das tubulações, caixas d'água e conexões, uma vez que o preço da instalação de calhas e tela protetora refere-se ao equipamento instalado no local

Tabela 5 – Custos da instalação do sistema proposto

MATERIAL	PREÇO
Calha de 15,5 m (a ser colocada no do Bloco 2), com tela protetora	R\$ 820,00
Calha de 13 m (a ser colocada no do Bloco 3), com tela protetora	R\$ 720,00
Tela protetora a ser colocada nas calhas existentes (no Bloco 1)	R\$ 200,00
3 Bombonas de 50 L	R\$ 90,00
Tubo Marrom (100 milímetros) – 5 barras – 6 metros	R\$ 150,00
Caixa d'água – 5000 L	R\$ 2000,00
Conexões	R\$ 180,00
4 Registros	R\$100,00
Mão de obra para instalação do sistema	R\$500,00
TOTAL	R\$ 4760,00

Fonte: Autora (2022)

Outro fator considerado essencial na avaliação do custo/benefício do sistema é o cálculo do valor mensal gasto com água potável e para tanto o site do DAEB, oferece uma calculadora para simular o valor de tarifa. A Figura 12, mostra a simulação do valor da conta de água para um consumo mensal de 20 m³ (5000 L semanais), tipo de instalação pública e sem a ligação de esgoto.

Figura 12 – Simulação da conta mensal de água da escola – Consumo de 20 m³Realizando simulação de tarifa Categoria **Pública**, consumo de 20 M³

Composição do Valor da Conta - TARIFA					
.	Valor Básico Água	+ Valor Básico Esgoto	+ Consumo em M ³	+ Valor Esgoto (50% do consumo)	TOTAL DA CONTA
R\$	30,88	0,00	88,90	0,00	119,78

Fonte: DAEB (2022)

O sistema proposto prevê a substituição do uso de água potável por água pluvial, gerando uma economia de 25% desse valor, ou seja, a economia é de R\$29,95 mensais. Dividindo o valor de investimento do sistema proposto (R\$ 4760,00) pelo valor da economia (R\$29,95) obtém-se o tempo de retorno do investimento que é de 159 meses, ou seja, aproximadamente 13 anos.

Bagatini (2018) realizou o dimensionamento de um reservatório de armazenamento de água da chuva, com a intenção de utilizá-la nos sanitários dos banheiros feminino e masculino. Para tanto, foi recomendada a utilização de um reservatório de 20m³ que custou aproximadamente R\$7,314.48, mostrando que a instalação do sistema reduz o consumo da água em 45% e é viável economicamente, possuindo um tempo de retorno de 8 anos e 9 meses.

Já os autores Tugoz; Bertolini; Brandalise (2016) estudaram a implantação de um sistema de aproveitamento das águas das chuvas para fins não potáveis em uma escola conseguindo uma economia 57,97% do consumo de água potável e o tempo de retorno do investimento foi de aproximadamente 7 anos.

Quando é realizada uma comparação do resultado da redução no consumo de água obtido nesse TCC com os resultados obtidos por Bagatini (2018) e Tugoz; Bertolini; Brandalise (2016) percebe-se os resultados deste trabalho é praticamente a metade dos resultados mostrados pelos autores, uma vez que nesse TCC a água pluvial é utilizada apenas na limpeza da escola e rega da horta enquanto nos trabalhos apresentados pelos autores a água pluvial é utilizada para limpeza da escola e nas descargas das bacias sanitárias.

Quanto ao tempo de retorno, os resultados apresentados nesse TCC são superiores aos apresentados por Bagatini (2018) e Tugoz; Bertolini; Brandalise (2016),

uma vez que esse resultado é diretamente proporcional a porcentagem de água potável substituída por água pluvial.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi realizado um estudo visando a substituição de água potável por água pluvial em uma EMRF, que não tem abastecimento de água por tubulações municipais e sim por caminhão pipa. A escola recebe 5000L de água potável semanalmente, totalizando 20m³ mensais.

Foi proposto a instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, que será utilizada para substituir o uso da água potável na limpeza da escola e na rega da horta, sendo gerada uma economia de 25% do consumo de água potável, e conseqüentemente uma economia de 25% no valor da tarifa de água do DAEB, chegando à economia de R\$29,95 mensais. Primeiramente foi calculada a área do telhado onde será realizada a captação da água pluvial, chegando ao valor de 362 m². Após esse cálculo, foi dimensionado pelo método da NBR 15527 o volume necessário da caixa d'água que irá armazenar água pluvial, chegando ao valor de 5 m³. Também foi utilizado o método da Aquasave, que mostrou a viabilidade da instalação desse sistema.

