

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DO SERTÃO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ERIK EDUARDO HONORIO PEREIRA

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS  
PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA CRECHE PÚBLICA NO MUNICÍPIO  
DE INHAPI - AL

DELMIRO GOUVEIA - AL

2025

ERIK EDUARDO HONORIO PEREIRA

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS  
PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA CRECHE PÚBLICA NO MUNICÍPIO  
DE INHAPI - AL

Trabalho de Conclusão de apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Alagoas.

Orientação: Prof. Dr. Wendell José Soares dos  
Santos.

DELMIRO GOUVEIA-AL

2025

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca do Campus Sertão**  
**Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4 2209

P436d Pereira, Erik Eduardo Honório

Dimensionamento de um sistema de armazenamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma creche pública no município de Inhapi - AL / Erik Eduardo Honório Pereira. - 2025.

72 f. : il.

Orientação: Wendell José Soares dos Santos.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2025.

1. Engenharia Civil. 2. Recursos hídricos. 3. Águas pluviais. 4. Sustentabilidade. 5. Reservatório de água pluvial. 6. Escassez hídrica. I. Santos, Wendell José Soares dos, orient. II. Título.

CDU: 628.05

## Folha de Aprovação

ERIK EDUARDO HONORIO PEREIRA

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS  
PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA CRECHE PÚBLICA NO MUNICÍPIO  
DE INHAPI - AL

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
banca examinadora do curso de Engenharia  
Civil da Universidade Federal de Alagoas e  
aprovada em 10 de fevereiro de 2025.

Documento assinado digitalmente  
 WENDELL JOSE SOARES DOS SANTOS  
Data: 11/02/2025 20:42:52-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Wendell José Soares dos Santos – UFAL  
Orientador

**Banca examinadora:**

Documento assinado digitalmente  
 ANTONIO PEDRO DE OLIVEIRA NETTO  
Data: 11/02/2025 21:45:40-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Examinador Interno - Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto – UFAL

Documento assinado digitalmente  
 ODAIR BARBOSA DE MORAES  
Data: 11/02/2025 22:41:02-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Examinador Interno - Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes – UFAL

Dedico este trabalho aos meus pais e à minha irmã, por todo apoio prestado. Agradeço também ao meu orientador pelo suporte constante, e a todas as pessoas incríveis e maravilhosas que fizeram parte dessa jornada de 5 anos de curso.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder sabedoria, força e determinação, especialmente nos momentos mais desafiadores, permitindo-me seguir em busca dos meus sonhos e nunca desistir.

Agradeço também à minha família, especialmente à minha mãe, Maria Cícera, ao meu pai, Eduardo Honório, e à minha irmã, Heryca Maryany, pelo apoio, incentivo e confiança constantes ao longo desses anos de graduação. Sem o suporte de vocês, essa jornada teria sido muito mais difícil.

Sou profundamente grato às grandes e especiais amizades que o campus Sertão me proporcionou, que estiveram ao meu lado, compartilhando as alegrias e as dificuldades da vida universitária. Guardarei para sempre no meu coração: Eduarda, Iranildo, Pedrinho, Silmayko e Natan.

Ao PET Engenharias, sou imensamente grato pelos momentos de aprendizado e superação que vivi, que me ajudaram a acreditar mais em mim mesmo e a aprimorar minhas capacidades. Agradeço por tornar minha graduação mais leve, com a troca de afeto e as amizades que conquistei ao longo dessa caminhada.

Agradeço também ao meu orientador, Professor Wendell, pela disposição, apoio e atenção desde o início. Sou grato pelo tempo e pela paciência dedicados a mim durante todo esse processo.

A todos os professores, sou grato por me transmitirem não apenas conhecimento técnico e racional, mas também por ressaltarem a importância da sensibilidade no processo educativo. Agradeço igualmente aos colegas e conhecidos da UFAL Sertão, que, de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Por fim, sou grato a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o fechamento deste ciclo, seja no âmbito pessoal ou acadêmico.

A todos vocês, o meu muito obrigado!

## RESUMO

A água, sendo um recurso natural limitado e de domínio comum, tem se tornado cada vez mais escassa, o que coloca em risco sua disponibilidade futura. Como forma de contribuir para enfrentar esse desafio, a tecnologia de aproveitamento de águas pluviais se apresenta como uma solução viável, que não só aumenta a segurança hídrica, mas também reduz o consumo de água potável, gerando benefícios ambientais e financeiros significativos. Baseado na NBR 15527 (ABNT, 2019), esse estudo tem como proposta comparar diferentes métodos de dimensionamento de reservatórios de água pluvial para atender à demanda anual de uma creche situada na cidade de Inhapi, no semiárido alagoano. O foco da análise foi analisar a eficiência e a compatibilidade das metodologias de dimensionamento aplicadas com as características da região e os cenários de demanda adotados. Para essa análise, foram utilizados os métodos Rippl, Simulação, Prático Alemão e Prático Australiano. Assim, foram considerados três cenários de demanda: o primeiro, que envolve a utilização da água pluvial para lavagem de pisos e rega de jardim; o segundo, para lavagem de pisos e descarga de vasos sanitários; e o terceiro, para lavagem de pisos, rega de jardim e uso parcial (50%) da água coletada para descarga de vasos sanitários. Nos cenários analisados, os métodos Rippl, Simulação e Prático Australiano apresentaram resultados semelhantes, enquanto o método Prático Alemão se mostrou menos eficiente. Para a creche estudada, os métodos Simulação e Prático Australiano se destacaram como os mais adequados, pois foram os que melhor consideraram as especificidades climáticas da região, resultando nos menores volumes de reservatório e em uma eficiência superior a 90% nos casos analisados. Além disso, é importante destacar que a eficiência de um sistema de armazenamento de águas pluviais na instituição pode gerar significativos benefícios, tanto econômicos quanto ambientais, atuando como um agente transformador no gerenciamento sustentável dos recursos hídricos.

**Palavras-chave:** Água de chuva. Eficiência de reservatório. Escassez hídrica. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

Water, being a limited natural resource and of common ownership, has become increasingly scarce, which puts its future availability at risk. As a way to help address this challenge, rainwater harvesting technology presents itself as a viable solution that not only increases water security but also reduces potable water consumption, generating significant environmental and financial benefits. Based on NBR 15527 (ABNT, 2019), this study aims to compare different methods for sizing rainwater reservoirs to meet the annual demand of a daycare center located in the city of Inhapi, in the semi-arid region of Alagoas. The focus of the analysis was to assess the efficiency and compatibility of the sizing methodologies applied with the characteristics of the region and the adopted demand scenarios. For this analysis, the Rippl, Simulation, German Practical, and Australian Practical methods were used. Thus, three demand scenarios were considered: the first involves using rainwater for floor cleaning and garden irrigation; the second for floor cleaning and toilet flushing; and the third for floor cleaning, garden irrigation, and partial use (50%) of the collected water for toilet flushing. In the analyzed scenarios, the Rippl, Simulation, and Australian Practical methods presented similar results, while the German Practical method proved less efficient. For the daycare center studied, the Simulation and Australian Practical methods stood out as the most suitable, as they better considered the region's climatic specificities, resulting in the smallest reservoir volumes and efficiency exceeding 90% in the analyzed cases. Furthermore, it is important to highlight that the efficiency of a rainwater harvesting system in the institution can generate significant economic and environmental benefits, acting as a transformative agent in the sustainable management of water resources.

**Keywords:** Rainwater. Reservoir efficiency. Water scarcity. Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema simplificado do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	19
Figura 2 - Indicações para cálculos da área de contribuição. ....	21
Figura 3 - Esquematização dos condutores verticais e horizontais. ....	24
Figura 4 - filtro para aproveitamento de águas pluviais. ....	24
Figura 5 - Funcionamento sistema de descarte.....	25
Figura 6 - Reservatório subterrâneo em polietileno. ....	26
Figura 7 – Localização do município de Inhapi, estado de Alagoas. ....	32
Figura 8 – Localização Creche Municipal Paulo Roberto Malta Brandão, Inhapi/AL. ....	33
Figura 9 – Área de captação. ....	35
Figura 10 - Área de contribuição de superfície inclinada.....	36
Figura 11 - Precipitação média mensal de Delmiro Gouveia (1994-2023). ....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros mínimos de qualidade da água para uso não potável. ....	20
Tabela 2 – Frequência de manutenção. ....	20
Tabela 3 - Coeficientes de rugosidade. ....	23
Tabela 4 - Taxas e frequências utilizadas. ....	34
Tabela 5 - Dados da precipitação mensal (mm) dos últimos 30 anos de Delmiro Gouveia-AL. .....	37
Tabela 6 - Estrutura da tarifa de água, Inhapi/AL .....	40
Tabela 7 - Áreas de demanda na instituição. ....	42
Tabela 8 - Resultado da demanda para pisos internos, pisos externos e sistema de irrigação. ....	42
Tabela 9 - Área de Contribuição do Telhado. ....	44
Tabela 10 - Cálculos de volume de água aproveitável. ....	45
Tabela 11 - Resultado do dimensionamento para o primeiro cenário utilizando o Método de Rippl. ....	46
Tabela 12 - Resultado do dimensionamento para o segundo cenário utilizando o Método de Rippl. ....	47
Tabela 13 - Resultado do dimensionamento para o terceiro cenário utilizando o Método de Rippl. ....	48
Tabela 14 - Resultado do dimensionamento para o primeiro cenário utilizando o Método de Simulação. ....	49
Tabela 15 - Taxa de confiança dos volumes testados para o primeiro cenário no Método de Simulação. ....	50
Tabela 16 - Resultado do dimensionamento para o segundo cenário utilizando o Método de Simulação. ....	50
Tabela 17 - Taxa de confiança dos volumes testados para o segundo cenário no Método de Simulação. ....	51
Tabela 18 - Resultado do dimensionamento para o terceiro cenário utilizando o Método de Simulação. ....	52
Tabela 19 - Taxa de confiança dos volumes testados para o terceiro no Método Prático Australiano. ....	52
Tabela 20 - Dimensionamento pelo Método Prático Alemão. ....	53
Tabela 21 - Resultado do dimensionamento para o terceiro primeiro utilizando o Método Prático Australiano. ....	54

Tabela 22 - Taxa de confiança dos volumes testados para o primeiro cenário no Método Prático Australiano.....	55
Tabela 23 - Resultado do dimensionamento para o segundo caso utilizando o Método Prático Australiano.....	55
Tabela 24 - Taxa de confiança dos volumes testados para o segundo cenário no Método Prático Australiano.....	56
Tabela 25 - Resultado do dimensionamento para o terceiro cenário utilizando o Método Prático Australiano.....	56
Tabela 26 - Taxa de confiança dos volumes testados para o terceiro cenário no Método Prático Australiano.....	57
Tabela 27 - Resultados dos volumes calculados para o primeiro cenário, conforme os métodos aplicados. ....	58
Tabela 28 - Resultados dos volumes calculados para o terceiro cenário, conforme os métodos aplicados. ....	59
Tabela 29 - Resultado da economia mensal com a implantação do sistema para o primeiro e terceiro cenário. ....	60

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	15
<b>2.1 Objetivos gerais</b> .....	15
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	15
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
<b>3.1 Gestão dos recursos hídricos</b> .....	16
<b>3.2 Panorama dos recursos hídricos no nordeste brasileiro</b> .....	17
<b>3.3 Aproveitamento de águas pluviais</b> .....	18
3.3.1 Qualidade da água pluvial .....	19
<b>3.4 Elementos do sistema de águas pluviais</b> .....	21
3.4.1 Área de captação.....	21
3.4.2 Calhas .....	22
3.4.3 Condutores verticais e horizontais.....	23
3.4.4 Filtro e dispositivos de descarte.....	24
3.4.5 Reservatórios .....	25
<b>3.5 Métodos de dimensionamento de reservatório</b> .....	26
3.5.1 Método de Pippl.....	27
3.5.2 Método da Simulação .....	27
3.5.3 Método Azevedo Neto .....	28
3.5.4 Método Prático Alemão .....	29
3.5.5 Método Prático Inglês.....	29
3.5.6 Método Prático Australiano .....	30
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	31
<b>4.1 Classificação do estudo</b> .....	31
<b>4.2 Área de estudo</b> .....	31
4.2.1 Características do objeto de estudo .....	32

<b>4.3</b>	<b>Coleta de dados</b> .....	33
4.3.1	Demanda.....	33
4.3.2	Área de captação.....	35
4.3.3	Índices pluviométricos.....	36
4.3.4	Volume de água aproveitável.....	38
<b>4.4</b>	<b>Calhas e condutores</b> .....	38
<b>4.5</b>	<b>Reservatório</b> .....	39
<b>4.6</b>	<b>Impactos adicionais</b> .....	39
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	41
<b>5.1</b>	<b>Dados pluviométricos</b> .....	41
<b>5.2</b>	<b>Estimativa da demanda de água não potável</b> .....	42
5.2.1	Cenário 1.....	42
5.2.2	Cenário 2.....	43
5.2.3	Cenário 3.....	43
<b>5.3</b>	<b>Área de contribuição</b> .....	43
<b>5.4</b>	<b>Volume de água aproveitável</b> .....	44
<b>5.5</b>	<b>Dimensionamento do reservatório inferior</b> .....	45
5.5.1	Método Rippl.....	45
5.5.2	Método de Simulação .....	49
5.5.3	Método Prático Alemão .....	53
5.5.4	Método Prático Australiano .....	53
5.5.5	Análise comparativa dos cenários estudados.....	57
5.5.6	Determinação do volume do reservatório por meio dos métodos aplicados .....	58
<b>5.6</b>	<b>Impactos Adicionais</b> .....	59
5.6.1	Benefício financeiro .....	59
5.6.2	Vantagem ambiental .....	60
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	62

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>64</b>
<b>APÊNDICE – ENTREVISTA.....</b>	<b>69</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água desempenha um papel crucial e indissociável no desenvolvimento humano, sendo sua disponibilidade um dos principais fatores que determinaram a localização das civilizações antigas, desde que o ser humano adotou a agricultura como principal meio de subsistência (Heller; Pádua, 2016). Mesmo atualmente, de acordo com Campos e Studart (2011), a quantidade de água disponível em uma sociedade influencia diretamente seus potenciais de desenvolvimento.

O Brasil é um dos países com maior disponibilidade de água doce do mundo, com cerca de 2% de seu território coberto por água e detendo aproximadamente 12% de toda a água doce do planeta. Dos 255 mil m<sup>3</sup>/s de água que escoam pelo território brasileiro, 80% estão concentrados na Bacia Amazônica, (ANA, 2023). Apesar da grande disponibilidade hídrica, a distribuição desse recurso é desigual, com a maior parte concentrada em regiões menos povoadas.

Com o aumento da população, demanda por recursos hídricos e das atividades humanas que degradam o meio ambiente, a escassez desse recurso natural tem se tornado uma preocupação cada vez maior em várias regiões do mundo. O semiárido brasileiro, em particular, enfrenta desafios significativos relacionados à sua disponibilidade. Segundo Campus (2015), essa região tem lidado com diversos problemas relacionados à falta desse recurso, que se intensificam devido a secas históricas documentadas desde o século XVI. Segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2023), o nível de comprometimento hídrico em grande parte desta região é considerado intermitente, o que significa que a oferta de água varia conforme as condições climáticas, podendo até se tornar nula em períodos de seca.

Dentro dessa perspectiva, é evidente a crescente necessidade de conscientizar a população sobre a importância da preservação dos recursos hídricos, além de fomentar a implementação de alternativas inovadoras e viáveis para o reaproveitamento da água. Essa preocupação é especialmente crucial nas regiões mais vulneráveis, onde a escassez desse recurso se torna uma ameaça ainda maior diante da crescente demanda por água.

Para tanto, Tomaz (2010) descreve a tecnologia de aproveitamento de águas pluviais como alternativa, visando complementar as necessidades de água não potável. Nesse sistema, a água é coletada em telhados de áreas residenciais, comerciais e industriais, armazenada e posteriormente utilizada. Nascimento (2014) destaca que esse tipo de sistema de captação de água vem sendo amplamente utilizado há mais de 4.000 anos. Ainda de acordo com Nascimento

(2014) as primeiras evidências dessa tecnologia foram encontradas no norte do Egito, na África, onde os tanques variavam de 200 a 2.000 m<sup>3</sup>.

A água coletada nesse sistema não deve ser considerada para suprir integralmente a demanda, pois isso pode acarretar riscos de inviabilidade, tanto do ponto de vista técnico quanto de saúde pública. É fundamental que seu uso seja limitado a aplicações específicas. Apostolidis e Hutton (2006) destacam que, em áreas residenciais, a água pode ser utilizada na descarga de vasos sanitários, lavagem de roupas e em usos externos, como irrigação.

