



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS DE CRATEÚS**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANTONIO VICTOR LIMA MACHADO**

**ESTUDO COMPARATIVO DE TECNOLOGIAS DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA**  
**EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS DE PEQUENO PORTE**

**CRATEÚS/CE**  
**2022**

ANTONIO VICTOR LIMA MACHADO

ESTUDO COMPARATIVO DE TECNOLOGIAS DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA EM  
EDIFICAÇÕES DE PEQUENO PORTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Tatiane Lima Batista.

CRATEÚS/CE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M129e Machado, Antonio Victor Lima.  
Estudo comparativo de tecnologias de conservação da água em edificações residenciais de pequeno porte  
/ Antonio Victor Lima Machado. – 2022.  
77 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús,  
Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2022.  
Orientação: Profa. Ma. Tatiane Lima Batista.

1. Tecnologias de conservação da água. Aparelhos economizadores de água. Sistema de  
Aproveitamento de Água da Chuva.. I. Título.

CDD 004

---

ANTONIO VICTOR LIMA MACHADO

ESTUDO COMPARATIVO DE TECNOLOGIAS DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA EM  
EDIFICAÇÕES DE PEQUENO PORTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial à  
obtenção do título de bacharel em Engenharia  
Civil.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Me. Tatiane Lima Batista (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Alan Michell Barros Alexandre  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dra. Raimunda Moreira da Franca  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Elisângela Lima e Iran  
Machado.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, a Deus, por toda a força de vontade e coragem para superar todos os desafios durante essa trajetória, e por me permitir alcançar mais uma conquista em minha vida. Sei que a graça da conclusão desse ciclo, jamais seria possível sem Ele.

A minha família, por todo amor, dedicação, encorajamento e confiança, sobretudo ao meus pais, Elisângela Lima e Iran Machado, que sempre acreditaram em minha capacidade e minhas escolhas, sou grato por toda a educação e exemplo que sempre me foi repassado desde minha formação como ser humano.

À Professora e orientadora, Tatiane Lima Batista, pela sua excelência na forma que exerce sua profissão, pela paciência, por todas as discussões e sugestões que tanto agregou durante esse período crucial da graduação. Obrigado por ser a responsável por me conduzir a uma nova etapa de minha vida e pela excelente forma de ensinar e contribuir na minha formação profissional.

Aos professores participantes da banca examinadora Dr. Alan Michel Barros Alexandre e Dra. Raimunda Moreira da Franca pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos amigos e colegas de faculdade e futuros companheiros de profissão, pelas reflexões, apoios, críticas e sugestões durante todo esse período, em especial aos amigos João Neto, Jandeilson Lourenço e Ricardo Ribeiro, os quais tive a oportunidade de compartilhar e receber todo conhecimento adquirido.

“Feliz aquele que acreditou, pois o que lhe foi dito da parte do Senhor será cumprido!”  
(Lc 1,39-45).

## RESUMO

É indiscutível que a água é um dos elementos fundamentais e essenciais a vida na Terra. No entanto, é geograficamente distribuída de forma desigual, visto que pode ser escassa em determinadas regiões, porém abundante em outras. Diante disso, é perceptível a busca da sociedade por alternativas de conservação da água através da redução do consumo de água potável. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar a adoção de duas tecnologias de conservação da água, bem como, analisar seu impacto econômico no consumo anual e avaliar seu custo benefício por meio de sua viabilidade técnico-econômica. Para isso, foi realizado um estudo de caso considerando diferentes cenários utilizando como objeto de estudo, duas edificações residenciais de pequeno porte, adotando o uso de aparelhos economizadores de água e a elaboração de um sistema de aproveitamento de água da chuva. Realizou-se inicialmente um levantamento das características hídricas de cada residência. Em seguida, um levantamento do consumo de água, através de medições em cada aparelho sanitário em um período de 15 dias. Com isso, através da realização de pesquisas bibliográficas, foi calculado o volume que cada aparelho economizador de água seria capaz de reduzir quando integrado a um aparelho já existente, bem como a avaliação do potencial de economia financeira. Posteriormente, foi realizado um dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água da chuva (SAAC) para ambas as residências. Foram analisados três cenários em relação ao potencial de economia de água e viabilidade técnico-econômica: (1) utilização de aparelhos economizadores. (2) implantação de um SAAC e (3) uma combinação dos dois. Por fim, foram apresentadas vantagens e desvantagens de cada cenário. O cenário 01 apresentou-se como mais vantajoso e o cenário 02 como mais desvantajoso para o tipo de edificação estudada, ambos analisados em função de suas viabilidades técnico-econômico. Espera-se que os resultados encontrados neste trabalho contribuam para discussão de projetos de edificações residenciais de pequeno porte que considerem o uso eficiente da água e, principalmente, para implantação de tecnologias de conservação da água em edificações já existentes do semiárido.

**Palavras-chave:** Tecnologias de conservação da água. Aparelhos economizadores de água. Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva.

## ABSTRACT

It is indisputable that water is one of the fundamental and essential elements of life on Earth. However, it is unevenly distributed geographically, as it may be scarce in certain regions, but abundant in others. In view of this, society's search for alternatives for water conservation by reducing the consumption of drinking water is perceptible. In this context, the present work has the general objective of analyzing the adoption of two water conservation technologies, as well as analyzing their economic impact on annual consumption and evaluating their cost benefit through their technical-economic feasibility. For this, a case study was carried out considering different scenarios using as object of study, two small residential buildings, adopting the use of water saving devices and the elaboration of a rainwater harvesting system. Initially, a survey of the water characteristics of each residence was carried out. Then, a survey of water consumption, through measurements in each sanitary appliance in a period of 15 days. Thus, through bibliographic research, the volume that each water-saving device would be able to reduce when integrated with an existing device was calculated, as well as the assessment of the potential for financial savings. Subsequently, a design of a rainwater harvesting system (SAAC) was carried out for both residences. Three scenarios were analyzed in relation to the potential for water savings and technical-economic feasibility: (1) use of water-saving devices. (2) implementation of a SAAC and (3) a combination of the two. Finally, advantages and disadvantages of each scenario were presented. Scenario 01 presented itself as the most advantageous and scenario 02 as the most disadvantageous for the type of building studied, both analyzed in terms of their technical-economic feasibility. It is expected that the results found in this work will contribute to the discussion of projects for small residential buildings that consider the efficient use of water and, mainly, for the implementation of water conservation technologies in existing buildings in the semiarid region.

**Keywords:** Water conservation technologies. Water saving devices. Rainwater Harvesting System.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Área de captação em telhados.....	28
Figura 2	- Área de captação em lajes.....	28
Figura 3	- Área de captação em pátios.....	29
Figura 4	- Sistema de grades em condutores e calhas .....	29
Figura 5	- Tipos de torneiras economizadoras de água .....	31
Figura 6	- Tubo de Venturi .....	33
Figura 7	- Tubo de Venturi instalado em um chuveiro.....	33
Figura 8	- Representação esquemática de uma bacia sanitária com descarga dual .....	34
Figura 9	- Exemplo de uma bacia sanitária com consumo de 2 litros por descargar.....	35
Figura 10	- Fluxograma de sequenciamento de atividades desenvolvidas na pesquisa.....	36
Figura 11	- Localização do município de Crateús e Independência .....	37
Figura 12	- Planta baixa e localização de pontos hidráulicos .....	38
Figura 13	- Recipiente de medição .....	41
Figura 14	- Identificação e disposição da cobertura de R1 .....	46
Figura 15	- Identificação e disposição da cobertura de R2 .....	46

