

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**KAREN MAURA MARQUES RODRIGUES**

**CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA COMO ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR O  
CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE  
CAÇAPAVA DO SUL - RS**

**Caçapava do Sul  
2023**

**KAREN MAURA MARQUES RODRIGUES**

**CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA COMO ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR O  
CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE  
CAÇAPAVA DO SUL - RS**

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

Orientador: Prof. Dr. Rafael Matias Feltrin

**Caçapava do Sul  
2023**

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) .

R696c Rodrigues, Karen Maura Marques

Captação de água da chuva como alternativa para minimizar o  
consumo de água residencial: estudo de caso no município de  
Caçapava do Sul - RS / Karen Maura Marques Rodrigues.

82 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Universidade  
Federal do Pampa, ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 2023.

"Orientação: Rafael Matias Feltrin".

1. Água. 2. Estudo de caso. 3. Minicisterna residencial. 4.  
Sustentabilidade. I. Título.

**KAREN MAURA MARQUES RODRIGUES**

**CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA COMO ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR O CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL:  
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL - RS**

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

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 01 de fevereiro de 2023.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Rafael Matias Feltrin  
Orientador  
(UNIPAMPA)

---

Prof. Dra. Mariana Ribeiro Santiago  
(UNIPAMPA)

---

Prof. Dr. Vicente Guilherme Lopes  
(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **MARIANA RIBEIRO SANTIAGO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/02/2023, às 11:37, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **RAFAEL MATIAS FELTRIN, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/02/2023, às 16:43, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **VICENTE GUILHERME LOPES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/02/2023, às 16:55, 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](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1052803** e o código CRC **A9490112**.

Dedico este trabalho aos meus pais.

## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente a Deus.

Aos meus pais que sempre me apoiam, pelo amor e carinho que eles me dão, dificilmente conseguirei colocar em palavras o quão grata sou a eles.

Aos demais familiares.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rafael Matias Feltrin, por me auxiliar, saber me direcionar e pela paciência durante a execução deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições feitas para melhorar o trabalho.

A Andressa que esclareceu algumas dúvidas que tive.

Aos meus amigos.

As gurias: Gabrieli, Janaína, Leticia, Luana, Nathália, Rute e Simone, pois foi ao lado delas que passei grande parte da minha graduação.

A todos os colegas de curso.

A todos que em algum momento eu conversei.

Aos demais professores que agregaram conhecimento para mim.

A Universidade Federal do Pampa.

Muito obrigada!

## RESUMO

Água, uma palavra pequena, mas com um significado extremamente importante. Com a falta desse recurso seria impossível à existência de vida no planeta Terra, porém com o crescimento populacional, a crescente demanda, a falta de administração do seu uso, entre outros fatores, podem interferir na disponibilidade de água para consumo humano, e na pior das hipóteses acarretar na aceleração da escassez hídrica. -Uma das alternativas sustentáveis que podem amenizar o uso da água para determinadas atividades é o aproveitamento de água da chuva. Diante disso, visando à adoção de uma postura mais sustentável e o cuidado com o recurso hídrico, o objetivo deste trabalho foi captar a água da chuva, para atividades que não precisam necessariamente de água potável como alternativa para minimizar o consumo de água em uma residência, no município de Caçapava do Sul - RS. A pesquisa para a execução da captação de água da chuva, envolveu uma descrição sucinta da área, clima da região, precipitações médias, temperaturas, consumo de água potável, estimativa do consumo não potável considerando as atividades da residência que podem fazer uso da água pluvial. Também foi determinada a área de captação, dimensionamento de calhas, condutores (horizontais e verticais) e reservatórios de armazenamento, cálculos do volume de água da chuva aproveitável, filtração da água, economia na água potável, economia financeira, período de retorno do investimento no projeto. O resultado do estudo indicou que a instalação do projeto na área escolhida, poderá gerar uma economia na água potável de 2,14 m<sup>3</sup>/mês e 25,68 m<sup>3</sup>/ano e uma economia financeira de R\$ 16,05 por mês e R\$ 192,60 ao ano. O custo que foi gasto na implantação do sistema foi de R\$ 459,10, sendo o período de retorno do investimento de 2 anos e 5 meses. A utilização do projeto é considerada viável, pois a pluviometria da região é bem distribuída, o período de retorno não é longo e os materiais utilizados para a construção do sistema são de longa duração, os quais não sofrerão problemas com corrosão.

Palavras-chave: água, estudo de caso, minicisterna residencial, sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

Water, a small word, but with an extremely important meaning. The lack of this resource would make the existence of life on planet Earth impossible, but with the population growth, the increasing demand, the lack of administration of its use, among other factors, can interfere with the availability of water for human consumption, and in the worst case scenario lead to the acceleration of water shortage. -One of the sustainable alternatives that can mitigate the use of water for certain activities is the use of rainwater. Therefore, aiming at the adoption of a more sustainable attitude and the care of the water resource, the goal of this work was to capture rainwater for activities that do not necessarily need drinking water as an alternative to minimize water consumption in a residence in the city of Caçapava do Sul - RS. The research for the implementation of rainwater harvesting involved a brief description of the area, climate of the region, average rainfall, temperatures, consumption of potable water, estimate of non-potable consumption considering the activities of the residence that can make use of rainwater. It was also determined the catchment area, dimensioning of gutters, conductors (horizontal and vertical) and storage reservoirs, calculations of the volume of usable rainwater, water filtration, savings in potable water, financial savings, and period of return on investment in the project. The result of the study indicated that the installation of the project in the chosen area could generate a potable water saving of 2.14 m<sup>3</sup>/month and 25.68 m<sup>3</sup>/year and a financial saving of R\$ 16.05 per month and R\$ 192.60 per year. The cost that was spent in the implementation of the system was R\$ 459.10, and the payback period was 2 years and 5 months. The use of the project is considered viable because the pluviometry of the region is well distributed, the payback period is not long and the materials used for the construction of the system are of long duration, which will not suffer problems with corrosion.

Keywords: water, case study, residential minicistern, sustainability.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de água no planeta Terra .....	20
Figura 2 – Sistema de captação de água da chuva convencional.....	22
Figura 3 – Sistema de captação de água da chuva residencial .....	23
Figura 4 - Áreas de contribuição conforme os diferentes tipos de telhados .....	25
Figura 5 - Formatos de calhas.....	26
Figura 6 - Tipos de calhas.....	27
Figura 7 - Reservatório para descarte inicial de água da chuva .....	28
Figura 8 – Localização do município de Caçapava do Sul – RS.....	35
Figura 9 – Localização da área de contribuição .....	37
Figura 10 - Precipitação média mensal para o município de Caçapava do Sul – RS.. .....	38
Figura 11 – Valores médios mensais de precipitação para o município de Caçapava do Sul – RS .....	52
Figura 12 - Esboço da vista frontal da área de contribuição contendo as medidas (fora de escala) .....	53
Figura 13 - Esboço da vista superior da área de contribuição contendo as medidas (fora de escala) .....	53
Figura 14 - Esboço da vista lateral de parte da área de contribuição contendo as medidas (fora de escala).....	53
Figura 15 - Montagem da minicisterna residencial.....	62
Figura 16 – Primeiras conexões do sistema de captação de água da chuva: A) Vista superior da minicisterna; B) Detalhe do sistema anti-turbilhamento.....	63
Figura 17 – Continuação das conexões do sistema de captação de água da chuva: A) Continuação da tubulação de anti-turbilhamento contendo o tubo da barreira e redução; B) Bombona com o joelho de 90 seguido do tubo da barreira e redução...63	63
Figura 18 – Desenvolvimento do tubo de descarte das primeiras águas da chuva e filtro auto-limpante: A) Detalhe do tubo de descarte das primeiras águas da chuva; B) Filtro auto-limpante para água da chuva. ....	64
Figura 19 - Minicisterna residencial finalizada.....	65
Figura 20 - Materiais utilizados para a confecção do filtro caseiro: A) Garrafas pet; B) Corte das garrafas com tesoura; C) Tampas de garrafa pet. ....	67

Figura 21 – Componentes utilizados para o desenvolvimento do protótipo do filtro caseiro: A) Isqueiro e clipe colados com fita adesiva; B) Carvão após fragmentação; C) Carvão antes de ser fragmentado. ....	68
Figura 22 - Filtro de água caseiro finalizado .....	70

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Distribuição dos recursos hídricos e populacionais no Brasil por Região..	21
Tabela 2 - Coeficientes de Runoff .....	26
Tabela 3 - Coeficientes de rugosidade .....	27
Tabela 4 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.....	34
Tabela 5 - Frequência de manutenção.....	35
Tabela 6 - Consumo de água gasto em atividades da residência .....	41
Tabela 7 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto .....	43
Tabela 8 - Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular ..	44
Tabela 9 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.) .....	45
Tabela 10 - Consumo de água potável na residência durante o período de janeiro de 2020 a janeiro de 2022.....	49
Tabela 11 - Consumo de água pluvial.....	50
Tabela 12 - Dados pluviométricos mensais e anuais para Caçapava do Sul – RS do período de 2011 a 2021 .....	51
Tabela 13 - Dados do dimensionamento de calhas .....	55
Tabela 14 - Tabela com o cálculo dos volumes aproveitáveis .....	56
Tabela 15 - Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação .....	58
Tabela 16 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.....	60
Tabela 17 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Azevedo Neto .....	61
Tabela 18 - Custos com o material necessário para a construção do protótipo de minicisterna residencial .....	72

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AGERGS - Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EVA - Acetato de Vinila

GPRH - Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

NBR - Norma Brasileira

PVC - Policloreto de Vinila

RHN - Rede Hidrometeorológica Nacional

SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

TNT - Tecido Não Tecido

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3 Justificativa .....</b>	<b>17</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Água e sua importância.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Água no Mundo .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3 Água no Brasil.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4 Aproveitamento de água da chuva .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5 Reuso da água da chuva .....</b>	<b>29</b>
<b>2.6 Métodos para dimensionamento dos reservatórios de armazenamento ..</b>	<b>29</b>
<i>2.6.1 Método de Rippl.....</i>	<i>29</i>
<i>2.6.2 Método de simulação.....</i>	<i>30</i>
<i>2.6.3 Método de Azevedo Neto .....</i>	<i>31</i>
<i>2.6.4 Método prático alemão .....</i>	<i>31</i>
<i>2.6.5 Método prático inglês.....</i>	<i>32</i>
<i>2.6.6 Método prático australiano.....</i>	<i>32</i>
<b>2.7 Qualidade da água coletada para fins não potáveis .....</b>	<b>33</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1 Área de estudo .....</b>	<b>35</b>
<i>3.1.1 Clima e precipitação em Caçapava do Sul .....</i>	<i>38</i>
<i>3.1.2 Dados pluviométricos.....</i>	<i>39</i>
<b>3.2 Consumo potável .....</b>	<b>40</b>
<i>3.2.1 Consumo não potável.....</i>	<i>40</i>
<b>3.3 Área de contribuição .....</b>	<b>41</b>
<b>3.4 Dimensionamento das calhas e condutores (verticais e horizontais) .....</b>	<b>42</b>

<b>3.5 Dimensionamento do reservatório .....</b>	<b>45</b>
<b>3.6 Volume de água da chuva aproveitável .....</b>	<b>45</b>
<b>3.7 Filtração da água.....</b>	<b>46</b>
<b>3.8 Análise da viabilidade da implantação do projeto .....</b>	<b>47</b>
3.8.1 Economia na água potável .....	47
3.8.2 Economia financeira .....	47
3.8.3 Período de retorno do investimento no projeto .....	48
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>48</b>
<b>4.1 Consumo de água potável .....</b>	<b>49</b>
4.1.1 Consumo de água pluvial .....	50
<b>4.2 Dados pluviométricos da região.....</b>	<b>50</b>
<b>4.3 Superfície de captação .....</b>	<b>52</b>
<b>4.4 Dimensionamento da calha.....</b>	<b>54</b>
4.4.1 Dimensionamento dos condutores.....	55
<b>4.5 Cálculo do volume de água pluvial aproveitável.....</b>	<b>56</b>
<b>4.6 Dimensionamento do reservatório .....</b>	<b>57</b>
4.6.1 Método da Simulação .....	58
4.6.2 Método de Rippl.....	60
4.6.3 Método de Azevedo Neto .....	61
<b>4.7 Desenvolvimento da minicisterna residencial (reservatório).....</b>	<b>61</b>
<b>4.8 Desenvolvimento do filtro caseiro.....</b>	<b>67</b>
<b>4.9 Análise da viabilidade técnico econômica .....</b>	<b>71</b>
4.9.1 Economia de água potável .....	71
4.9.2 Economia financeira .....	71
4.9.3 Período de retorno do investimento .....	71
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>75</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A vida na terra originou-se com a presença da água, a qual tornou o ambiente propício para os organismos terrestres. Um fator importante é que 70 % do peso corporal do ser humano é composto por água, cuja uma das funções é regular a temperatura corporal. A água é um recurso indispensável para o ser humano, a mesma possui a característica de ser o solvente mais eficiente do planeta, a qual é conhecida como solvente universal. Por possuir tal característica, é facilitada a associação da água a diversas substâncias, incluindo aquelas que podem contaminá-la (MORALES et al., 2016).

No Brasil, o uso da água ocorre principalmente para abastecimento público, atividades industriais, geração de energia, aquicultura, extração mineral, navegação, irrigação de lavouras, turismo e lazer. A qualidade e a quantidade das águas podem ser afetadas dependendo do tipo de uso envolvendo-as (ANA, 2022). Ainda, o uso da água classifica-se em consuntivo e não consuntivo.

Os usos consuntivos consistem na retirada de uma determinada quantidade de água dos mananciais e depois de utilizada, uma quantidade menor e/ou com qualidade inferior é devolvida. Já os usos não consuntivos retira-se uma parte de água dos mananciais e depois de utilizada, é devolvida a esses mananciais a mesma quantidade e com a mesma qualidade (CARVALHO; SILVA, 2006).

Em relação aos usos setoriais, ocorrem principalmente para abastecimento humano (urbano e rural), indústria, geração termelétrica, abastecimento de rebanhos, mineração e irrigação (ANA, 2023).

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2022) para suprir os diversos usos consuntivos e setoriais, estima-se que aproximadamente 93 trilhões de litros de água são retirados anualmente de fontes subterrâneas e superficiais. Dentre os meses de um mesmo ano pode ocorrer variação expressiva no consumo de água, os quais envolvem a irrigação, a termoelectricidade, a evaporação líquida e algumas indústrias.

Conforme a população foi aumentando, a demanda por água potável cresceu. Porém, muitas vezes não são tomados os devidos cuidados e acabam por poluí-la ou desperdiçá-la. Existem diversas substâncias que podem poluir a água, e

representarem enorme perigo para a comunidade local que é composta pela flora e fauna (AMBSCIENCE, 2022).

Para Sousa (2022) flora é o conjunto de espécies vegetais, que podem ser especificadas com a delimitação de um espaço ou região. E de acordo com Abdalla (2007) fauna é um conjunto de espécies animais, que habitam em um determinado local e tempo.

A contaminação e o desperdício de água podem acarretar na escassez hídrica. Com o passar do tempo os recursos hídricos do planeta vem sofrendo esgotamento gradativo, sendo a irresponsabilidade do consumo humano uma das ações que pode provocar a redução de água (DETONI; DONDONI, 2008).

Atualmente, o ser humano tem se conscientizado com relação aos recursos hídricos e procura formas de conter o desperdício. Uma das alternativas de evitar o consumo exagerado de água potável é a utilização de cisternas, reservatórios que captam e armazenam a água da chuva. Por causa dos contaminantes encontrados na atmosfera, a água da chuva só pode ser utilizada para fins não potáveis, entre eles incluem-se regar plantas, lavar calçadas, automóveis, a casa, entre outros.

Sendo assim, decidiu-se executar um projeto de captação de água da chuva, de baixo custo para fins residenciais.

## **1.1 Objetivo Geral**

Este trabalho teve como objetivo captar a água da chuva como alternativa para minimizar o consumo de água em uma residência, localizada no município de Caçapava do Sul – RS.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Dimensionar calhas, condutores horizontais e verticais;
- Desenvolver um protótipo da minicisterna residencial a ser replicado na comunidade;
- Comparar o consumo antes e depois da implantação da minicisterna residencial.



### 1.3 Justificativa

A água é um recurso natural finito de extrema importância para todos, é essencial para a existência no planeta, no dia a dia possui a característica de ser indispensável, porém infelizmente muitas vezes seu uso é negligenciado.

A má utilização da água pode gerar muitos fatores negativos, entre eles está à escassez hídrica, a mesma é uma realidade constante em muitas regiões do Brasil e do Mundo. Ainda, a distribuição de forma desigual pode agravar a falta de água potável.

A escassez de água pode desencadear muitas doenças, pois o simples hábito de não lavar as mãos e comer algum alimento é um exemplo. Por esse, e por outros motivos que se torna necessário saber administrar o uso da água potável. A mesma deve ser direcionada para o suprimento das atividades humanas como a hidratação, a higiene pessoal, o preparo de alimentos e também para a dessedentação de animais domésticos. As demais atividades como limpar a casa, lavar o carro, a calçada, regar plantas ou até a lavagem de roupas, não precisam necessariamente da utilização de água potável.

A discussão a nível global relacionada à escassez de água ocorreu no fim da década de 70, nos debates afirmavam que para a água permanecer sendo um recurso natural capacitado a atender as necessidades, precisaria ser usada de forma sustentável.

Com isso, as pessoas começaram a se conscientizar sobre o consumo de água. Uma das alternativas para contribuir com a diminuição da água potável de forma exagerada é a utilização da captação de água da chuva.

Para a captação de água da chuva, pode-se optar por dimensionar e construir uma minicisterna residencial, pois se comparada aos demais projetos de captação, a minicisterna é de baixo custo. E pode ser usada no conforto da casa do morador.

O foco do trabalho foi à captação de água da chuva como alternativa para minimizar o consumo de água potável em uma residência.

Sendo assim, propôs-se a implantação de uma minicisterna em uma residência situada em Caçapava do Sul - RS, que será utilizada para fins não potáveis. Além de contribuir com o meio ambiente, irá diminuir parte do consumo da residência, acarretando em mudança em longo prazo.