Dentro dessa perspectiva, o presente estudo tem por objetivo dimensionar um reservatório de águas pluviais para a Creche Municipal Paulo Roberto Malta Brandão, localizada na cidade de Inhapi, no semiárido alagoano. Para o dimensionamento, foram utilizados os métodos sugeridos pela NBR 15.527 (2019), a fim de identificar aquele que melhor se adequa às características do local de estudo. Além disso, o trabalho buscou avaliar a viabilidade técnica, ambiental e o retorno econômico da implantação desse sistema na creche.

A adoção desse sistema pode gerar inúmeros benefícios, como uma economia significativa no consumo de água tratada fornecida pela concessionária local. Além disso, o presente estudo tem relevância ambiental ao contribuir para a reutilização de um recurso natural, representando um alívio diante da crescente crise hídrica enfrentada em todo o país. Esse impacto é ainda mais significativo considerando a cidade onde o objeto de estudo está localizado, no semiárido Alagoano, região com temperaturas elevadas e chuvas irregulares. Com a implementação desse sistema, a creche poderá servir de modelo para outras instituições da região, que apresentam os problemas semelhantes, apresentando-se como uma alternativa viável e sustentável para o enfrentamento do déficit hídrico.

Para tanto, este estudo está organizado em 4 partes: objetivos, referencial teórico, metodologia e resultados e discussões.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos gerais**

Realizar o dimensionamento de um sistema de armazenamento de águas pluviais, com base nas diretrizes estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 15.527 de 2019), em uma creche de uso público na cidade de Inhapi, Alagoas.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Analisar a série histórica dos índices de precipitação da região e estimar o potencial de água da chuva que pode ser captada, considerando a área de cobertura disponível;
- Estimar a demanda da instituição para fins não potáveis;
- Realizar uma análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais aplicados ao objeto de estudo.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Gestão dos recursos hídricos

Sendo um recurso natural limitado e de domínio comum, a água tem se tornado cada vez mais escassa, o que ameaça sua disponibilidade futura. Estudos recentes, como o realizado por Aoki e Quiocho (2020), evidenciam a disparidade na distribuição dos recursos hídricos em todo o mundo e mostram como a escassez de água pode afetar econômica, social e ambientalmente diversas regiões do globo. Regiões mais vulneráveis, em particular, correm o risco de não ter água suficiente para a produção de alimentos de forma autossuficiente.

Neste contexto, em seu estudo, Backer (2012) destaca as pesquisas relacionadas à disponibilidade e segurança hídrica como peça-chave para uma gestão integrada deste recurso. O autor demonstra que, no contexto global, a discussão sobre a disponibilidade e segurança hídrica começou a ser fomentada a partir da década de 1990, mas foi apenas nos anos 2000 que passou a ser mais profundamente estudada, com destaque para 2009, quando houve um aumento considerável nas pesquisas sobre o tema. No Brasil, a visibilidade do tema começou a ganhar grande destaque a partir de 2014, quando o país enfrentou uma intensa crise hídrica, particularmente nas capitais da Região Sudeste (Melo, Johnsson, 2017)

Quando comparado a outros países, o Brasil ocupa uma posição confortável em relação aos recursos hídricos. Entretanto, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2012), a distribuição desse volume é desproporcional entre as regiões, com cerca de 80% concentrados na região hidrográfica amazônica, que abriga a menor parcela da população. Esta distribuição desigual gera preocupações quanto ao abastecimento adequado e sustentável nessas áreas mais sensíveis. Além disso, a crescente expansão populacional, que de acordo com o estudo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024), é apontado que, apesar da taxa de fecundidade recuar, a população ainda terá um aumento significativo, atingindo seu pico em 2041. Esse cenário, aliado às mudanças climáticas e à expansão agrícola, agrava a pressão sobre os recursos hídricos.

Sobre esse viés e com o objetivo de mitigar a ameaça à disponibilidade de água, é essencial uma gestão eficaz dos recursos hídricos, tendo as bacias hidrográficas como unidade básica dessa gestão. A gestão sustentável dos recursos hídricos é concebida e gerida para preservar a integridade ecológica, econômica e hidrológica da sociedade atual e das perspectivas futuras (Ali *et al.*, 2019).

De acordo com Piroli (2022), praticamente todo o território brasileiro está inserido em uma bacia hidrográfica, e toda a população depende de água captada diretamente dessas bacias ou extraída de poços profundos em seus subsolos. Ainda segundo Piroli (2022), após o uso desse recurso, os efluentes são direcionados, tratados ou não, para uma bacia hidrográfica, seja a mesma ou uma adjacente.

Para gestão desse recurso, no Brasil desde janeiro de 1997, opera a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal N° 9.433 (Brasil, 1997). Ela traz em seu texto objetivos claros para garantir a segurança e a sustentabilidade desse recurso essencial, estabelecendo que a gestão deve ser descentralizada, com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Como instrumento para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, destaca-se o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH). Criado em 2019, esse instrumento governamental tem por objetivo promover um planejamento integrado e eficiente da infraestrutura hídrica no Brasil, visando garantir o desenvolvimento sustentável, mediante os desafios climáticos e a crescente pressão sobre os recursos hídricos (ANA, 2019).

### **3.2 Panorama dos recursos hídricos no nordeste brasileiro**

O Nordeste brasileiro, predominantemente caracterizado pelo clima semiárido, é uma das regiões que mais sofre com a insegurança hídrica no país. Segundo Regoto *et al.* (2021), ao longo dos anos, houve uma diminuição, estatisticamente significativa, da precipitação na região, indicando uma tendência de intensificação do clima mais seco, especialmente durante o verão e o outono. Aliado a isso, uma das características predominantes da região é a variabilidade espacial e temporal das chuvas, com a taxa pluviométrica anual variando entre valores inferiores a 500 mm/ano e superiores a 2.000 mm/ano, podendo oscilar entre anos extremamente secos e outros mais chuvosos (Galvêncio, 2010).

Segundo Lima e Magalhães (2018), a região apresenta um longo histórico de secas, registrado desde o período colonial. No entanto, apesar dos registros históricos, a implementação de políticas públicas voltadas ao enfrentamento dessa vulnerabilidade foi lenta e, muitas vezes, ineficaz, caracterizando-se por ações imediatistas, como a construção de barragens para o armazenamento de água.

Mesmo nos dias de hoje, a região ainda enfrenta grandes desafios relacionados à vulnerabilidade do seu sistema hídrico. Um exemplo recente, foi a seca histórica ocorridas entre 2012 e 2016, que resultaram na redução significativa das reservas de água doce acumuladas nas

bacias hidrográficas e no colapso dos níveis dos reservatórios da região, afetando mais de 1000 municípios. Esses impactos geraram inúmeros problemas sociais em áreas urbanas e rurais, além de afetarem diretamente as atividades tradicionais do setor primário, causando prejuízos aos setores agrícola e pecuário (Souza e Aquino, 2018; Marengo *et al.*, 2017).

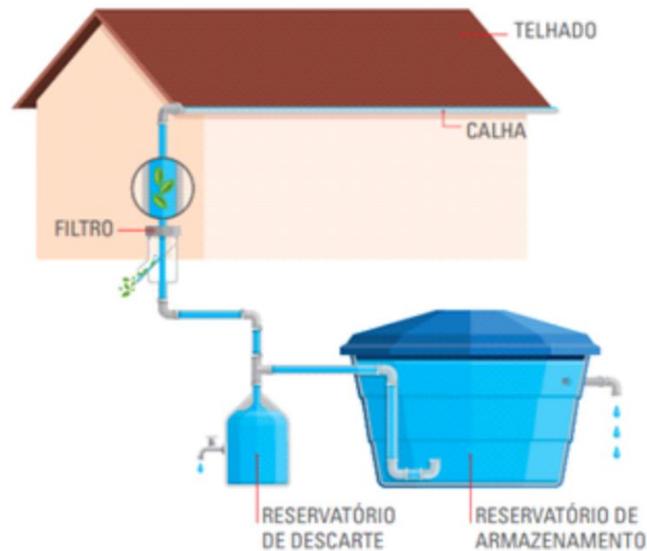
Ainda em relação à disponibilidade hídrica da região, estima-se que o Nordeste conta com mais de 500 unidades de reservatórios hídricos distribuídos entre seus nove estados, com capacidade aproximada de 40 bilhões de m<sup>3</sup>. Muitos desses reservatórios constituem mananciais utilizados para o abastecimento das sedes urbanas ou são fontes de água para a população rural (ANA, 2025).

### **3.3 Aproveitamento de águas pluviais**

Em diversos países, o aproveitamento de águas pluviais tem sido adotado como uma solução eficiente, sustentável e econômica para reduzir o impacto sobre os recursos hídricos, especialmente em regiões mais vulneráveis, contribuindo para o aumento da segurança hídrica (Jing *et al.*, 2017; Abdullah *et al.*, 2024) No Brasil, a Lei Federal nº 9.433, de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, que reconhece o Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva (SAAC) como uma alternativa viável para reduzir a pressão sobre os recursos hídricos, promovendo benefícios ambientais e econômicos (Brasil, 1997).

De maneira simplificada, a captação de água da chuva é uma tecnologia que utiliza telhados, superfícies de terra ou afloramentos rochosos para coletar e armazenar a água proveniente das chuvas. Normalmente esse sistema é composto por três elementos básicos: coleta, condução e armazenamento (UNEP, 2002). Para seu pleno funcionamento, podem ser necessárias calhas, condutores verticais, coletores horizontais, além da construção de reservatórios de autolimpeza e acumulação, que podem ser apoiados no solo ou enterrados (Tomaz, 2010). A Figura 01 apresenta a representação de um sistema simplificado de aproveitamento de água pluvial.

Figura 1 - Esquema simplificado do sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: FEAM - Minas Gerais, 2016.

Quanto à sua aplicação, esse tipo de sistema é altamente adaptável a qualquer tipo de edificação, seja ela residencial, comercial ou industrial. Além disso, pode ser implementado tanto em construções já existentes quanto integrado desde a fase de planejamento em novos projetos (Center, 2009).

### 3.3.1 Qualidade da água pluvial

No que diz respeito à qualidade da água proveniente da chuva, Hagemann (2009) destaca que diversos fatores influenciam sua qualidade, como as condições atmosféricas da região e a superfície por onde a água escoou até o armazenamento. Ele ressalta que, ao passar pela superfície de escoamento, a água retém todas as impurezas presentes, o que pode torná-la imprópria para determinados usos.

De acordo com Gikas e Tsihrintzis (2012), comumente a água da chuva apresenta parâmetros físico-químicos aceitáveis para fins não potáveis, podendo ser utilizada, por exemplo, como água cinza em aplicações como descarga de sanitários, lavagem de pisos e irrigação de jardins.

No Brasil, para garantir a qualidade e a usabilidade da água da chuva coletada através de telhados, a NBR 15527 (2019) estabelece parâmetros e orientações para minimizar os riscos à saúde humana relacionados ao uso da água pluvial. Entre esses parâmetros, destaca-se a utilização de um pré-tratamento por meio de dispositivos, como filtros e sistemas de descarte

da primeira água, os quais devem ser de fácil manutenção e alta durabilidade. Quando esses dispositivos não forem suficientes para atender aos parâmetros mínimos de segurança descritos pela norma e apresentados na Tabela 01, a norma sugere a adoção de um sistema de tratamento adicional por meio de soluções físico-químicas.

Tabela 1 – Parâmetros mínimos de qualidade da água para uso não potável.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
<i>Escherichia coli</i>	< 200 – 100 mL
Turbidez	< 5 uT
pH	6,0 a 9,0

Fonte: NBR 15.527 (2019)

Aliado a isso, destaca-se, por meio da NBR 15.527 (2019), a importância da manutenção do sistema como um fator de grande importância para a preservação da qualidade da água captada. Para tanto, a norma apresenta os parâmetros de frequência de manutenção para os componentes que compõem o sistema, os quais estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Frequência de manutenção.

<b>Componente</b>	<b>Frequência de manutenção</b>
Dispositivos de descarte de detritos	Inspeção mensal
	Limpeza trimestral
Dispositivos de descarte do escoamento inicial, se existir	Inspeção mensal
	Limpeza trimestral
Calhas	Inspeção semestral, limpeza quando necessário
Área de captação, condutores verticais e horizontais	Inspeção semestral, limpeza quando necessário
Dispositivos de desinfecção	Inspeção mensal
Bombas	Inspeção mensal
Reservatório	Inspeção anual, limpeza quando necessário

Fonte: NBR 15.527 (2019)

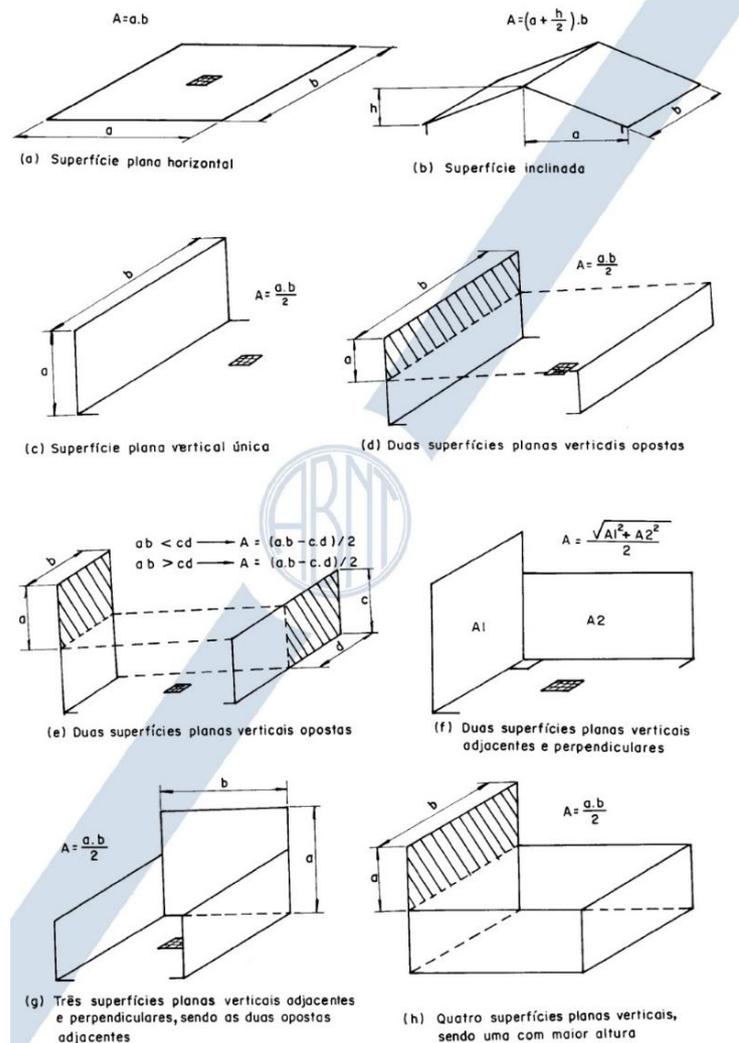
### 3.4 Elementos do sistema de águas pluviais

#### 3.4.1 Área de captação

A área de captação de águas pluviais é geralmente composta por telhados de edificações, tanto residenciais quanto industriais, podendo ser constituídos de materiais como telhas de zinco, ferro galvanizado, concreto armado, plástico ou telhados planos revestidos com asfalto. A área de captação é dada em metros quadrados e corresponde à projeção horizontal da superfície impermeável da cobertura, por onde a água é coletada (ABNT, 2019).

De acordo com a ABNT NBR 10844 (1989), o cálculo da área de captação de água deve considerar fatores como a inclinação da cobertura e as paredes que interceptam a chuva, sendo estas também drenadas pela cobertura. A Figura 02 mostra as geometrias e equações da norma para o cálculo da área de contribuição.

Figura 2 - Indicações para cálculos da área de contribuição.



Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

A determinação da área de contribuição é de grande importância, pois, juntamente com a intensidade pluviométrica, permite calcular a vazão de água coletada pelo sistema. O cálculo da vazão é descrito pela ABNT NBR 10844 (1989) por meio da Equação 1.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

I = Intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = Área de contribuição, em m<sup>2</sup>

### 3.4.2 Calhas

As calhas são elementos instalados ao longo do beiral do telhado com a função de coletar e direcionar a água pluvial para os condutores verticais, que por sua vez conduzem a água até o reservatório de armazenamento (Corrêa, 2017). Seu dimensionamento e instruções de uso e instalação dão dados através das NBR 10844 (1989) e NBR 15527 (2019).