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo total dos aparelhos convencionais de R1 .....	53
Gráfico 2 – Consumo total dos aparelhos convencionais de R2.....	53
Gráfico 3 – Representatividade de consumo por tipo de aparelho de R1 .....	54
Gráfico 4 – Representatividade de consumo por tipo de aparelho de R2 .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis .....	30
Tabela 2 – Frequência de manutenção do reservatório.....	30
Tabela 3 – Descrição e quantidades de pontos hidráulicos de R1 e R2.....	39
Tabela 4 – Fator de redução de consumo por aparelho economizador.....	43
Tabela 5 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazão em L/min).	47
Tabela 6 – Determinação do tempo médio para cálculo da vazão dos aparelhos de R1.	52
Tabela 7 – Determinação do tempo médio para cálculo da vazão dos aparelhos de R2.	52
Tabela 8 – Consumo total dos aparelhos convencionais de R1 e R2 .....	54
Tabela 9 – Histórico de volumes de R1 e R2 .....	55
Tabela 10 – Volumes de consumo reduzido a partir da adoção de aparelhos economizadores .....	56
Tabela 11 – Precipitação pluviométrica média mensal .....	57
Tabela 12 – Área de contribuição de cobertas e vazão de projeto de R1 .....	58
Tabela 13 – Área de contribuição de cobertas e vazão de projeto de R2 .....	58
Tabela 14 – Dimensionamento e vazão suportada pelas calhas de R1 e R2 .....	59
Tabela 15 – Dimensionamento de condutores verticais de R1 e R2 .....	59
Tabela 16 – Análise do volume de água oriunda do regime de precipitação na região de R1 .....	60
Tabela 17 – Análise do volume de água oriunda do regime de precipitação na região de R2.....	60
Tabela 18 – Comparação do volume de água não potável ofertada e demanda anual de R1 e R2 .....	61
Tabela 19 – Análise do volume anual reduzido em bacias sanitárias com adoção das duas tecnologias de conservação de água para R1 e R2 .....	62
Tabela 20 – Levantamento de quantidades e custos para o Cenário 1 em R1 e R2.....	63
Tabela 21 – Levantamento de quantidades e custos para o Cenário 2 em R1 .....	64

Tabela 22 – Levantamento de quantidades e custos para o Cenário 2 em R2.....	64
Tabela 23 – Volume anual reduzido e potencial econômico para cada cenário .....	65
Tabela 24 – Economia anual e tempo de retorno .....	65

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Parâmetros e qualidade para uso de água não potável.....	24
Quadro 2 – Frequência de amostragem.....	25
Quadro 3 – Classificações dos sistemas de aproveitamento de água quanto a tipologia, custo e economia .....	27
Quadro 4 – Acessórios economizadores de água incorporados a torneiras .....	32
Quadro 5 – Censurização de conservação de água .....	49
Quadro 6 – Caracterização das residências para balanço hídrico preliminar.....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Água
C	Coberta
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
Econôm.	Econômico
F <sub>R</sub>	Fator de Redução
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Indicador de consumo
IDF	Intensidade, Duração e Frequência
L	Litro
L.M	Leroy Merlin
M	Metro
mm	Milímetro
n.º	Número
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
pH	Potencial Hidrogeniônico
Pot.	Potencial
PVC	Policloreto De Vinila
Qtd.	Quantidade
R	Residência
Reduz.	Reduzido
SEINFRA	Secretaria da Infraestrutura
Tecn.	Tecnologia
UN	Unidade
Unit.	Unitário
Vol.	Volume

## LISTA DE SÍMBOLOS

R\$ Real

% Porcentagem

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	18
	Contextualização .....	18
	Questão de pesquisa .....	19
	Objetivos.....	19
	<i>Objetivo geral</i> .....	19
	<i>Objetivo específicos</i> .....	20
	Justificativa .....	20
	Delimitação do estudo .....	20
2	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	22
	Conservação da água.....	22
	<i>Gestão hídrica de demanda e oferta</i> .....	23
	Qualidade da água.....	23
	Tecnologias de conservação da água .....	26
	<i>Sistemas de aproveitamento de água da chuva (SAAC)</i> .....	26
	<i>Aparelhos economizadores de água</i> .....	30
3	<b>MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	35
	Descrição do caso.....	36
	Balanco hídrico preliminar.....	38
	<i>Demanda de água potável</i> .....	39
	Cálculo dos indicadores de consumo .....	41
	Uso eficiente da água e fontes alternativas.....	42
	<i>Adoção de aparelhos economizadores de água</i> .....	42
	<i>Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva</i> .....	43
	<i>Cenarização</i> .....	48
	Avaliação de viabilidade técnico-econômico .....	48
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	49
	Demanda de água potável utilizando aparelhos convencionais .....	50
	<i>Monitoramento do consumo dos aparelhos</i> .....	50
	<i>Detalhamento do consumo</i> .....	51
	<i>Indicadores de Consumo</i> .....	54
	Avaliação dos cenários .....	55
	<i>Cenário 01</i> .....	55
	<i>Cenário 02</i> .....	56

	<i>Cenário 03</i> .....	61
	Viabilidade Técnico-econômico.....	62
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
	REFERÊNCIAS .....	68
	APÊNDICE A – MONITORAMENTO MANUAL DE TEMPO ACUMULADO DE USO DE CADA APARELHO HIDROSSANITÁRIO DURANTE PERÍODO DE MEDIÇÃO EM R1.....	71
	APÊNDICE B – MONITORAMENTO MANUAL DE TEMPO ACUMULADO DE USO DE CADA APARELHO HIDROSSANITÁRIO DURANTE PERÍODO DE MEDIÇÃO EM R2.....	72
	APÊNDICE C – SAAC DE R1 E R2 .....	73
	ANEXO A – FLUXOGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM UMA EDIFICAÇÃO EXISTENTE.....	74
	ANEXO B – ÁBACOS PARA DETERMINAÇÃO DE DIÂMETROS DE CONDUTORES VERTICAIS.....	75

## 1 INTRODUÇÃO

Para dar início ao trabalho, esta seção apresenta uma contextualização, problemática e questão de pesquisa, assim como justificativa, objetivo geral e específicos, delimitações do estudo e apresentação do roteiro temático.

### Contextualização

É indiscutível que a água é um recurso considerado indispensável para a vida na Terra. Está presente na composição dos seres humanos e em suas atividades cotidianas, também sendo considerado um fator de grande importância no âmbito ambiental, social e econômico. Segundo Ghinis, Fochezatto e Kuhn (2020) entre os recursos naturais, a água é o mais essencial a vida, porém, é encontrada geograficamente de forma extremamente desigual, o que é bastante perceptível, pois sabe-se que a mesma é muito escassa em determinadas regiões e abundante em outras.

A crescente demanda por recursos hídricos destinados a diferentes finalidades atrelada ao aumento da degradação ambiental, tem gerado preocupações com sua escassez. Diante disso, Guiguer e Kohnke (2002) afirmam que esse aumento de demanda por água potável é provocado pelo aumento populacional, e simultâneo a isso, o aumento no risco de contaminação de recursos hídricos. De acordo com a Agência Nacional de Águas - ANA (2019) as principais atividades de alto consumo de água no Brasil são o abastecimento humano e animal, a indústria, mineração, termoelectricidade, irrigação e a evaporação líquida de reservatórios artificiais, destacando-se as atividades voltadas para a irrigação que correspondem a 68,4% do consumo total de água entre as demais atividades de alto consumo.

Num contexto mundial, a degradação do meio ambiente tem exigido maiores reflexões quanto a utilização desse recurso em todos os países (GHINIS; FOCHEZATTO; KUHN, 2020), visto que se trata de um recurso cada vez mais limitado, com importante valor econômico, gerando preocupações com a sua conservação, recuperação e melhor distribuição. (GHINIS; FOCHEZATTO; KUHN, 2020).

Uma das ferramentas que podem ser utilizadas na prevenção e combate à uma crise hídrica é o reuso estratégico de águas (SANTOS *et al.*, 2020). Em contrapartida, falhas na gestão de recursos hídricos (RH) em conjunto com a ilusão de sua farta disponibilidade podem fazer com que seu consumo seja realizado de forma inadequada (FIGUEIREDO; LIPPO; MULLER, 2020).

Ainda no contexto de economia de recursos hídricos como uma ferramenta capaz de conter o consumo desenfreado de água potável, Sautchúk (2004) afirma que cada vez mais torna-se frequente a busca por alternativas viáveis de otimização de consumo, além disso, as intervenções para tal prática devem acontecer por intermédio de ações tecnológicas, institucionais e educacionais. Partindo da ideia de intervenções por meio de tecnologias, pode-se citar o uso de aparelhos economizadores de água e o aproveitamento da água de chuva. Segundo Lira *et al.* (2020), o uso de dispositivos, como redutores de vazão são considerados viáveis no quesito técnico-econômico, ou seja, o grau de redução no consumo de água garantido por esse tipo de dispositivo, impacta diretamente no retorno financeiro investido por sua aquisição. Oliveira (2005) defende a substituição da água potável por água da chuva para fins menos nobres, visando a gestão sustentável capaz de gerar economia, reduzir a demanda por fontes naturais e reduzir a emissão de efluentes.