Esse tema relacionado à utilização de água da chuva foi escolhido, pois a água de origem pluvial acaba por tomar diversos rumos e muitas vezes pode se “perder” (não ser reaproveitada), mas ao invés disso, ela pode ser aproveitada.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Água e sua importância**

A água exerce um papel extremamente importante no mundo, à mesma é essencial para que ocorra a manutenção de vida no planeta. Por isso, é fundamental ter conhecimento sobre os assuntos relacionados a ela (CARMONA et al., 2016).

Mesmo que não se note, a água está presente em tudo, sendo na conservação e no equilíbrio da biodiversidade, na sobrevivência da espécie humana, como também nas relações que envolvem a dependência entre ambientes naturais e seres vivos. Sem água o planeta Terra não teria transformando-se em um ambiente propício para a vida. A criação de hábitos, culturas, determinação da ocupação de territórios, a vida ou a falta dela, e também o futuro das gerações, entre muitas outras funções estão atreladas a presença ou ausência da água (BACCI; PATACA, 2008).

Como a água está presente em tudo, deve-se ter mais cuidado com ela, e de acordo com Bruni (1994):

“O parasita toma tudo e não dá nada. O direito de domínio e propriedade se reduz ao parasitismo. Ao contrário, o direito de simbiose se define por reciprocidade: o que a natureza dá ao homem é o que este deve restituir a ela, transformada em sujeito de direito” (BRUNI, 1994, p.53).

A contemporaneidade mostra o homem como o principal responsável por degradar o meio ambiente, não que isso não seja verdade. Porém, ainda pode-se mudar esse cenário buscando mudanças de comportamento, visando à diminuição dos impactos ambientais. Mas, deve-se ter consciência de que, apesar dos esforços que se faça pensando em preservar o planeta, haverá sempre elementos que em um determinado grau possam causar algum prejuízo. Desta forma, cabe aos seres humanos buscar soluções que resultem na diminuição dos impactos negativos ao planeta terra (CARLI, 2010).

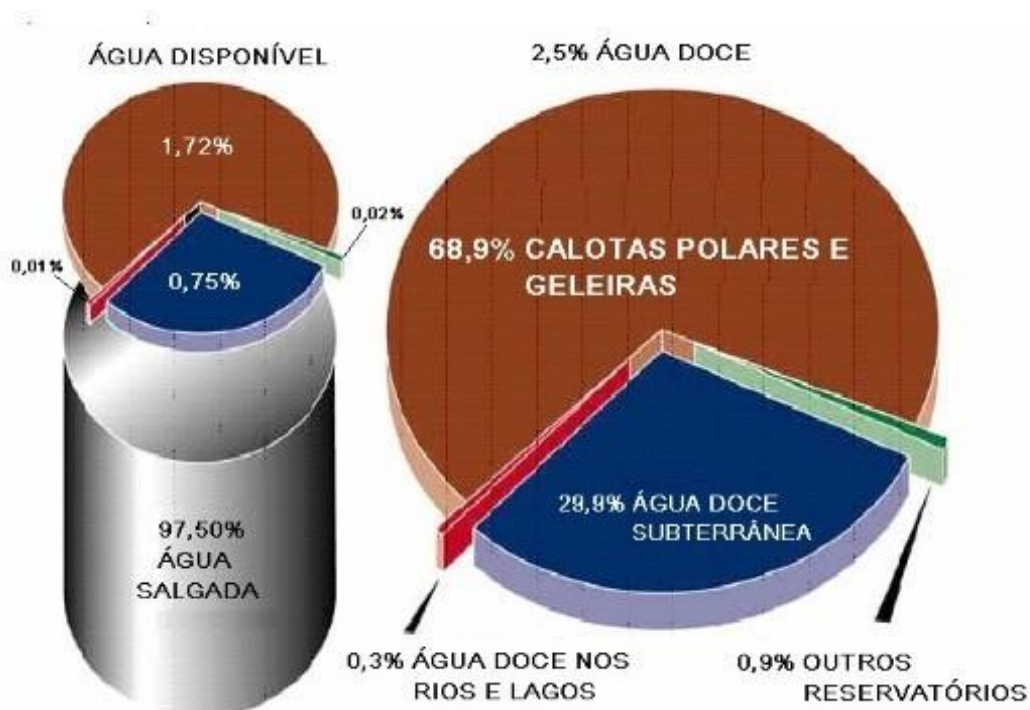
A água era considerada um recurso inesgotável pelo fato do ecossistema apresentar abundantes quantidades de águas cristalinas e renováveis, que nunca chegariam ao fim (GONÇALVES et al., 2017). Mesmo o planeta sendo constituído em 70 % de água superficialmente (BARROS; AMIN, 2008), existe o paradoxo da escassez, pois a água não se encontra distribuída geograficamente de forma uniforme. O modo como o homem tem administrado o uso da água está provando que a mesma é um recurso esgotável e que em breve poderá acabar (OLIVO; ISHIKI, 2014).

De acordo com GONÇALVES et al. (2017) a considerável diminuição das reservas que contém água limpa em todo o planeta, incluindo o Brasil, tornou-se foco de preocupação das autoridades e especialistas, sendo considerado que o problema é gerado principalmente através do mau uso, junto da crescente demanda. O aumento da demanda de água como consequência do desenvolvimento econômico e do crescimento demográfico, ou por meio da crescente deterioração de sua qualidade, que é causada principalmente mediante a poluição excessiva, tem feito com que os governos de todo o mundo definissem novas obrigações e direitos.

## **2.2 Água no Mundo**

A água cobre aproximadamente 70 % da superfície terrestre. Mesmo assim, muitos locais ainda não possuem acesso à água potável, que é apropriada para o consumo humano. Cerca de 97,5 % da água do planeta encontra-se presente nos mares e oceanos, porém na forma salgada, ou seja imprópria para consumo. Em relação aos 2,5 % restantes que compõem o total de água existente, estão armazenados na forma de calotas polares e geleiras (Figura 1). Do total de água existente no planeta citado anteriormente, somente 0,3 % provém de fácil acesso na forma de rios, lagos e na atmosfera (BARROS; AMIN, 2008).

Figura 1 - Distribuição de água no planeta Terra



Fonte: BARROS; AMIN (2008)

A maior disponibilidade de água não garante de forma efetiva a distribuição de maneira igual para as populações humanas. A desigualdade relacionada aos recursos hídricos está atrelada às diferenças populacionais. Um cenário que comprova isso é o fato da Ásia ser o continente mais populoso, o qual possui 59,8 % dos habitantes e 31,6 % da disponibilidade de água doce. Nas Américas a população é composta por 13,6 % e possui 41 % de água disponível (AUGUSTO et al., 2012).

### 2.3 Água no Brasil

Cada região possui características que diferem uma da outra. No Brasil não é diferente (Tabela 1). Em relação ao Norte, o mesmo é rico em água, mas é pouco ocupado pela população e não apresenta desenvolvimento industrial. O Nordeste é composto pela maior parte semiárida do Brasil, as precipitações médias anuais (irregulares) variam entre 200 a 700 mm por ano. A população mais pobre se abriga nessa região, podem ocorrer muitos problemas sociais. O Sudeste abriga a maior parte da população brasileira, e também é a região mais industrializada. O Sul é considerado como a região com melhores índices de desenvolvimento social no

Brasil. Possui clima subtropical, e de acordo com Mariano (2014) as chuvas são bem distribuídas durante o ano. Já o Centro-Oeste é considerado a região de expansão da fronteira agrícola no País (TUCCI; HESPANHOL; NETTO, 2001). A tabela 1 mostra como ocorre a distribuição dos recursos hídricos e populacionais no Brasil de acordo com cada região.

Tabela 1 - Distribuição dos recursos hídricos e populacionais no Brasil por Região

Região	Percentual da disponibilidade hídrica	Percentual da população
Norte	68,5 %	6,8 %
Nordeste	3,3 %	28,9 %
Sudeste	6,0 %	42,7 %
Sul	6,5 %	15,1 %
Centro-oeste	15,7 %	6,4 %
Total	100,0 %	100,0 %

Fonte: AUGUSTO et al (2012)

A tabela 1 acima mostra que a disponibilidade de água e as populações não são distribuídas de forma proporcional, sendo a região Norte com maior disponibilidade de água e segunda menor população, e a região Nordeste com menor disponibilidade de água e segunda maior população. A região na qual se encontra a área de estudo é a Sul, que apresenta a terceira maior disponibilidade hídrica e a terceira maior população.

## 2.4 Aproveitamento de água da chuva

Para manter o crescimento econômico e o acesso à água para toda a população, a sociedade e o governo devem adotar novas medidas visando o desenvolvimento sustentável, que tem como condição fornecer recursos hídricos para as atuais e futuras gerações (SOUZA; ARAUJO, 2016).

O aproveitamento de água pluvial é uma alternativa para auxiliar na economia dos recursos hídricos de qualidade superior (BEZERRA et al., 2010).

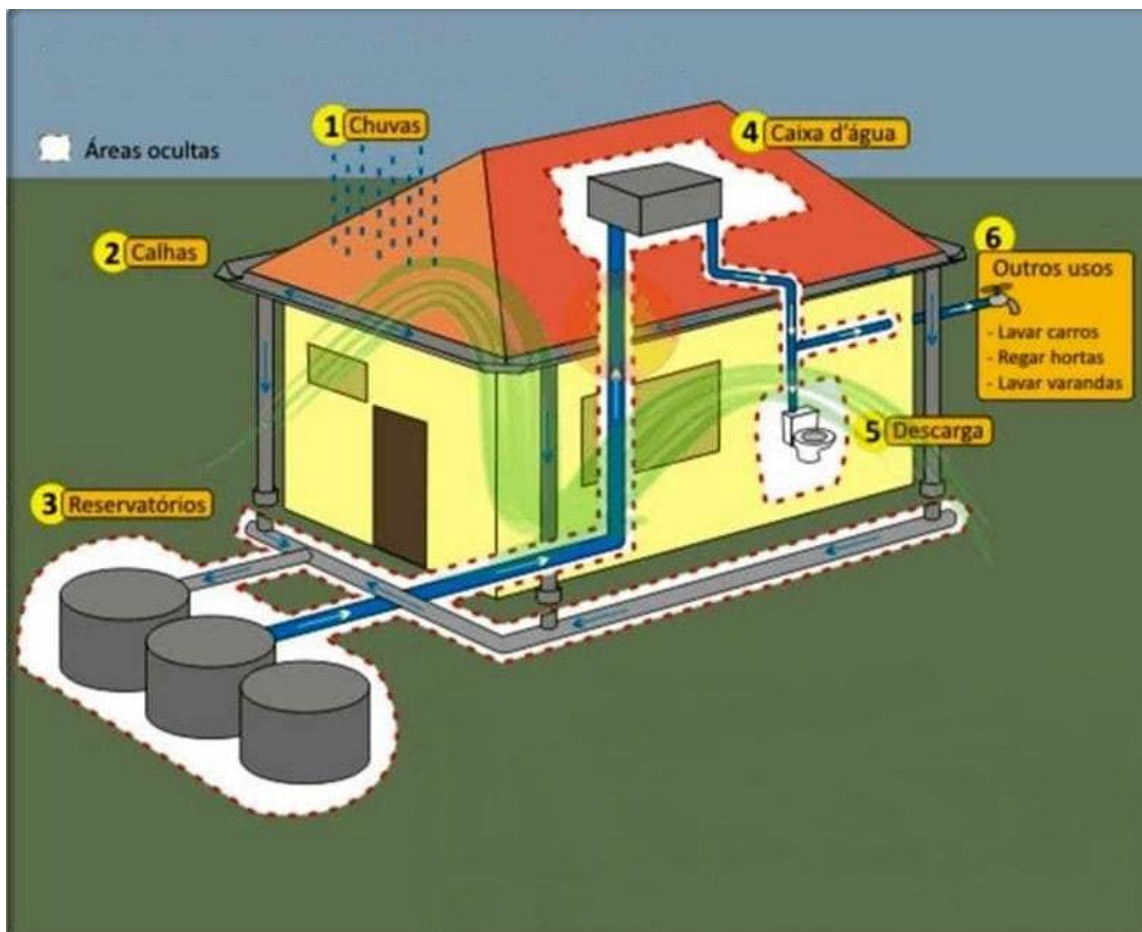
Os sistemas que envolvem a coleta e o aproveitamento de água da chuva em edificações compõem quatro componentes básicos para a sua formação, os quais são: condutores, áreas de coleta, armazenamento e tratamento (LIMA, 2018).

De acordo com COLLA (2008) os sistemas de captação e aproveitamento da água da chuva incluem muitas variações técnicas e financeiras. Os sistemas

considerados mais simples são uma alternativa para minimizar custos de implantação. Sendo assim, cada tipo de material e cada sistema devem ser adaptados conforme cada situação.

Em relação aos sistemas considerados mais simples, pode-se adotar o uso de uma minicisterna residencial (GOMES, 2016), que tem a mesma função da cisterna convencional, porém é mais acessível. A figura 2 apresenta um sistema convencional de captação de água da chuva, em que, as águas provenientes da precipitação caem em toda a área do telhado da casa, onde são captadas e seguem pelas calhas e tubulações até os reservatórios, onde ficam armazenadas, para então serem conduzidas para uma caixa d'água para utilização. Antes disto, as águas passam por uma filtragem para retirada de impurezas. Um dos principais usos desta água é para a descarga nos banheiros, lavagem de carros e quintais, regar hortas, lavar os pisos da casa entre outras coisas (ROCHA, 2020).

Figura 2 – Sistema de captação de água da chuva convencional



Fonte: Adaptado de ROCHA (2020)

A figura 3 mostra um sistema mais simples, constituído por uma calha que conduz a água da chuva captada pelo telhado até um reservatório temporário. Neste percurso, a água captada passa por um filtro auto-limpante, para separar a sujeira grossa. Um pequeno orifício na extremidade do separador regula o descarte de água, de acordo com a intensidade da chuva. Uma pequena barreira força a água a passar pelo interior da cisterna e agir como “fluxo de limpeza” ao extravasar, levando as sujeiras da superfície. O extravasor consiste em uma saída para o excesso de água, que pode ser conectada a uma segunda cisterna (UFG, 2021).

Figura 3 – Sistema de captação de água da chuva residencial



Fonte: adaptado de UFG (2021)

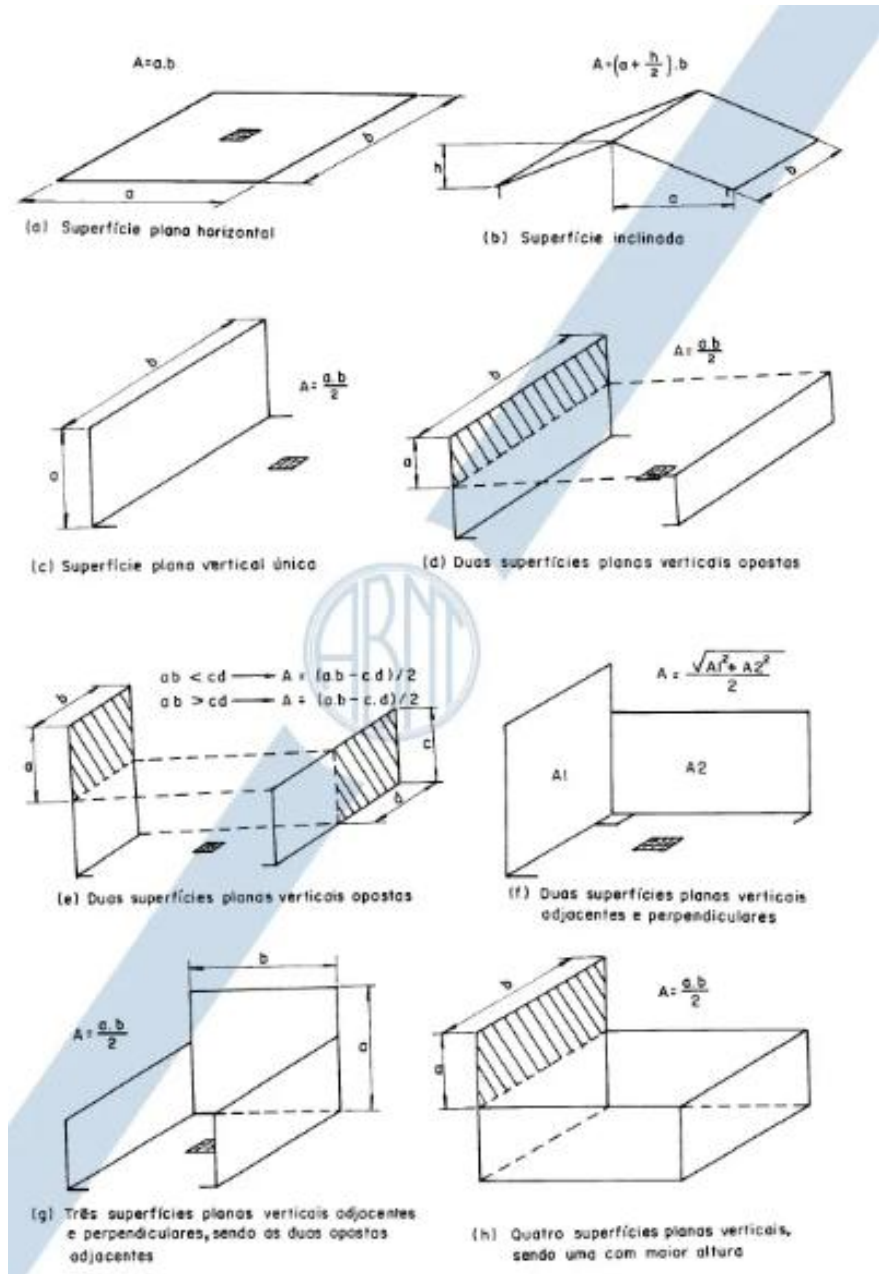
Para que ocorra a captação de água da chuva, primeiramente é importante saber se o telhado é plano, inclinado, ou pouco inclinado, o material do mesmo vai interferir no escoamento da chuva, por isso é fundamental ter conhecimento de sua composição. Os telhados podem ser cerâmicos, zinco, ferro galvanizado, plásticos, fibrocimento, entre outros (TOMAZ, 2010).

De acordo com a NBR 10844 para a área de contribuição devem ser consideradas as paredes que interceptam a água da chuva, como também os incrementos relacionados à inclinação da cobertura (ABNT, 1989). A figura 4



apresenta alguns tipos de telhados e suas recomendações relacionadas à área de contribuição.