Dentre as orientações, a ABNT NBR 10844 (1989) estabelece que as calhas podem ser executadas em materiais como aço galvanizado, PVC rígido, concreto, alvenaria ou fibra de vidro, desde que atendam às condições especificadas na norma. Além disso, a norma prevê diretrizes para a instalação, como a inclinação mínima das calhas, que deve ser de 0,5%, e recomenda que, preferencialmente, as calhas sejam fixadas centralmente sob a extremidade da cobertura.

Para o dimensionamento das calhas, a NBR 10844 (1989) adota a fórmula de Manning-Strickler, que considera dados como a área da seção molhada, o raio hidráulico, a declividade da calha e o coeficiente de rugosidade. Este último é determinado pelo material de fabricação da calha, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficientes de rugosidade.

<b>Material</b>	<b>n</b>
Plástico, fibrocimento, aço e metais não ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado e alvenaria revestida	0,012
Cerâmica e concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: Adaptado da NBR 10844 (1989).

### 3.4.3 Condutores verticais e horizontais

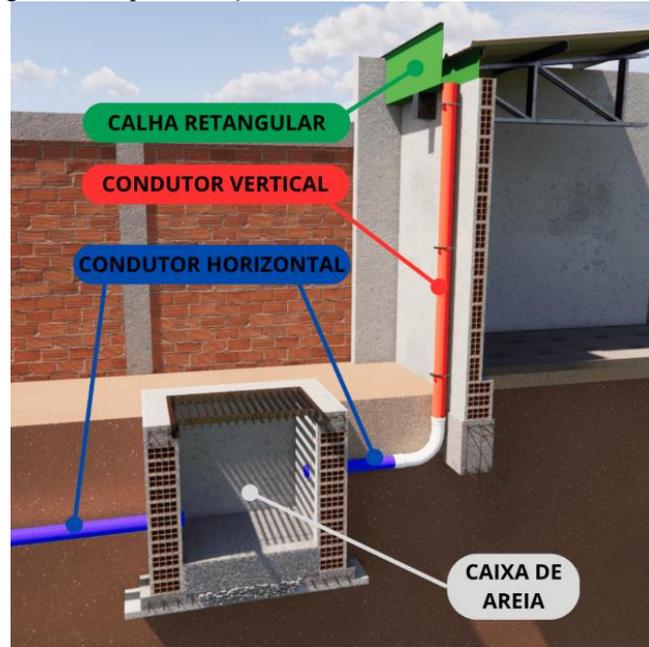
De forma simplificada, os condutores verticais e horizontais são tubulações responsáveis por receber a água proveniente da saída das calhas e conduzi-la ao longo de sua extensão até o ponto de descarga (Azevedo Netto *et al.*, 1998).

A NBR 10844 (1989) estabelece diversos parâmetros para o dimensionamento dos condutores verticais, levando em consideração dados como a vazão do projeto, a altura da lâmina de água na calha e o comprimento do condutor vertical. Além disso, a norma orienta que, sempre que possível, os condutores sejam projetados em uma só prumada. Quando isso não for viável, recomenda-se o uso de curvas de 90° de raio longo ou de 45°, além da utilização peças para facilitar a inspeção do sistema.

Para os condutores horizontais, a NBR 10844 (ABNT, 1989) também apresenta algumas diretrizes, recomendando que a declividade seja preferencialmente uniforme, com valor mínimo de 0,5%. A norma também prevê a instalação de caixas de inspeção em tubulações aparentes e de caixas de areia em tubulações enterradas, sempre que houver conexões com outras tubulações, mudanças de declividade, mudanças de direção e a cada trecho de 20 metros em percursos retilíneos.

A Figura 03 apresenta um modelo de sistema de coleta de águas pluviais, ilustrando a esquematização dos condutores verticais e horizontais.

Figura 3 - Esquemática dos condutores verticais e horizontais.

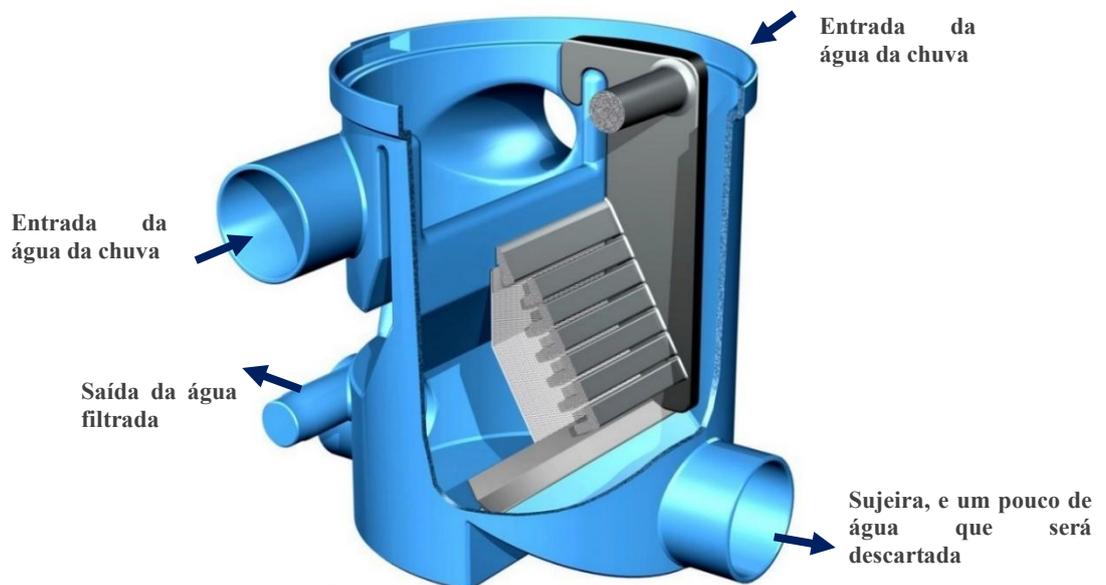


Fonte: Salatiel D. Kerne, 2023.

#### 3.4.4 Filtro e dispositivos de descarte

Por estar exposto ao ambiente, o sistema de aproveitamento de águas pluviais fica sujeito à entrada de detritos, partículas sólidas e insetos. Para garantir a qualidade da água a ser armazenada, é essencial instalar dispositivos de proteção, como filtros, que impedem a entrada desses materiais no reservatório (Franco, 2020). A Figura 04 ilustra a configuração de um destes dispositivos.

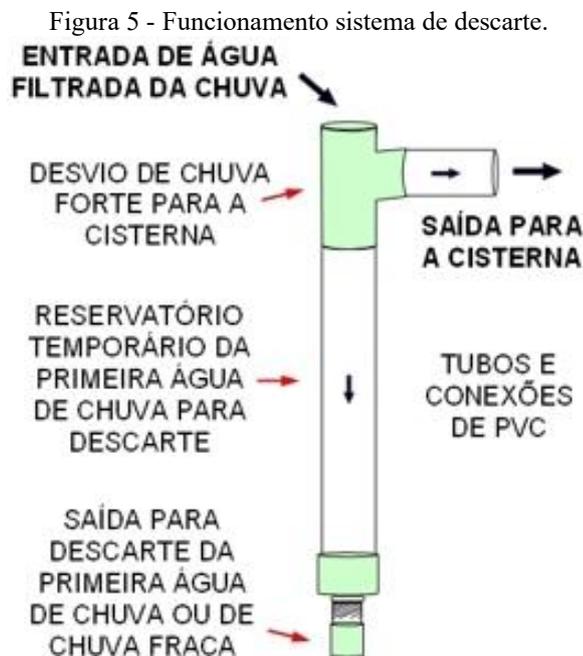
Figura 4 - Filtro para aproveitamento de águas pluviais.



Fonte: Adaptado, Fluxo ambiental, 2020.

Ademais, para a remoção dessas impurezas, a NBR 15527 (ABNT, 2019) recomenda a utilização de telas para retenção de sólidos e destaca que qualquer dispositivo instalado não deve comprometer o desempenho hidráulico das calhas e condutores. Mesmo após a instalação de filtros e telas, ainda podem restar partículas finas que contaminam a água. Como a primeira chuva tende a ser mais carregada de impurezas, é necessário utilizar um mecanismo que descarte o volume inicial dessa água (IPT, 2015).

Hagemann (2009) destaca que a quantidade descartada do escoamento inicial pode variar de acordo com diversos fatores, como o período de estiagem, a área de captação e a concentração de poluentes. Todavia, a Norma NBR 15527 (ABNT, 2019) recomenda, na ausência de dados, o descarte de 2 mm da precipitação inicial. A Figura 05 apresenta um exemplo do sistema de descarte, ilustrando seu funcionamento.



Fonte: Sempre sustentável, 2014.

### 3.4.5 Reservatórios

Quanto ao armazenamento, Tinôco e Lopes (2016) colocam que o reservatório é comumente composto por materiais como concreto armado, alvenaria, fibra de vidro, aço e polietileno, podendo ser instalado diretamente sobre o solo ou em estrutura elevada. A construção do reservatório pode ser a parte mais onerosa do sistema, devendo ser calculado de maneira cuidadosa para garantir maior aproveitamento, eficiência e evitar desperdícios (Nunes, 2018).

Para garantir a segurança e a eficiência, a NBR 15527 (ABNT, 2019) estabelece medidas para otimizar o abastecimento e assegurar a qualidade da água. O reservatório deve ser equipado com mecanismos que impeçam a entrada de animais, dispositivos de esgotamento, inspeção e ventilação, além de contar com proteção contra a incidência de luz solar e outras fontes de calor. A norma também sugere que o esgotamento pode ser realizado por gravidade ou bombeamento. A Figura 06 ilustra um modelo de reservatório para captação de águas pluviais composta de polietileno.

Figura 6 - Reservatório subterrâneo em polietileno.



Fonte: Fibrosom, 2022.

### 3.5 Métodos de dimensionamento de reservatório

No que diz respeito aos métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais, não há um método padrão estabelecido. Tomaz (2012) destaca que a norma apresenta modelos de cálculo que servem como exemplos, os quais podem ou não ser seguidos, ficando a critério do projetista e das especificidades do local estudado. Entre os métodos descritos na NBR 15527 (ABNT, 2007), estão o método de Rippl, o método de simulação, o método de Azevedo Neto, o método prático alemão, o método prático australiano e o método prático inglês.

### 3.5.1 Método de Pipl

Devido à sua facilidade de aplicação, o Método de Rippl é um dos mais comumente utilizados no dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água da chuva. Esse método geralmente resulta em um volume extremo para o reservatório, sendo especialmente indicado para locais com grande variação nas precipitações médias mensais. Para esse método, utiliza-se séries históricas longas, preferencialmente de precipitações diárias, com um período mínimo de 10 anos (Tomaz, 2011). Para a realização do dimensionamento, a NBR 15527 (ABNT, 2007) apresenta as seguintes Equações:

$$S_{(t)} = D_{(t)} + Q_{(t)} \quad \text{Eq. 2}$$

$$Q_{(t)} = C \cdot \text{precipitação da chuva}_{(t)} \cdot \text{área de captação} \quad \text{Eq. 3}$$

$$V = \Sigma S_{(t)}, \text{somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad \text{Eq. 4}$$

Sendo que:  $\Sigma D_{(t)} < \Sigma Q_{(t)}$

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.

### 3.5.2 Método da Simulação

Segundo Amorim e Pereira (2008), de maneira simplificada, esse método consiste na determinação de um volume para o reservatório e na verificação do percentual de consumo que será atendido por esse volume. Para o seu dimensionamento, a NBR 15527 (ABNT, 2007) sugere duas hipóteses: considerar que o reservatório está cheio no início do período de análise e que os dados históricos são representativos das condições futuras. De acordo com a norma, o dimensionamento do reservatório de águas pluviais por esse método inicia-se com a determinação do volume de água pluvial no tempo t e do volume armazenado no reservatório no mesmo intervalo de tempo. Para isso, utilizam-se as Equações 05 e 06, respectivamente.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad \text{Eq. 05}$$

$$Q_{(t)} = C \cdot \text{precipitação da chuva}_{(t)} \cdot \text{área de captação} \quad \text{Eq. 06}$$

Sendo que:  $0 \leq S_{(t)} \leq V$

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.

Para definir o volume adequado do reservatório, é necessário que, no primeiro mês do ano (janeiro), o volume  $V$  satisfaça a condição  $0 \leq S_t \leq V$ . Se essa condição for atendida, os meses subsequentes também terão um volume considerado satisfatório.

Como esse método se baseia em tentativas até encontrar um valor otimizado, recomenda-se que a confiança de atendimento seja superior a 90%. Para a realização dessa conferência, pode-se utilizar as Equações 07 e 08 apresentadas abaixo.

$$P_r = \frac{N_r}{N} \quad \text{Eq. 07}$$

$$\text{Confiança} = (1 - P_r) \quad \text{Eq. 08}$$

Onde:

$P_r$  = falha;

$N_r$  = Número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda ( $V_t = 0$ );

$N$  = número de meses considerado.

### 3.5.3 Método Azevedo Neto

Também conhecido como Método Prático Brasileiro, o Método de Azevedo Neto é uma abordagem empírica para o dimensionamento de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, descrita na NBR 15527 (ABNT, 2007). Sendo considerada uma metodologia simples, esse método leva em conta apenas o volume de água captado e o período de estiagem ou seca da região, desconsiderando a demanda nos cálculos (Cohim *et al.*, 2008).

O cálculo pelo Método de Azevedo Neto é realizado por meio da Equação apresentada a seguir (Equação 9), conforme apresentado na NBR 15527 (ABNT, 2007).

$$V = 0,042 \cdot P \cdot A \cdot T \quad \text{Eq. 09}$$

Onde:

$P$  = Valor numérico da precipitação média anual (mm);

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

$A$  = Valor numérico da área de coleta em projeção (m<sup>2</sup>);

$V$  = Valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

#### 3.5.4 Método Prático Alemão

Considerado um método empírico, o Prático Alemão, conforme apresentado na NBR 15.527 (ABNT, 2007), utiliza 6% do volume anual de demanda e 6% do volume anual de precipitação aproveitável para o cálculo do volume do reservatório, sendo considerado o menor valor obtido entre eles como volume final. A Equação correspondente a esse método está apresentada a seguir, na Equação 10.

$$V_{adotado} = \min(V; D) \cdot 0,06 \quad \text{Eq. 10}$$

Onde:

$D$  = Valor numérico da demanda anual da água não potável (L);

$V_{adotado}$  = Valor numérico do volume de água do reservatório (L);

$V$  = Valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual (L).

#### 3.5.5 Método Prático Inglês

De forma análoga ao método de Azevedo Neto, o método Prático Inglês fundamenta-se nos volumes de precipitação média anual e na área de coleta. No entanto, adota um coeficiente de 0,05, indicando que o volume do reservatório representa 5% do potencial aproveitável da água captada (ABNT, 2007). A partir da Equação 11, realiza-se o cálculo utilizando o método prático inglês.

$$V = 0,05 \cdot P \cdot A \quad \text{Eq. 11}$$

Onde:

$P$  = Valor numérico da precipitação média anual (mm);

$A$  = Valor numérico da área de coleta em projeção (m<sup>2</sup>);

$V$  = Valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L).

### 3.5.6 Método Prático Australiano

Baseando-se no balanço hídrico, o Método Prático Australiano leva em consideração a interceptação de água na superfície e a perda por evaporação (Souza *et al.*, 2017). Nesse método, a princípio, são calculados os volumes de chuva obtidos e, em seguida, é realizado o cálculo do reservatório. O volume do reservatório é estabelecido por tentativas, até que se encontrem valores otimizados e confiáveis, que atinjam um nível entre 90% e 99%. Para o cálculo do volume de chuva e do reservatório, utilizam-se as Equações 12 e 13, respectivamente. A confiança do reservatório é calculada com base nas Equações 07 e 08 da NBR 15.527 (ABNT, 2007), já apresentadas no método de simulação.

$$Q = A \cdot C \cdot (P - I) \quad \text{Eq. 12}$$

Onde:

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

$P$  = Precipitação média mensal (mm);

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

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

$Q$  = Volume mensal produzido pela chuva (m<sup>3</sup>).