O uso de fontes alternativas de água não potável é, portanto, uma das soluções que podem ser adotadas para a problemática da escassez de água, porém pode oferecer riscos sanitários, caso seja realizada de forma negligente. As normas ABNT NBR16782:2019 e NBR16783:2019 preenchem essa lacuna normativa, estabelecendo parâmetros para as práticas de conservação de água e de uso de fontes alternativas de água não potável em edificações e seu monitoramento. Para implantação dessas técnicas em edificações de pequeno porte urbanas já existentes, os custos relacionados à implementação e monitoramento podem ser um desafio. Esta é a problemática abordada neste trabalho.

### **Questão de pesquisa**

Diante do exposto contexto apresentado anteriormente, este trabalho pretende responder ao seguinte questionamento:

Quais técnicas de conservação da água são mais viáveis para edificações urbanas de pequeno porte do semiárido?

### **Objetivos**

#### ***Objetivo geral***

Analisar a adoção de duas tecnologias de conservação da água em edificações residenciais de pequeno porte localizadas no semiárido, sendo elas a utilização de aparelhos

economizadores de água e a implantação de um sistema predial de aproveitamento de água de chuva.

### ***Objetivo específicos***

- Caracterizar o consumo e o uso da água em edificações residenciais de pequeno porte;
- Realizar uma revisão bibliográfica sobre tipos de tecnologias e alternativas de conservação da água;
- Analisar os impactos da utilização dessas tecnologias na economia de água dessas edificações;
- Analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação dessas soluções;
- Elencar vantagens e desvantagens das tecnologias abordadas.

### **Justificativa**

A realização deste trabalho é motivada pela problemática da escassez de água e busca por técnicas que visem sua conservação. Sendo assim, esta pesquisa visa contribuir com o estudo da conservação da água em edificações residenciais de pequeno porte, analisando a viabilidade de tecnologias que visam atender a exigências relacionadas a redução de consumo da água potável de forma sustentável e econômica.

Ressalta-se, também, a orientação do poder público que incentiva, na forma das legislações existentes, práticas sustentáveis relacionadas ao uso eficiente da água, como, por exemplo, a Lei n.º 16.033, de 20 de junho de 2016 que dispõe sobre a política de reuso de água não potável no âmbito do estado do Ceará e a Lei n.º 13.501 de 30 de outubro de 2017 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos.

Dessa forma, os resultados aqui encontrados poderão ser utilizados como direcionamento para projetos desse tipo de edificação que considerem o uso eficiente da água.

### **Delimitação do estudo**

O presente estudo se limita a uma análise comparativa de cenários de implantação de tecnologias de conservação da água envolvendo o uso de aparelhos economizadores de

água e aproveitamento de água da chuva em edificações residenciais de pequeno porte urbanas, analisando o potencial de economia de água e a viabilidade da proposta.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta o referencial teórico que aborda assuntos necessários para a execução do presente estudo, sendo eles organizados nas seguintes subseções: Conservação da água, Qualidade da água e Tecnologias de conservação da água.

### Conservação da água

A conservação da água pode ser vista como práticas, tecnologias e incentivos que aperfeiçoam a eficiência de seu consumo (AWWA, 1993 *apud* GONÇALVES, 2010), podendo ser definida também como “qualquer ação que: reduz a quantidade de água retirada das fontes de abastecimento, diminui o consumo e o desperdício de água, melhora a eficiência de seu uso, aumenta a reciclagem e evita a poluição da água”(OLIVEIRA *et al.*, 2011, p. 217).

Aproximando a conservação de água para uma definição mais próxima da área de engenharia e sua prática executada em um edifício, a mesma é definida pela ABNT NBR 16782(2019) como um conjunto de práticas que otimizam os sistemas prediais de forma a reduzir o consumo, promovendo também a utilização da água de fontes alternativas, ou seja, configurando uma gestão hídrica de demanda e oferta, respectivamente.

Segundo Magalhães, Cardozo e Demanboro (2015) com o decorrer do tempo, a solução relativa aos esforços para conservação da água, foi de se aumentar e expandir redes de abastecimento o que agravou a realização de uma gestão de oferta. Acrescentam ainda, Magalhães, Cardozo e Demanboro (2015), que com a escassez de água e custos cada vez mais elevados, foi realizado uma mudança de paradigma, a qual promoveu-se a gestão de oferta para a gestão de demanda, sendo essa mais coerente com o desenvolvimento sustentável.

O Anexo A ilustra um fluxograma do procedimento para implantação da conservação de água em uma edificação existente a partir da ABNT NBR 16782:2019 – Conservação de água em edificações – Requisitos, procedimentos e diretrizes. A primeira fase consiste na execução do estudo preliminar, dividido em nove etapas que buscam realizar o levantamento de todas as características hídricas da edificação que diz respeito a gestão de demanda, de consumo, de projetos, alternativas do uso de água, viabilidade técnico-econômica e aquisição de material. Na sequência é indicado o estudo e a implantação de soluções, sendo dividida em três etapas: o desenvolvimento de projetos com auxílio de manuais de orientação, execução e testes de desempenho. Por fim, é indicada a gestão da

água, que envolve a operação e manutenções adequadas, avaliações de resultados permanentes de indicadores de consumo e ações corretivas e de melhorias.

### ***Gestão hídrica de demanda e oferta***

Segundo ABNTNBR 16782 (2019), o foco da gestão de demanda está no consumo eficiente que viabilize uma menor quantidade de água que possa suprir a mesma necessidade em suas atividades de utilização, bem como seu constante monitoramento. Sobre a necessidade de se realizar uma gestão de demanda de água é “ainda mais patente em centros urbanos de regiões áridas/semiáridas de países em desenvolvimento (caso de grande parte do Nordeste brasileiro)”(SANTANDER, 2017, p.11).

Tamaki (2003) defende que o uso racional e eficiente da água requer ações de natureza técnica, administrativa, econômica e social/educacional, visando sua utilização do nível macro (gerenciamento de bacias hidrográficas) até o nível micro (sistemas prediais). O mesmo, Tamaki (2003), ainda cita alguns benefícios do uso eficiente da água, sendo eles:

- Uma maior disponibilização e distribuição de água potável para mais usuários, utilizando a mesma estrutura de produção;
- Redução de custos associados ao abastecimento;
- Redução de custos associados ao fornecimento de água por parte das concessionárias;
- Redução dos impactos de estiagens;
- Redução da geração de esgoto.

De acordo com ABNT NBR 16782(2019) na gestão de oferta, o foco se dá na redução e substituição de água potável por água não potável para fins específicos, ou como a mesma ressalta: “água menos nobre para fins menos nobres”.

Segundo Santos e Romano(2015), atividades conservacionistas de água abrangem um conjunto de medidas que propiciam a gestão de oferta, aumentando o volume disponível de recursos hídricos e a melhoria de sua qualidade.

### **Qualidade da água**

A ABNT NBR 16782 (2019, p.2) define água potável como “água que atende ao padrão de potabilidade estabelecida em legislação vigente”, e para água não potável “água

cujas característica não estão de acordo com o padrão de potabilidade estabelecido em legislação vigente”. A seguir, é apresentada uma lista de uso não potável em edificações as quais são abrangidos pela norma ABNT NBR 16783 (2019).

- a) descarga de bacias sanitárias e mictórios, independentemente do sistema de acionamento;
- b) lavagem de logradouros, pátios, garagens e áreas externas;
- c) lavagem de veículos;
- d) irrigação para fins paisagísticos;
- e) uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos);
- f) sistemas de resfriamento de água;
- g) arrefecimento de telhados.