Figura 4 - Áreas de contribuição conforme os diferentes tipos de telhados



Fonte: ABNT NBR 10844 (1989)

Ainda, se deve levar em consideração o coeficiente de Runoff, o qual é ligado ao material da cobertura e está relacionado à razão entre o volume de água que escoar superficialmente e o volume de água precipitado, que é referente às perdas,

ocasionadas pela evaporação, na autolimpeza, limpeza do telhado, entre outras (RIBEIRO; MARINOSKI, 2020).

Como citado anteriormente o coeficiente de Runoff é influenciado pela composição do material da área que conduzirá a captação de água da chuva, a tabela 2 apresenta os valores para o coeficiente de Runoff.

Tabela 2 - Coeficientes de Runoff

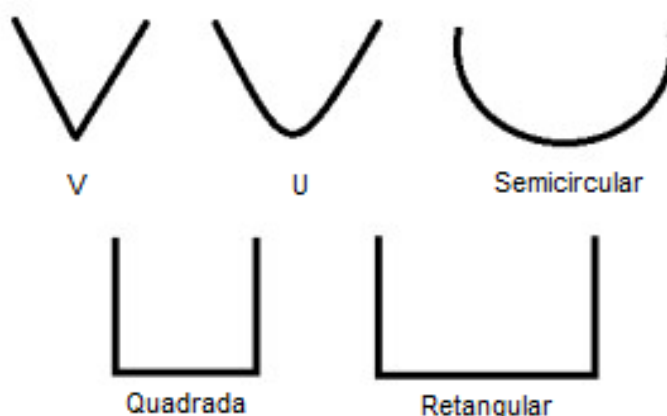
Material de Cobertura	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: FILHO; SOVANO; JUNIOR (2017)

De acordo com a tabela 2 acima, são apresentados os diferentes tipos de materiais de coberturas e seus coeficientes de Runoff respectivos. Dependendo do material, ocorrerá influência no escoamento da água pluvial.

Após, a água da chuva cai sobre os telhados e lajes de uma edificação, onde por meio de calhas, condutores verticais e horizontais, é conduzida ao local de armazenamento (CARVALHO, 2010). As calhas podem ser em formato de V, U, semicircular, entre outros. E podem ser do tipo platibanda, beiral e furtada. As figuras 5 e 6 apresentam os diferentes formatos e tipos de calhas respectivamente.

Figura 5 - Formatos de calhas



Fonte: MINATTO (2013)

Figura 6 - Tipos de calhas



Fonte: MINATTO (2013)

Segundo Suárez (2000) a rugosidade de um determinado canal pode influenciar a largura, a profundidade, e a velocidade média do escoamento. Para encontrar o valor de rugosidade que irá influenciar no escoamento de uma tubulação, a NBR 10844 fornece os valores de acordo com cada material (Tabela 3) (ABNT, 1989).

Tabela 3 - Coeficientes de rugosidade

Material	N
Plástico, fibrocimento, aço, metais, não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

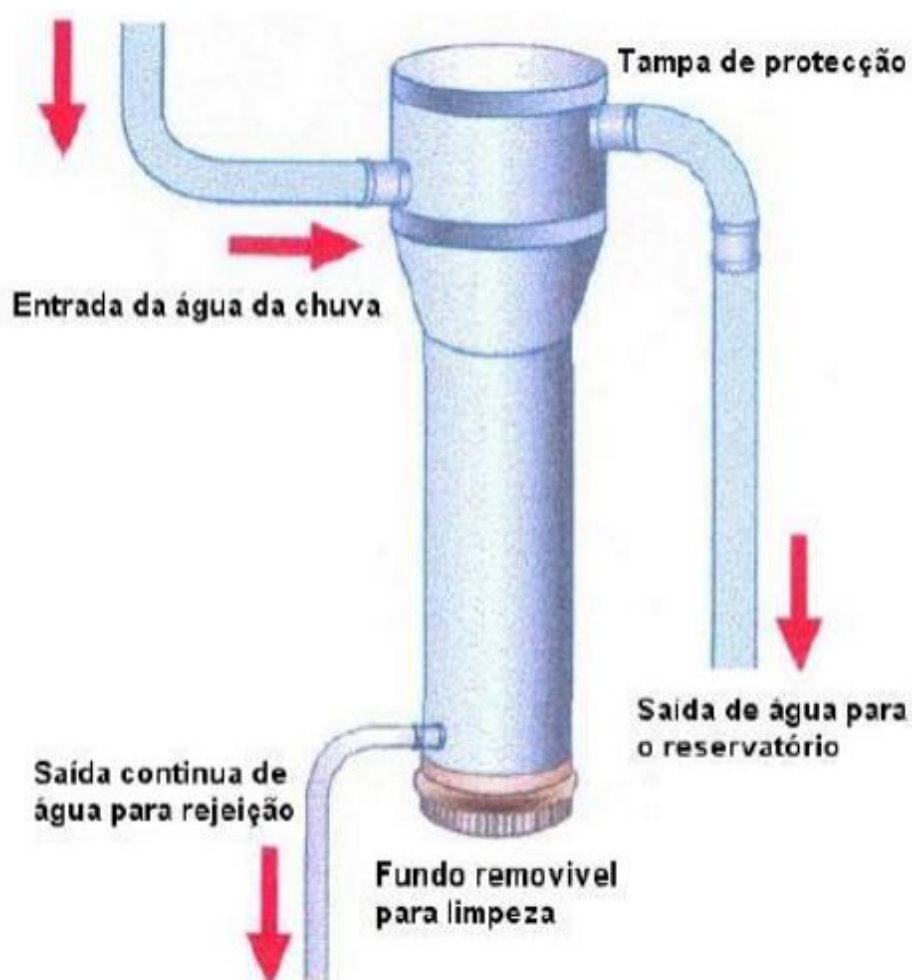
Fonte: ABNT NBR 10844 (1989)

A composição do material também influenciará no escoamento da água pluvial, onde o material mais rugoso dificultará o escoamento e o mais liso facilitará.

De acordo com Cintra et al. (2016) a poluição do ar e o tipo de sistema de captação interferem na qualidade de água da chuva, e o ambiente também pode influenciar, por isso é importante utilizar uma tela ou um coador, se a casa for rodeada por árvores, isso ajudará a manter as folhas fora dos tubos coletores.

Conforme Costa (2011) é importante descartar os primeiros milímetros de chuva, pois são responsáveis pela limpeza da atmosfera e da superfície de captação, por isso é essencial o uso de dispositivos de descarte nos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Ainda, se o projetista não possuir dados suficientes, a NBR 15527 recomenda o descarte de 2 milímetros da precipitação inicial (ABNT, 2007). A figura 7 apresenta um exemplo de reservatório que ajuda no descarte das primeiras águas da chuva.

Figura 7 - Reservatório para descarte inicial de água da chuva



Fonte: FEITOSA; MARQUES (2017)

Após a água passar pela área de contribuição, calhas, condutores horizontais e verticais, finalmente é armazenada em reservatórios que podem ser suspensos, apoiados ou enterrados (TOMAZ, 2010).

Em relação ao reservatório deve-se considerar no projeto o uso de extravasor, inspeção, descarga de fundo para limpeza, ventilação, cobertura e segurança (TOMAZ, 2007).

A NBR 5626 (ABNT, 1998) aconselha o uso de hipoclorito de sódio uma vez por ano, para desinfetar os reservatórios. E também devem ser considerados os problemas de degradação e corrosão dos materiais utilizados nas instalações de água fria. Os mesmos devem ser projetados e executados, visando à diminuição de problemas.

## **2.5 Reuso da água da chuva**

O primeiro registro do uso de água da chuva no Brasil aconteceu no século XVIII, no município de Santa Catarina com o intuito de construir as fortalezas de Florianópolis. A construção da cisterna coletava água dos telhados, a mesma era usada para vários fins, incluindo o consumo das tropas (FONSECA, 2012).

Recentemente no Brasil foi implantado o Programa 1 milhão de Cisternas aliado ao Programa Uma Terra Duas Águas, onde os mesmos com o auxílio do Governo Brasileiro, envolvem a captação e o armazenamento de água da chuva em cisternas, com o objetivo de fornecer demandas para a agricultura e a pecuária, essencialmente na época de estiagem (FERREIRA; MORUZZI, 2022).

## **2.6 Métodos para dimensionamento dos reservatórios de armazenamento**

Atualmente, é possível encontrar vários métodos de dimensionamento de reservatórios para a captação de água da chuva, sendo na NBR 15527 (ABNT, 2007) como também em trabalhos técnicos. Porém, serão citados somente os métodos contidos na NBR 15527 (ABNT, 2007).

### **2.6.1 Método de Rippl**

O método de Rippl consiste na utilização de séries históricas de precipitações, onde as mesmas transformam-se em vazões que alimentam o reservatório em cada mês. Porém, para facilitar o cálculo usualmente se formulam séries sintéticas, que são preparadas a partir de uma série histórica de precipitação, podendo ser diária ou mensal (CORRÊA; BEZERRA; FURLANI, 2017).

Para aplicar o dimensionamento do método de Rippl, as equações 1, 2, 3 e 4 a seguir devem ser utilizadas:

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (1)$$

$$Q(t) = C \times \text{Precipitação da chuva}(t) \times \text{Área de captação} \quad (2)$$

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0 \quad (3)$$

$$\sum D(t) < \sum Q(t) \quad (4)$$

Onde:

$S(t)$  = Volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$Q(t)$  = Volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$D(t)$  = Demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$V$  = Volume do reservatório;

$C$  = Coeficiente de escoamento superficial.

### 2.6.2 Método de simulação

O método de simulação se baseia ao determinar o percentual de consumo, que deverá ser atendido em função de um tamanho de reservatório antecipadamente definido. Para esse método a evaporação da água não é levada em conta. Aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito, para um determinado mês (SANTOS et al., 2019). Para esse método, são utilizadas as equações 5, 6 e 7.

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (5)$$

$$Q(t) = C \times \text{Precipitação da chuva}(t) \times \text{Área de captação} \quad (6)$$

$$0 \leq S(t) \leq V \quad (7)$$

Onde:

$S(t)$  = Volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$S(t-1)$  = Volume de água no reservatório no tempo  $t - 1$ ;

$Q(t)$  = Volume de chuva no tempo  $t$ ;

$D(t)$  = Consumo ou demanda no tempo  $t$ ;

$V$  = Volume do reservatório fixado;

$C$  = Coeficiente de escoamento superficial.

NOTA: Para este método, duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t”, os dados históricos são representativos para as condições futuras.

### 2.6.3 Método de Azevedo Neto

O aproveitamento da água da chuva pode ser aplicado para abastecimento de sistemas coletivos e individuais. O Método de Azevedo Neto, também conhecido como Método prático Brasileiro recomenda o máximo aproveitamento de 50% da precipitação anual, em função do escoamento superficial, como também de perdas pertencentes ao sistema (GIACCHINI; FILHO; SANTOS, 2022). Para o cálculo do volume é utilizada a equação 8.

$$V = 0,0042 \times P \times A \times T \quad (8)$$

Onde:

P = Valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T = Valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A = Valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

V = Valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

### 2.6.4 Método prático alemão

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), o método prático alemão é um método empírico onde se pega o valor menor do volume do reservatório; 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável. O cálculo é realizado através da equação 9.

$$V_{\text{adotado}} = \text{Mín}(V; D) \times 0,06 \quad (9)$$

Onde:

V = Valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D = Valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

V adotado = Valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

### 2.6.5 Método prático inglês

Para o método prático inglês através da equação empírica, que assume de forma direta 5 % do volume anual de água pluvial captado, é possível obter o volume do reservatório (GARCIA; ANJOS; SILVA, 2018). A realização do cálculo ocorre por meio da equação 10.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (10)$$

Onde:

P = Valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A = Valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

V = Valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

### 2.6.6 Método prático australiano

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), para o método prático Australiano, a realização do cálculo do volume é feita por tentativas, até que se utilize valores que são considerados otimizados de confiança e volume do reservatório (equação 11).

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (11)$$

Onde:

C = Coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P = Precipitação média mensal;

I = Interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;



A = Área de coleta;

Q = Volume mensal produzido pela chuva.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (12)$$

Onde:

$Q_t$  = Volume mensal produzido pela chuva no mês  $t$ ;

$V_t$  = Volume de água que está no tanque no fim do mês  $t$ ;

$V_{t-1}$  = Volume de água que está no tanque no início do mês  $t$ ;

$D_t$  = demanda mensal.

Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando  $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$ , então o  $V_t=0$

O volume do tanque escolhido será T.

Confiança:

$$Pr = \frac{Nr}{N} \quad (13)$$

Onde:

Pr = Falha

Nr = Número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando  $V_t = 0$ ;

N = Número de meses considerado, geralmente 12 meses.

$$Confiança = (1 - Pr) \quad (14)$$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90 % e 99 %.

## 2.7 Qualidade da água coletada para fins não potáveis

As águas de qualidade inferior podem ser utilizadas para fins não potáveis, pois existem ações que não necessitam de água potável para serem realizadas. A

utilização da água da chuva pode contribuir de forma significativa para amenizar as pressões sofridas, nos já considerados escassos mananciais que contém água doce, resultando em melhoria na gestão dos recursos hídricos (REZENDE, 2016).

Ainda, a utilização de águas pluviais para fins não potáveis envolve a lavagem de pisos e calçadas, lavagem de carros, lavagens de roupas, descargas de vasos sanitários e irrigação de jardins. Resultando na possibilidade de diminuir o desperdício de água potável (PEREIRA; ANDRADE, 2013).

A NBR 15527 (ABNT, 2007) apresenta os parâmetros de qualidade de água da chuva para fins menos nobres, e também a frequência de manutenção das partes que constituem o sistema (Tabelas 4 e 5). A definição dos padrões de qualidade é feita pelo projetista de acordo com cada utilização prevista. Para usos mais restritivos, deve ser utilizada a tabela 4.

Tabela 4 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre <sup>a</sup>	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT <sup>b</sup> , para usos menos restritivos <5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	Mensal	< 15 uH <sup>c</sup>
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

Fonte: ABNT NBR 15527 (2007)

Nota: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante, deve ser usado derivado de cloro.

<sup>a</sup> No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção

<sup>b</sup> uT é a unidade de turbidez

<sup>c</sup> é a unidade Hasen

Tabela 5 - Frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

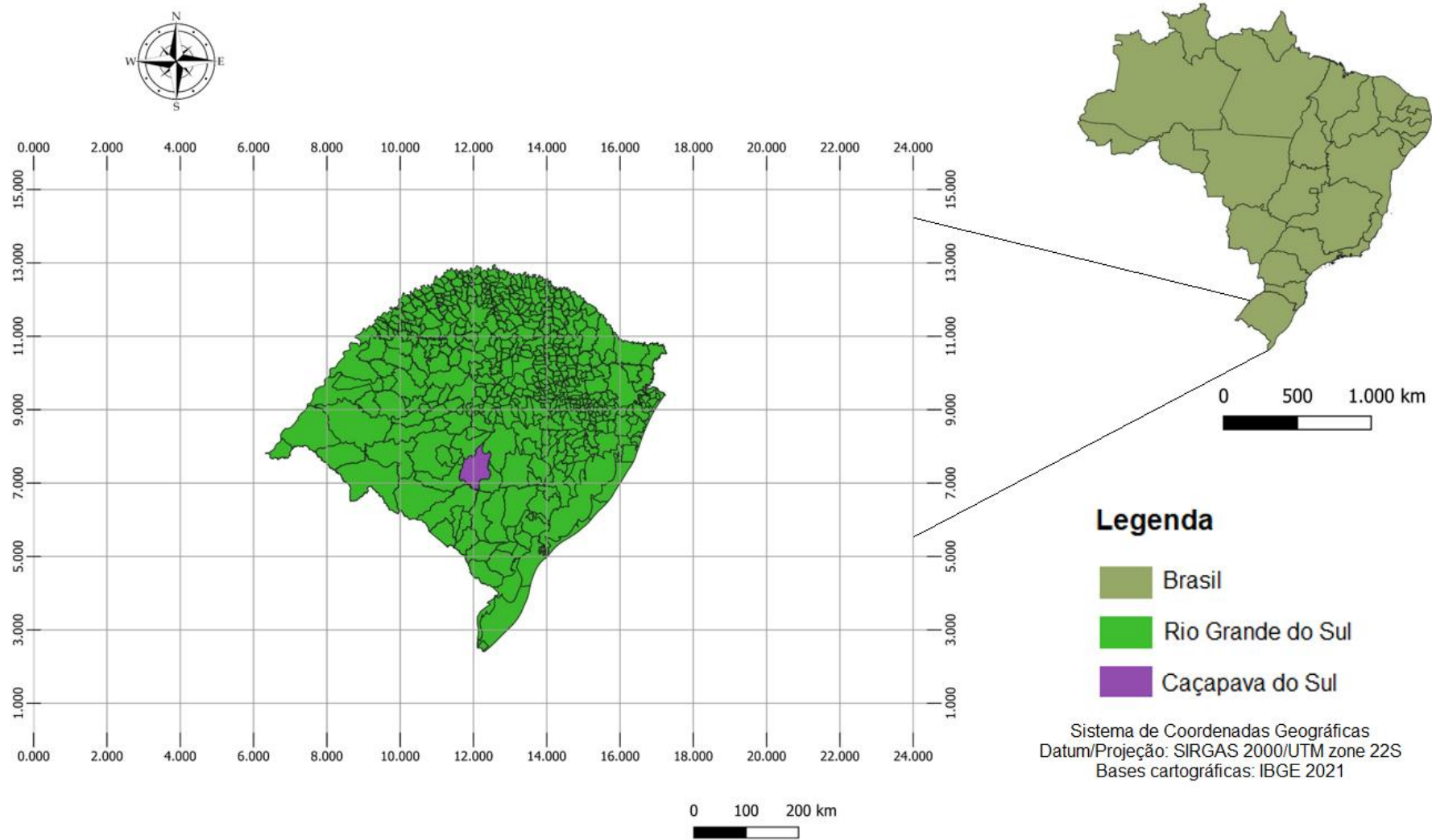
Fonte: ABNT NBR 15527 (2007)