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad \text{Eq. 13}$$

Onde:

$Q_t$  = Volume mensal produzido pela chuva no mês  $t$  (m<sup>3</sup>);

$V_{t-1}$  = Volume de água que está no tanque no início do mês  $t$  (m<sup>3</sup>);

$D_t$  = Demanda mensal (m<sup>3</sup>);

$V_t$  = Volume de água que está no tanque no fim do mês  $t$  (m<sup>3</sup>);

Sendo  $V_t < 0$ , então o  $V_t = 0$

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 Classificação do estudo**

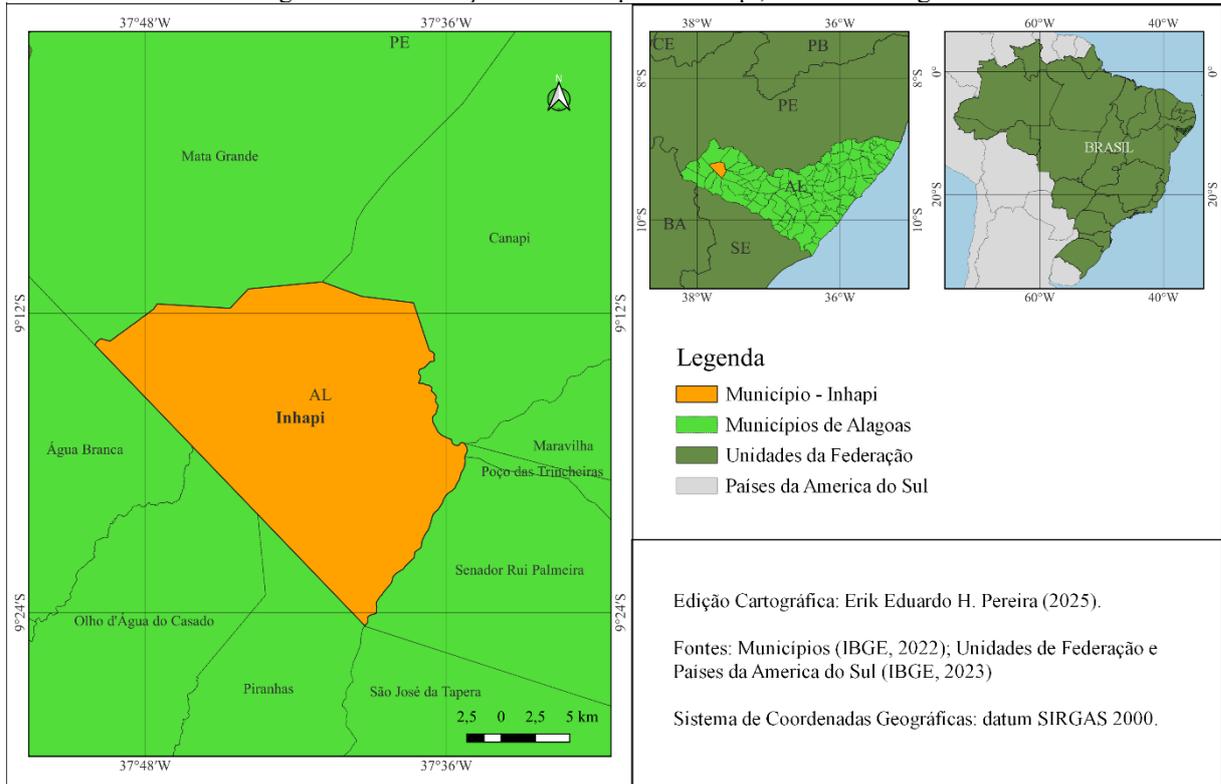
A classificação do presente estudo, segundo os procedimentos técnicos, enquadra-se como uma pesquisa aplicada, na qual é realizada uma análise descritiva, quantitativa e um estudo comparativo de métodos de dimensionamento para a instalação de um sistema de reservatório de águas pluviais destinado ao uso não potável em uma creche localizada no município de Inhapi, no Sertão Alagoano. Para tal, utilizou-se como base para o dimensionamento a NBR 15527 (ABNT, 2019) - Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas em Áreas Urbanas para Fins Não Potáveis - e a NBR 10844 (ABNT, 1989) - Instalações Prediais de Águas Pluviais.

### **4.2 Área de estudo**

O local de estudo é uma creche tipo 1, com um modelo padrão de educação infantil desenvolvido pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE, 2021). A creche está localizada no município em Inhapi-AL, cujas coordenadas geográficas são latitude 9°13'8" S, longitude 37°45'14" O, e altitude de 380 metros (Cidade-Brasil, 2024). De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a região se estende por 372,019 km<sup>2</sup>, com uma densidade demográfica de 40,77 habitantes por km<sup>2</sup> na cidade. A Figura 7 apresenta a localização do município de Inhapi, no estado de Alagoas (AL).

A região apresenta um clima com um verão prolongado e seco, um inverno breve e céu geralmente limpo. Ao longo do ano, o tempo é úmido, com ventos fortes. As temperaturas variam entre 17°C e 36°C (Weather Spark, 2024).

Figura 7 – Localização do município de Inhapi, estado de Alagoas.

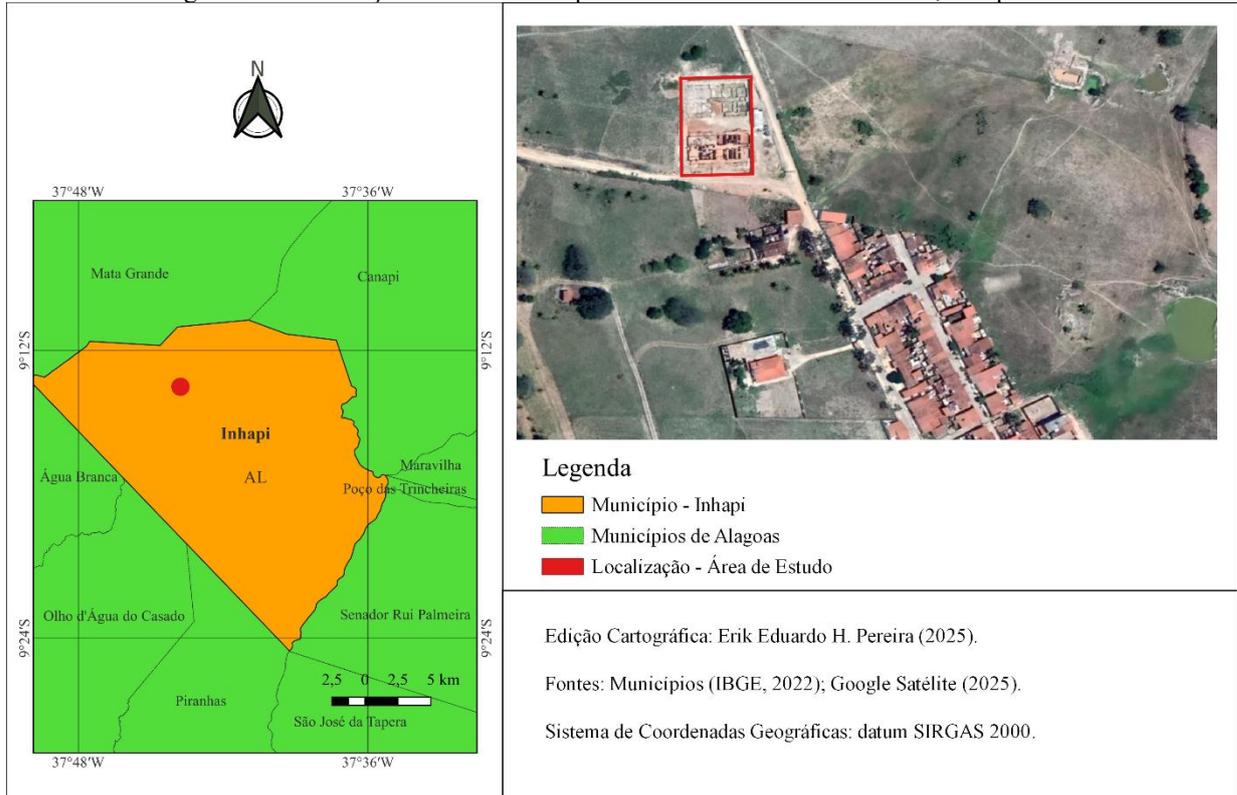


Fonte: Autor, 2025.

#### 4.2.1 Características do objeto de estudo

A edificação está localizada na cidade de Inhapi-AL, na Rua Projetada S/N – Monte Castelo, conforme ilustrado na Figura 08. A creche possui um terreno de 2.400,00 m<sup>2</sup> e uma área construída de 1.331,00 m<sup>2</sup>. Para proporcionar maior comodidade às crianças, o projeto padrão do FNDE instalado em Inhapi dispõe de 10 salas, que abrigam os alunos conforme a faixa etária, 4 sanitários infantil, 1 lactário, 1 cozinha ampla, além de áreas de convivência, como playground, pátio e sala multiuso (FNDE, 2021). A entrega da creche ocorreu no ano de 2022, com o objetivo de beneficiar mais de 300 crianças da região, com idades entre 0 e 6 anos, especialmente para aquelas pertencentes a famílias em situação de vulnerabilidade social, cujos responsáveis necessitam de um lugar seguro para deixá-las enquanto estão no trabalho (Econodata, 2023).

Figura 8 – Localização Creche Municipal Paulo Roberto Malta Brandão, Inhapi/AL.



Fonte: Autor, 2025.

### 4.3 Coleta de dados

Para o dimensionamento do sistema de armazenamento de águas pluviais para usos não potáveis na instituição, foram levantados e analisados dados cruciais, tais como: demanda e necessidades atuais da creche, índices pluviométricos da região, área disponível para captação e volume de água pluvial aproveitável. Esses fatores são essenciais para garantir a viabilidade, eficácia e eficiência do projeto, considerando as particularidades da região e do objeto de estudo.

#### 4.3.1 Demanda

Inicialmente, para determinar a demanda da creche, foi realizada uma entrevista com a diretora da instituição. O objetivo foi compreender a situação atual da creche, as demandas existentes e os desafios relacionados à disponibilidade hídrica na edificação. No panorama atual, a instituição depende dos serviços da concessionária Águas do Sertão e do abastecimento por meio de carros-pipa, para suprir as demandas diárias e garantir seu funcionamento, tanto para o consumo quanto para a limpeza da creche. Entrevista disponível no apêndice.

Após a entrevista, foi identificado que uma das principais necessidades é o uso do recurso hídrico para a lavagem de ambientes abertos e áreas de convivência comum, além da irrigação do jardim.

Considerando que a instituição já possui um sistema hidrossanitário bem definido, o presente estudo propõe três cenários possíveis para a utilização da água pluvial, a fim de identificar a alternativa mais adequada às condições existentes na instituição, sendo eles:

- Cenário 1: Utilização da água captada exclusivamente para rega de jardim, limpeza de pisos externos (calçadas, estacionamento e pátio de serviço), e limpeza de pisos internos (pátio coberto).
- Cenário 2: Utilização da água captada para rega de jardim, limpeza de pisos externos, limpeza de pisos internos (pátio coberto) e descargas nos vasos sanitários.
- Cenário 3: Utilização da água captada para irrigação de jardins, limpeza de pisos externos e internos (pátio coberto), além de suprir parcialmente as descargas dos vasos sanitários (50%).

Para calcular a estimativa de consumo de água para irrigação e limpeza dos pisos e descarga de sanitários, foram utilizados os parâmetros descritos por Tomaz (2009) em seu estudo sobre a utilização de águas pluviais para uso não potável, no qual relaciona a área dos ambientes com a taxa de limpeza e a frequência de utilização. Através da Tabela 4 é possível conferir os parâmetros utilizados.

Tabela 4 - Taxas e frequências utilizadas

<b>Ambiente</b>	<b>Frequência</b>	<b>Taxa</b>
Rega de jardim	4 vezes/mês	2 l/m <sup>2</sup> /dia
Pisos externos	2 vezes/mês	2 l/m <sup>2</sup> /dia
Pisos Internos	4 vezes/mês	2 l/m <sup>2</sup> /dia
Descarga de sanitários	2 vezes/dia/pessoa	-

Fonte: Adaptado de Tomaz (2009).

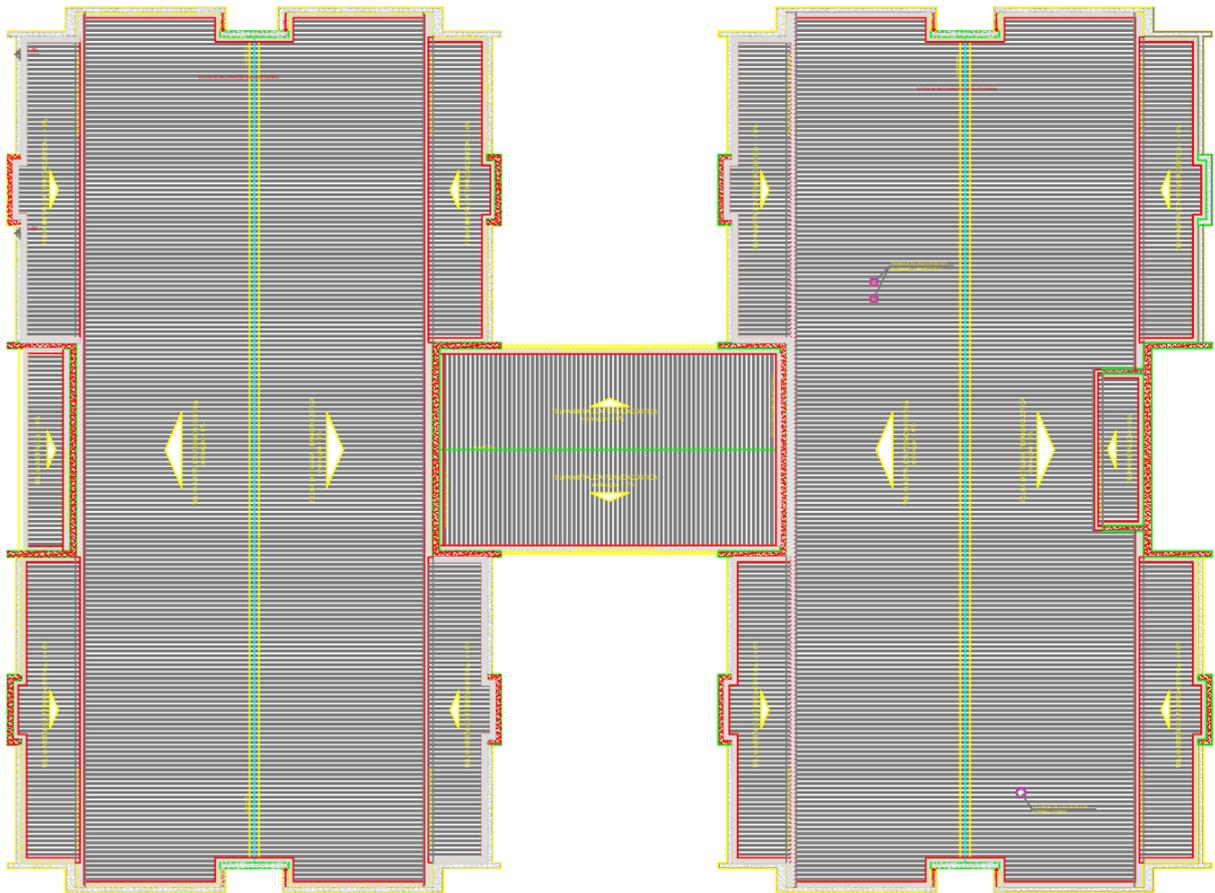
No que diz respeito à taxa de fluxo de descarga dos vasos sanitários, foram utilizados valores correspondentes aos equipamentos atuais de bacias sanitárias, com um consumo de 6 L/descarga. Para essa estimativa, também se considerou o número de alunos e funcionários da instituição. Atualmente, a instituição possui 420 alunos e 130 funcionários, distribuídos em dois

turnos (matutino e vespertino), com aproximadamente 210 alunos e 65 funcionários em cada período.

#### 4.3.2 Área de captação

Para a determinação da área de captação da água pluvial, foi utilizada a planta baixa da edificação, disponibilizada no site oficial do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE, 2021). Na planta baixa foi possível coletar algumas informações importante para o dimensionamento da área de contribuição, como dimensões das águas, direção de escoamento e declividade do telhado. A Figura 09 apresenta a imagem da área de captação.

Figura 9 – Área de captação.



Fonte: Adaptado, FNDE (2021).