A ABNT NBR 16783 (2019), ainda lista um conjunto de requisitos de qualidade a serem seguidos, afim de classificar a água não potável como apta aos usos listados anteriormente. O Quadro 1 apresenta os parâmetros de qualidade para uso de água não potável.

Quadro 1 – Parâmetros de qualidade para uso de água não potável

PARÂMETROS	LIMITE
pH	6,0 a 9,0
<i>E. Coli</i>	≤ 200 NMP/100mL
Turbidez	≤ 5 UT
DBO <sub>5,20</sub>	≤ 20 mgO <sub>2</sub> /L
CRL (cloro residual livre)	Mínimo 0,5mg/L – Máximo de 5,0 mg/L Recomendável 0,5mg/L – Máximo de 2,0 mg/L
Sólidos dissolvidos totais (SDT) ou condutividade elétrica <sup>a</sup>	≤ 2 000 mg/L ou ≤ 3 200 μS/cm
Carbono orgânico total (COT) <sup>b</sup>	< 4 mg/L
<sup>a</sup> Os valores de condutividade apresentam correlação com os sólidos dissolvidos totais. Uma outra opção é realizar a análise dos sólidos dissolvidos totais; <sup>b</sup> Somente para água de rebaixamento de lençol freático.	

Fonte: ABNT NBR 16783 (2019)

O Quadro 2, mostra a frequência com que a água não potável deve ser monitorada de acordo com a ABNT NBR 16783 (2019).

Quadro 2 – Frequência de amostragem

<b>Parâmetros</b>	<b>Frequência de amostragem</b> Edificação unifamiliar / individual	<b>Frequência de amostragem</b> Edificação multifamiliar / Coletiva
pH	Semanal	Diária
CRL (cloro residual livre)	Semanal	Diária
Turbidez	Semanal	Semanal
Condutividade <sup>a</sup>	Mensal	Semanal
<i>E. Coli</i>	Mensal	Mensal
DBO <sup>5,20</sup>	Mensal	Mensal
Carbono orgânico total <sup>b</sup>	Semestral	Semestral
<sup>a</sup> Os valores de condutividade apresentam correlação com os sólidos dissolvidos totais. Uma outra opção é realizar a análise dos sólidos dissolvidos totais. <sup>b</sup> Somente para água de rebaixamento de lençol freático.		

Fonte: ABNT NBR 16783 (2019)

Segundo REBELLO (2004 *apud* BASSANESI; BARRETO, 2014) sobre a qualidade atrelada ao aproveitamento da água da chuva, defende que o local e o sistema de captação utilizado podem alterar a qualidade da água, através da poluição atmosférica e do tipo de material utilizado. Defende ainda a necessidade da definição do uso da água e seu tratamento após a captação.

Para o aproveitamento da água da chuva, especificamente, a ABNT NBR 15527 (2019) estipula os parâmetros mínimos de qualidade da água para uso não potável em função da contagem de coliformes (*E. coli*), Turbidez e pH. A Tabela 1, expressa os parâmetros mínimos mencionados acima e seus respectivos valores. A norma indica que esses parâmetros devem ser monitorados com uma frequência mínima semestral.

Tabela 1 – Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
<i>Escherichia coli</i>	< 200 / 100 mL
Turbidez	< 5,0 uT

<b>pH</b>	6,0 a 9,0
-----------	-----------

Fonte: ABNT NBR 15527 (2019).

A ABNT NBR 15527 (2019) ainda orienta ainda sobre os cuidados com a manutenção de equipamentos, sendo este explícitos na Tabela 2.

Tabela 2 – Frequência de Manutenção do reservatório.

<b>Componentes</b>	<b>Frequência de manutenção</b>
<b>Dispositivos de descarte de detritos</b>	Inspeção mensal; Limpeza trimestral
<b>Calhas <sup>a</sup></b>	Inspeção semestral; Limpeza quando necessário
<b>Área de captação, condutores verticais e horizontais</b>	Inspeção semestral; Limpeza quando necessário
<b>Reservatórios</b>	Inspeção anual; Limpeza quando necessário

Fonte: Adaptação da ABNT NBR 15527 (2019).

### **Tecnologias de conservação da água**

São diversas as técnicas e ferramentas para se realizar uma intervenção através da implantação de tecnologias que inibem o alto consumo de água e, conseqüentemente, garantem a sua conservação. Como exemplos podem ser citados: uso de fontes alternativas como a captação da água da chuva e o reuso de águas cinzas, a substituição de aparelhos convencionais por aparelhos economizadores e medição individualizada de água (FERNANDES; SILVA; SILVA, 2013). Fernandes, Silva e Silva (2013), citam ainda que a conscientização da comunidade sobre a necessidade do consumo eficiente e sua redução, também é considerada uma intervenção de caráter de conservação da água. Os sistemas de aproveitamento de água da chuva e o uso de aparelhos economizadores são abordados nas seções que seguem.

#### ***Sistemas de aproveitamento de água da chuva (SAAC)***

Com a evidente problemática da distribuição de água no Brasil, a alta demanda que excede os recursos hídricos disponíveis e as inundações em regiões metropolitanas, o aproveitamento da água da chuva tem se configurado como uma alternativa promissora para conservação de água (CARVALHO; OLIVEIRA; MORUZZI, 2007).

Tomaz (2003 *apud* BASSANESI; BARRETO, 2014) defende que com a utilização de água da chuva, é possível conseguir uma economia de até 30% da água pública.

Fernandes, Silva e Silva (2013) afirmam que os sistemas de aproveitamento de água da chuva, possui um grande potencial no que diz respeito a substituição da água potável fornecida pelo sistema público de abastecimento, por água armazenada por esse tipo de tecnologia.

Quanto a utilização da água da chuva em edificações de gênero comercial e industrial, a mesma pode ser utilizada para resfriamento de telhados e máquinas, climatização interna, lavanderia industrial, lava jatos de caminhões, carros e ônibus e limpeza industrial (JACINTO, 2010).

A ABNT NBR 15527 (2019) orienta que a concepção de um sistema de aproveitamento de água da chuva requer uma caracterização do local, da demanda e oferta da edificação e a necessidade de se realizar um estudo de viabilidade técnica-econômico.

O Quadro 3, mostra uma relação e classificação quanto aos custos de implantação e a economia de água para alguns tipos de edificação.

Quadro 3 – Classificação dos sistemas de aproveitamento de água quanto a tipologia, custo e economia.

Tipo de Edificação	Custos de Implantação	Economia de água
Condomínio Vertical	Baixo	Menor
Condomínios Horizontais e Residências Unifamiliares	Menor se projetado antes da construção	Depende do tamanho do reservatório
Galpões e Armazéns	Retornável aceitável	Depende da intensidade de uso
Loteamentos indústrias e residências e aeroportos	Relativamente baixo	Boa

Fonte: SICKERMANN (2002 *apud* BASSANESI; BARRETO, 2014).

Em relação a constituição de um sistema de aproveitamento de água, segundo Rodrigues (2010), a área de captação define-se pela projeção de seus planos e assim a quantidade de água captada, ou seja, quanto maior for a área de captação maior será o volume de água disponível.

Segundo May (2009), as áreas comumente utilizadas para realizar a captação de água, são áreas de telhados e lajes, no entanto, podem ser utilizadas também em áreas de pátios, calçadas e estacionamentos. Entretanto, segundo a mesma, May (2009), as áreas

citadas por último, necessitam de uma análise de sistema preliminar de tratamento adequada, afim de se evitar danos no sistema operacional de coleta e tratamento das águas pluviais. A Figuras 1, 2 e 3 ilustram alguns exemplos de captação de águas pluviais.