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Área de estudo

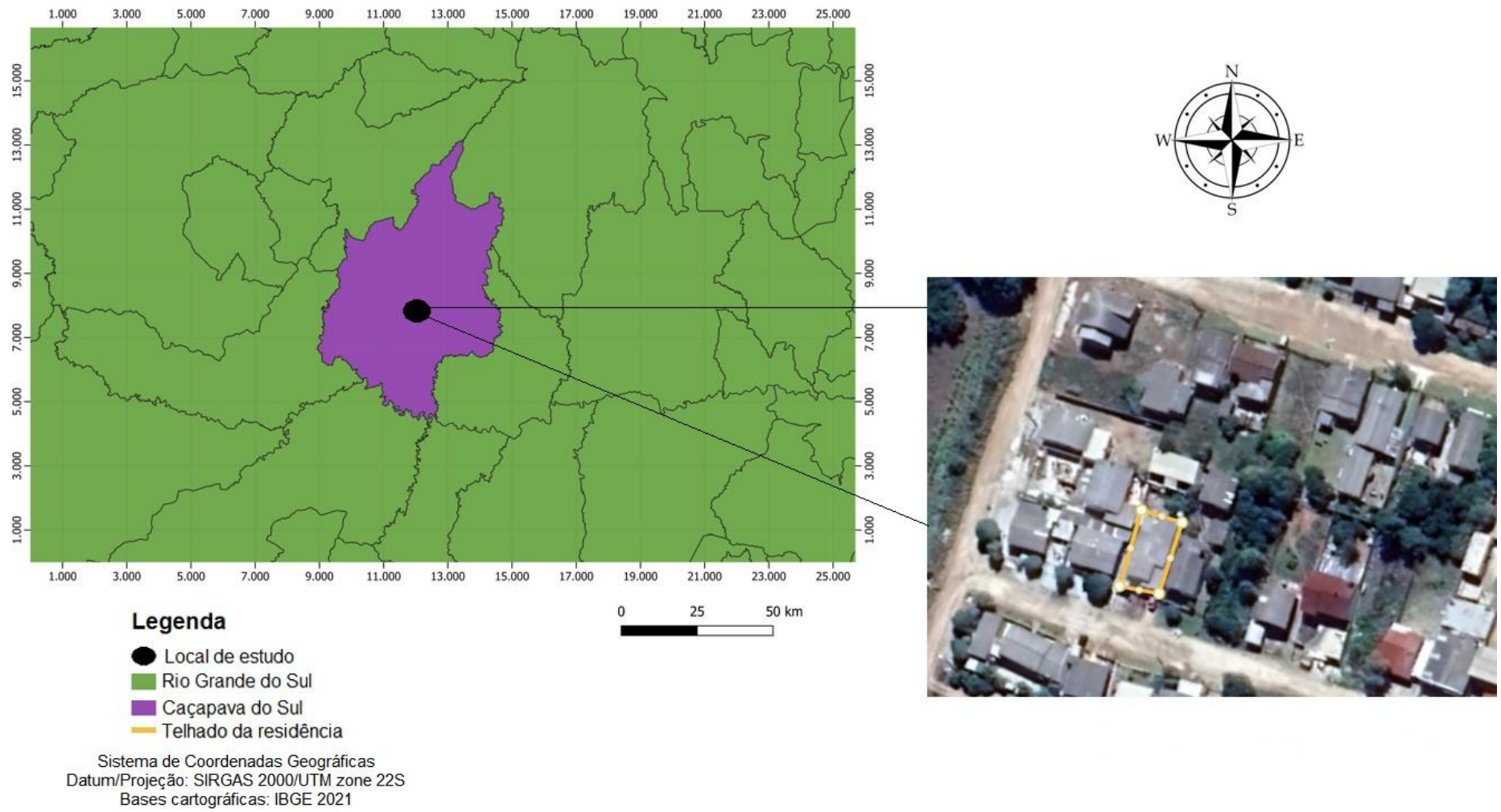
O município de Caçapava do Sul, o qual pertence ao estado do Rio Grande do Sul, apresenta as coordenadas 30°30'44"S (latitude) e 53°29'29"W (longitude) (LINHARES et al., 2020), sua altitude média é de 450 metros (KRAUSE; MARQUES; LOBATO, 2021). Possui uma área de 3.047,113 km<sup>2</sup>, e no ano de 2021 sua população foi estimada em 33.476 habitantes (IBGE, 2022). A localização do município de Caçapava do Sul está representada na figura 8, e a área de contribuição na figura 9.

Figura 8 – Localização do município de Caçapava do Sul – RS



Fonte: AUTORA (2023)

Figura 9 – Localização da área de contribuição



AUTORA (2023)

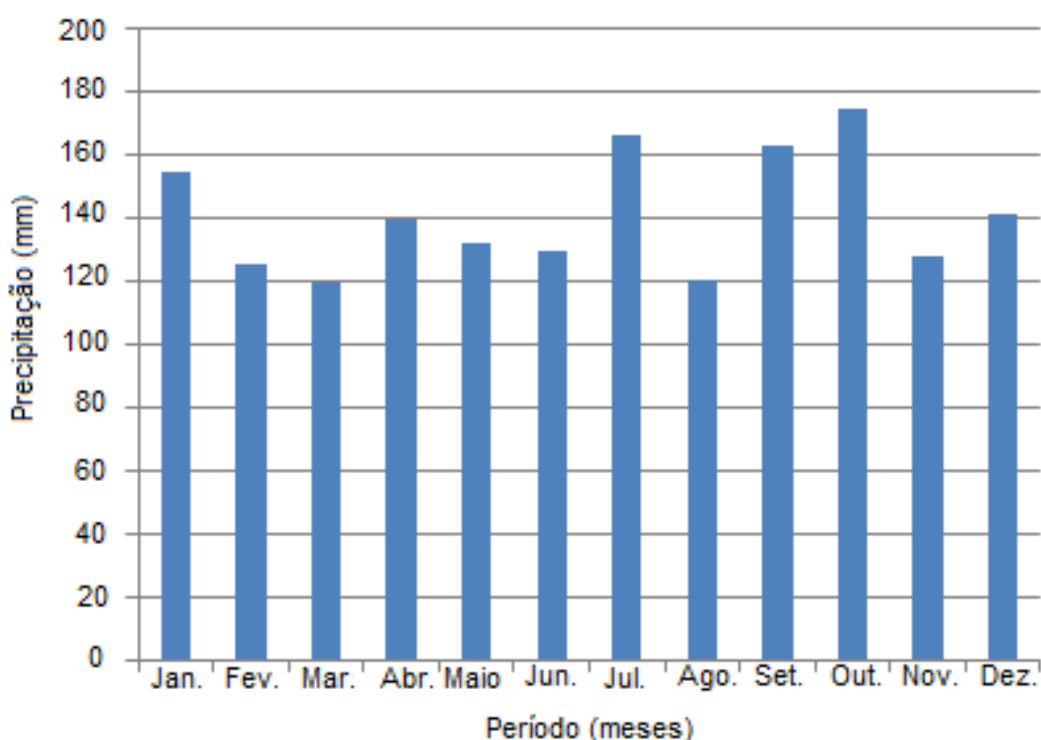
### 3.1.1 Clima e precipitação em Caçapava do Sul

Os dados relacionados ao clima no município de Caçapava do Sul foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde foi possível consultar os dados históricos referentes à Encruzilhada do Sul, a estação possui o código 83964. A mesma foi escolhida, pois se situa a uma altitude de 432 m, a qual é parecida com a de Caçapava do Sul, e também por possuir uma série de dados históricos mais completos. A coleta de dados foi referente ao período de 1989 a 2019.

O clima em Caçapava do Sul é denominado como subtropical úmido (Cfa) de acordo com Köppen (ALVARES et al., 2014), o qual se caracteriza por apresentar chuvas ao longo de todos os meses do ano, temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C, e temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C (WREGGE et al., 2022). A temperatura média anual fica em torno de 18 °C (GALHARDI; TALLEMBERG; MELLO, 2018).

De acordo com o INMET (2023), a precipitação pluvial anual é de 1956 mm, a deficiência hídrica anual é de 0,25 mm, e o excesso hídrico anual é de 727 mm. A figura 10 apresenta a precipitação média mensal para o município de Caçapava do Sul, adquirido através de dados referentes ao município de Encruzilhada do Sul.

Figura 10 - Precipitação média mensal para o município de Caçapava do Sul - RS



Fonte: INMET (2022) (Dados de Encruzilhada do Sul – RS para o período de 1989 a 2019)

Observa-se que ao longo dos anos as chuvas são bem distribuídas, as maiores precipitações ocorrem nos meses de julho e outubro e as menores precipitações ocorrem nos meses de março e agosto.

### 3.1.2 Dados pluviométricos

Para implantar um sistema de captação de água da chuva, é necessário conhecer a pluviometria da região. Os dados pluviométricos foram adquiridos pelo site HIDROWEB, o qual é uma ferramenta que possui vínculo com o Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos (SNIRH), que possibilita acessar o banco de dados, os quais possuem todas as informações, que foram coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), constituindo dados de vazões, climatologia, chuvas, fluviais, sedimentos e qualidade da água.

Os dados relacionados à precipitação no município de Caçapava do Sul foram referentes ao posto de monitoramento da Estação de Tratamento de Água da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), a qual é responsável pelo abastecimento de água no município, o código da estação é 03053022. Os dados de

precipitação que foram utilizados para fazer os comparativos dos métodos são referentes ao período de 2011 a 2021, pois possui uma série de dados pluviométricos sem falhas.

A intensidade pluviométrica foi calculada por meio do software Plúvio 2.1 que foi desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa - MG. Sousa (2020) menciona que o software Plúvio 2.1 torna possível obter a equação de chuvas intensas para os estados do Brasil, porém somente para as localidades onde já existem as equações.

Desta forma, neste estudo foi utilizada a equação pertencente à cidade de Encruzilhada do Sul (equação 15), pois é a região mais próxima e com maiores semelhanças climáticas com Caçapava do Sul.

$$I = \frac{431,09 \times TR^{0,19}}{(T+3,7)^{0,64}} \quad (15)$$

I = Intensidade pluviométrica (mm/h);

TR = Tempo de retorno (anos);

T = Duração da precipitação (min).

### 3.2 Consumo potável

A Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul (AGERGS) é responsável pelos preços da tabela tarifária envolvendo o uso da água. A CORSAN disponibiliza a tabela de tarifas de acordo com cada categoria das economias abastecidas.

O consumo de água tratada foi essencial para comparar o quanto de água será economizado após a implantação do sistema de captação de água da chuva residencial. Os dados relacionados ao consumo de água potável e os valores gastos, foram conferidos por meio dos registros das faturas mensais disponibilizadas pela CORSAN. As informações foram relacionadas ao período de janeiro de 2020 a janeiro de 2022.

#### 3.2.1 Consumo não potável



O cálculo do quanto de água potável gastou-se nas atividades da residência, foi realizado seguindo metodologia apresentada no trabalho de Tomaz (2010), conforme a tabela 6.

Tabela 6 - Consumo de água gasto em atividades da residência

Consumo	Cálculo	Resultado
Área do jardim	$\text{Área (m}^2\text{)} \times 2$ $\text{litros/dia/m}^2 \times 0,40$ $\text{vezes/mês} \times 30$ $\text{dias}/1000$	m <sup>3</sup>
Lavagem de carro	Quantidade de carros da residência $\times 150$ litros/lavagem $\times 4$ (frequência de lavagem)/1000	m <sup>3</sup>
Mangueira de jardim	50 litros/dia $\times$ (número de dias)/1000	m <sup>3</sup>
*Balde para limpeza da casa	Litros $\times$ (vezes/mês)/1000	m <sup>3</sup>

Fonte: Adaptado de TOMAZ (2010)

\*OBS.: Somente o balde para limpeza da casa não seguiu os cálculos de Tomaz (2010).

Explicação: Um balde de X litros é usado pela metade (X litros), X vezes em X dia da semana.

Balde para limpeza da casa:  $X \text{ litros} \times X \text{ vezes} / \text{mês} = X \text{ litros}/1000 = X \text{ m}^3$

### 3.3 Área de contribuição

A captação de água da chuva foi feita através do telhado de uma residência localizada no município de Caçapava do Sul - RS. Para o dimensionamento de calhas, condutores verticais e horizontais, e outros constituintes que estão associados a um sistema de captação de água da chuva, é importante saber as medidas da área de contribuição.

A área utilizada foi escolhida, pois já possuía uma calha, o que diminuiu significativamente o custo de implantação do sistema. Para a obtenção das medidas, foi utilizada a trena. O telhado da residência é do tipo cimento amianto, obtendo-se um coeficiente de Runoff médio igual 0,85 (Tabela 2).

### 3.4 Dimensionamento das calhas e condutores (verticais e horizontais)

A NBR 10844 (ABNT, 1989) serviu de direcionamento para a realização do dimensionamento de calhas. Para obter a área de contribuição do telhado foi utilizada a equação 16, pois esta corresponde à superfície inclinada. E se utilizou as equações 17 e 18, pois além da superfície inclinada existe outra superfície que dá continuidade a área de contribuição, até chegar à calha.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b \quad (16)$$

Onde:

A = Área de contribuição do telhado (m<sup>2</sup>);

a = Metade da largura do telhado (m);

b = Comprimento do telhado (m);

h = Altura do telhado (m).

$$h = \textit{inclinação} \times \textit{comprimento da base} \quad (17)$$

$$A = \frac{b \times h}{2} \quad (18)$$

Onde:

A = Área de contribuição (m<sup>2</sup>);

b = Base do telhado (m);

h = Altura do telhado (m).

A vazão de projeto foi calculada através da área de contribuição e da intensidade pluviométrica, conforme a equação 19.

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (19)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min);

I = Intensidade pluviométrica (mm/h);

A = Área de contribuição (m<sup>2</sup>).

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989) para as calhas de beiral ou platibanda, quando a saída estiver a menos de 4 metros de uma mudança de direção, deve-se multiplicar a vazão de projeto pelos coeficientes da tabela 7 conforme cada situação.

Tabela 7 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto

Tipo de curva	Curva a menos de 2 metros da saída da calha	Curva entre 2 e 4 metros da saída da calha
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

Fonte: ABNT (1989)

A calha da residência se encaixa na opção de curva a menos de 2 metros da saída da calha e tem canto reto, sendo, portanto, o coeficiente multiplicativo utilizado no trabalho de 1,2.

Para encontrar a vazão que deveria ser escoada nas calhas, foi utilizada a equação de Manning-Strickler apresentada na equação 20. O raio hidráulico foi calculado por meio da equação 21 para calhas de seção semicircular. Ainda, a norma indica o coeficiente de rugosidade (Tabela 3) para diferentes tipos de materiais, pois também devem ser considerados nos cálculos para dimensionamento.

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times RH^{2/3} \times i^{1/2} \quad (20)$$

$$RH = \frac{A}{P} = \frac{\pi \times D^2 / 8}{\pi \times D / 2} \quad (21)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min);

K = 60.000;

S = Área da seção molhada (m<sup>2</sup>);

n = Coeficiente de rugosidade;

RH = Raio hidráulico (m);

i = Declividade (m/m);

P = Perímetro molhado (m);

D = Diâmetro (mm).

Em relação ao dimensionamento dos condutores verticais, de acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989) o diâmetro interno mínimo deve ser de 70 mm. Como a vazão de projeto foi pequena se comparada àquelas que constam no ábaco da norma, o mesmo não pôde ser utilizado. Com isso decidiu-se fazer uso da tabela 8, apresentada por Tomaz (2007). A área máxima de telhado adotada foi a de 42,0 m<sup>2</sup>, pois é a que mais se aproxima da área de contribuição da residência. Sendo assim, o diâmetro do condutor vertical utilizado foi de 75 mm.

Tabela 8 - Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular

Diâmetro do conduto vertical (mm)	Área máxima de telhado (m <sup>2</sup> )
50	13,6
75	42,0
100	91,0
150	275,0

Fonte: TOMAZ (2007)

O dimensionamento dos condutores horizontais foi feito por meio da tabela 9 que possui algumas vazões de projeto já calculadas, conforme os diferentes diâmetros e inclinações.

Tabela 9 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)

Diâmetro interno (D) (mm)	n= 0,011				n=0,012				n=0,013				
	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
6	200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
7	250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
8	300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: ABNT (1989)

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura da lâmina da água igual a 2/3 D.

### 3.5 Dimensionamento do reservatório

O reservatório de armazenamento é essencial no sistema de captação de água da chuva (MORUZZI; OLIVEIRA; CARVALHO, 2008). Para a implantação do protótipo da minicisterna residencial buscou-se seguir o método de Simulação. Também foram utilizados os métodos de Rippl e Azevedo Neto para fazer um comparativo, e verificar qual irá atender melhor a demanda. Os métodos citados anteriormente foram escolhidos por serem, os mais utilizados em trabalhos.

### 3.6 Volume de água da chuva aproveitável

Após conhecer a área de coleta, demanda e dados pluviométricos para Caçapava do Sul, tornou-se possível encontrar o provável volume a ser captado pelo reservatório. Conforme Tomaz (2010) nem tudo que é precipitado pode ser

aproveitado, por isso deve-se levar em consideração as perdas por evaporação, limpeza do telhado, entre outras. De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007) o volume de chuva que será aproveitado depende do coeficiente de Runoff (Tabela 2), como também da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial. Este volume é calculado pela equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (22)$$

Onde:

V = Volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável (m<sup>3</sup>);

P = Precipitação média anual, mensal ou diária (mm);

A = Área de coleta (m<sup>2</sup>);

C = Coeficiente de escoamento superficial da cobertura – Runoff (adimensional);

η fator de captação = Eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado (adimensional).

Para o fator de captação, se não possuir dados suficientes, Tomaz (2007) aconselha adotar η=0,80.

### 3.7 Filtração da água

A filtração consiste no processo de separação utilizado para retirar um sólido de um líquido (BASTOS; AFONSO, 2015). O processo é aplicado para várias situações, entre elas está à filtragem de água em residências por meio de filtros de barro (EMPRESA JÚNIOR DE ENGENHARIA QUÍMICA DO BRASIL - PROPEQ, 2022).

Uma opção acessível de filtro de água é o caseiro (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO – UNESP, 2022), sendo o mesmo constituído de diferentes camadas, onde as granulometrias maiores são postas em cima das menores. Basicamente o filtro caseiro é composto de areia, pedra e carvão.