Quanto ao tratamento da água armazenada é necessário a colocação de pastilhas de cloro, dentro de um flutuador, do mesmo tipo dos utilizados em piscinas, na caixa d'água e a substituição das pastilhas deve ocorrer a cada 15 dias.

O valor de investimento do sistema proposto foi de R\$ 4760,00 e o tempo de retorno do investimento é de 159 meses, ou seja, aproximadamente 13 anos.

Mesmo com a porcentagem de 25% de economia da água potável, a instalação do sistema é viável, uma vez que gera a economia de 25% no valor da tarifa do DAEB, e o tempo de retorno do investimento de 13 anos é pequeno se comparado com os 50 anos de previsão da durabilidade do sistema instalado.

Outro fator que justifica a implantação do sistema é a possibilidade de utilizar água pluvial e economizar a água potável durante o período de estiagem que ocorre na cidade de Bagé.

7. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1989) **NBR 10.844**: Instalações prediais de águas pluviais. Brasil: ABNT.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1998) **NBR 5626**: Instalação predial de água fria Brasil: ABNT

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2007) **NBR 15527**: Aproveitamento da água pluvial: ABNT

ALENCAR, A. **Jequitimar reforça compromisso com desenvolvimento sustentável** Disponível em: <<https://www.revistahoteis.com.br/sofitel-guaruja-jequitimar-reforca-compromisso-com-desenvolvimento-sustentavel/>> Acesso em: 20 fev. 2022.

AQUASAVE. Economia de Água. Disponível em: <<http://www.aquasave.com.br/>> Acesso em: 5 mar. 2022.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Água no mundo**. 2021 Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>>. Acesso em: 5 dez. 2021.

BAGATINI, N.; **Dimensionamento e análise de viabilidade de um reservatório de água da chuva: estudo de caso para uma escola no município de Cerro Largo – RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2018. Disponível em: <<https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/2293>>. Acesso em: 20 Jan de 2022.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2a Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318p.

BRANCO, P. M. Serviço geológico do Brasil **Coisas que você deve saber sobre a água**. 2021 Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/CPRM-Divulga/Canal-Escola/Coisas-que-Voce-Deve-Saber-sobre-a-Agua-1084.html>>. Acesso em: 5 dez. 2021.

BRONDANI, A. R. P.; WOLLMANN, C. A.; RIBEIRO, A. A. A Percepção climática da ocorrência de estiagens e os problemas de abastecimento de água na área urbana no município de Bagé – RS. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, Volume 26, p. 214-232. 2013. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/75197>> Acesso em: 12 dez. 2021.

BUCHMANN, J.; PROCHNOW, T.R. “Água, Agenda 21 e Você”: uma aula para despertar consciência e senso crítico frente questões ambientais. **Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente**, Volume 5., 2016. *Anais*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319262649_Agua_Agenda_21_e_Voce_uma_aula_para_despertar_consciencia_e_senso_critico_frente_questoes_ambientais> Acesso em: 12 dez. 2021.

CARDOSO, L. S. *et al.* **Análise da estiagem na safra 2019/2020 e impactos na agropecuária do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: SEAPDR (Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural). 2020. 57 p. (Circular: divulgação técnica, n. 6). Disponível em <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202011/10163507-14095649-circular-06-cardoso-et-al-para-publicacao.pdf>> Acesso em: 8 dez. 2021.

CARLON, M.R. **Percepção dos atores sociais quanto às alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville – SC.** 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Meio Ambiente). Universidade do Vale do Itajaí, Joinville, 2005 Disponível em: <<https://siaiap39.univali.br/repositorio/bitstream/repositorio/1909/1/Marcia%20Regina%20Carlon%20parte%201.pdf>> Acesso em: 12 dez. 2021.

CARVALHO, R. S. **Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais: análise da implantação de um sistema para a região urbana de Londrina Apucarana – PR.** 2010 Monografia (Curso de Pós-graduação em Construção de Obras Públicas). Universidade Federal do Paraná, Apucarana, 2010.

CARVALHO JÚNIOR, R. Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura. Editora Blucher, 2017.

CLIMATEMPO – **Climatologia em Bagé – RS.** 2022 Disponível em <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/349/bage-rs>> Acesso em: 15 jan. 2022.

DAEB – Departamento de Água, Arroios e Esgoto de Bagé – Simulador da Tarifa de Água - Disponível em: <http://daeb.com.br/simulador/> Acesso em: 04 jul. 2022.