Figura 1 – Área de captação em telhados



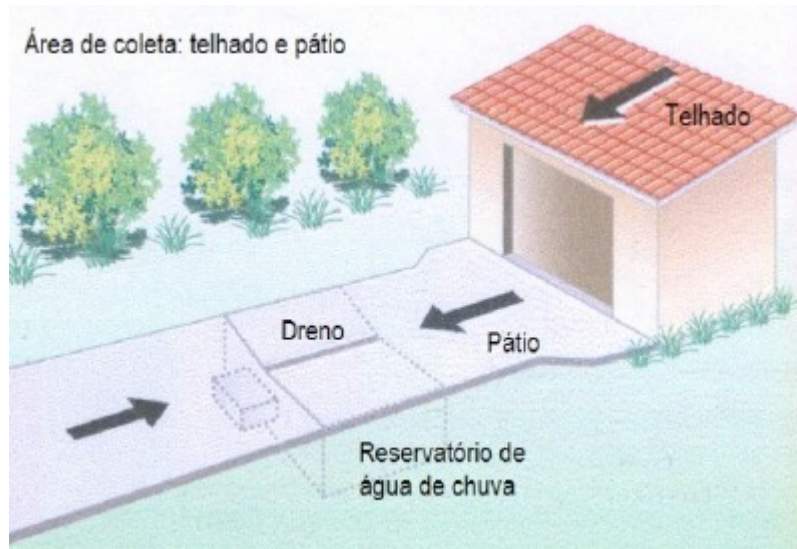
Fonte: Waterfall (2002, *apud*, MAY, 2009).

Figura 2 – Área de captação em lajes



Fonte: Waterfall (2002, *apud*, MAY, 2009).

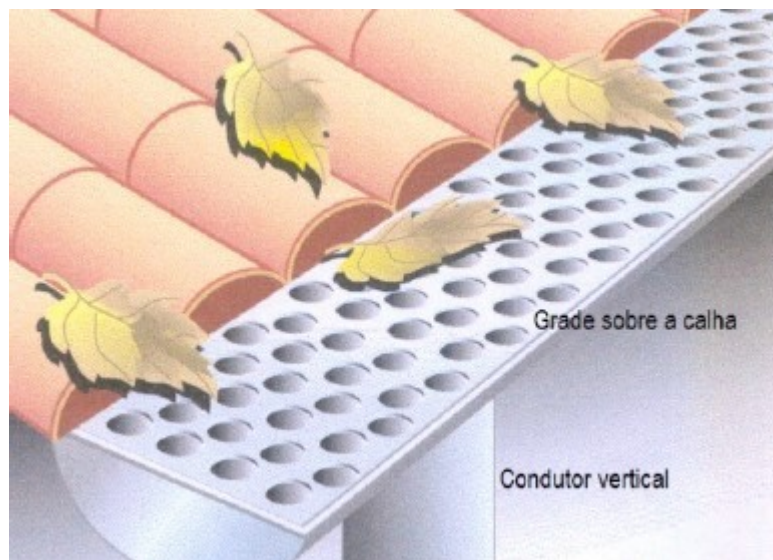
Figura 3 – Área de captação em pátios



Fonte: Waterfall (2002, *apud*, MAY, 2009).

De acordo com Rodrigues(2010) a água captada é conduzida para o reservatório através de condutores horizontais e tubos de queda, que por sua vez, recolhem detritos que contribuem para o crescimento bacteriano e assim a contaminação da água armazenada. Segundo May (2009), para que não ocorra o entupimento de condutores e calhas, o sistema deve estar munido de peneiras ou grades que percorra toda a extensão das calhas. A Figura 4, ilustra o sistema de grade afim de se evitar o entupimento de condutores e calhas.

Figura 4 – Sistema de grades em condutores e calhas.



Fonte: Waterfall (2002, *apud*, MAY, 2009).

Os condutores podem ser de dois tipos, verticais e horizontais, sendo o primeiro responsável por receber as águas das calhas oriundas das áreas de captação e conduzindo para as tubulações horizontais inferiores, que por sua vez, destinam a água para o reservatório. Em relação ao tratamento de um sistema de águas pluviais, o mesmo depende primeiramente da qualidade da água que é coletada e do seu uso específico, o sistema de coleta e tratamento é de fácil manuseio, um custo baixo para sua implantação estando em função das tecnologias adotadas e da viabilidade econômica (MAY, 2009).

Sobre o reservatório de armazenamento, de acordo com Sales(2019), pode estar enterrado, parcialmente enterrado ou estando na superfície, características essas dadas em função das condições do local, influenciando também na escolha do material a ser adotado.

Segundo Gil(2009), os materiais que podem ser adotados num reservatório de armazenamentos de águas pluviais podem ser de concreto, alvenaria armada, PVC, fibra de vidro e aço inox.

### ***Aparelhos economizadores de água***

Segundo Magalhães, Cardozo e Demanboro (2015, p. 3) “aparelhos economizadores de água são equipamentos e acessórios hidrossanitários que proporcionam, na sua utilização, uma maior eficiência hídrica”.

De acordo com Santander(2017) o uso de aparelhos hidrossanitários poupadores de água garantem a redução do consumo de água sem a mudança de hábitos dos usuários, permitindo a diminuição da demanda de água potável e assim seu uso racional. O mesmo, Santander(2017), ainda cita exemplos desses tipos de aparelhos, como: bacias sanitárias com acionamento duplo, arejadores de torneiras e chuveiros.

Segundo Lombardi(2012), a utilização de tecnologias como:redutores de pressão, torneiras com fechamento automático ou com sensor fotoelétrico garantem uma redução de até 70% do consumo de água. Para demonstrar quantitativamente o consumo de água de um aparelho convencional de uma residência, estimativas de Tomaz (2000, p. 37 *apud* LOMBARDI, 2012) mostram que 41% do consumo de água de uma residência é realizado apenas por uma bacia sanitária.

Em relação a torneiras, segundo Lombardi (2012), o consumo está diretamente ligado à sua vazão e ao tempo de utilização. Alguns acessórios que podem ser incorporados à torneira são arejadores, pulverizadores, fechamento automático e acionamento foto elétrico. O Quadro 4 abaixo apresenta, algumas das características de acessórios que podem ser

incorporados a torneiras como apresentado acima. Esses acessórios podem reduzir o consumo quando confrontado com aparelhos de torneiras convencionais.

Quadro 4 – Acessórios economizadores de água incorporados a torneiras.

Acessórios incorporados a torneira	Características	Economia de água
Arejadores	É instalado na saída da bica e é incorporado por uma tela fina que reduz a área de saída e possibilita a entrada de ar pelas laterais.	Podem reduzir até 50% do consumo de água.
Pulverizadores	Eles dividem a saída de água em diversos jatos.	Podem reduzir até 70% do consumo de água.
Fechamento automático e acionamento foto elétrico	Por terem custos mais elevados, são indicados para locais com alto fluxo de pessoas.	Podem reduzir até 55% e 70% respectivamente.

Fonte: Adaptação de Lombardi (2012).

A Figura 5, mostra quatro exemplos de torneiras economizadoras de água, cada uma apresentando diferentes características e especificidades.

Figura 5 – Tipos de torneiras economizadoras de água



Fonte: DECA (2021).

Sendo em (a) uma torneira com acionamento fotoelétrico, (b) torneira com fechamento automático, (c) dispositivo arejador e (d) dispositivo pulverizador.

Serrador (2008 *apud* BARROS, 2013) aponta que chuveiros são um dos mais desperdiçadores de água em uma residência. Como exemplo de tecnologia de redução de consumo voltada para a economia de água para esse aparelho hidrossanitário, tem-se o tubo de Venturi, um dispositivo aerador de chuveiro.

Jacomini, André e Trindade(2017) explicam o funcionamento desse dispositivo como um ar que é inserido na tubulação por um tubo de Venturi, criando um vácuo no trecho de diâmetro reduzido, fazendo com que ar e água se misturem. As Figuras 6 e 7, apresentam o tubo de Venturi isolado e instalado no chuveiro respectivamente.

Figura 6 – Tubo de Venturi.



Fonte: Jacomini André e Trindade (2017).

Figura 7 – Tubo de Venturi instalado em um chuveiro.



Fonte: Jacomini André e Trindade (2017).

Os mesmos, Jacomini, André e Trindade (2017) chegaram a uma conclusão satisfatória, tendo como resultados um custo de 80% inferior a chuveiros sem o dispositivo aerador e uma redução de consumo de 8,59%, visto que o mesmo, pode ser incorporado a um chuveiro já utilizado.