Se preferível, pode-se utilizar um filtro caseiro, porém a água pluvial ainda não deverá ser consumida, continuará sendo utilizada para as atividades que não necessitam de água potável.

Ao pensar na possibilidade de algum sólido grosseiro ser carregado pela calha e levado até os condutores, onde terá acesso à entrada do reservatório, decidiu-se desenvolver um filtro caseiro para complementar o protótipo da minicisterna residencial, o qual será apresentado posteriormente neste trabalho.

### 3.8 Análise da viabilidade da implantação do projeto

#### 3.8.1 Economia na água potável

A economia de água potável foi feita considerando o volume captado (equação 23), e a demanda de água potável que poderá ser substituída pela água pluvial (tabela 6). Com isso fez-se uso de porcentagem para saber o quanto poderá ser atendido mensalmente, conforme adaptado do trabalho de Campos (2019).

$$AP = \text{média do } \sum \text{ da porcentagem atendida mensalmente (\%)} \quad (23)$$

Onde:

AP = Percentual total de água potável que pode ser economizado por mês (%).

#### 3.8.2 Economia financeira

A verificação da economia financeira foi realizada por meio da diferença entre o custo médio mensal pago pela água potável antes e após a utilização do sistema. O valor pago foi obtido através da multiplicação do m<sup>3</sup> de água cobrado pela CORSAN pelo volume de água potável, que será economizado através da coleta de água pluvial. Com isso, foi determinada a economia em reais, que corresponde ao volume de água gasto, de acordo com a equação 24, seguindo metodologia apresentada por Santos (2010).

$$E = CMp1 - CMp2 \quad (24)$$

Onde:

E = Economia monetária de água potável após o uso de água pluvial (R\$/mês);

CMp1= Custo médio mensal de água potável atual antes da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês);

CMp2= Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês).

### 3.8.3 Período de retorno do investimento no projeto

A análise do período de retorno do investimento foi realizada levando em consideração, os gastos envolvidos no desenvolvimento do sistema de captação de água pluvial. A tabela 18 apresenta os materiais e seus respectivos custos. Com a obtenção do valor investido e do que será economizado mensalmente, foi possível calcular o período de retorno.

Sendo assim, o cálculo apresentou o número de meses que serão necessários para pagar o que foi gasto na execução do sistema se igualando e/ou superando o mesmo, conforme a equação 25 (DÁVILA, 2015).

$$TR = \frac{I_i}{E} \quad (25)$$

Onde:

TR = Tempo de retorno (meses);

I<sub>i</sub> = Investimento inicial;

E = Valor economizado mensalmente.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta parte serão mostrados e discutidos os resultados alcançados no estudo de captação de água da chuva, e a implantação do sistema de baixo custo na residência localizada em Caçapava do Sul - RS. No trabalho foi realizado um estudo da demanda potável e não potável, uma análise dos dados pluviométricos da região, da superfície de captação, os dimensionamentos de calhas, condutores horizontais e verticais, o cálculo do volume de água pluvial aproveitável, o dimensionamento do reservatório, o desenvolvimento da minicisterna residencial, a execução de um filtro



caseiro, o levantamento de quanto será economizado na água potável e em dinheiro, e também o período de retorno do investimento.

#### 4.1 Consumo de água potável

O consumo de água potável gasto na residência foi analisado através das faturas mensais disponibilizadas pela CORSAN. As informações fornecidas são referentes ao período de janeiro de 2020 a janeiro de 2022. A tabela 10 mostra os dados concedidos, com os volumes e valores gastos.

Tabela 10 - Consumo de água potável na residência durante o período de janeiro de 2020 a janeiro de 2022

Ano	Mês	Consumo mensal (m <sup>3</sup> )	Fatura mensal (R\$)
2020	Janeiro	14	107,08
2020	Fevereiro	10	82,7
2020	Março	9	78,81
2020	Abril	14	106,78
2020	Maio	9	79,26
2020	Junho	10	84,43
2020	Julho	10	84,53
2020	Agosto	9	78,81
2020	Setembro	10	84,27
2020	Outubro	10	89,3
2020	Novembro	12	101,3
2020	Dezembro	10	89,84
2021	Janeiro	11	95,36
2021	Fevereiro	13	107,53
2021	Março	11	95,91
2021	Abril	12	107,09
2021	Maio	10	90,04
2021	Junho	10	89,52
2021	Julho	9	87,29
2021	Agosto	11	99,99
2021	Setembro	9	87,29
2021	Outubro	10	95,48
2021	Novembro	11	102,06
2021	Dezembro	12	108,47
2022	Janeiro	12	108,58
	Média	10,72	93,67

Fonte: Adaptado de CORSAN (2022)

De acordo com as faturas referentes ao consumo da residência, os meses que apresentaram maiores consumos mensais foram janeiro e abril de 2020 com 14 m<sup>3</sup> e

fevereiro de 2021 com 13 m<sup>3</sup>. Os meses com menor consumo foram março, maio e agosto de 2020 e também julho e setembro de 2021 todos com 9 m<sup>3</sup>. Para os dois últimos anos, a tabela 10 mostrou um consumo médio de 10,72 m<sup>3</sup>. A média de gastos com o abastecimento de água ficou em torno de R\$ 93,67.

Ao observar as faturas mensais foi possível notar que a residência possui certa oscilação de gastos com a água potável. Um detalhe importante é que os valores cobrados nas faturas mensais são referentes somente ao gasto com o metro cúbico de água, as tarifas de água não estão inclusas.

#### 4.1.1 Consumo de água pluvial

A estimativa de água pluvial (Tabela 11) na residência, para as atividades que não precisam necessariamente de água potável foi feita por meio dos cálculos contidos no trabalho de Tomaz (2010). Somente o cálculo envolvendo o balde para limpeza da casa foi diferente, no mesmo utilizou-se o volume do balde pelo número de vezes que é utilizado para a limpeza da casa.

Tabela 11 - Consumo de água pluvial

Consumo	Demanda mensal (m <sup>3</sup> )	Demanda anual (m <sup>3</sup> )
Lavagem de carro	0,6	7,2
Área de jardim	0,032	0,384
*Balde para limpeza da casa	0,12	1,44
Mangueira de jardim	0,5	6
Total	1,252	15,024

Fonte: Adaptado de TOMAZ (2010, p.73)

#### 4.2 Dados pluviométricos da região

Os dados pluviométricos apresentados abaixo (Tabela 12) foram utilizados nos métodos citados anteriormente, com o intuito de observar como o reservatório da minicisterna residencial irá se comportar futuramente.

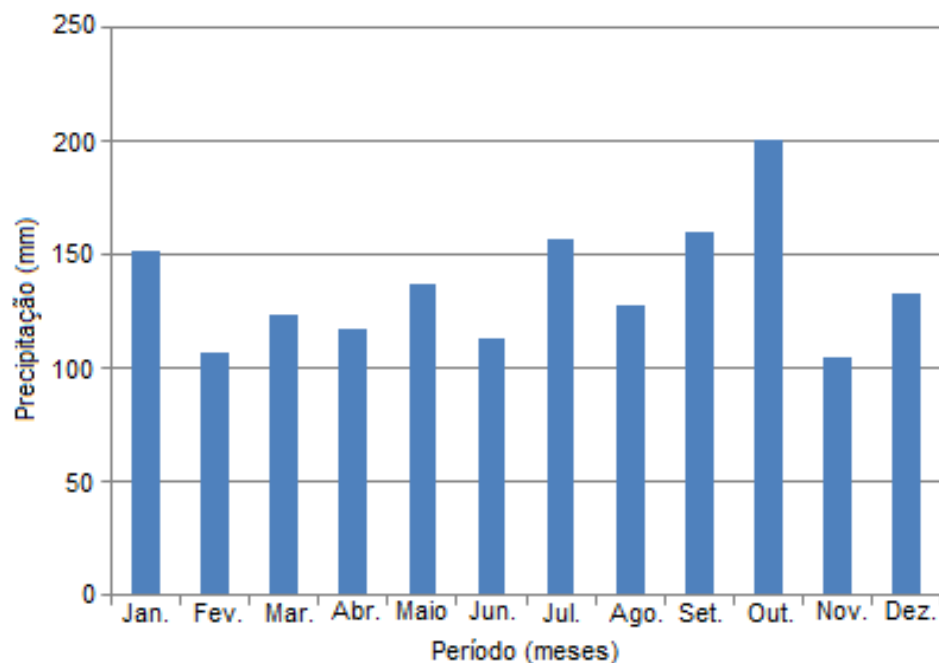
Tabela 12 - Dados pluviométricos mensais e anuais para Caçapava do Sul – RS do período de 2011 a 2021

Ano	Precipitação												Anual
	Mensal (mm)												
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
2011	148,7	184,3	47,6	241,8	26,1	118,5	195,9	147,4	57,2	154,4	65,2	25,3	1412,4
2012	30	101,5	51,3	83	22,5	15,2	93,5	114,2	241,4	218,4	53,2	230,6	1254,8
2013	62,3	73,1	104,2	157,4	134,4	63,9	50,7	137,3	65,6	154,8	188,5	23,5	1215,7
2014	172,3	251,6	212,8	58,4	106,7	208,8	309,5	90,9	189,7	229,5	66,8	202,2	2099,2
2015	178,5	96,4	64,2	59,3	195,8	146,2	272,9	98,6	172,9	367,2	145,4	384,1	2181,5
2016	62,9	63,8	221,4	267,2	100,2	44,2	190,8	162,9	55,8	244,9	242,6	191,9	1848,6
2017	149,4	183,1	233,1	99	275,7	133,5	25,1	209,3	184,6	189,6	68,5	20,5	1771,4
2018	62,2	23,9	156,4	98,8	49,4	126,5	180,1	150,5	304	84,3	130,3	156,5	1522,9
2019	302,1	68,5	95	194,7	263,1	65,6	241	109,3	96,8	395,4	58,6	73,2	1963,3
2020	275,3	19,9	50,4	25,8	204,6	153,2	114,7	68,7	146,7	64	43,4	118,8	1285,5
2021	229,5	115,2	119,4	9	127,5	165,5	52,9	116,6	246,9	106,2	95,1	35,1	1418,9
Média mensal (mm)	152,1	107,4	123,3	117,7	136,9	112,8	157,0	127,8	160,1	200,8	105,2	132,9	-
Média anual (mm)													1634,02

Fonte: Adaptado de ANA (2022)

Em relação às médias de precipitação que compõem a tabela acima, os meses menos chuvosos são fevereiro e novembro com 107,4 mm e 105,2 mm respectivamente. E os meses mais chuvosos são setembro e outubro com 160,1 mm e 200,8 mm respectivamente. O índice pluviométrico médio anual é de 1634,02 mm o que indica que uma quantidade considerável de água pluvial poderá atender a capacidade do reservatório constantemente. A figura 11 abaixo apresenta os valores médios mensais de precipitação.

Figura 11 – Valores médios mensais de precipitação para o município de Caçapava do Sul – RS

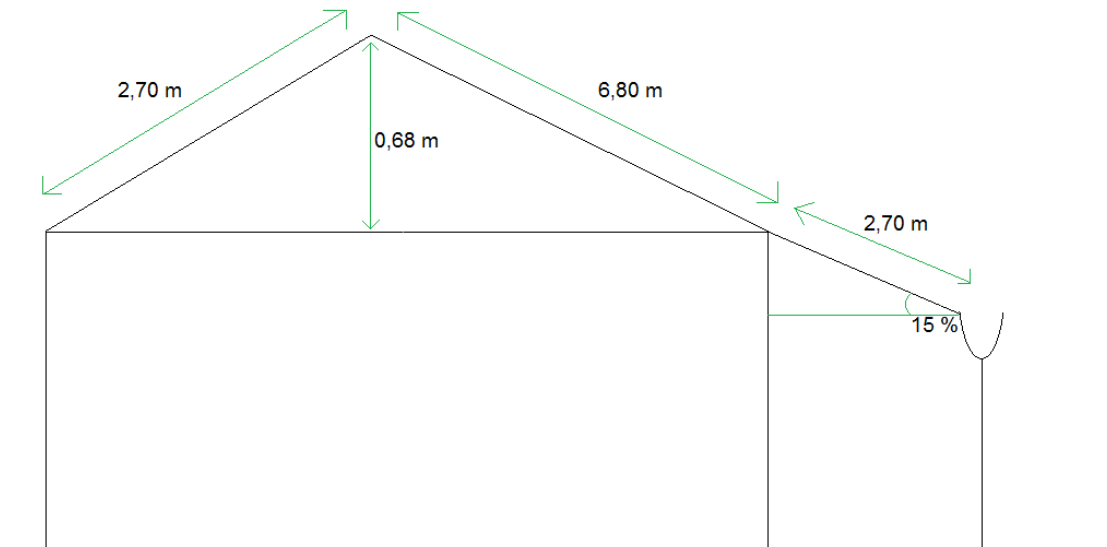


Fonte: Adaptado de ANA (2022)

### 4.3 Superfície de captação

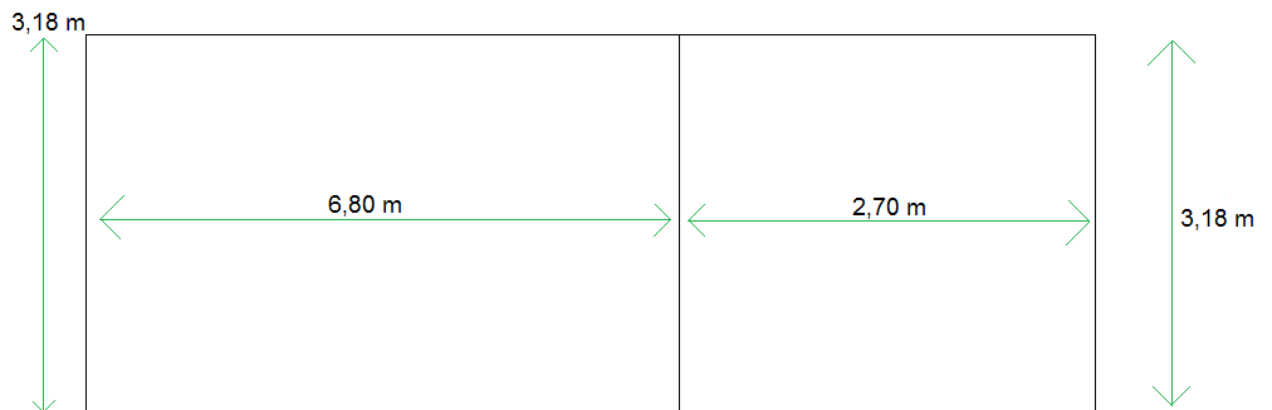
A superfície de captação utilizada foi escolhida, porque a residência já possuía uma calha próxima à área de contribuição, o que diminuiu os custos com o projeto. A obtenção das medidas da área ocorreu por meio de medições feitas com o auxílio de trena. As figuras 12, 13 e 14 apresentam as medidas do telhado, após os cálculos obteve-se a área em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

Figura 12 - Esboço da vista frontal da área de contribuição contendo as medidas (fora de escala)



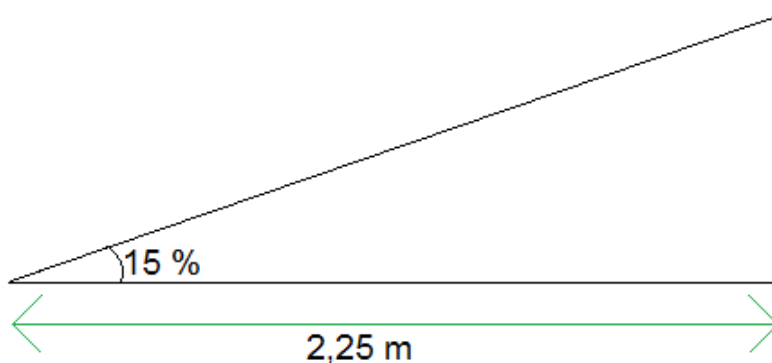
Fonte: AUTORA (2022)

Figura 13 - Esboço da vista superior da área de contribuição contendo as medidas (fora de escala)



Fonte: AUTORA (2022)

Figura 14 - Esboço da vista lateral de parte da área de contribuição contendo as medidas (fora de escala)



Fonte: AUTORA (2022)

Os dados das figuras acima foram utilizados para o cálculo da área total (equações 16, 17 e 18). Após a realização dos cálculos, a área total de captação obtida foi de 23,08 m<sup>2</sup>.

#### 4.4 Dimensionamento da calha

Para o dimensionamento da calha deve-se possuir conhecimento sobre a vazão de projeto, a mesma é obtida conhecendo a intensidade pluviométrica da região, e a área de contribuição.

A intensidade pluviométrica para Caçapava do Sul foi adquirida por meio da equação 15 para chuvas intensas de Encruzilhada do Sul. A obtenção da equação ocorreu por meio do software Plúvio 2.1. A duração da chuva foi fixada em 5 min conforme o recomendado pela NBR 10844 (ABNT, 1989). Para o tempo de retorno adotou-se 5 anos, pois é a situação que mais se aproxima da residência.

O cálculo da área de contribuição seguiu a NBR 10844 para telhados inclinados (equação 16) e para a outra área que dá continuação à inclinada, foram utilizadas as equações 17 e 18. Feito isso se obteve o somatório da área total.

A área de contribuição escolhida já possuía uma calha, então se fez uso da mesma. Foi essencial determinar qual o formato e o tipo da calha para saber em qual situação da norma 10844 ela se enquadrava. A calha da residência apresenta o formato semicircular, e é dos tipos platibanda e beiral.

O material que compõe a calha é aço galvanizado, e de acordo com a NBR 10844 o coeficiente de rugosidade para esse tipo de material é de 0,011. Para as calhas de beiral e platibanda a inclinação deve obedecer valor mínimo de 0,5 % (a

calha da residência apresenta esse valor). Os dados citados anteriormente foram inseridos na equação de Manning-Strickler (equação 20). A tabela 13 mostra os resultados obtidos através do desenvolvimento dos cálculos.

Tabela 13 - Dados do dimensionamento de calhas

Superfície de captação	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Declividade da calha (%)	Vazão de projeto (L/min)	Vazão na calha (L/min)
Telhado da residência	23,08	146,58	0,5	67,66	132,61

Fonte: AUTORA (2022)

Conforme mostrado na tabela 13 a área de captação é de 23,08 m<sup>2</sup>, a intensidade pluviométrica fica em torno de 146,58 mm/h, a declividade da calha de 0,5 % atendeu à NBR 10844 para calhas do tipo platibanda ou beiral. Como a vazão de projeto é bem menor que a vazão na calha já existente, isso significa que a calha instalada no local se adequa ao projeto.