Para o cálculo da área de contribuição, tomou-se como referência a NBR 10884 (ABNT, 1989), considerando a configuração do telhado da edificação, com inclinada de 6%, como mostra a Figura 09. A Equação aplicada, extraída da NBR 10884 (1989), é apresentada a seguir.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \cdot b \quad \text{Eq. 14}$$

Onde:

$a$ = Largura do telhado em relação a inclinação, em m;

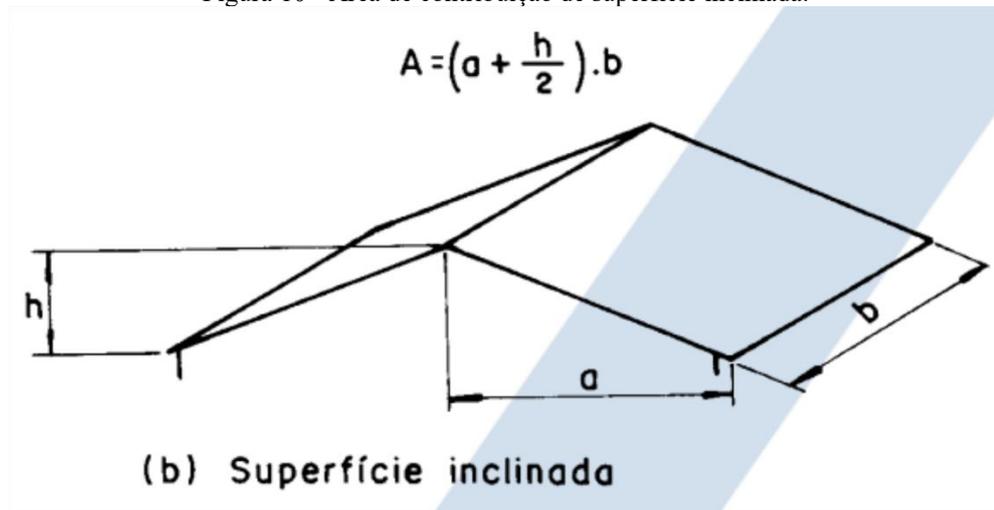
$b$ = Comprimento do telhado perpendicular a inclinação, em m;

$h$ = Diferença de cota entre o ponto mais alto e o mais baixo do telhado, em m;

$A$  = Área de contribuição, em m<sup>2</sup>.

A Figura 10 ilustra visualmente a descrição de cada elemento da Equação.

Figura 10 - Área de contribuição de superfície inclinada.



Fonte: ABNT NBR 10844 (1989)

Conforme mostra a Figura 09, o telhado apresenta quedas de águas retangulares com dimensões distintas. Para maior precisão na área de captação, foi realizado o levantamento das superfícies que apresentavam semelhanças em largura e comprimento, resultando na divisão em oito seções com características geométricas e dimensões iguais. Por fim, para determinar a área efetiva, foi calculado o total das áreas identificadas.

#### 4.3.3 Índices pluviométricos

Para a coleta de dados pluviométricos, foram utilizados os dados da estação pluviométrica 937013 referentes a cidade de Delmiro Gouveia -AL, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2024), que está à aproximadamente 34 km da área de estudo. A escolha de Delmiro Gouveia se deu pela falta de dados

pluviométricos significativos relacionados à cidade onde a creche está localizada, sendo Delmiro Gouveia a cidade mais próxima com uma série histórica de precipitação mais ampla, o que confere maior confiabilidade ao tratamento dos dados deste estudo. A Tabela 5 apresenta os dados de precipitação de janeiro de 1997 a dezembro de 2023.

Tabela 5 – Dados da precipitação mensal (mm) dos últimos 30 anos de Delmiro Gouveia-AL.

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
1994	14,2	0	109,8	17,7	50,7	131,2	51,2	9	9,3	0	0	63,5
1995	21,9	66,4	18,2	40,6	51,6	149,8	65,1	15	3,3	0	63,6	28,1
1996	0	16,5	6,4	144,6	41,8	73,3	41,2	50,4	6	16,6	52,1	12,3
1997	26,8	36,5	206,3	96,7	100,8	52,7	39,1	33,3	0	30,1	29,5	5,7
1998	8,1	0	11,2	2,5	8,7	70,7	38,8	13,9	4,1	1,5	0	1,8
1999	14,1	13,7	0	0	64,7	17,4	38	20,1	15,8	41,9	160,3	81,8
2000	7,6	143,3	29,1	36,3	32,9	62,3	44,1	29	23,4	7,5	19,5	115,9
2001	0	12,7	170,7	6	2,9	48,3	53,1	30,8	0	29	2,5	88,2
2002	131,7	85,6	55,3	9,8	62,5	39,2	61,3	17	3,9	0	4,7	32,7
2003	96,6	91	24,1	9,9	30	24,4	21,6	7,9	5,4	13	7	4,1
2004	180,8	23,1	0	0	68,4	49,5	23,6	19,3	14,9	0	49,6	11,5
2005	72,9	171,6	71,2	50,1	164,7	99,6	66,7	50,3	11,1	0	24,2	67,2
2006	0	0	96,4	31,3	92,7	94,9	121,1	10,3	30,7	14,3	10,4	0
2007	0	220,8	61,9	13,8	84,3	44,1	51,9	51,7	45,5	0	0	0
2008	0	95,3	133,9	36,2	52,1	32,7	50,6	16,1	13,6	0	0	36,7
2009	2,9	34,5	47,1	101,4	193,4	58,9	37,1	65,6	4,6	26,4	0	23,1
2010	47,7	25,8	78,6	109,6	38,5	112,7	86,6	31,7	47,4	20,5	0	29,6
2011	29,4	131,3	157,2	50,6	80,9	24	50,3	33,5	47,6	55,8	19,2	0
2012	15,5	40,6	1,1	5	17,5	18,2	60,2	27,8	1,6	13,8	0	0
2013	37,3	17,9	4,1	82	48,9	11,2	49,7	18,1	3,5	54,7	11,3	36,2
2014	8,7	31,8	18,6	118,3	74,2	70,1	63,6	32,8	25	23,1	16,7	49,4
2015	7,3	43,1	0	37,7	26,4	65,5	69,2	3,3	6,4	5,8	0	5,3
2016	170,2	39,4	6,7	12,4	34,4	43,3	22	11,9	0	6,5	1,1	1,6
2017	0	5,9	42	40,4	98,9	69,2	74,2	34,2	52,2	1,1	0	1,9
2018	19,5	51,4	44,6	93,5	20,3	18,4	19,4	8	5,3	9,5	15,9	77,2
2019	3,8	10,1	82,9	12,4	4,3	43,6	136,7	19,9	4,4	7,3	0	0
2020	66,6	115,9	139,3	102,3	89,7	48,5	41	19,7	1,5	32,8	62,4	9,9
2021	53,7	4,2	9,4	155,1	103,8	50,1	47,6	22,9	17,2	33,7	28,1	136,3
2022	23	19,9	50,3	8,5	135,1	97,8	108,4	60,3	8,3	4	55,5	-
2023	-	29,9	23,2	41	60,7	94	30,4	7	7,5	0	0	-
<b>Média</b>	<b>36,6</b>	<b>52,6</b>	<b>56,65</b>	<b>48,9</b>	<b>64,5</b>	<b>60,5</b>	<b>55,5</b>	<b>25,7</b>	<b>14,0</b>	<b>15,0</b>	<b>21,1</b>	<b>32,9</b>

Fonte: ANA (2024).

#### 4.3.4 Volume de água aproveitável

No que se refere ao volume de água aproveitável, foi utilizada a Equação 15, encontrada na NBR 15527 (ABNT, 2019), relacionada ao aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. No cálculo, consideram-se fatores como o coeficiente de escoamento superficial e a eficiência do sistema de descarte.

$$V = P \cdot C \cdot A \cdot \eta \quad \text{Eq. 15}$$

Onde:

$V$  = volume anual, mensal ou diário da água pluvial aproveitável;

$P$  = precipitação média anual, mensal ou diária, em mm;

$C$  = coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$A$  = área de coleta, em m<sup>2</sup>;

$\eta$  = eficiência do sistema de captação e o desvio das primeiras águas.

Como o volume de água da chuva coletado não é totalmente aproveitável, Tomaz (2009) destaca a importância da utilização do coeficiente de runoff, que representa a relação entre o volume de água escoado superficialmente e o total de água precipitada. Esse coeficiente varia conforme o material de cobertura. Para o telhado de telha metálica, presente no objeto deste estudo, o coeficiente varia entre 0,8 e 0,9, sendo adotada a média entre os valores, 0,85. Já para a eficiência do sistema de captação e ao desvio das primeiras águas ( $\eta$ ), Tomaz (2009) recomenda a adoção do valor de 0,9.

#### 4.4 Calhas e condutores

Como a instituição já possui um sistema hidráulico de águas pluviais, não será necessário realizar seu dimensionamento. As calhas instaladas na creche são de aço galvanizado e estão em conformidade com as recomendações estabelecidas pela ABNT 10844 (1989). Por questões econômicas e otimização, é vantajoso adaptar o sistema já instalado, evitando custos adicionais e alterações desnecessárias, visto que a creche foi recentemente inaugurada e o sistema encontra-se em boas condições de funcionamento.

#### 4.5 Reservatório

Segundo os requisitos estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2019), para que um sistema de captação de águas pluviais seja eficiente, é necessário considerar alguns aspectos, como a área de captação da chuva, o regime pluviométrico da região e a demanda a ser atendida. Na versão de 2007 da NBR 15.527, quatro dos seis métodos sugeridos contemplam esses requisitos, sendo eles: o Método de Rippl, o Método Prático Alemão, o Método das Simulações e o Método Prático Austríaco.

É de grande importância dimensionar corretamente o reservatório e escolher a metodologia que melhor se adeque às condições do objeto de estudo. Segundo Amorim e Pereira (2008), um dimensionamento adequado permite que as medidas do reservatório não sejam exacerbadamente grandes, evitando custos desnecessários, nem pequenas a ponto de não atenderem às demandas e culminando no desperdício do potencial de captação.

Para a realização dos cálculos, foram utilizadas planilhas eletrônicas, nas quais foram incorporados dados como a média da precipitação mensal e anual na região nos últimos 30 anos, a área de contribuição, o coeficiente de runoff e o consumo mensal estimado. Ao final, para uma melhor otimização do sistema e o recurso hídrico captado, foi identificado o método que mais se adequou às especificidades da região e da edificação, considerando os critérios técnicos e operacionais.

#### 4.6 Impactos adicionais

Adicionalmente ao atendimento da demanda da instituição, este estudo também buscou abordar brevemente outros impactos adicionais que a implementação do sistema traria. Entre eles, destacam-se os benefícios financeiros resultantes da redução no consumo de água do sistema convencional, além de sua significativa relevância ambiental.

Para avaliar o ganho financeiro da instalação do reservatório de águas pluviais na edificação, inicialmente foi realizado um levantamento sobre o valor do metro cúbico (m<sup>3</sup>) de água cobrado pela concessionária da região (Águas do Sertão), bem como o valor do metro cúbico fornecido pelo caminhão-pipa, também pela mesma concessionária. A Tabela 6 apresenta os valores vigente da tarifa de água pela Águas do Sertão.

Tabela 6 - Estrutura da tarifa de água, Inhapi/AL

<b>Estrutura da Tarifária</b>	<b>Faixa de Consumo</b>	<b>(R\$/m<sup>3</sup>)</b>
Público	0 a 10 m <sup>3</sup>	12,683
	Acima 10 m <sup>3</sup>	32,644
Carro Pipa	0 a 9999 m <sup>3</sup>	15,039

Fonte: Adaptado, Águas do Sertão, 2024.

Através dos valores descritos na Tabela 6 e no consumo médio mensal, foi possível calcular, por meio da Equação 16, o quanto a instituição economizaria com a instalação do sistema nos cenários adotados.

$$C_{np} = C_m \cdot T_a \quad \text{Eq. 16}$$

Onde:

$C_m$  = Consumo médio de água não potável, em L/mês;

$T_a$  = Tarifa cobrada por m<sup>3</sup> pela concessionária, em R\$;

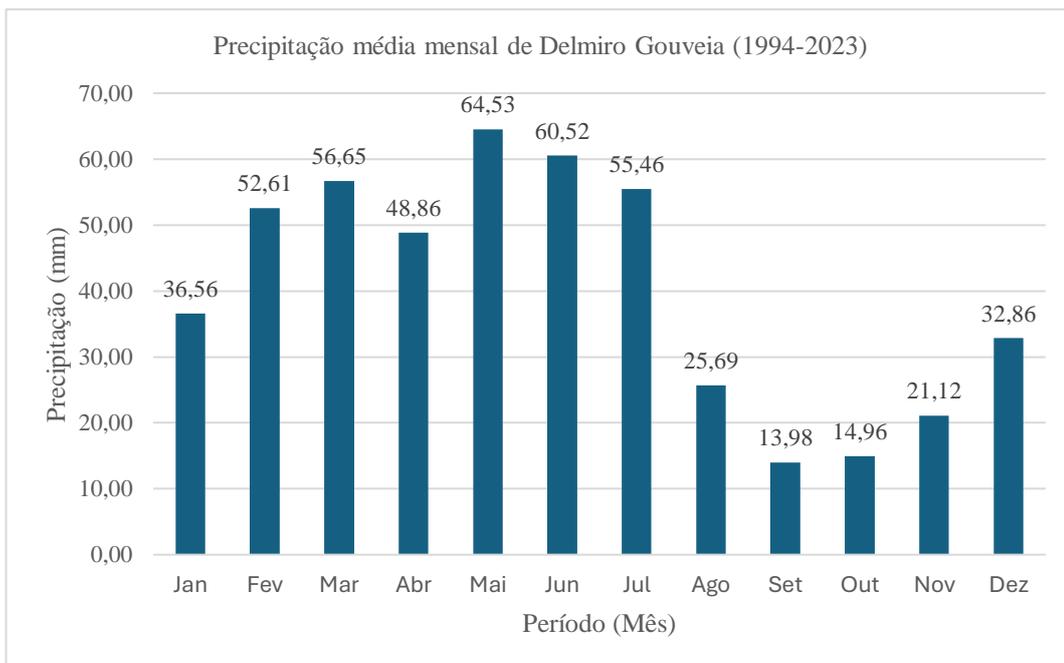
$C_{np}$  = Custo total de água não potável, em R\$.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Dados pluviométricos

Com base nos dados apresentados anteriormente na Tabela 4, referentes à estação pluviométrica 937013, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2024), foi possível calcular as taxas pluviométricas médias mensais no período de 1994 a 2023, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 - Precipitação média mensal de Delmiro Gouveia (1994-2023).



Fonte: Autor, 2024.

Por meio da análise da Figura 11, observa-se que os períodos críticos da região, caracterizados por baixa pluviometria e clima seco, ocorrem principalmente no segundo semestre do ano, com maior declínio entre os meses de setembro e outubro. Os meses de maio e junho, com os maiores índices pluviométricos, registram médias de precipitação de 64,53 mm e 60,52 mm, respectivamente.

Os meses mais críticos, entre agosto e janeiro, são os que mais demandam o uso de sistemas de captação de águas pluviais para a irrigação de ambientes como jardins. Isso se deve tanto à ausência de chuvas quanto ao clima predominantemente seco da região.

## 5.2 Estimativa da demanda de água não potável

### 5.2.1 Cenário 1

Para o Cenário 1, inicialmente foram coletadas, por meio da planta baixa da instituição, as áreas a serem utilizadas. Esses dados podem ser observados na Tabela a seguir (Tabela 7).

Tabela 7 - Áreas de demanda na instituição.

Setor	Ambientes	Área (m <sup>2</sup> )	Área efetiva (m <sup>2</sup> )
Pisos externos	Pátio de serviço	42,57	404,5
	Estacionamento	58,5	
	Calçada	303,43	
Piso Interno	Pátio coberto	167,3	167,3
Irrigação	Jardim	361,64	361,64

Fonte: Autor, 2024.

Com base na área efetiva de cada setor e nos parâmetros de frequência descrito na Tabela 3, foi possível calcular a demanda, sendo os resultados apresentados na Tabela a seguir (Tabela 8).

Tabela 8 - Resultado da demanda para pisos internos, pisos externos e sistema de irrigação.

Ambiente	Demanda (m <sup>3</sup> /mês)
Pisos externos	1,62
Piso interno	1,34
Irrigação	2,89
<b>Total</b>	<b>5,85</b>

Fonte: Autor, 2024.

Os resultados indicaram que a irrigação do jardim é a atividade que mais demandará água captada pelo sistema, representando a maior parte do consumo mensal. Para a avaliação da demanda total, foi realizada a somatório de todo o consumo mensal de todos os setores, resultando em um valor de 5,85 m<sup>3</sup>/mês, sendo utilizado o valor arredondado para o número imediatamente superior, 6 m<sup>3</sup>/mês.

### 5.2.2 Cenário 2

Para o cálculo do segundo cenário, utilizaram-se os mesmos dados de consumo do primeiro, acrescidos do consumo das bacias sanitárias. Para estimar esse consumo, foram consideradas a quantidade de pessoas na instituição, incluindo alunos e funcionários, a frequência de uso e a vazão de água por descarga.