Para bacias sanitárias, são os aparelhos utilizados para fins higiênicos e em geral, são considerados um dos equipamentos que mais consomem água (MARINS; MOURA, 2015). De acordo com Heller e Pádua (2006, *apud*, MARINS; MOURA, 2015) na década de 1980 foi dado início a estudos voltados para criação de válvulas com descarga reduzida, o que era utilizado cerca de 12 a 15 litros de água em aparelhos convencionais, passou a utilizar apenas 5 litros.

Neto e Júlio (2004 *apud* MARINS; MOURA, 2015), comentam algum dos outros métodos de economia de água em bacias sanitárias, sendo: a utilização de descarga dual, bacia sanitária econômica e a descarga a vácuo. As Figuras 8 e 9, ilustram alguns dos exemplos de aparelhos mencionados acima.

Figura 8 – Representação esquemática de uma bacia sanitária com descarga dual



Fonte: Neto e Júlio (2014, *apud*, MARINS; MOURA, 2015).

Figura 9 – Exemplo de uma bacia sanitária com consumo de 2 litros por descarga



Fonte: Neto e Júlio (2014, *apud*, MARINS; MOURA, 2015)

Sendo a Figura 8, uma bacia sanitária com dois volumes diferentes para descarga e a Figura 9, um exemplo de bacia sanitária que utiliza apenas 2 litros de água por acionamento da descarga, sendo desenvolvida com ausência de um sifão, direcionando os dejetos diretamente para o esgoto através de um basculante (NETO E JÚLIO, 2014 *apud*, MARINS; MOURA, 2015).

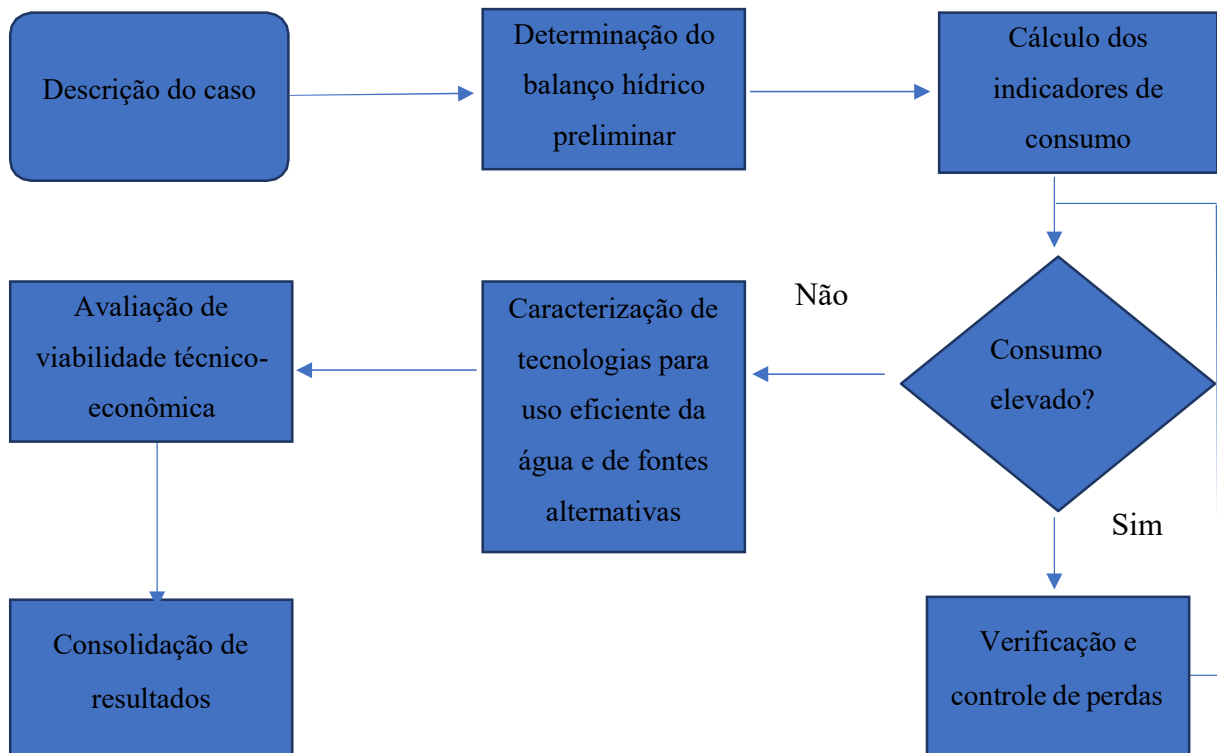
### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Esta seção apresenta o método utilizado para a execução do estudo. A presente pesquisa trata-se de um estudo de caso exploratório. De acordo com Yin (2001, *apud*, SERGIO; DAMY, 2012, p. 13) o estudo de caso pode ser visto como “um delineamento mais adequado para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, onde os limites entre fenômenos e o contexto não são claramente percebidos”.

A pesquisa busca elencar vantagens e desvantagens de tecnologias de conservação de água em edificações residenciais de pequeno porte urbanas, comparando cenários da adoção de tecnologias de sistemas de aproveitamento de água da chuva e de aparelhos economizadores de água, realizando uma análise de viabilidade através de critérios econômicos, técnicos e ambientais.

O delineamento da pesquisa, mostrado no fluxograma da Figura 10, foi estabelecido com base no procedimento indicado pela ABNT NBR 16782:2019 – Conservação de água em edificações – Requisitos procedimentos e diretrizes para implantação da conservação da água em edificações.

Figura 10 – Fluxograma de sequenciamento de atividades desenvolvidas na pesquisa



Fonte: Doautor (2021).

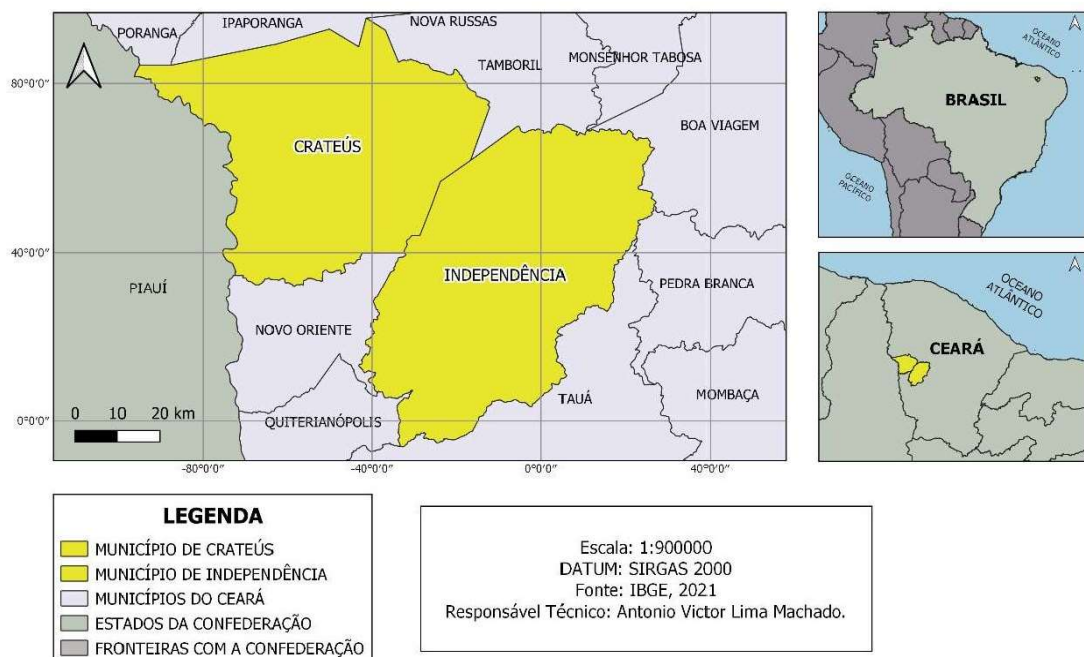
## Descrição do caso

A realização do presente estudo se deu em duas residências de pequeno porte, localizadas no município de Independência e Crateús, semiárido do estado do Ceará. De acordo com IBGE (2021), o primeiro localiza-se a uma latitude  $05^{\circ}23'47''$  ao sul, longitude  $40^{\circ}18'31''$  a oeste e altitude de 343 metros acima do nível do mar, estando na microrregião Sertão de Crateús e com distância de 310 km da capital cearense (Fortaleza). Apresenta uma área territorial de 3.222,381 km<sup>2</sup>, uma população estimada de 26.187 habitantes e economia voltada predominantemente ao setor de atividades comerciais.