FERNANDES, V.M.C. Padrões para reúso de águas residuárias em ambientes urbanos. **Simpósio Nacional sobre o uso de água na agricultura**, Vol 2, 2006. Anais. p. 17. Disponível em <<http://cbhpf.upf.br/phocadownload/2seminario/padroesreusoaguaii.pdf>> Acesso em: 27 jan. 2022

FRIBURGO FILTROS. Biblioteca. [2017]. Disponível em: <<https://www.friurgofiltros.com.br/index.htm>>. Acesso em: 01 mar. 2022.

GNADLINGER, J. **Coleta de água de chuva em áreas rurais.** Fórum Mundial da Água, Volume 2, 2000 Holanda. Anais eletrônicos. Disponível em: <<https://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>> Acesso em: 11 fev. 2022

GOLDENFUM, J. A; **Reaproveitamento de águas pluviais.** 2005. Disponível em: <<http://cbhpf.upf.br/phocadownload/2seminario/reaproveitamentoaguaspluviaisii.pdf>> Acesso em: 16 fev. 2022

GOMES, M. A. F. **A água nossa de cada dia.** Bagé: Secretaria Municipal De Meio Ambiente, 2012

HAFNER, A. V. **Conservação e Reuso de Água em Edificações - Experiências Nacionais e Internacionais.** 161 p.Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)

Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ, Rio de Janeiro, 2007 Disponível em: <<https://docplayer.com.br/8755185-Conservacao-e-reuso-de-agua-em-edificacoes-experiencias-nacionais-e-internacionais-ana-vreni-hafner.html>> Acesso em: 11 fev. 2022

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Bagé. 2020**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/bage.html>> Acesso em: 8 dez. 2021.

JESUS, C. M. **Estudo de caso: reaproveitamento de águas pluviais em edifício escolar – MG** 2013. Monografia (Monografia em especialização da construção civil). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-9GMKPW>> Acesso em: 11 fev. 2022

LOPES, L. F. **Sugestões de redução do consumo de água e aproveitamento de água pluvial em um hotel, localizado em Bagé.** 2021. 61 f. Monografia - Programa de Pós-graduação Lato Sensu em Gestão de Processos Industriais Químicos, Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2021.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. Dissertação - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2004. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-02082004-122332/publico/simonemay.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2022

OLIVEIRA, F. M. B. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Ouro Preto, 2008. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2213>>. Acesso em: 11 fev. 2022

OURIQUES, R. Z.; SCHENEIDER, A.; LOPES, M. I. P.; BARROSO. L. B.; Aproveitamento de água da chuva em escola municipal de Santa Maria. Revista **DisciplinarumScientia**.v. 6, n. 1, p.1-10, 2005. Disponível em: <<https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1190>>. Acesso em: 16 de jan. 2022.

SARAIVA, M. A. **Avaliação da sustentabilidade do uso da água do aquífero Alter do Chão na zona Urbana de Manaus.** 2017. 73 f. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Geociências – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017 Disponível em: <<https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/6262/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Mateus%20Alves%20Saraiva.pdf>> Acesso em: 18 jan 2022

SILVA, M. R. M. **Identificação da ocorrência de estiagens em Bagé (RS) entre 1961 e 2009.** 2010. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Instituto de Geociências – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010 Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/25963/000755524.pdf?sequence=1>> Acesso em: 18 jan 2022

SILVA, P. C. A. **Reserva hídrica: Aquífero Guarani e seu uso sustentável** 2011 Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/responsabilidade-social/edulegislativa/educacao-legislativa-1/posgraduacao/publicacoes/banco-de-projetos/curso-lpp/lpp-1a-edicao/proj_paulo_alves_lpp> Acesso em: 8 fev 2022.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.

TUGOZ, J. E.; BERTOLINI, G. R. F.; BRANDALISE, L. T.; Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. v. 6, n. 1. 2017. Disponível em: <[.http://www.revistageas.org.br/ojs/index.php/geas/issue/view/20](http://www.revistageas.org.br/ojs/index.php/geas/issue/view/20)> . Acesso em: 5 fev. 2022.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 1. ed. São Paulo: Rima, 2003. 247p.

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância **1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável, dizem o UNICEF e a OMS**. 2019 Disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-agua-potavel-dizem-unicef-oms#:~:text=O%20relat%C3%B3rio%20revela%20que%20,disponibilidade%20e%20qualidade%20desses%20servi%C3%A7os.>>Acesso em: 18 jan 2022.

VIOLA, H.; NUNES, R. T. S.; FREITAS, M. A. V. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS COMO POTENCIAL AÇÃO MITIGADORA DOS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: o caso da Cidade do Samba no Município do Rio de Janeiro. 2020 XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais eletrônicos. Disponível em:<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/151/ee1d36ed6992e18f45d108f5c3339909_ac8964771f45c06e99839153e24b0ad7.pdf>Acesso em: 18 jan 2022.