OBS: O diâmetro da calha já instalada é de 170 mm, mas para não alterar os cálculos, adotou-se o diâmetro de 100 mm. Se fosse usado o de 170 mm as medidas dos condutores seriam super dimensionadas, o diâmetro de 100 mm atendeu bem os requisitos para o dimensionamento.

#### 4.4.1 Dimensionamento dos condutores

Com a vazão de projeto de 67,66 L/min pode-se prosseguir para encontrar o condutor vertical mais apropriado para a situação, porém como a vazão é pequena não se pôde usar o ábaco que consta na NBR 10844.

Sendo assim, optou-se por fazer uso da tabela (8) de Tomaz (2007), em que são apresentadas as áreas máximas de cobertura para condutores verticais de seção circular. O condutor vertical indicado para esse caso é de 75 mm.

O dimensionamento dos condutores horizontais ocorreu com o auxílio da tabela 9 pertencente à NBR 10844, onde foram calculadas vazões de projeto para diferentes declividades e diâmetros. Considerando a declividade de 0,5 % e a vazão

de projeto adquirida, em relação à tabela a vazão mais próxima era a de 95 L/min, e o condutor horizontal que irá atender a vazão foi o de 75 mm.

#### 4.5 Cálculo do volume de água pluvial aproveitável

Para descobrir o quanto de água pluvial poderá ser aproveitável, utilizou-se a equação 22. Na equação mencionada anteriormente, de acordo com o material do telhado adotou-se o coeficiente de Runoff de 0,85. Outra informação importante é o fator de captação, que de acordo com Tomaz (2007) varia entre 0,50 a 0,90.

No estudo foi utilizado 0,80 para o fator de captação, pois é um valor prático indicado quando não se têm dados disponíveis. Os cálculos do volume aproveitável aparecem na tabela 14.

Tabela 14 - Tabela com o cálculo dos volumes aproveitáveis

Período (mês)	Precipitação média (mm)	Área total disponível (m <sup>2</sup> )	Volume captado (m <sup>3</sup> )	Demanda mensal (m <sup>3</sup> )	Porcentagem atendida mensalmente (%)
Janeiro	152,1	23,08	2,4	1,2	200
Fevereiro	107,4	23,08	1,7	1,2	142
Março	123,3	23,08	1,9	1,2	158
Abril	117,7	23,08	1,8	1,2	150
Mai	136,9	23,08	2,1	1,2	175
Junho	112,8	23,08	1,8	1,2	150
Julho	157,0	23,08	2,5	1,2	208
Agosto	127,8	23,08	2	1,2	167
Setembro	160,1	23,08	2,5	1,2	208
Outubro	200,8	23,08	3,2	1,2	267
Novembro	105,2	23,08	1,7	1,2	142
Dezembro	132,9	23,08	2,1	1,2	175
Média	136,2	23,08	2,14	1,2	178

Fonte: AUTORA (2022)

Ao analisar os resultados contidos na tabela 14, percebeu-se que a porcentagem de atendimento mensal foi alta para todos os meses, isso ocorreu porque a demanda é menor que o volume aproveitável (captado).



#### **4.6 Dimensionamento do reservatório**

O reservatório escolhido possui capacidade de 200 litros, os dados pluviométricos utilizados estão apresentados na tabela 12. A área de contribuição de 23,08 m<sup>2</sup>, e o coeficiente de Runoff de 0,85, foram os mesmos para os cálculos envolvendo o volume de chuva dos três métodos. Os resultados dos cálculos para cada método estão nas tabelas 15, 16 e 17.

#### 4.6.1 Método da Simulação

Tabela 15 - Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação

Mês	Chuva média (mm)	Demanda mensal constante (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório fixado (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório no tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório no tempo t. (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	C=0,85 Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	152,1	1,2	23,08	3	0,2	0	0,2	1,6	0
Fevereiro	107,4	1,2	23,08	2	0,2	0,2	0,2	0,8	0
Março	123,3	1,2	23,08	2	0,2	0,2	0,2	0,8	0
Abril	117,7	1,2	23,08	2	0,2	0,2	0,2	0,8	0
Maio	136,9	1,2	23,08	3	0,2	0,2	0,2	1,8	0
Junho	112,8	1,2	23,08	2	0,2	0,2	0,2	0,8	0
Julho	157,0	1,2	23,08	3	0,2	0,2	0,2	1,8	0
Agosto	127,8	1,2	23,08	2	0,2	0,2	0,2	0,8	0
Setembro	160,1	1,2	23,08	3	0,2	0,2	0,2	1,8	0
Outubro	200,8	1,2	23,08	4	0,2	0,2	0,2	2,8	0
Novembro	105,2	1,2	23,08	2	0,2	0,2	0,2	0,8	0
Dezembro	132,9	1,2	23,08	3	0,2	0,2	0,2	1,8	0
Total	1634,0	14,4		31				16,4	0

Fonte: AUTORA (2022)

Os valores da coluna 9 revelam que em todos os meses do ano a água pluvial transbordará, apontando que o excesso de água sairá pelo extravasor. E de acordo com a coluna 10, não será necessário suprimento externo para suprir a demanda mensal. Sendo assim, o volume de chuva total de 31 m<sup>3</sup>/ano superará a demanda total de 14,4 m<sup>3</sup>/ano.

#### 4.6.2 Método de Rippl

Tabela 16 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume da chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Diferença entre os volumes da demanda (m <sup>3</sup> )	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m <sup>3</sup> )	Obs.
Janeiro	152,1	1,2	23,08	3	-1,8	-	E
Fevereiro	107,4	1,2	23,08	2	-0,8	-	E
Março	123,3	1,2	23,08	2	-0,8	-	E
Abril	117,7	1,2	23,08	2	-0,8	-	E
Mai	136,9	1,2	23,08	3	-1,8	-	E
Junho	112,8	1,2	23,08	2	-0,8	-	E
Julho	157,0	1,2	23,08	3	-1,8	-	E
Agosto	127,8	1,2	23,08	2	-0,8	-	E
Setembro	160,1	1,2	23,08	3	-1,8	-	E
Outubro	200,8	1,2	23,08	4	-2,8	-	E
Novembro	105,2	1,2	23,08	2	-0,8	-	E
Dezembro	132,9	1,2	23,08	3	-1,8	-	E
Total	1634,0	14,4 m <sup>3</sup> /ano		31 m <sup>3</sup> /ano maior ou igual 14,4 m <sup>3</sup> /ano			

Fonte: AUTORA (2022)

O valor negativo verificado para a diferença entre os volumes da demanda evidenciam que haverá excesso de água sendo direcionado para a saída do extravasor.

A demanda total de 14,4 m<sup>3</sup>/ano é inferior ao volume de chuva total de 31 m<sup>3</sup>/ano, indicando que o reservatório vai estar cheio em todos os meses do ano. Isso significa que a demanda mensal será suprida e ainda transbordará água pluvial.

#### 4.6.3 Método de Azevedo Neto

Para a análise dos meses de pouca chuva ou seca, fez-se uso de porcentagem. Nenhum dos anos apresentou precipitação inferior a 70 % da média anual, indicando que no período apresentado na tabela 12 não ocorreram meses de pouca chuva ou seca. Com o intuito de evitar que o cálculo resultasse em zero (impedindo o desenvolvimento do cálculo para encontrar o volume do reservatório), optou-se pela utilização do número 1 (elemento neutro na multiplicação, o qual não causa alteração). A tabela 17 apresenta o resultado para o método de Azevedo Neto.

Tabela 17 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Azevedo Neto

Precipitação média anual (mm)	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume obtido (m <sup>3</sup> )
1634,02	23,08	1,58

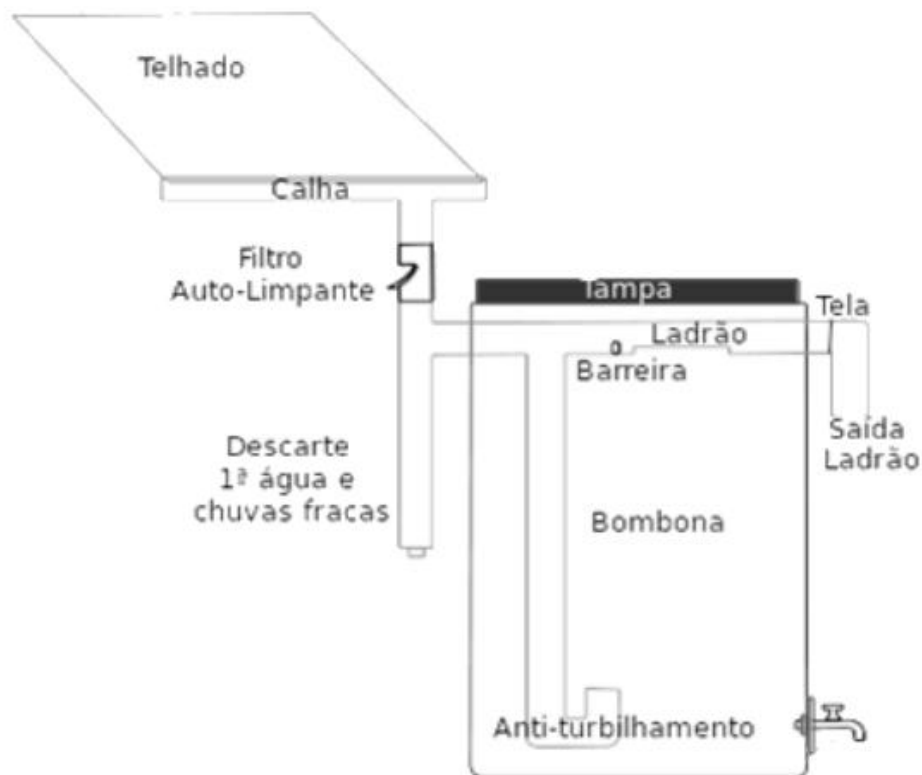
Fonte: AUTORA (2022)

O cálculo pelo método de Azevedo Neto aponta que o volume mínimo do reservatório a ser utilizado deve ser de 1,58 m<sup>3</sup>, mas como não existe essa capacidade de reservatório para ser vendida atualmente, o volume do reservatório indicado para ser utilizado foi de 2 m<sup>3</sup>.

#### 4.7 Desenvolvimento da minicisterna residencial (reservatório)

A realização do protótipo da minicisterna residencial seguiu a ilustração do trabalho de Gomes (2016), porém ao longo do seu desenvolvimento, foram necessárias algumas adaptações. A ilustração pertencente ao trabalho de Gomes (2016) é mostrada na figura 15.

Figura 15 - Montagem da minicisterna residencial

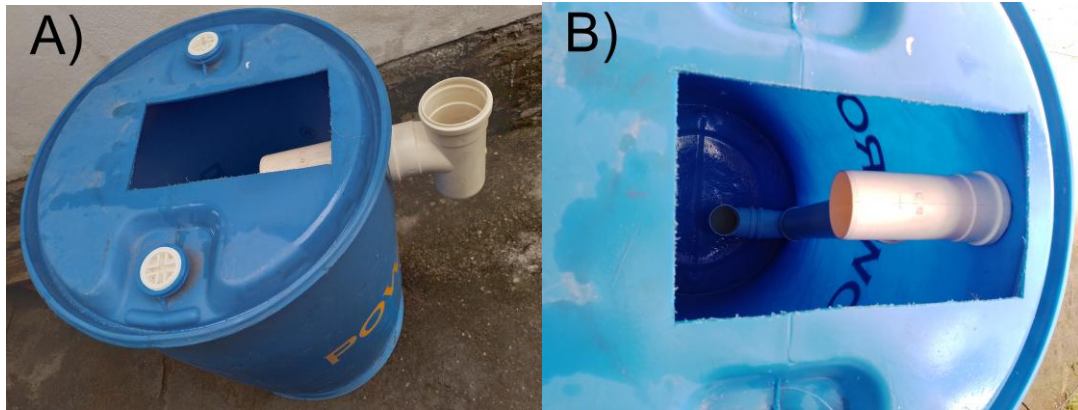


Fonte: GOMES (2016)

Ao começar a construção da minicisterna, primeiramente é importante verificar o interior da mesma. Como a bombona não tinha uma tampa removível foi preciso cortá-la, para isso fez-se uso da furadeira e parafusadeira e a finalização foi feita com a serra tico-tico. Após, ela foi lavada e seca no decorrer de alguns dias. Feito isso, começaram as conexões de tubos. Com o auxílio de um pedaço de papelão, fizeram-se os gabaritos com os diâmetros dos tubos principais que ficam dentro da bombona. Antes de inserir os tubos na mesma, precisou-se desenhar dois buracos, um de cada lado da bombona com a ajuda de um lápis, e do gabarito. Em seguida, os cortes foram feitos com a furadeira e parafusadeira.

Com a minicisterna aberta pôde-se colocar duas conexões Tês conectadas por um pedaço de tubo de 75 mm, no segundo Tê colocou-se mais um pedaço de tubo de 75 mm seguido pelo U formado com a junção de dois joelhos de 90. Os joelhos também foram unidos por um pedaço de tubo de 75 mm, conforme a figura 16. Essa parte do sistema terá a função de direcionar o descarte das primeiras águas da chuva e a entrada de água na minicisterna.

Figura 16 – Primeiras conexões do sistema de captação de água da chuva: A) Vista superior da minicisterna; B) Detalhe do sistema anti-turbilhamento.



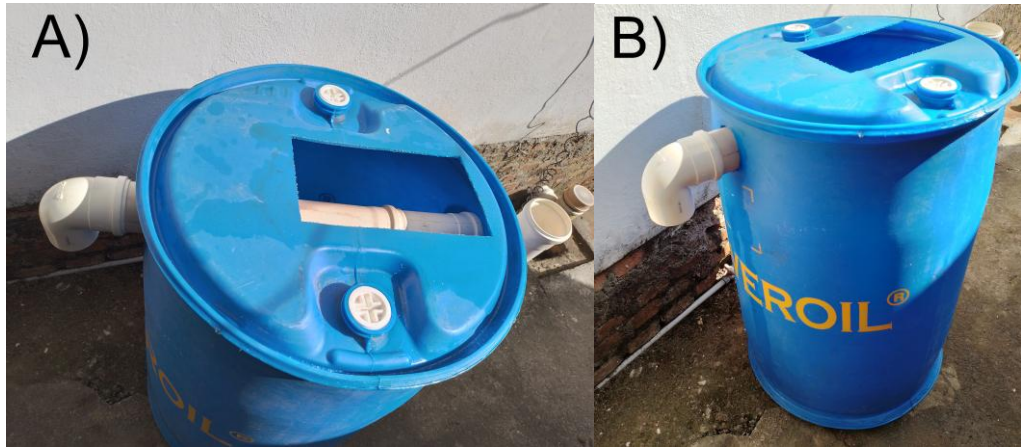
Fonte: AUTORA (2022)

Para prosseguir, um pedaço do tubo de 75 mm foi cortado com um arco de serra manual e nesse mesmo tubo foram feitas a barreira e a redução.

Então, inseriu-se o tubo no Tê pertencente ao anti-turbilhamento. A barreira forçará a entrada da água para dentro da bombona por meio do tubo de anti-turbilhamento, e a redução direcionará o excesso de água para a saída do extravasor. O tubo de anti-turbilhamento irá auxiliar no impedimento de sólidos grosseiros se misturarem a água da bombona. Após, foi conectado um joelho de 90, e mais um pedaço do tubo de 75 mm foi cortado e inserido.

Foi colocada uma tela entre o joelho de 90 e o tubo de 75 mm para evitar a entrada de insetos. Esse mesmo tubo é conhecido como extravasor, pois é responsável por direcionar a água para fora do reservatório, evitando que o mesmo atinja sua capacidade e acarrete algum problema futuro (Figura 17).

Figura 17 – Continuação das conexões do sistema de captação de água da chuva: A) Continuação da tubulação de anti-turbilhamento contendo o tubo da barreira e redução; B) Bombona com o joelho de 90 seguido do tubo da barreira e redução.



Fonte: AUTORA (2022)

Para colocar a torneira destinada à captação da água para o uso, desenhou-se um círculo com lápis e cortou-se o buraco com furadeira e parafusadeira, o flange o qual é conectado à torneira foi colocado pelo lado interno da bombona. Ao fazer a conexão da torneira com o flange, utilizou-se a fita veda rosca.

Em muitos trabalhos o filtro auto-limpante é feito no mesmo tubo (pedaço de tubo na vertical de 75 mm reto) de descarte das primeiras águas da chuva. Porém optou-se por uma junção simples. Na mesma colocou-se uma grade (Figura 18) para direcionar folhas de árvores (se entrarem no tubo ligado à calha) impedindo a entrada na tubulação que leva ao reservatório.

OBS: A figura 18 apresenta também um pedaço de tubo de 75 mm já colocado no Tê e um cap (tampão) de 75 mm, porém esses sofreram algumas modificações (Figura 18). Essa parte do sistema serve para descartar os primeiros milímetros da chuva.

Figura 18 – Desenvolvimento do tubo de descarte das primeiras águas da chuva e filtro auto-limpante: A) Detalhe do tubo de descarte das primeiras águas da chuva; B) Filtro auto-limpante para água da chuva.





Fonte: AUTORA (2022)

Figura 19 - Minicisterna residencial finalizada



Fonte: AUTORA (2022)

No tubo de descarte das primeiras águas da chuva foi utilizada uma redução de 75 mm para 50 mm, uma luva de 40 mm e um cap (tampão) soldável de 50 mm. No mesmo fez-se um furo para o gotejamento da água. Ainda, a tampa cortada foi repostada com o auxílio de dobradiças.

No restante da tubulação que liga à calha para o tubo de 75 mm foi feita uma bolsa, depois colocou-se um joelho de 45 para facilitar a entrada de água nos tubos pela ação da gravidade, depois colocou-se outro tubo de 75 mm e mais um joelho de 45, o qual foi conectado à junção simples. Durante todo o desenvolvimento as medições foram feitas com a trena, os tubos foram cortados com o arco de serra manual, e para algumas medições o esquadro foi utilizado.