De acordo com IBGE (2021), o segundo localiza-se a uma latitude  $5^{\circ}11'55''$  ao sul, longitude  $40^{\circ}40'08''$  a oeste e altitude de 296 metros acima do nível do mar, estando na microrregião Sertão de Crateús e com distância de 350 km da capital cearense (Fortaleza). O município possui uma área territorial de 2.981,459 km<sup>2</sup>, uma população estimada de 75.241 habitantes e uma economia voltada predominantemente ao setor de atividades comerciais. A Figura 11 apresenta o mapa de localização de ambos os municípios.

Figura 11 – Localização dos municípios de Crateús e Independência.

### MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CRATEÚS E INDEPENDÊNCIA



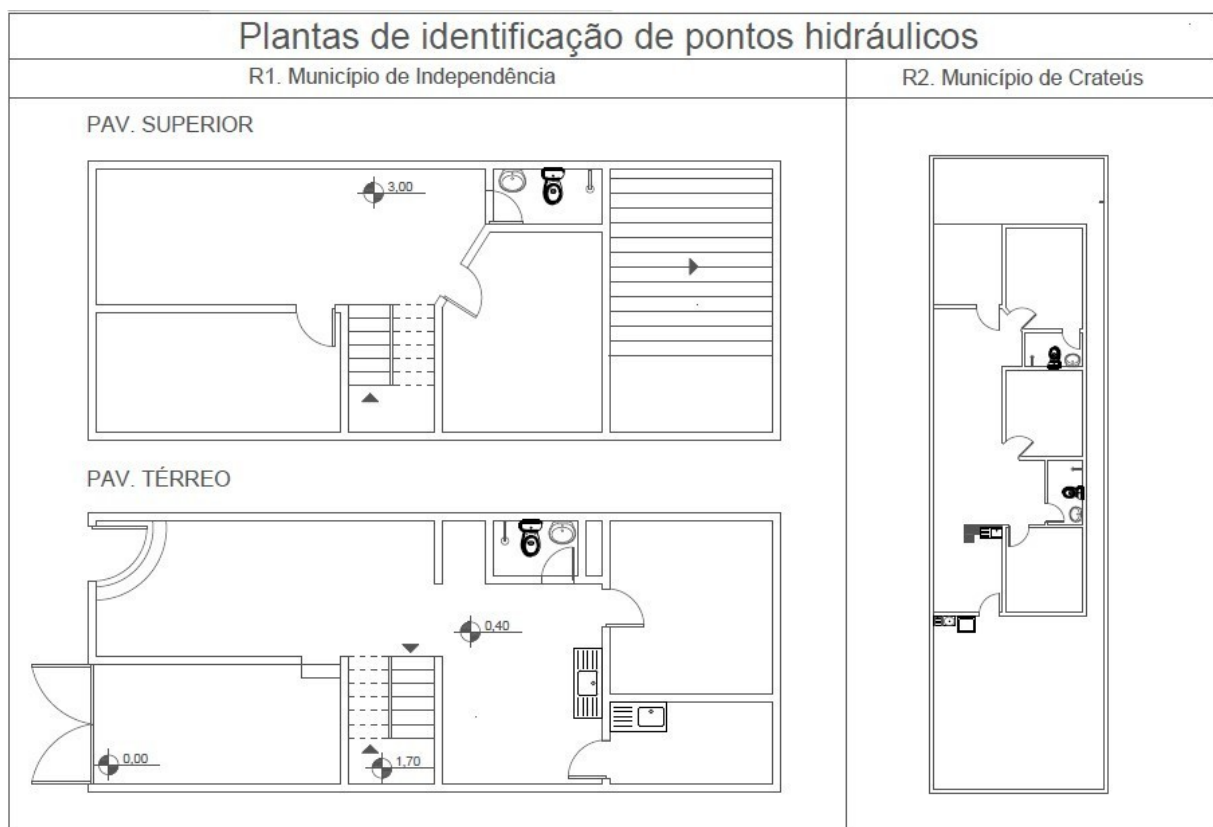
Fonte: Do autor (2021).

A residência localizada no município de Independência, aqui denominada R1, possui dois pavimentos e uma área construída de 120m<sup>2</sup>, com 5m de largura e 12m de comprimento, sendo 60m<sup>2</sup> de terreno. Na edificação, residem um número de 3 pessoas, sendo suas acomodações divididas em: uma sala de estar, uma garagem, três quartos, dois banheiros, uma cozinha, um hall e uma área de serviço.

A residência localizada no município de Crateús, aqui denominada R2, possui um único pavimento e uma área construída de 95,33m<sup>2</sup>, com 175m<sup>2</sup> de área de terreno. Na edificação residem um número de 2 pessoas, sendo suas acomodações divididas em: uma sala de estar, uma garagem, três quartos, dois banheiros, uma cozinha, um hall e uma área de serviço.

Na Figura 12, é apresentada uma planta baixa de arquitetura simples com a representação dos pontos hidráulicos e aparelhos de uso nas edificações estudadas.

Figura 12 – Planta baixa e localização de pontos hidráulicos.



Fonte: Do autor (2021).

Para melhor detalhamento dos pontos hidráulicos de ambas as residências, a Tabela 3, apresenta um levantamento de todos os aparelhos hidráulicos utilizados nas residências, bem como sua quantidade e ambiente a qual está associado.

Tabela 3 – Descrição e quantidades de pontos hidráulicos de R1 e R2.

Ponto Hidráulico	R1		R2	
	Descrição	Qtd.	Descrição	Qtd.
<b>Pia da cozinha</b>	Torneira de plástico 3/4"	01	Torneira de plástico 3/4"	01
<b>Torneira Tanque</b>	Torneira de plástico 3/4"	01	Torneira de plástico 3/4"	01
<b>Torneira Á. de serv.</b>	Torneira de plástico 3/4"	01	Torneira de plástico 3/4"	01
<b>Lavatório</b>	Torneira de pressão 3/4"	02	Torneira de pressão cromada 3/4"	02
<b>Bacia Sanitária</b>	Bacia de louça branca c/caixa acoplada	02	Bacia de louça branca c/caixa acoplada	02
<b>Ducha</b>	Ducha p/ WC cromado	02	Ducha p/ WC cromado	02
<b>Chuveiro</b>	Chuveiro plástico	02	Chuveiro Plástico	02
<b>Torneira Jardim</b>	-	0	Torneira de plástico 3/4"	01

Fonte:Do autor (2021).

O abastecimento de água da residência R1 é realizado de forma indireta, ou seja, o sistema de distribuição e alimentação dos pontos é realizado por gravidade a partir de um reservatório interno da edificação, localizado acima dos banheiros. O reservatório constitui-se de uma caixa d'água pré-moldada em "fyberglass" de capacidade máxima de 0,5m<sup>3</sup> ou 500L. Para a residência R2, o abastecimento também é indireto através de dois reservatórios pré-moldados de polietileno de 1.000L cada um localizados na laje acima do quarto central.

### Balanço hídrico preliminar

O balanço hídrico pode ser visto como uma ferramenta de gerenciamento eficaz do uso da água em um determinado processo (SALES *et al.*, 2004 ). Segundo a ABNT NBR 16782(2019) o balanço hídrico é elaborado a partir de uma caracterização hídrica e tem como objetivo identificar as ofertas e demandas de uma edificação a partir do consumo de água e geração de efluentes.

Para este trabalho, a elaboração do balanço hídrico preliminar deu-se a partir de uma caracterização hídrica de R1 e R2, com a coleta de dados realizada através de levantamento documental e de campo.

Foi realizado o levantamento das seguintes informações, de acordo com o preconizado no (Anexo C) da NBR 16782:2019:

- a) Tipologia da edificação;
- b) Oferta de água;
- c) Estimativa da população;
- d) Atividade e processos consumidores;
- e) Levantamento em campo da identificação dos sistemas de alimentação, distribuição, esgoto, águas pluviais e outro;
- f) Identificação dos medidores de água existentes;
- g) Condição dos sistemas prediais;
- h) Avaliação das condições dos equipamentos que utilizam água;
- i) Cálculo do consumo histórico através da conta de água;
- j) Levantamento em campo de espaços existentes;
- k) Identificação das características e periodicidades dos procedimentos de operação e manutenção;
- l) Histórico de manutenção dos sistemas hidráulicos prediais.