Como o número total de alunos e funcionários é de 630, distribuídos entre os turnos matutino e vespertino, este estudo considerou um quantitativo de 275 pessoas em período integral. Em relação à frequência de uso, assumiu-se que cada pessoa utiliza o banheiro, em média, duas vezes por dia, durante os 20 dias mensais de funcionamento da instituição. Quanto à vazão de água por descarga, foi adotado o valor convencional das bacias sanitárias atuais, de 6 litros por descarga, desconsiderando possíveis vazamentos. Logo, a previsão de consumo das bacias sanitárias será:

$$C_{vs} = \frac{275 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 20}{1000} = 66 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Portanto, o consumo efetivo do segundo cenário será a soma do quantitativo do primeiro cenário com o consumo mensal dos vasos sanitários da instituição, resultando em um total de 72 m<sup>3</sup> por mês.

### 5.2.3 Cenário 3

Para o terceiro cenário, foram utilizados os valores referentes ao primeiro cenário, correspondentes a 6 m<sup>3</sup>/mês, somados a 50% do volume estimado para a vazão das descargas dos vasos sanitários na instituição, equivalente a 33 m<sup>3</sup>/mês. Assim, obteve-se um total de 39 m<sup>3</sup>/mês.

## 5.3 Área de contribuição

Para o cálculo da área de contribuição, o telhado foi dividido em 9 blocos, com águas de dimensões iguais. A área individual de cada bloco foi calculada através da Equação 14 e, em seguida, multiplicada pela quantidade de água correspondente. A Tabela 9 apresenta o resultado.

Tabela 9 - Área de Contribuição do Telhado.

<b>Blocos</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Área efetiva (m<sup>2</sup>)</b>
1 Bloco	5,58	8	44,66
2 Bloco	245,50	3	736,50
3 Bloco	56,77	2	113,55
4 Bloco	28,09	8	224,72
5 Bloco	0,74	8	5,88
6 Bloco	12,19	1	12,19
7 Bloco	10,32	1	10,32
8 Bloco	107,07	2	214,14
9 Bloco	36,92	1	36,92
<b>Total</b>	<b>503,18</b>	<b>34</b>	<b>1398,88</b>

Fonte: Autor, 2024.

Sendo assim, a área de contribuição total da creche é de 1.398,88 m<sup>2</sup>.

#### 5.4 Volume de água aproveitável

Para o cálculo do volume de água aproveitável, foi utilizada a Equação 15, considerando os dados de precipitação apresentados na Tabela 4, a área de captação, além de informações como o coeficiente de runoff e o fator de captação. A escolha do coeficiente de runoff baseou-se na Tabela 3, que classifica os telhados de acordo com o material. No presente estudo, o telhado é corrugado de metal, apresentando um coeficiente de runoff variando entre 0,8 e 0,9. Foi utilizada a média desses valores, resultando em 0,85. Para o fator de captação, adotou-se o valor recomendado por Tomaz (2003) em seu estudo, de 0,9. O resultado dos cálculos pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10 - Cálculos de volume de água aproveitável.

<b>Período</b>	<b>Média mensal (mm)</b>	<b>Área de coleta (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Coefficiente de runoff (C)</b>	<b>Fator de captação (n)</b>	<b>Volume aproveitável (m<sup>3</sup>)</b>
Jan	36,56	1.398,88	0,85	0,9	39,13
Fev	52,61	1.398,88	0,85	0,9	56,30
Mar	56,65	1.398,88	0,85	0,9	60,63
Abr	48,86	1.398,88	0,85	0,9	52,28
Mai	64,53	1.398,88	0,85	0,9	69,05
Jun	60,52	1.398,88	0,85	0,9	64,76
Jul	55,46	1.398,88	0,85	0,9	59,35
Ago	25,69	1.398,88	0,85	0,9	27,50
Set	13,98	1.398,88	0,85	0,9	14,96
Out	14,96	1.398,88	0,85	0,9	16,01
Nov	21,12	1.398,88	0,85	0,9	22,60
Dez	32,86	1.398,88	0,85	0,9	35,16

Fonte: Autor, 2024.

## 5.5 Dimensionamento do reservatório inferior

### 5.5.1 Método Rippl

Após realizar os cálculos com o auxílio de planilhas eletrônicas, obteve-se os seguintes volumes do reservatório para os três cenários analisados.

#### 5.5.1.1 Primeiro cenário

Aplicando a metodologia, foram obtidos os dados descritos na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultado do dimensionamento para o primeiro cenário utilizando o Método de Rippl.

Meses	Chuva média mensal	Área de captação	Demanda constante mensal	Volume aproveitável	Diferença entre os volumes da demanda	Diferença acumulada de $S_t$ dos valores positivos
	P(mm)	A (m <sup>2</sup> )	D <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	Q <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	S <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> )
Jan	36,56	1398,88	6	39,13	-33,13	-
Fev	52,61	1398,88	6	56,30	-50,30	-
Mar	56,65	1398,88	6	60,63	-54,63	-
Abr	48,86	1398,88	6	52,28	-46,28	-
Mai	64,53	1398,88	6	69,05	-63,05	-
Jun	60,52	1398,88	6	64,76	-58,76	-
Jul	55,46	1398,88	6	59,35	-53,35	-
Ago	25,69	1398,88	6	27,50	-21,50	-
Set	13,98	1398,88	6	14,96	-8,96	-
Out	14,96	1398,88	6	16,01	-10,01	-
Nov	21,12	1398,88	6	22,60	-16,60	-
Dez	32,86	1398,88	6	35,16	-29,16	-
Total	483,80		72	517,74		
<b>Verificação</b>			72 m <sup>3</sup> < 517,75 m <sup>3</sup>			

Fonte: Autor, 2024.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 11 para o primeiro cenário, é possível fazer algumas considerações. Observa-se que a condição descrita pela NBR 15527 (ABNT, 2007) foi atendida, uma vez que o somatório das demandas ao longo do tempo ( $D_t$ ) é inferior ao somatório anual da chuva aproveitada mensalmente ( $Q_t$ ). Contudo, observa-se que a demanda é significativamente menor que o volume coletado, o que resulta em diferenças negativas em todos os meses do ano, as quais representam o excedente de água. Dessa forma, não há meses em que o volume de chuva seja inferior à demanda, o que impossibilita o cálculo da diferença acumulada necessária para definir com precisão o volume ideal do sistema ( $V_r$ ).

Embora não seja possível realizar o cálculo da diferença acumulada, sugere-se a adoção do valor de 6 m<sup>3</sup> como volume para o reservatório, uma vez que o volume aproveitado da chuva será suficiente para suprir a demanda em todos os meses, de valor correspondente.

#### 5.5.1.2 Segundo cenário

Na Tabela 12, podem ser observados os valores referentes aos resultados obtidos pela aplicação da metodologia de Rippl no segundo cenário estudado.

Tabela 12 - Resultado do dimensionamento para o segundo cenário utilizando o Método de Rippl.

Meses	Chuva média mensal	Área de captação	Demanda constante mensal	Volume aproveitável	Diferença entre os volumes da demanda	Diferença acumulada de $S_t$ dos valores positivos
	P(mm)	A (m <sup>2</sup> )	$D_t$ (m <sup>3</sup> )	$Q_t$ (m <sup>3</sup> )	$S_t$ (m <sup>3</sup> )	$V_t$ (m <sup>3</sup> )
Jan	36,56	1398,88	72	39,13	32,87	-
Fev	52,61	1398,88	72	56,30	15,70	-
Mar	56,65	1398,88	72	60,63	11,37	-
Abr	48,86	1398,88	72	52,28	19,72	-
Mai	64,53	1398,88	72	69,05	2,95	-
Jun	60,52	1398,88	72	64,76	7,24	-
Jul	55,46	1398,88	72	59,35	12,65	-
Ago	25,69	1398,88	72	27,50	44,50	-
Set	13,98	1398,88	72	14,96	57,04	-
Out	14,96	1398,88	72	16,01	55,99	-
Nov	21,12	1398,88	72	22,60	49,40	-
Dez	32,86	1398,88	72	35,16	36,84	-
<b>Total</b>	483,80		864,00	517,74		
<b>Verificação</b>			864,00 m <sup>3</sup> > 517,75 m <sup>3</sup>			

Fonte: Autor, 2024.

Em contraste com o primeiro cenário estudado, o segundo apresenta valores relacionados à demanda anual predominantemente maiores do que o volume de chuva aproveitada, o que refuta a condição do método, que estabelece que  $\sum D_t < \sum Q_t$ . O refutamento dessa condição indica que o sistema de captação não seria capaz de atender à demanda, resultando em um déficit acumulado ao longo de todo o ano. Como o reservatório é

dimensionado para suprir a demanda durante os períodos de seca, quando o volume de chuva coletado é insuficiente, não há meses com excedentes. Logo, para o Método de Rippl, o segundo cenário foi desconsiderado.

### 5.5.1.3 Terceiro cenário

Aplicando a metodologia de Rippl ao terceiro cenário, foram obtidos os valores descritos na Tabela a seguir (Tabela 13).

Tabela 13 - Resultado do dimensionamento para o terceiro cenário utilizando o Método de Rippl.

Meses	Chuva média mensal	Área de captação	Demanda constante mensal	Volume aproveitável	Diferença entre os volumes da demanda	Diferença acumulada de $S_t$ dos valores positivos
	P(mm)	A (m <sup>2</sup> )	$D_t$ (m <sup>3</sup> )	$Q_t$ (m <sup>3</sup> )	$S_t$ (m <sup>3</sup> )	$V_r$ (m <sup>3</sup> )
Jan	36,56	1398,88	39	39,13	-0,13	
Fev	52,61	1398,88	39	56,30	-17,30	
Mar	56,65	1398,88	39	60,63	-21,63	
Abr	48,86	1398,88	39	52,28	-13,28	
Mai	64,53	1398,88	39	69,05	-30,05	
Jun	60,52	1398,88	39	64,76	-25,76	
Jul	55,46	1398,88	39	59,35	-20,35	
Ago	25,69	1398,88	39	27,50	11,50	11,50
Set	13,98	1398,88	39	14,96	24,04	35,54
Out	14,96	1398,88	39	16,01	22,99	58,53
Nov	21,12	1398,88	39	22,60	16,40	74,93
Dez	32,86	1398,88	39	35,16	3,84	<b>78,76</b>
<b>Total</b>	483,80		468,00	517,74		
<b>Verificação</b>			468,00 m <sup>3</sup> < 517,75 m <sup>3</sup>			

Fonte: Autor, 2024.

Diferentemente dos cenários anteriores, os valores encontrados no terceiro cenário mostram-se compatíveis para o cálculo da diferença acumulada, indicando um volume aproximado de 80 m<sup>3</sup> como capacidade mínima do reservatório. Essa capacidade é suficiente para garantir o bom funcionamento do sistema, atendendo às necessidades da instituição,

inclusive nos períodos de seca. Isso foi possível porque os meses com maiores índices pluviométricos foram capazes de gerar um saldo acumulado de água, garantindo um armazenamento suficiente para atender à demanda dos meses com déficit hídrico (de agosto a dezembro).

### 5.5.2 Método de Simulação

Utilizando dados como a chuva média mensal da região e a área de captação, foram obtidos os seguintes resultados para o Método de Simulação.

#### 5.5.2.1 Primeiro cenário

Utilizando a metodologia aplicada ao método de simulação, foi realizado o cálculo do volume do reservatório para o primeiro cenário. Os resultados estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Resultado do dimensionamento para o primeiro cenário utilizando o Método de Simulação.

Meses	Chuva média mensal	Área de captação	Demanda constante mensal	Volume aproveitável	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo (t-1)	Volume do reservatório no tempo (t)
	P(mm)	A (m <sup>2</sup> )	D <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	Q <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> )	S <sub>(t-1)</sub> (m <sup>3</sup> )	S <sub>(t)</sub> (m <sup>3</sup> )
Jan	36,56	1398,88	6	39,13	6	0	6
Fev	52,61	1398,88	6	56,30	6	6	6
Mar	56,65	1398,88	6	60,63	6	6	6
Abr	48,86	1398,88	6	52,28	6	6	6
Mai	64,53	1398,88	6	69,05	6	6	6
Jun	60,52	1398,88	6	64,76	6	6	6
Jul	55,46	1398,88	6	59,35	6	6	6
Ago	25,69	1398,88	6	27,50	6	6	6
Set	13,98	1398,88	6	14,96	6	6	6
Out	14,96	1398,88	6	16,01	6	6	6
Nov	21,12	1398,88	6	22,60	6	6	6
Dez	32,86	1398,88	6	35,16	6	6	6
<b>Total</b>	483,80		468,00	517,74			

Fonte: Autor, 2024.

Se tratando em um método baseado em hipóteses para o cálculo do volume do reservatório, a simulação do primeiro cenário apresentou semelhanças com o Método de Rippl, sendo influenciada pelo excesso de água captada em relação à demanda. Com base no método de simulação aplicado a este cenário, qualquer volume arbitrariamente adotado, sendo superior

ou inferior à demanda, teoricamente atenderia às condições estabelecidas. Logo, para alcançar maior precisão no cálculo do volume do reservatório, seria razoável considerar a redução da área de coleta para equilibrar o volume captado com a demanda fixa, embora essa medida não seja estritamente necessária.

Dessa forma, para garantir a regularidade no abastecimento de água da instituição ao longo do ano e evitar tanto o superdimensionamento quanto o subdimensionamento, foi adotado um volume de 6 m<sup>3</sup> para o reservatório, equivalente ao valor da demanda. Além do volume adotado, foram realizadas algumas simulações de volumes do reservatório e calculadas as respectivas confianças desse sistema, que estão está apresentado abaixo na Tabela 15.

Tabela 15 - Taxa de confiança dos volumes testados para o primeiro cenário no Método de Simulação.

<b>Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Confiança do sistema (%)</b>
5	100
6	100
8	100
10	100
10	100

Fonte: Autor, 2024.

### 5.5.2.2 Segundo cenário

Considerando as tentativas interativas de ajuste do volume, a Tabela 16 apresenta os valores encontrados no dimensionamento do reservatório.

Tabela 16 - Resultado do dimensionamento para o segundo cenário utilizando o Método de Simulação.

<b>Meses</b>	<b>Chuva média mensal</b>	<b>Área de captação</b>	<b>Demanda constante mensal</b>	<b>Volume aproveitável</b>	<b>Volume do reservatório fixado</b>	<b>Volume do reservatório no tempo (t-1)</b>	<b>Volume do reservatório no tempo (t)</b>
	P(mm)	A (m <sup>2</sup> )	D <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	Q <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> )	S <sub>(t-1)</sub> (m <sup>3</sup> )	S <sub>(t)</sub> (m <sup>3</sup> )
Jan	36,56	1398,88	72	39,13	280	0,00	280,00
Fev	52,61	1398,88	72	56,30	280	280,00	264,30
Mar	56,65	1398,88	72	60,63	280	264,30	252,92
Abr	48,86	1398,88	72	52,28	280	252,92	233,21
Mai	64,53	1398,88	72	69,05	280	233,21	230,26
Jun	60,52	1398,88	72	64,76	280	230,26	223,02
Jul	55,46	1398,88	72	59,35	280	223,02	210,37
Ago	25,69	1398,88	72	27,50	280	210,37	165,87

(Continua)

(Conclusão)

Meses	Chuva média mensal	Área de captação	Demanda constante mensal	Volume aproveitável	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo (t-1)	Volume do reservatório no tempo (t)
	P(mm)	A (m <sup>2</sup> )	D <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	Q <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> )	S <sub>(t-1)</sub> (m <sup>3</sup> )	S <sub>(t)</sub> (m <sup>3</sup> )
Set	13,98	1398,88	72	14,96	280	165,87	108,83
Out	14,96	1398,88	72	16,01	280	108,83	52,85
Nov	21,12	1398,88	72	22,60	280	52,85	3,45
Dez	32,86	1398,88	72	35,16	280	3,45	-33,39
<b>Total</b>	483,80		865	517,74			

Fonte: Autor, 2024.

Por se tratar de um método baseado em tentativas de volume do reservatório, no qual se assume que, ao final do primeiro mês, o reservatório está cheio, para o segundo cenário estudado, não foi possível alcançar um volume adequado para o sistema. Em todos os meses, a demanda é imediatamente superior ao volume aproveitável. Em todos os meses, a demanda é imediatamente superior ao volume aproveitável. Assim, para que o reservatório atendesse à demanda ao longo do ano com uma confiança superior a 90%, seria necessário um volume de reservatório para o primeiro mês consideravelmente maior do que a demanda, como os valores calculados por tentativas, expostos na Tabela 17. No entanto, isso não é viável, pois o volume aproveitado é insuficiente para suprir as exigências de um reservatório desse porte.