A lima e a lixa também foram utilizadas para a finalização dos tubos, facilitando na aderência entre eles. Em parte da tubulação o adesivo para PVC e o durepox também foram usados. Ao todo foram feitas cinco bolsas para a conexão dos tubos, evitando assim mais gastos com material.

Para garantir que não iria entrar nada pela tampa da bombona optou-se por cobri-la, para isso fez-se uso de um pedaço de EVA (acetato de vinila) e de um TNT (tecido não tecido).

O EVA e o TNT já se encontravam na residência, com isso não se gerou gastos, e com o intuito de não serem removidos pela ação do vento, optou-se pela fixação com fita adesiva (somente no TNT) e a adição de algumas pedras em cima (Figura 19).

Para a base da minicisterna residencial foram escolhidos dois tambores (tonéis) de 20 litros.

A utilização das ferramentas citadas no desenvolvimento da minicisterna residencial ocorreu, pois elas já se encontravam na residência, mas poderia utilizar-se as seguintes ferramentas:

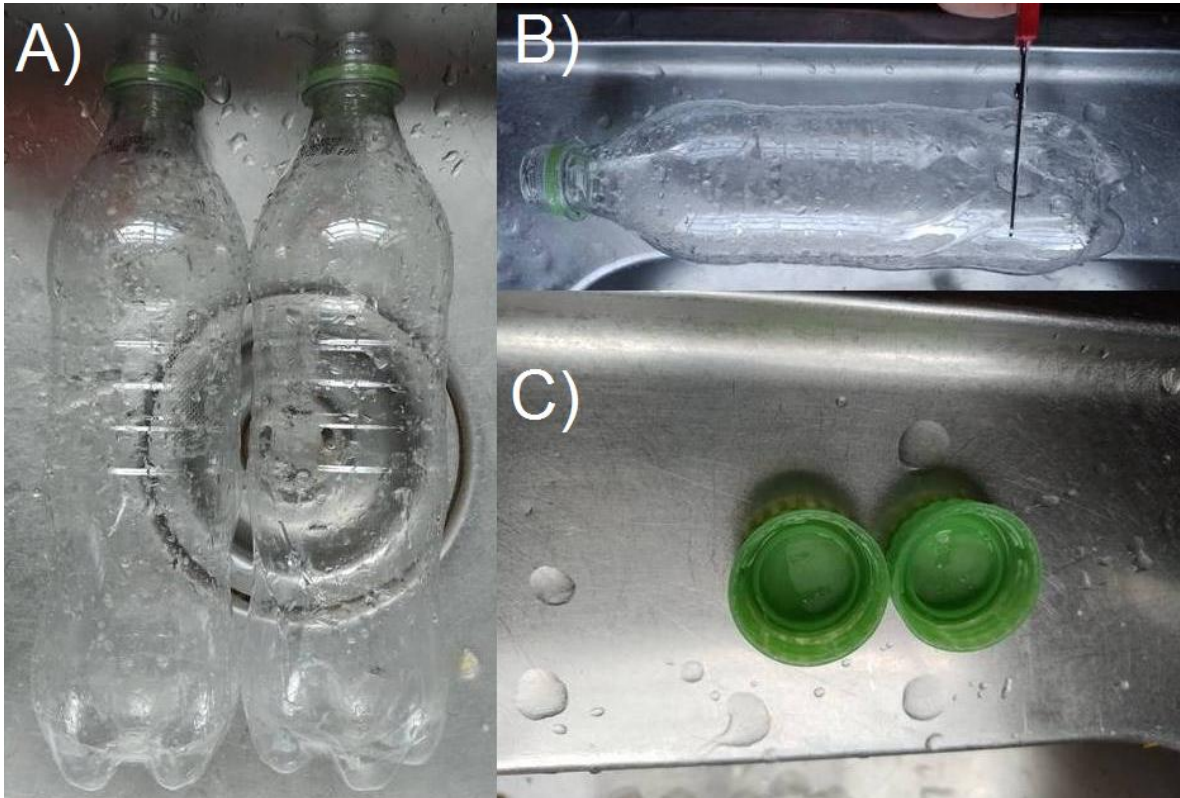
- 1 furadeira e parafusadeira;
- 1 lima;
- 1 lixa;
- 1 arco de serra manual.

#### **4.8 Desenvolvimento do filtro caseiro**

Como os sistemas de coleta e aproveitamento de água da chuva em edificações são compostos por condutores, áreas de coleta, armazenamento e tratamento. Decidiu-se desenvolver um protótipo de filtro caseiro.

Duas garrafas pets pequenas e iguais foram furadas com uma faca e depois cortadas com tesoura. As tampas das garrafas não foram descartadas, pois uma delas teria que ser utilizada (Figura 20).

Figura 20 - Materiais utilizados para a confecção do filtro caseiro: A) Garrafas pet; B) Corte das garrafas com tesoura; C) Tampas de garrafa pet.



Fonte: AUTORA (2022)

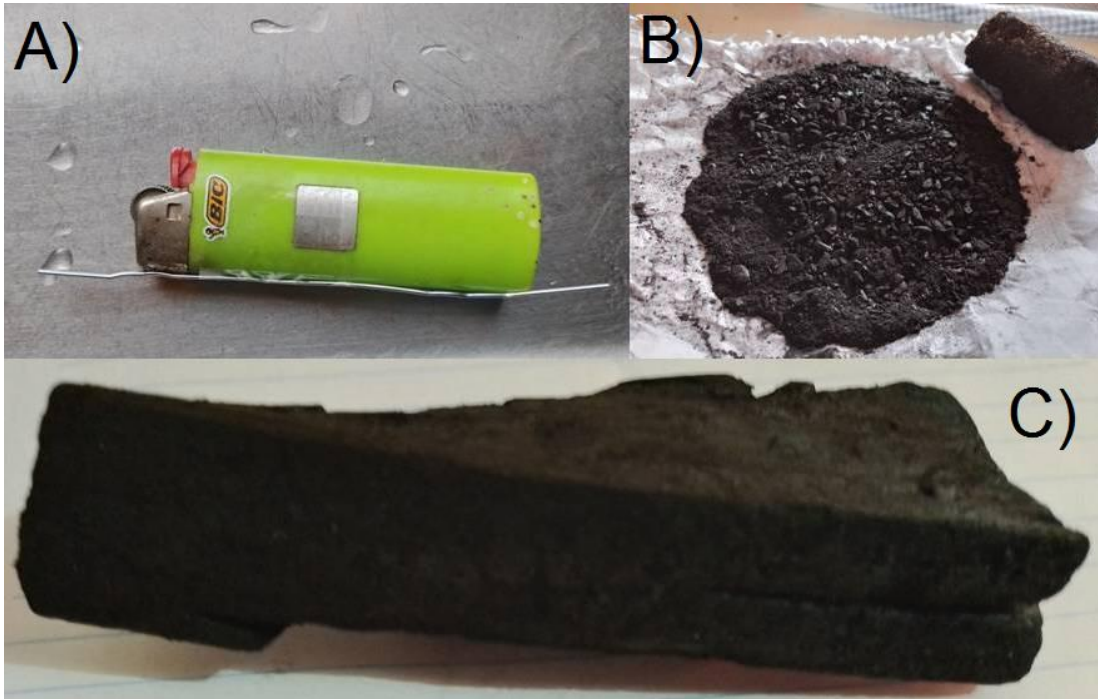
Após remover as tampas e cortar as garrafas pets, foram necessárias algumas modificações. Uma das tampas foi furada, a mesma teve a função de facilitar a passagem de água após a filtragem, o fundo de uma das garrafas também foi furado, porém colocou-se em cima da última camada do filtro, onde teve o papel de permitir a passagem de água até as camadas seguintes.

Os furos da tampa e do fundo da garrafa foram feitos com o auxílio de um clipe conectado a um isqueiro por meio de uma fita adesiva, conforme figura 21.

Em hipótese alguma se deve tocar no clipe enquanto ele estiver sendo usado, pois esquenta e na hora do manuseio pode causar ferimento a pessoa.

O isqueiro foi utilizado, mas também se fez uso da faca e da tesoura para acelerar o processo dos furos.

Figura 21 – Componentes utilizados para o desenvolvimento do protótipo do filtro caseiro: A) Isqueiro e clipe colados com fita adesiva; B) Carvão após fragmentação; C) Carvão antes de ser fragmentado.



AUTORA (2022)

A continuação do desenvolvimento do filtro ocorreu por meio da adição de um filtro de café (cortado) do mesmo tamanho da tampa da garrafa, um pouco de algodão, o carvão foi fragmentado (Figura 21) e depois acrescentado, em seguida areia de aquário, e por último pedra de aquário.

Conforme a figura 21 o carvão ainda possuía pedaços grosseiros, mas continuou-se a ação até que ele virasse pó, a diminuição da granulometria ocorreu com o auxílio de uma pedra, onde a mesma era pressionada com força contra o carvão.

Em relação aos materiais utilizados no desenvolvimento do filtro, a areia e a pedra de aquário foram doadas, os demais não geraram gasto nenhum, pois já estavam na residência.

O filtro de água caseiro (Figura 22) é uma alternativa de tratamento para o sistema de captação de água da chuva, ainda sim a água não deve ser utilizada como potável, o filtro é opcional.

Em relação às camadas que compõem o filtro, as pedras e a areia atuam como barreira física contra as partículas de terra, objetos pequenos ou folhas que podem se misturar a água. O carvão possui a ação de filtrar os poluentes químicos, os quais são invisíveis a olho nu. O algodão possui o papel de reter as partículas menores. O

filtro de café impedirá que algum sedimento que passou pelas camadas anteriores do filtro, prossiga após o processo de filtragem.

A disposição citada anteriormente foi adotada por que as granulometrias maiores do filtro possuem o papel de barrar sujeiras maiores, permitindo que haja espaço para as sujeiras menores que serão capturadas pelas granulometrias menores do filtro.

Figura 22 - Filtro de água caseiro finalizado



Fonte: AUTORA (2022)

## **4.9 Análise da viabilidade técnico econômica**

### **4.9.1 Economia de água potável**

Considerando os resultados obtidos na tabela 14, os volumes captados mensalmente têm potencial para suprir a demanda de 1,2 m<sup>3</sup>, e aplicando as porcentagens da tabela 14 na equação 23, o percentual mensal de água potável que poderá ser economizado ficará em torno de 178 %. Indicando que a média de água potável economizada futuramente será de 2,14 m<sup>3</sup>/mês e 25,68 m<sup>3</sup>/ano.

### **4.9.2 Economia financeira**

A economia financeira com a implantação do sistema de captação de água da chuva foi encontrada por meio da comparação entre os valores que foram pagos antes da implantação do sistema, e dos valores que poderão ser pagos após a implantação do sistema. De acordo com a tabela 10, nos últimos dois anos, a residência apresentou um consumo médio de 10,72 m<sup>3</sup>/mês, correspondendo a um custo médio de R\$ 93,67.

Conforme o descrito nas faturas envolvendo a cobrança de abastecimento de água (CORSAN), a residência se enquadra na categoria Residencial "RB", onde o valor cobrado pelo metro cúbico (m<sup>3</sup>) de água potável é de R\$ 7,50 reais.

Considerando futuramente a economia de 2,14 m<sup>3</sup>/mês obtida pelo sistema de captação de água da chuva, será economizado R\$ 16,05 por mês e R\$ 192,60 ao ano. Com isso o valor futuro cobrado será em média de R\$ 77,62, conforme a equação 24. É importante ressaltar que os valores obtidos anteriormente não incluem as tarifas relacionadas à água.

### **4.9.3 Período de retorno do investimento**

A verificação do período de retorno do investimento no sistema da minicisterna residencial foi realizada considerando o quanto de água potável será economizada e através dos valores gastos na compra dos materiais relacionados à implantação. Os custos com os materiais são apresentados na tabela 18.

Tabela 18 - Custos com o material necessário para a construção do protótipo de minicisterna residencial

Material	Quantidade de peças	Valor unitário (R\$)	Valor item (R\$)
Tubo esgoto PVC, DN 75 mm	6 metros	18,70	112,20
Te esgoto PVC, DN 75 mm	2	10,40	20,80
Fita veda rosca 18 mm x 10 m	1	4,00	4,00
Adesivo PVC 17ml	1	4,90	4,90
Adaptador com flange 25 ¾	1	17,80	17,80
Joelho ESG. PVC 45°, DN 75 mm	2	12,60	25,20
Joelho ESG. PVC, 90°, DN 75 mm	3	8,20	24,60
Durepox	1	11,20	11,20
Estopa branca 200 gramas	1	4,10	4,10
Luva ESG., DN 40 mm	1	2,90	2,90
Anel p/ tubo PVC, DN 75 mm	2	3,20	6,40
Torneira jardim	1	4,30	4,30
Cap soldável PVC, DN 50 mm	1	11,90	11,90
Junção (esgoto) simples PVC, DN 75mm	1	23,90	23,90
Redução esgoto PVC 75 X 50 mm	1	9,90	9,90
Bombona	1	175,00	175,00
Total	-	346,90	459,10

Fonte: AUTORA (2022)



Na tabela 18 apresentada acima, estão os materiais utilizados para a construção do reservatório da minicisterna residencial. As ferramentas utilizadas na construção do projeto, não foram consideradas, pois a residência já possuía as ferramentas, então nessa parte não foram gerados gastos.

A calha já estava instalada na residência (também não gerou gastos), a mesma corresponde a um custo considerável no projeto. Como calhas fabricadas são caras, pode-se optar por confeccionar calhas caseiras com a utilização de tubos de PVC cortados, isso reduzirá os custos com calhas comerciais. Para isto, alguns parâmetros dos cálculos deverão ser corrigidos, entre eles o coeficiente de rugosidade.

A partir da tabela 18, o valor total gasto na execução do projeto foi de R\$ 459,10. E considerando que a residência irá economizar R\$ 16,05, ao fazer uso da equação 25 o tempo de retorno do investimento na implantação do projeto será de 2 anos e 5 meses.

## **5. CONCLUSÃO**

No trabalho estudou-se a captação de água da chuva como alternativa para minimizar o consumo de água em uma residência, no município de Caçapava do Sul - RS. Conforme os resultados obtidos, o fato da precipitação ser bem distribuída no município acarreta no favorecimento da captação de água da chuva.

Em relação à comparação dos métodos da Simulação, de Rippl e Azevedo Neto, ao considerar o método da Simulação e o de Rippl para o período de precipitação de 2011 até 2021, o reservatório terá água pluvial durante todos os meses, resultando no excesso de água saindo pelo extravasor. E de acordo com o método de Azevedo Neto, o volume de reservatório indicado seria de 1,58 m<sup>3</sup>, mas considerando os reservatórios que são vendidos atualmente, o reservatório deveria ser de 2 m<sup>3</sup>. Se futuramente for preferível mudar o reservatório para um maior, será necessário escolher outra área de captação e com isso serão gerados mais gastos.

Desconsiderando os métodos citados anteriormente, com a área de coleta escolhida a porcentagem média que irá atender a demanda mensal será de 178 % para as atividades citadas na tabela 11. O consumo médio mensal de água potável

conforme as faturas disponibilizadas pela CORSAN do período de 2 anos (janeiro de 2020 a janeiro de 2022) foi de 10,72 m<sup>3</sup>.

De acordo com a porcentagem de atendimento obtida, a economia será de 2,14 m<sup>3</sup>/mês na água potável com a utilização do sistema de captação de água da chuva, acarretando em economia financeira de R\$ 16,05 reais por mês e R\$ 192,60 reais ao ano. O valor gasto no desenvolvimento da minicisterna residencial foi de R\$ 459,10 reais, e com isso o período de retorno do investimento será de 2 anos e 5 meses.

Inicialmente o reservatório deveria ser de baixo custo, porém resultou em um valor maior. Se a bombona for obtida por meio de doação, o custo do projeto pode ser reduzido quase à metade. Porém, isso não é preocupante, pois o reservatório será usado futuramente independente de já ter abatido o valor do investimento.

Nas residências o consumo de água varia bastante, e dependendo da quantidade de moradores o consumo pode ser alto ou baixo. Com isso, é importante que cada pessoa tenha consciência de como vem administrando o uso da água potável. A escolha por atitudes sustentáveis contribui não só individualmente, mas se forem disseminadas poderão contribuir para o coletivo, pois mais pessoas poderão fazer uso das alternativas sustentáveis. Por fim, a adoção de um sistema de captação de água da chuva além de contribuir com o meio ambiente, poderá ajudar economicamente.

Para projetos futuros aconselha-se desenvolver um filtro maior. Pode ser utilizada garrafa pet de dois litros ou balde plástico, e nas camadas de filtragem pode-se adotar o uso de membrana.

**REFERÊNCIAS**

- ABDALLA, A. **A Proteção da fauna e o tráfico de animais silvestres**. Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. Piracicaba - São Paulo, p. 235. 2007. Disponível em:  
<http://www.dominiopublico.gov.br/download/teste/arqs/cp055586.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2022.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro, 2007.
- ALVARES, C. et al. **Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil**. Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF), Vol. 22, No. 6, p. 711–728, 2014. Disponível em:  
<[http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\\_etal\\_2014.pdf](http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf)>. Acesso em: 01 ago. 2022.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Usos da água**. Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022. Disponível em:<<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua#:~:text=No%20Brasil%2C%20a%20%20%C3%A1gua%20%20%C3%A9,e%20de%20q ualidade%20das%20%20%C3%A1guas.>>. Acesso em: 20 maio 2022.
- ANA – Agência Nacional de águas e Saneamento Básico. **3 Usos da água**. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, 2021. Disponível em: <<https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua>> . Acesso em: 06 fev. 2023.
- AUGUSTO, L. et al. **O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano**. Scielo Brasil - Ciência & Saúde Coletiva, 17(6): 1511-1522, 2012. Disponível em:  
<<https://www.scielo.br/j/csc/a/BLQQZSthGK3KMFZdj9zwQKL/?format=pdf&lang=pt->>. Acesso em: 16 jul. 2022.
- BACCI, D.; PATACA, E. **Educação para a água**. Scielo Brasil, p.211-226, 2008. Disponível em:  
<<https://www.scielo.br/j/ea/a/4Cz7B6yQGGfV73Ngy6g848w/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 28 maio 2022.
- BARROS, F.; AMIN, M. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional (G&DR), v. 4, n. 1, p. 75-108, jan./abr. 2008. Disponível em:  
<<https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/116/106>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

BASTOS, A.; AFONSO, J. **Separação sólido-líquido: centrífugas e papéis de filtro**. Scielo Brasil - Quím. Nova, Vol. 38, No. 5, p.749-756, Jun. 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/kYtGtdq8JdBmjrvZfZdTmqK/?lang=pt>>. Acesso em: 11 dez. 2022.

BEZERRA S. 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**. Scielo Brasil - Ambiente Construído, v. 10, n. 4, p.219-231, Dez. 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/qG5FpFbhNVjccQxRgHb9G3B/?lang=pt>>. Acesso em: 08 out. 2022.

BRUNI, J. **A água e a vida**. Scielo Brasil - Rev. Sociol., 5(1-2): 53-65, 1994. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ts/a/KjkwytLhvpf5BjsRyDTFDrb/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 28 maio 2022.

CAMPOS, A. **Captação de Água de Chuva para fins não potáveis na Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes, Caçapava do Sul - RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal do Pampa. Caçapava do Sul/RS, p.77. 2019. Disponível: <<https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/4881/1/AndressaMachado%20CampoS%20-%20%202019.pdf>>. Acesso em: 07 dez. 2022.

CARLI, A. **Um Breve Olhar sobre a Importância da Água Potável para o Homem, demais Seres Vivos e para a Natureza**. Revistas Científicas UNAERP, p.67-70, 2010. Disponível em: <<https://revistas.unaerp.br/paradigma/article/view/71/71>>. Acesso em: 01 jun. 2022.

CARMONA, E. et al. **Importância da água e suas propriedades para a vida**. Conexão Água, p.1-11, 2016. Disponível em: <<https://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/artigos-cientificos/2016/09-importancia-da-agua-e-suas-propriedades-para-a-vida-1.pdf>>. Acesso em 19 jun 2022.

CARVALHO, D.; SILVA, L. **HIDROLOGIA**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:<<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap1-INTRO.pdf>>. Acesso em 15 set. 2022.

CARVALHO, R. **Potencial econômico do Aproveitamento de Águas pluviais: Análise de Implantação de um Sistema para a região urbana de Londrina**. Monografia - Especialista em Construção de Obras Públicas, Universidade Federal do Paraná. Apucarana/PR, p.53. 2010. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34378/CARVALHO,%20RAQUEL%20SARAVY%20DE.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 25 jul. 2022.

CINTRA, J. et al. **Captação e Aproveitamento de Água da Chuva em telhados de edificações no bairro Brasil em Vitória da Conquista, Bahia**. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento, 2016. Disponível em:

<<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/VIII-016.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2022.

COLLA, L. **Sistemas de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Sorocaba/SP, p.80. 2008. Disponível em: <[https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariadeControleeAutomacao/galdenoro1906/galdenorotg-lizzi-2008\\_pdf.pdf](https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariadeControleeAutomacao/galdenoro1906/galdenorotg-lizzi-2008_pdf.pdf)> . Acesso em: 04 jun. 2022.

CORRÊA, L.; BEZERRA, A.; FURLANI, C. **Métodos de Dimensionamento e Simulação para Reservatórios de Água Pluvial**. Realize Eventos Científicos e Editora Ltda, 2017. Disponível em: <[https://editorarealize.com.br/editora/anais/wiasb/2017/TRABALHO\\_EV079\\_MD4\\_S A6\\_ID266\\_14092017234904.pdf](https://editorarealize.com.br/editora/anais/wiasb/2017/TRABALHO_EV079_MD4_S A6_ID266_14092017234904.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2022.

CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento. **Sistema Tarifário**, 2022. Disponível em: <<https://www.corsan.com.br/sistematarifario>> . Acesso em: 01 jul. 2022.

COSTA, A. **Limites de Aplicabilidade para sistemas automáticos de descarte de Água de Chuva: Estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, p.69. 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/124546/268.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 de setembro de 2022.

DÁVILA, J. **Avaliação de um sistema de Aproveitamento da Água da Chuva em edificação residencial - Estudo de caso na cidade de Alegrete - RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa. Alegrete, p.182. 2015. Disponível em: <<https://dspace.unipampa.edu.br/handle/rii/1713>>. Acesso em: 17 nov. 2022.

DETONI, T.; DONDONI, P. **A Escassez da água: um olhar global sobre a sustentabilidade e a consciência acadêmica**. Portal de Periódicos da Universidade de Fortaleza - Rev. Ciênc. Admin., v. 14, n. 2 , p. 191-204, dez. 2008. Disponível em: <<https://periodicos.unifor.br/rca/article/download/20/pdf>> . Acesso em: 11 de junho de 2022.

FEITOSA, J.; MARQUES, J. **Aproveitamento de água de chuva em comunidades de extrema pobreza: um estudo de caso na comunidade do Jardim Gramacho**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p.86. 2017. Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10021130.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2022.

FERREIRA, C.; MORUZZI, R. **Considerações sobre a Aplicação do Telhado Verde para Captação de Água de Chuva em Sistemas de Aproveitamento para fins não potáveis**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE - UNESP - Rio Claro, 2022. Disponível em:

<[https://igce.rc.unesp.br/Home/Departamentos47/planejamentoterritorialegeoprocessamento640/md\\_rodrigo\\_artigos\\_consideracoes.pdf](https://igce.rc.unesp.br/Home/Departamentos47/planejamentoterritorialegeoprocessamento640/md_rodrigo_artigos_consideracoes.pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2022.

FILHO, D.; SOVANO, M.; JUNIOR, O. **Análise da viabilidade econômica de utilização da água pluvial para o uso em fins não potáveis: um estudo de caso de uma residência no município de Belém - PA.** Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento - IBEAS, 2017. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/VIII-032.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2022.

FILTRAÇÃO: O que é? Como funciona? Principais tipos de filtros. Empresa Júnior de Engenharia Química do Brasil – PROPEQ, p.3. 2022. Disponível em: <[https://propeq.com/wp-content/uploads/2022/06/Filtracao\\_-o-que-e\\_-Como-funciona\\_-Principais-tipos-de-filtros-1.pdf](https://propeq.com/wp-content/uploads/2022/06/Filtracao_-o-que-e_-Como-funciona_-Principais-tipos-de-filtros-1.pdf)>. Acesso em: 11 de outubro de 2022.

FONSECA, J. **Implantação de Cisternas para Armazenamento de Água de Chuva e seus impactos na saúde infantil: um estudo de corte em Berilo e Chapada do Norte, Minas Gerais.** Dissertação de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p.282. 2012. Disponível em: <<https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1003M.PDF>>. Acesso em: 18 jul. 2022.

GARCIA, J.; ANJOS, N.; SILVA, M. **Determinação do volume de armazenamento de águas pluviais utilizando os métodos de Azevedo Neto e Prático Inglês.** Revista Eletrônica Organizações e Sociedade, Iturama (MG), v. 7, n. 8, p. 161-171, jul./dez. 2018. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/329795828\\_DETERMINACAO\\_DO\\_VOLUME\\_DE\\_ARMAZENAMENTO\\_DE\\_AGUAS\\_PLUVIAIS\\_UTILIZANDO\\_OS\\_METODOS\\_DE\\_AZEVEDO\\_NETTO\\_E\\_PRATICO\\_INGLES/fulltext/5c1b09e3299bf12be38c8128/DETERMINACAO-DO-VOLUME-DE-ARMAZENAMENTO-DE-AGUAS-PLUVIAIS-UTILIZANDO-OS-METODOS-DE-AZEVEDO-NETTO-E-PRATICO-INGLES.pdf](https://www.researchgate.net/publication/329795828_DETERMINACAO_DO_VOLUME_DE_ARMAZENAMENTO_DE_AGUAS_PLUVIAIS_UTILIZANDO_OS_METODOS_DE_AZEVEDO_NETTO_E_PRATICO_INGLES/fulltext/5c1b09e3299bf12be38c8128/DETERMINACAO-DO-VOLUME-DE-ARMAZENAMENTO-DE-AGUAS-PLUVIAIS-UTILIZANDO-OS-METODOS-DE-AZEVEDO-NETTO-E-PRATICO-INGLES.pdf)>. Acesso em: 16 jul. 2022.

GALHARDI, C.; TALLEMBERG, D.; MELLO, L. **Caracterização Geológica dos Olivais da região de Caçapava do Sul: estudo preliminar.** Universidade Federal do Pampa - Unipampa, 2018. Disponível em: <[https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq\\_trabalhos/17695/seer\\_17695.pdf](https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/17695/seer_17695.pdf)>. Acesso em: 27 jul. 2022.

GIACCHINI, M.; FILHO, A.; SANTOS, D. **Estudo do Método de Azevedo Neto para Dimensionamento de Reservatório de Água da Chuva.** Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2022. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/1533049dc01805a42e4dab62080dd3b9\\_a3fc95560f54901b6b760ba0c4c1f28b.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/1533049dc01805a42e4dab62080dd3b9_a3fc95560f54901b6b760ba0c4c1f28b.pdf)>. Acesso em: 16 jul. 2022.

GOMES, F. **Título: Aproveitamento de Água de Chuva em residência com a instalação de mini cisterna para o uso da água em área externa.** Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES/RS, 2016. Disponível em: <

rs.uni5.net/centraldeeventos/\_arqTrabalhos/trab\_20160908091405000000551.pdf>. Acesso em 23 jul. 2022.

GONÇALVES, M. et al. **Montes Claros Frente à Escassez de Água**. Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), 2017. Disponível em: <[http://www.fepeg2017.unimontes.br/anais/download/601#:~:text=Tundisi%20\(2003\)%20acrescenta%20que%20existem,m%C2%B3%2Fano%2Fhabitante](http://www.fepeg2017.unimontes.br/anais/download/601#:~:text=Tundisi%20(2003)%20acrescenta%20que%20existem,m%C2%B3%2Fano%2Fhabitante)>. Acesso em: 16 jul. 2022.

IBGE – **Panorama Caçapava do Sul**, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/cacapava-do-sul/panorama>>. Acesso em: 22 maio 2022.

KRAUSE, K.; MARQUES, S.; LOBATO, J. **Caracterização do conhecimento de pecuaristas gaúchos da serra do sudeste sobre o carrapato Rhipicephalus microplus**. Revista Agrária Acadêmica, v.4, n.5, p.114-129, 2021. Disponível em: <<https://agrariacad.com/2021/10/23/caracterizacao-do-conhecimento-de-pecuaristas-gauchos-da-serra-do-sudeste-sobre-o-carrapato-rhipicephalus-microplus/>> . Acesso em: 01 dez. 2022.

LIMA, A. **Edificações com sistema de águas pluviais: um estudo de caso**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 2018. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/aguas-pluviais>>. Acesso em: 06 jul. 2022.

LINHARES, M. et al. **Análise de qualidade de água no Arroio da Picada das Graças, Caçapava do Sul - RS**. Portal de Periódicos da Unipampa, Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 11, n. 2, 28 ago/2020. Disponível em: <<https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/104522>>. Acesso em: 01 dez. 2022.

MARIANO, G. **Classificações climáticas**. Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, 2014. [34] p. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/glaubermariano/files/2014/01/Unidade-V-Classifica%C3%A7%C3%B5es-Clim%C3%A1ticas.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2022.

MINATTO, M. **Água de chuva: uso para irrigação em agricultura familiar**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 87. 2013. Disponível em: <[https://lume.ufrgs.br/handle/10183/78223?locale-attribute=pt\\_BR](https://lume.ufrgs.br/handle/10183/78223?locale-attribute=pt_BR)>. Acesso em: 01 dez. 2022.

MORALES, M. et al. **Importância da água para a vida e garantia de manutenção da sua qualidade**. Conexão água, 2016. [14] p. Disponível em: <<https://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/artigos-cientificos/2016/10-importancia-da-agua-para-a-vida-e-garantia-de-manutencao-da-sua-qualidade.pdf>>. Acesso em: 19 maio 2022.

MORUZZI, R.; OLIVEIRA, S.; CARVALHO, G. **Volume do Reservatório de Aproveitamento de Água Pluvial baseado no conceito do balanço de vazões para uma residência unifamiliar**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 14 (3): 217-227, dez. 2008. Disponível em: <[https://igce.rc.unesp.br/Home/Departamentos47/planejamentoterritorialegeoprocessamento640/md\\_rodrigo\\_artigos\\_volume.pdf](https://igce.rc.unesp.br/Home/Departamentos47/planejamentoterritorialegeoprocessamento640/md_rodrigo_artigos_volume.pdf)>. Acesso em: 24 set. 2022.

OLIVO, A.; ISHIKI, H. **BRASIL FRENTE À ESCASSEZ DE ÁGUA**. Unoeste (Universidade do Oeste Paulista) - Revistas, v. 11, n.3, p.41-48, set./dez. 2014. Disponível em: <<https://revistas.unoeste.br/index.php/ch/article/view/1206/1279>>. Acesso em: 01 jun. 2022.

OS principais contaminantes da água e seus tratamentos. AmbScience Engenharia, 2022. Disponível em: <<https://ambscience.com/contaminantes-da-agua/>>. Acesso em: 20 maio 2022.

PEREIRA, Q.; ANDRADE, P. **Aproveitamento de Águas Pluviais para fins não potáveis na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/43f3640fbabef7b3a74a2f4c8aa80740\\_b84a269c517bf424691f5d0233aca9ba.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/43f3640fbabef7b3a74a2f4c8aa80740_b84a269c517bf424691f5d0233aca9ba.pdf)> . Acesso em: 19 jun. 2022.

PRINCÍPIO de funcionamento de um filtro doméstico. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, 2022. [2] p. Disponível em: <[https://www1.ibb.unesp.br/Home/Graduacao/ProgramadeEducacaoTutorial-PET/ProjetosFinalizados/PRINCIPIO\\_DE\\_FUNCIONAMENTO\\_DE\\_UM\\_FILTRO\\_DOMESTICO.pdf](https://www1.ibb.unesp.br/Home/Graduacao/ProgramadeEducacaoTutorial-PET/ProjetosFinalizados/PRINCIPIO_DE_FUNCIONAMENTO_DE_UM_FILTRO_DOMESTICO.pdf)>. Acesso em: 11 dez. 2022.

REZENDE, A. **Reuso Urbano de Água para Fins não Potáveis no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, p.106. 2016. Disponível em: <<https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2014/02/TFC-AMANDA-REZENDE-FINAL.pdf>> . Acesso em: 19 jun. 2022.

RIBEIRO, A.; MARINOSKI, D. **Estudo sobre materiais para coberturas utilizadas em Sistemas de Aproveitamento de água Pluvial Residenciais**. Sistemas de Revistas Abertas - UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), v.6, n.2, p.53-66, mai/2020. Disponível em: <<https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4080/3095>>. Acesso em: 08 out. 2022.

ROCHA, J. **Reutilização de Água da Chuva**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do conhecimento, 2020. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/reutilizacao-de-agua>>. Acesso em: 11 jun. 2022.

SANTOS, D. L. et al. **Utilização do Método da Simulação para dimensionamento de reservatório para uso de água pluvial em restaurante de Aracaju – SE**, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2019. Disponível em:



<<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/100/ENREHSE0075-1-20190313-230622.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2022.

SANTOS, S. **Aproveitamento de Água Pluvial para fins não potáveis em Instituições de Ensino: Estudo de caso em Escola da Rede Pública no Município de Ajuricaba - RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Contábeis) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Unijuí). Ijuí, p.160. 2010. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/664/TCC%20%20Final%20Sandra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 16 dez. 2022.

SOUSA, L. P. **Uma abordagem sobre florestas**. EMBRAPA, 2022. [51] p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/122071/1/11-flora.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2022.

SOUSA, L. E. **Simulação do dimensionamento de sistemas de drenagem de estradas não pavimentadas em Montes Claros e em Belo Horizonte - MG, com o auxílio do software estradas**. Trabalho Final de Especialização (Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Minas. Montes Claros, p.42. 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/36430/6/Simula%C3%A7%C3%A3o%20do%20dimensionamento%20de%20sistemas%20de%20drenagem%20de%20estradas%20n%C3%A3o%20pavimentadas%20em%20Montes%20Claros%20e%20em%20Belo%20Horizonte%20-%20MG%20com%20o%20aux%C3%ADlio%20do%20software%20Estradas.pdf>>. Acesso em: 06 out. 2022.

SOUZA, L.; ARAUJO, T. **Estudo de Aproveitamento de Água de Chuva para usos não potáveis na Instituição Lar Infantil Sol Amigo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, p.87. 2016. Disponível em: <[https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8066/1/CT\\_COECI\\_2016\\_2\\_19.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8066/1/CT_COECI_2016_2_19.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2022.

STECCA, K. **Estudante da UFG ensina como montar minicisterna para captar água da chuva**. **Jornal UFG** - Universidade Federal de Goiás, 2021. Disponível em: <<https://jornal.ufg.br/n/144992-estudante-da-ufg-ensina-como-montar-minicisterna-para-captar-agua-da-chuva>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

SUÁREZ, Y. **Estudo da Resistência ao Escoamento em Canais de Fundo Fixo**. Dissertação (Mestre em engenharia), Escola politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p.110. 2000. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-22032006-223408/publico/ResistenciaAoEscoamento.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2022.

TEMPERATURA média anual, temperatura média do mês mais frio, precipitação pluvial, deficiência e excesso hídrico e tipo climático de 41 localidades do Estado do Rio Grande do Sul. Embrapa Trigo, 1999. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_pa08t6.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_pa08t6.htm)>. Acesso em: 04 jun. 2022.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis Diretrizes básicas para um projeto**. Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva, 2007. Disponível em: <[http://abcmac.org.br/files/simpósio/6simp\\_plinio\\_agua.pdf](http://abcmac.org.br/files/simpósio/6simp_plinio_agua.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2022.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**, 2010. [491] p. Disponível em: <[https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/ugd/0573a5\\_bfa504956e664155b22974ef016e05a7.pdf?index=true](https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/ugd/0573a5_bfa504956e664155b22974ef016e05a7.pdf?index=true)>. Acesso em: 08 out. 2022.

TUCCI, C.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. **Gestão da Água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156p. Disponível em: <<http://www.precog.com.br/bc-texto/obras/ue000058.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2022.

WREGGE, M. et al. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2012. 334p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1045852/atlas-climatico-da-regiao-sul-do-brasil-estados-do-parana-santa-catarina-e-rio-grande-do-sul>>. Acesso em: 04 ago. 2022.