Tabela 17 - Taxa de confiança dos volumes testados para o segundo cenário no Método de Simulação.

Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Confiança do sistema (%)
80	58
100	58
200	75
280	92
300	92
350	100

Fonte: Autor, 2024.

### 5.5.2.3 Terceiro cenário

Na Tabela 18, é possível observar o resultado do dimensionamento para o terceiro cenário, considerando a tentativa de otimização do volume do reservatório.

Tabela 18 - Resultado do dimensionamento para o terceiro cenário utilizando o Método de Simulação.

Meses	Chuva média mensal	Área de captação	Demanda constante mensal	Volume aproveitável	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo (t-1)	Volume do reservatório no tempo (t)
	P(mm)	A (m <sup>2</sup> )	D <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	Q <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> )	S <sub>(t-1)</sub> (m <sup>3</sup> )	S <sub>(t)</sub> (m <sup>3</sup> )
Jan	36,56	1398,88	39	39,13	75	0,00	75,00
Fev	52,61	1398,88	39	56,30	75	75,00	75,00
Mar	56,65	1398,88	39	60,63	75	75,00	75,00
Abr	48,86	1398,88	39	52,28	75	75,00	75,00
Mai	64,53	1398,88	39	69,05	75	75,00	75,00
Jun	60,52	1398,88	39	64,76	75	75,00	75,00
Jul	55,46	1398,88	39	59,35	75	75,00	75,00
Ago	25,69	1398,88	39	27,50	75	75,00	63,50
Set	13,98	1398,88	39	14,96	75	63,50	39,46
Out	14,96	1398,88	39	16,01	75	39,46	16,47
Nov	21,12	1398,88	39	22,60	75	16,47	0,07
Dez	32,86	1398,88	39	35,16	75	0,07	-3,76
<b>Total</b>	483,80		468	517,74			

Fonte: Autor, 2024.

Por meio de simulações e ajustes iterativos, foi encontrado o volume de 75 m<sup>3</sup> como volume mínimo para o reservatório inferior, de modo a suprir a demanda ao longo de todo o ano, garantindo reservas suficientes para os meses de menor disponibilidade hídrica.

A escolha do volume do reservatório foi baseada no cálculo da confiança do sistema, sendo encontrado o valor de 92% como mostra a Tabela 19.

Tabela 19 - Taxa de confiança dos volumes testados para o terceiro no Método Prático Australiano.

Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Confiança do sistema (%)
40	75
60	83
70	83
75	92
80	100
90	100

Fonte: Autor, 2024.

### 5.5.3 Método Prático Alemão

Para a aplicação do Método Prático Alemão, é necessário calcular dois volumes diferentes, considerando o volume anual de chuva aproveitado e a demanda anual de água não potável que o sistema atenderá, sendo utilizado o menor encontrado no cálculo. Para o volume aproveitado, utilizou-se o valor de 517,74 m<sup>3</sup>, conforme apresentado na Tabela 9. Quanto à demanda, foram considerados os valores obtidos nos três cenários estudados. Os cálculos foram realizados utilizando as Equação 10, com o auxílio de planilhas eletrônicas, e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Dimensionamento pelo Método Prático Alemão.

<b>Cenário</b>	<b>Volume aproveitável</b>	<b>Demanda anual</b>	<b>Volume mínimo</b>	<b>Relação</b>
1	517,74	70,2	4,2	Consumo anual
2	517,74	862,2	31,1	Volume aproveitável
3	517,74	466,2	28	Consumo anual

Fonte: Autor, 2024.

Nos primeiros e terceiro cenários analisados pelo Método Prático Alemão, observou-se que o volume mínimo do reservatório foi definido com base no volume anual de água não potável. Já no segundo cenário, que apresenta uma demanda anual numericamente maior e significativamente superior aos demais, utilizou-se o volume aproveitável para o cálculo. Contudo, apesar de ser um método simples e prático, ele não considera a variabilidade das condições climáticas locais. Devido à generalização de séries com grande variabilidade, como as condições climáticas, alguns autores consideram esse método ineficiente para uma representação segura do reservatório (Rocha, 2009).

### 5.5.4 Método Prático Australiano

Semelhante ao método de simulação, a determinação do volume do reservatório pelo método prático australiano, conforme descrito na NBR 15527 (ABNT, 2007), é realizada por meio de tentativas e ajustes iterativos, com o objetivo de obter um volume de reservatório com uma taxa de segurança superior a 90%. Diferente dos métodos anteriores, o cálculo do volume de água de chuva aproveitável considera a interceptação da água que molha as superfícies e as perdas por evaporação, conforme indicado pela equação 12. Para o cálculo do volume e da

confiabilidade, são utilizadas as Equações 07 e 08, respectivamente. Os resultados para os três cenários estão apresentados a seguir.

#### 5.5.4.1 Primeiro cenário

Por meio da metodologia do Método Prático Australiano, os resultados do volume do reservatório foram calculados e podem ser conferidos na Tabela 21.

Tabela 21 - Resultado do dimensionamento para o terceiro primeiro utilizando o Método Prático Australiano.

Meses	Chuva média mensal	Área de captação	Demanda constante mensal	Volume aproveitável	Volume do reservatório fixado	volume de água que está no tanque no início do mês t (t-1)	volume de água que está no tanque no fim do mês t (t)
	P(mm)	A (m <sup>2</sup> )	D <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	Q <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>(t-1)</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )
Jan	36,56	1398,88	6	41,10	6	0	6
Fev	52,61	1398,88	6	60,17	6	6	6
Mar	56,65	1398,88	6	64,99	6	6	6
Abr	48,86	1398,88	6	55,71	6	6	6
Mai	64,53	1398,88	6	74,35	6	6	6
Jun	60,52	1398,88	6	69,58	6	6	6
Jul	55,46	1398,88	6	63,57	6	6	6
Ago	25,69	1398,88	6	28,17	6	6	6
Set	13,98	1398,88	6	14,25	6	6	6
Out	14,96	1398,88	6	15,41	6	6	6
Nov	21,12	1398,88	6	22,73	6	6	6
Dez	32,86	1398,88	6	36,69	6	6	6
<b>Total</b>	483,80		72	546,73			

Fonte: Autor, 2024.

De maneira análoga aos métodos de Rippl e de Simulação, os valores encontrados para o primeiro cenário pelo método prático Australiano foram influenciados pelo alto valor do volume aproveitável de água coletada. Assim, foi adotado o valor de 6 m<sup>3</sup> para o volume do reservatório, que corresponde à demanda mensal. A taxa de confiança dos volumes testados foi calculada e está apresentada na Tabela a seguir (Tabela 22).

Tabela 22 - Taxa de confiança dos volumes testados para o primeiro cenário no Método Prático Australiano.

<b>Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Confiança do sistema (%)</b>
5	100
6	100
8	100
10	100
10	100

Fonte: Autor, 2024.

#### 5.5.4.2 Segundo cenário

Para o segundo cenário, considerando a lavagem de pisos, rega do jardim e descarga de vaso sanitário, foram realizados os cálculos, cujos resultados estão expostos na Tabela abaixo (Tabela 23).

Tabela 23 - Resultado do dimensionamento para o segundo caso utilizando o Método Prático Australiano.

<b>Meses</b>	<b>Chuva média mensal</b>	<b>Área de captação</b>	<b>Demanda constante mensal</b>	<b>Volume aproveitável</b>	<b>Volume do reservatório fixado</b>	<b>volume de água que está no tanque no início do mês t (t-1)</b>	<b>volume de água que está no tanque no fim do mês t (t)</b>
	P(mm)	A (m <sup>2</sup> )	D <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	Q <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>(t-1)</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )
Jan	36,56	1398,88	72	41,10	80	0,00	0
Fev	52,61	1398,88	72	60,17	80	0,00	0
Mar	56,65	1398,88	72	64,99	80	0,00	0
Abr	48,86	1398,88	72	55,71	80	0,00	0
Mai	64,53	1398,88	72	74,35	80	0,00	2,50
Jun	60,52	1398,88	72	69,58	80	2,50	0,23
Jul	55,46	1398,88	72	63,57	80	0,23	0
Ago	25,69	1398,88	72	28,17	80	0,00	0
Set	13,98	1398,88	72	14,25	80	0,00	0
Out	14,96	1398,88	72	15,41	80	0,00	0
Nov	21,12	1398,88	72	22,73	80	0,00	0
Dez	32,86	1398,88	72	36,69	80	0,00	0
<b>Total</b>	483,80		862,19	546,73			

Fonte: Autor, 2024.

Assim como nos métodos de Rippl e de simulação, o volume do reservatório baseado no volume de água aproveitável revelou-se insuficiente para atender à demanda da instituição.

Todos os volumes testados apresentaram inconformidades apresentando uma taxa de confiabilidade insatisfatória de apenas 17%, resultado da significativa diferença entre a demanda e o volume de água efetivamente aproveitável. Os resultados obtidos nos testes estão apresentados na Tabela a seguir (Tabela 24).

Tabela 24 - Taxa de confiança dos volumes testados para o segundo cenário no Método Prático Australiano.

<b>Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Confiança do sistema (%)</b>
70	17
80	17
100	17
200	17
300	17

Fonte: Autor, 2024.

#### 5.5.4.3 Terceiro cenário

Para o terceiro cenário adotado, os resultados estão expostos na Tabela 25.

Tabela 25 - Resultado do dimensionamento para o terceiro cenário utilizando o Método Prático Australiano.

<b>Meses</b>	<b>Chuva média mensal</b>	<b>Área de captação</b>	<b>Demanda constante mensal</b>	<b>Volume aproveitável</b>	<b>Volume do reservatório fixado</b>	<b>volume de água que está no tanque no início do mês t (t-1)</b>	<b>volume de água que está no tanque no fim do mês t (t)</b>
	P(mm)	A (m <sup>2</sup> )	D <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	Q <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>(t-1)</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> )
Jan	36,56	1398,88	39	41,10	75	0,00	2,25
Fev	52,61	1398,88	39	60,17	75	2,25	23,57
Mar	56,65	1398,88	39	64,99	75	23,57	49,71
Abr	48,86	1398,88	39	55,71	75	49,71	66,57
Mai	64,53	1398,88	39	74,35	75	66,57	75,00
Jun	60,52	1398,88	39	69,58	75	75,00	75,00
Jul	55,46	1398,88	39	63,57	75	75,00	75,00
Ago	25,69	1398,88	39	28,17	75	75,00	64,32
Set	13,98	1398,88	39	14,25	75	64,32	39,72
Out	14,96	1398,88	39	15,41	75	39,72	16,29
Nov	21,12	1398,88	39	22,73	75	16,29	0,17
Dez	32,86	1398,88	39	36,69	75	0,17	0,00
<b>Total</b>	483,80		468	546,73			

Fonte: Autor, 2024.

Por meio do teste de volume de reservatórios realizado para o terceiro cenário, utilizando o Método Prático Australiano, foi determinado que o volume ideal é de 75 m<sup>3</sup>. Esse valor atende a uma taxa de confiabilidade superior a 90%, considerada aceitável, proporcionando maior eficiência no armazenamento sem o superdimensionamento do sistema. A Tabela abaixo (Tabela 26) apresenta os volumes de reservatório testados para o cenário em análise.

Tabela 26 - Taxa de confiança dos volumes testados para o terceiro cenário no Método Prático Australiano.

<b>Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Confiança do sistema (%)</b>
40	75
60	83
70	83
75	92
80	100
90	100

Fonte: Autor, 2024.

### 5.5.5 Análise comparativa dos cenários estudados

A partir da análise inicial dos resultados obtidos no dimensionamento do reservatório pelos métodos estudados, foi possível identificar que o terceiro cenário apresentou maior eficiência em relação à demanda, com um melhor aproveitamento do potencial hídrico da região e garantindo o equilíbrio entre oferta e demanda, sem apresentar grandes volumes excedendo o reservatório ou apresentar falta de água. Já nos demais, observou-se que o potencial hídrico não era plenamente aproveitado ou não era suficiente para atender às demandas estabelecidas.

No primeiro cenário, que considerou o uso de água para lavagem de pisos e irrigação de jardins, observou-se um volume excedente significativo de água ao longo do ano, indicando desperdício do potencial hídrico que poderia ser utilizado de maneira mais eficiente. Contudo, como o aproveitamento é destinado exclusivamente a atividades que não impactam diretamente o sistema hidráulico já instalado na instituição, ele pode ser uma alternativa com investimento financeiro menor que os demais.

No segundo cenário, que considerou a vazão total das descargas dos vasos sanitários da instituição, verificou-se que o volume disponível ao longo do ano não foi suficiente para atender completamente à demanda. Isso foi evidenciado pelos métodos de Rippl, Simulação e Prático Australiano, os quais indicaram a inviabilidade da execução do reservatório.

No contexto do estudo, apenas o primeiro e o terceiro cenário, demonstraram ser satisfatórios, garantindo o atendimento adequado da demanda hídrica ao longo de todo o período.

### 5.5.6 Determinação do volume do reservatório por meio dos métodos aplicados

#### 5.5.6.1 Primeiro cenário

Após o cálculo dos volumes dos reservatórios com base nos métodos extraídos pela NBR 15527 (ABNT, 2007), foram obtidos os valores apresentados na Tabela 27 para os quatro métodos aplicados ao primeiro cenário.

Tabela 27 - Resultados dos volumes calculados para o primeiro cenário, conforme os métodos aplicados.

<b>Métodos</b>	<b>Volume Encontrado (m<sup>3</sup>)</b>
Rippl	6
Simulação	6
Prático Alemão	4,2
Prático Australiano	6

Fonte: Autor, 2024.

Observa-se, a partir dos resultados, que os métodos de Rippl, Prático Australiano e Prático Alemão apresentaram o mesmo volume de reservatório devido à escolha de um volume equivalente à demanda, visando garantir a regularidade no abastecimento, já que o volume de água aproveitado era significativamente maior que a demanda. No entanto, no método Prático Alemão, o volume calculado foi de apenas 4,2 m<sup>3</sup>. Isso ocorreu porque, ao contrário dos outros métodos, ele não considera aspectos relacionados a meses com baixa precipitação, resultando em um subdimensionamento.

#### 5.5.6.2 Terceiro cenário

Para o terceiro cenário, os volumes dos reservatórios, determinados com base na NBR 15527 (ABNT, 2007) para os quatro métodos aplicados, são apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 - Resultados dos volumes calculados para o terceiro cenário, conforme os métodos aplicados.

<b>Métodos</b>	<b>Volume Encontrado (m<sup>3</sup>)</b>
Rippl	80
Simulação	75
Prático Alemão	30
Prático Australiano	75

Fonte: Autor, 2024.

Ao comparar os métodos, observa-se uma semelhança nos valores obtidos pelos métodos de Rippl, Simulação e Prático Australiano, contrastando com o método empírico Prático Alemão. Essa diferença ocorre porque o método Alemão não considera o balanço hídrico entre a demanda e o volume aproveitado do recurso, resultando em estimativas menos precisas. Como o objeto de estudo está localizado na cidade de Inhapi, Alagoas, uma região semiárida com chuvas irregulares, o método Prático Alemão, pode não se mostrar adequado para representar a realidade local de forma precisa.

Para a realidade da creche, os métodos de Rippl, Simulação e Prático Australiano mostraram-se mais apropriado para o dimensionamento do volume, apresentando valores semelhantes ou iguais, como no caso dos métodos de Simulação e Prático Australiano. Para o presente estudo, foi adotado o volume de 75 m<sup>3</sup>, determinado pelos métodos de Simulação e Prático Australiano, como o mais adequado para atender às demandas de usos não potáveis.

Embora o método de Rippl também apresente um valor semelhante, ele foi idealizado para grandes reservatórios, resultando em uma abordagem mais conservadora, o que pode levar ao superdimensionamento, conforme explicado por Mierzwa *et al.* (2007).

## 5.6 Impactos adicionais

### 5.6.1 Benefício financeiro

Considerando a implantação do sistema de águas pluviais para o primeiro e terceiro cenário estudado, foram realizados os cálculos para determinar o ganho financeiro, ou seja, o quanto a instituição economizará mensalmente com a implantação do sistema. Esses cálculos levaram em consideração o valor da tarifa de fornecimento de água da concessionária local, tanto para água encanada quanto para o caminhão-pipa, com valores apresentados na Tabela 05.

Com um consumo mensal aproximado de 6 m<sup>3</sup> e 75 m<sup>3</sup> para cada cenário, para a manutenção plena das atividades descritas no primeiro e terceiro cenários, foi estabelecido, para os cálculos, que 50% do volume seria cotado com base na água encanada, e os outros 50% seriam calculados com base no valor do m<sup>3</sup> do caminhão-pipa.

Através da Equação 16, foram realizados os cálculos e os resultados podem ser observados na Tabela abaixo (Tabela 29).

Tabela 29 - Resultado da economia mensal com a implantação do sistema para o primeiro e terceiro cenário.

<b>Cenário</b>	<b>Estrutura do Consumo</b>	<b>Valor tarifário (R\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo mensal (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Economia mensal (R\$)</b>
<b>1</b>	Água encanada	32,644	3	97,93
	Carro Pipa	15,039	3	45,12
	<b>Economia mensal efetiva</b>			143,05
<b>3</b>	Água encanada	32,644	37,5	1.224,15
	Carro Pipa	15,039	37,5	563,96
	<b>Economia mensal efetiva</b>			1.788,11

Fonte: Autor, 2024.

Como pode ser observado na Tabela 29, a instalação do reservatório na creche gera uma economia considerável, especialmente no terceiro cenário, que resulta em uma economia mensal de R\$ 1.788,11. Embora o primeiro cenário não apresente uma economia mensal tão expressiva, o custo de instalação é significativamente inferior ao do terceiro cenário, por ser tratar de um reservatório de pequeno porte.

### 5.6.2 Vantagem ambiental

Além do viés econômico, o impacto da instalação de um reservatório de águas pluviais também abrange aspectos ambientais, contribuindo para a redução do uso de água potável proveniente dos reservatórios convencionais, aliviando, assim, a pressão sobre as águas superficiais e os mananciais subterrâneos.

Segundo Oliveira (2008), a utilização da água proveniente da chuva se apresenta como uma alternativa ao déficit hídrico em diversas regiões, contribuindo para a segurança hídrica de áreas áridas e auxiliando no combate a problemas ambientais, como o aumento da demanda por esse recurso, a falta de medidas eficazes de controle da poluição e a gestão inadequada dos

recursos ambientais. Aliado a isso, tecnologias aplicadas ao reuso deste recurso contribuem significativamente para a drenagem urbana, retendo a água que, de outra forma, seria direcionada para vias públicas e rios. Segundo Tucci (2005), as águas provenientes das chuvas podem sobrecarregar as galerias de águas pluviais devido ao volume e ao acúmulo de materiais sólidos transportados pela enxurrada, aumentando o risco de enchentes.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados apresentados e considerando a realidade da cidade de Inhapi-AL e do objeto de estudo, destaca-se a importância de tecnologias voltadas ao aproveitamento da água da chuva para contribuir com o aumento da segurança hídrica. Isso se torna especialmente relevante devido à localização da região no semiárido brasileiro, caracterizado por baixos índices pluviométricos. Além de ampliar a disponibilidade de água, tecnologias como essa têm o potencial de reduzir o consumo de água potável, gerando benefícios ambientais e financeiros significativos.

Nesse contexto, um passo fundamental para o dimensionamento do reservatório foi a análise da série histórica dos índices de precipitação da região, a fim de estimar o potencial de captação de água da chuva e identificar os métodos mais adequados às especificidades climáticas locais. Foi evidenciado uma variação significativa entre os períodos chuvosos e secos, sendo o segundo semestre o mais afetado pela estiagem, com índices de precipitação mensal chegando a valores de 13,98 mm e 14,96 mm.

Mediante variação pluviométrica constatadas, observou-se que nos cenários de demanda avaliados, a influência dos índices pluviométricos foi expressiva. O primeiro e o terceiro cenários mostraram-se mais adequados, devido à relação equilibrada entre a água de chuva captada e a demanda mensal da creche. No segundo cenário, no entanto, a implementação do sistema foi inviável, pois a demanda foi significativamente maior que o volume de água aproveitável, tornando o abastecimento insuficiente ao longo do ano.

Para os cálculos de volume dos reservatórios, conforme a NBR 15527 (ABNT, 2019), os métodos aplicados aos cenários analisados - Rippl, Simulação e Prático Australiano - apresentaram resultados semelhantes em relação ao volume estimado. Em contrapartida, o método Prático Alemão mostrou-se menos eficiente, indicando volumes menores devido às suas limitações, como a desconsideração das variações climáticas e das perdas de água no sistema. No estudo da creche, os métodos Simulação e Prático Australiano foram os mais adequados, apresentando os menores volumes de reservatório e eficiências de 100% e 92%, respectivamente, no primeiro e terceiro cenários.

Adicionalmente, observou-se que a adoção de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, aliada à sua eficiência, representa uma alternativa viável para gerar economia. No caso da creche estudada, os resultados indicam uma economia significativa em termos de retorno financeiro, ao se levar em conta o consumo mensal e as tarifas praticadas pela concessionária

local. Essa economia é particularmente evidente ao comparar o volume de água armazenada no reservatório com o custo por metro cúbico (m<sup>3</sup>) cobrado pela concessionária.

No entanto, para avaliar de forma mais aprofundada as questões econômicas relacionadas à implementação de um sistema de armazenamento de águas pluviais, é essencial realizar uma análise detalhada dos custos de construção e manutenção, pois esses fatores influenciam diretamente a viabilidade do projeto e devem ser considerados antes de sua execução.

Nesse sentido, para estudos futuros, recomenda-se uma avaliação orçamentária detalhada, com planilhas que contemplem os custos de implantação e manutenção nos cenários analisados, assegurando uma visão mais precisa da viabilidade econômica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, M. Suitability of rainwater harvesting in saline and arsenic affected areas of Bangladesh. **Heliyon**, v. 10, 16 p. jul. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34328>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) -. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, dezembro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527**: Água da chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. 1. ed. Rio de Janeiro, outubro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. 2. ed. Rio de Janeiro, abril, 2019.

Ali, R. *et al.* Hydrologic Alteration at the Upper and Middle Part of the Yangtze River, China: Towards Sustainable Water Resource Management Under Increasing Water Exploitation. **Sustainability**, v. 11, set. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11195176>

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023**: informe anual. Brasília: ANA, 2024. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 21 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023**: informe anual. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso: 21 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO ((ANA). **Nordeste e Semiárido**. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/sar/nordeste-e-semiarido>. Acesso em: 9 jan. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO ((ANA). **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.ppi.gov.br/wp-content/uploads/2023/04/pnsh.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Hidroweb**: Sistemas de informações **hidrológicas**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 01 de ago. de 2024.

APOSTOLIDIS, N.; HUTTON, N. Integrated Water Management in brownfield sites -more opportunities than you think. **Desalination**, v. 188, p. 169-175, fev. 2006.

BAKKER, K. Water Security: Research Challenges and Opportunities. **Science**, v. 337, p. 914-915, ago, 2012. DOI: 10.1126/science.1226337

BRASIL. **Lei n. 9.433, de janeiro de 1998**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm).

CAMPOS, J. B. Paradigms and Public Policies on Drought in Northeast Brazil: A Historical Perspective. **Environmental Management**, v. 55, p. 1052-1063, jan. 2015. DOI: [doi.org/10.1007/s00267-015-0444-x](https://doi.org/10.1007/s00267-015-0444-x)

CIDADES-BRASIL. **Município de Inhapi**. 2012-2025. Disponível em: [www.cidade-brasil.com.br/municipio-inhapi.html](http://www.cidade-brasil.com.br/municipio-inhapi.html). Acesso em: 25 de dez. de 2024.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. “**Captação e Aproveitamento de Água de Chuvas: Dimensionamento de Reservatórios**”. Anais XV Simpósio de recursos hídricos do Nordeste, Salvador, 2008.

CORRÊA, G. R. **Viabilidade técnica na utilização do sistema de aproveitamento de água de chuva em um edifício residencial em Maringá-PR**. 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2017.

ECONODATA. **Conselho escolar do centro educacional de Educação Infantil Paulo Roberto Malta Brandão**. 2023. Disponível em: <https://www.econodata.com.br/consulta-empresa/49928693000176-CONSELHO-ESCOLAR-DO-CENTRO-EDUCACIONAL-DE-EDUCACAO-INFANTIL-PAULO-ROBERTO-MALTA-BRANDAO>. Acesso em: 10 de jan. de 2025.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (FEAM). **Aproveitamento de água pluvial – conceitos e informações gerais**. Belo Horizonte, FEAM, 2006.

FIBROSOM. **Reservatórios em polietileno**. Produtos Fibrosom, 2022. Disponível em: <https://www.fibrosom.com/Produtos.aspx?id=22>. Acesso em: 17 nov. 2024.

FLUXO AMBIENTAL. **Aproveitamento de Água de Chuva**. Loja Fluxo ambiental, 2020. Disponível em: <https://loja.fluxoambiental.com.br/filtros-agua-de-chuva/>. Acesso: 17 nov. 2024.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO (FNDE). **Creche Pré-Escola – Tipo 1**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/proinfancia/projetos-arquiteticos-para-construcao/projeto-tipo-1>. Acesso em: 10 de set. de 2024.

FRANCO, R. P. **Captando consciência: uma proposta de um sistema Piloto de aproveitamento de água de chuva**. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

GIKAS, G. D.; TSIHRINTZIS, V. A. Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested Rainwater. **Journal of Hydrology**, v. 466-467, p. 115-126, out. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.08.020>.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Ed. 2. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Área territorial brasileira de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2022: População e Domicílios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **População do país vai parar de crescer em 2041**. Agência de Notícias IBGE, 22 ago. 2023. Disponível em :<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41056-populacao-do-pais-vai-parar-de-crescer-em-2041>. Acesso: 21 nov. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). ZANELLA, Luciano. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**, Coleção IPT Publicações, São Paulo, 2015.

JING, X. *et al.* Assessing efficiency and economic viability of rainwater harvesting systems for meeting non-potable water demands in four climatic zones of China. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 126, p. 74-85, nov. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.027>.

LACERDA, F. F., *et al.* **Extremos e variabilidade climática no Nordeste brasileiro e em Pernambuco**. In: Josiclêda Domiciano Galvêncio. (Org.). **Mudanças Climáticas e Impactos Ambientais**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p. 01-23, 2009.

LIMA, J. R.; MAGALHÃES, A. R. Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21. **Parcerias Estratégicas**, v. 23, p. 191-212, 2018.

MARENGO, J. A. *et al.* Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais Da Academia Brasileira De Ciências**, v. 90, p. 1973–1985, ago. 2018.

MELO, M. C.; JOHNSON, R. M. F. O conceito emergente de segurança hídrica. **Sustentare**, v. 1, n. 1, p.72-92, ago./dez. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/st.v1i1.4325>

MIERZWA, J. C. *et al.* Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. **Rega: revista de gestão de água da América Latina**, v. 4, p. 29-37, jan./jun. 2007.

NASCIMENTO, A. R. S. **Sistema de aproveitamento de águas pluviais em grandes superfícies e o seu impacto ambiental**. 2014. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2014.

NETTO, J. M. A. **Manual de Hidráulica**. Editora: Edgard Blucher LTDA, v. 2, ed. 7, p. 724, jan. 1982.

NUNES, S. P. **Sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis: estudo de implantação em uma edificação residencial no município de São Paulo**. Monografia (Pós-graduação em Construção Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018

OKI, T.; QUIOCHO, R. E. Economically challenged and water scarce: identification of global populations most vulnerable to water crises. **International Journal of Water Resources Development**, v. 36, p. 416-428, jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1698413>

OLIVEIRA, F. M. B. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no campus da universidade federal de ouro preto ouro preto, minas gerais**. Tese (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

PINHEIRO, M. I. T.; CAMPOS, J. N.; STUDART, T. M. C. Conflitos por águas e alocação negociada: o caso do vale dos Carás no Ceará. **Revista De Administração Pública**, v. 45, n. 4, p. 1655- 1672, nov. 2011.

PIROLI, E. L. **Água e bacias hidrográficas: planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas**. São Paulo: Editora UNESP, 2022, 141 p. ISBN: 978-65-5714-298-1. <https://doi.org/10.7476/9786557142981>.

PROJETISTA PLENO. **NBR 10844 – Drenagem pluvial**. Projetista Pleno, 2022. Disponível em: <https://projetistaplenu.com/nbr-10844-drenagem-pluvial/>. Acesso: 17 nov. 2024.

REGOTO, P. *et al.* Observed changes in air temperature and precipitation extremes over Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 41, p. 5125-5142, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.7119>

ROCHA, V.L. **Avalidação do algoritmo do programa netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SEGUNDO, M. A. L. T. **Dimensionamento e proposta de um reservatório para o aproveitamento de água de chuva para a sede e para os laboratórios da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.

SEMPRE SUSTENTAVEL. **Projeto experimental do separador de águas de chuva de baixo custo: Manual de construção e instalação.** Sempre sustentável, 2014. Disponível em: <https://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/separador-de-agua-de-chuva.htm>. Acesso: 17 nov. 2024.

SOUSA, A. B. de; NETO, C. O. A. de; MAIA, A. G. Análise dos métodos de dimensionamento de cisternas com base na avaliação de volumes calculados para zonas pluviais homogêneas distintas. **Revista Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 5, n. 2, p. 147-160, set. 2017. DOI: <http://orcid.org/0000-0002-5939-0264>.

SOUZA, É. M. ; AQUINO, J. R. A grande seca e seus efeitos na produção agropecuária do rio grande do norte (2012-2016). **Revista GeoNordeste**, São Cristóvão, n. 2, p. 174-195, Jul./Dez. 2018.

THE CABELL BRAND CENTER. **Virginia rainwater harvesting manual.** [S.L.], ed. 2, 2019.

TOMAZ, P. Dimensionamento de reservatórios de água de chuva. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** São Paulo: Editora Navegar, v. 1, ed. 3, cap. 109, p. 22, jul. 2012.

TOMAZ, P. Método de Rippl. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** São Paulo: Editora Navegar, v. 1, ed. 3, cap. 9, p. 11, jul. 2011.

TOMAZ, P. Previsão de consumo de água não potável. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** São Paulo: Editora Navegar, v. 1, ed. 3, cap. 3, p. 10, dez. 2009.

TOMAZ, P. Conceito de aproveitamento de água de chuva. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** São Paulo: Editora Navegar, v. 1, ed. 3, cap. 1, p. 21, mar. 2011.

TOMAZ, P. Qualidade da água de chuva. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** São Paulo: Editora Navegar, v. 1, ed. 3, cap. 2, p. 21, mar. 2009.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais e Urbanas.** Ministério das Cidades, dez. 2005.

UNEP. **Rainwater Harvesting and Utilization: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management: An Introductory Guide for Decision-Makers;** UNEP: Osaka, Japan, 2002.

WEATHERSPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em Inhapi no ano todo.** Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/31172/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Inhapi-Alagoas-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 10 de dez. de 2024.

## APÊNDICE – ENTREVISTA

Questionamentos	Resposta
Quais as fontes de abastecimento de água da instituição? Há racionamento do uso de água?	A instituição é abastecida por meio da rede da concessionária local e complementada por carros pipas. Caso a quantidade de água enviada pelos carros pipas seja inferior há necessidade ou não haja abastecimento suficiente na rede, é implementado um racionamento, com desligamento de registros de pias, suspensão da lavagem da varanda e das áreas externas, e interrupção da rega do jardim e das plantas.
Qual a quantidade de alunos e funcionários, as principais demandas?	A instituição atende, em média, 420 alunos diariamente, com capacidade para acomodar até 476 crianças em determinados períodos do ano. A faixa etária dos alunos varia de 6 meses a 5 anos. Em relação aos funcionários, a instituição conta atualmente com 130 colaboradores, incluindo professores, auxiliares, serviços gerais e vigias; O consumo de água é elevado devido à necessidade de lavar as roupas das crianças, realizar banhos, além do abastecimento de duas cozinhas que servem seis refeições diárias.
Com que frequência, em média, o jardim é irrigado por mês?	As plantas em vasos são regadas diariamente, mas os jardins só recebem irrigação quando há água da concessionária. Geralmente, o jardim é regado uma vez por mês, no máximo duas, dependendo da disponibilidade de água na rede. A água fornecida pelos caminhões-

	<p>pipa não é utilizada para a irrigação, sendo destinada prioritariamente às necessidades básicas das crianças, devido aos problemas relacionados a incertezas e ao atraso no abastecimento. A instituição conta com uma caixa d'água de 1.000 litros, utilizada para regar as plantas em vasos e o jardim. No entanto, quando não há água na rede, essa quantidade não é suficiente para a irrigação plena do jardim.</p>
--	---