### ***3.2.1 Demanda de água potável***

Para calcular a demanda de água por aparelho, realizaram-se medições de consumo de forma manual das duas residências em estudo, em um período de tempo de 15 dias.

As medições de consumo se deram da seguinte forma: a cada uso de um aparelho, foi monitorado o tempo de consumo com auxílio de um cronômetro. Para as bacias sanitárias, o monitoramento foi conseguido pelo número de vezes que a descarga era acionada.

Em seguida foram efetuadas as medições das vazões de cada aparelho, exceto para bacia sanitária. Para isso, mediu-se o tempo que cada aparelho necessitava para preencher o volume de um 1L de um recipiente. A Figura 13, ilustra o recipiente volumétrico utilizado.

Figura 13 – Recipiente de medição.



Fonte: Do autor (2021).

Foram executadas três (3) medições de tempo para cada aparelho e assim realizado uma média aritmética afim de se obter mais precisão quanto ao tempo para preencher o recipiente apresentado acima. Com os valores de tempos obtidos com a medição mencionada anteriormente, foi possível realizar o cálculo de vazão para cada um dos aparelhos, a Equação 1 a seguir, apresenta o cálculo para obtenção das vazões de cada um dos aparelhos.

$$Q_i = \frac{V}{t_i} \quad (1)$$

Em que:

$Q_i$  é a vazão encontrada em l/s (litros por segundo);

$V$  é o volume de 1 litro utilizado na medição;

$t_i$  é o tempo obtido em s (segundos).

Com os valores das vazões, foram obtidos os volumes totais de água consumidos durante os 15 dias de medição e monitoramento. A Equação 2 a seguir, apresenta o cálculo realizado para obtenção dos volumes.

$$V_i = Q_i \times t \quad (2)$$

Em que:

$V_i$  é o volume consumido de cada um dos aparelhos;

$Q_i$  é a vazão de cada um dos aparelhos em l/s (litros por segundo);

$t$  é o tempo de consumo medido e monitorado durante 15 dias em s (segundos).

Para a medição do volume de consumo das bacias sanitárias foi realizada a multiplicação do volume da caixa acoplada pelo número de vezes que ela foi acionada.

Vale ressaltar que o sistema de acionamento das bacias sanitárias de R1 e R2 se dá de forma única, ou seja, para cada acionamento é consumido todo o volume de água reservada na caixa acoplada.

### **Cálculo dos indicadores de consumo**

O indicador de consumo (IC) “é a relação entre o volume de água consumido por agente consumidor em um determinado período de tempo, pode ser utilizado como um valor de referência para determinar se um sistema pode ser melhorado”(SOARES; NUNES; SILVA, 2017, p.110). A Equação 3, representa a forma de cálculo do indicador de consumo.

$$IC = \frac{\text{consumo de água do período}}{\text{quantidade de agentes consumidores} \times \text{período de atividades}} \quad (3)$$

Para determinar o indicador de consumo, inicialmente verificou-se o histórico de consumo de R1 e R2 no período de doze meses (um ano), afim de se obter o volume de água médio consumido em um período mínimo recomendado pela norma ABNT NBR 16782 (2019).

Para o consumo de água no período de análise, foi feito uma média aritmética simples dos volumes de água consumidos no período de doze meses, afim de se obter o consumo mensal médio. A Equação 4, mostra como o cálculo dos volumes de água foi obtido a partir do histórico de volumes.

$$C_m = \sum \frac{v_m}{12} \quad (4)$$

Em que:

$C_m$  é o consumo médio do período estabelecido,

$v_m$  representa o volume médio mensal.

### Uso eficiente da água e fontes alternativas

Para esta etapa do trabalho, foi realizada uma comparação entre cenários com a adoção de dois tipos tecnologias de conservação de água para a edificação estudada, sendo eles: a adoção de aparelhos economizadores de água e um sistema de aproveitamento de água da chuva, apresentando suas vantagens e desvantagens, bem como a diferença na redução do consumo de água potável na adoção de tais tecnologias de forma individual e combinada.

#### *Adoção de aparelhos economizadores de água*

Para esta etapa do trabalho, foram realizadas pesquisas na literatura que pudessem fornecer dados sobre o potencial de redução do consumo de água potável a partir da adoção de aparelhos economizadores de água.

Com isso, a partir das medições do consumo de água potável já mencionadas no item 3.2.1, foram utilizados os resultados encontrados por Da Silva et al., (2017), que em seu trabalho demonstra fatores econômicos de consumo de água desenvolvido no trabalho de Guedes (2014) utilizando-se aparelhos economizadores e o seu impacto na economia. A Tabela 4, apresenta cada aparelho mencionado no presente trabalho.

Tabela 4 – Fator de redução de consumo por aparelho economizador

<b>Aparelhos</b>	<b>Fator de Redução</b>
<b>Válvula de descarga dupla</b>	0,63
<b>Torneira com arejador</b>	0,20
<b>Chuveiro com redutor de fluxo de água</b>	0,20

Fonte: Guedes (2014).

Assim, foi realizado o cálculo de forma a encontrar a economia gerada pela adoção dos aparelhos economizadores de água. A Equação 5, apresenta o volume de água obtido a partir da adoção do fator de redução mencionada anteriormente.

$$V_R = V_m * F_R \quad (5)$$

Em que:

$V_R$  é o volume de água potável reduzido ( $m^3$ );

$V_m$  é o volume de água potável medido ( $m^3$ );

$F_R$  é o fator de redução.

### ***Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva***

Para a concepção de um sistema de aproveitamento de água da chuva e o devido dimensionamento dos componentes que integram o projeto de tal sistema, foi necessário realizar alguns levantamentos de dados preliminares a respeito das características das residências e da região em que estão localizadas, no que concerne a fatores meteorológicos de estudo das séries históricas para determinação da vazão de projeto.

Uma ferramenta de fundamental importância para o desenvolvimento de um projeto de sistema de aproveitamento de água da chuva são os fatores meteorológicos que por sua vez também influenciam no dimensionamento de calhas e condutores que integram o projeto. ABNT NBR 10844 (1989) os apresenta como uma série de procedimentos e critérios necessários ao projeto do sistema de drenagem, visando garantir níveis de funcionalidade, segurança, durabilidade e economia aceitáveis.

O Sistema predial de aproveitamento de águas pluviais foi dimensionado com base na ABNT NBR 10844 (1989) e ABNT NBR 15527 (2019). A primeira etapa consiste no dimensionamento das calhas e condutores verticais para captação da água do telhado. Para isso, foram calculadas a intensidade de precipitação de projeto e a área de contribuição para cada trecho, parâmetros necessários para o cálculo da vazão de projeto dos dispositivos, de acordo com a Equação 6.

$$Q = \frac{i * A}{60} \quad (6)$$

Em que:

$Q$  é a Vazão de Projeto (L/min);

$i$  é a intensidade pluviométrica (mm/h);

$A$  é a área de contribuição ( $m^2$ ).

As Equações 7 e 8 apresentam a determinação da intensidade ( $i$ ) para o município de Independência e Crateús, respectivamente, de acordo com Batista (2018).

$$i = \frac{22,812 * (Tr - 2,16)^{0,129}}{(t + 9,805)^{0,794}} \quad (7)$$

$$i = \frac{23,355 * (Tr - 2,200)^{0,110}}{(t + 9,805)^{0,794}} \quad (8)$$

Em que:

$i$  é a intensidade da chuva (mm/minutos);

Tr é o Tempo de Retorno (anos);

$t$  é o tempo de precipitação (minutos).

Diante disso, a ABNTNBR 10844 (1989), orienta que para o cálculo da área de contribuição para as residências com cobertas inclinadas sejam calculadas de acordo com a Equação 9 a seguir.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) * b \quad (9)$$

Em que:

$A$  é área de contribuição (m<sup>2</sup>);

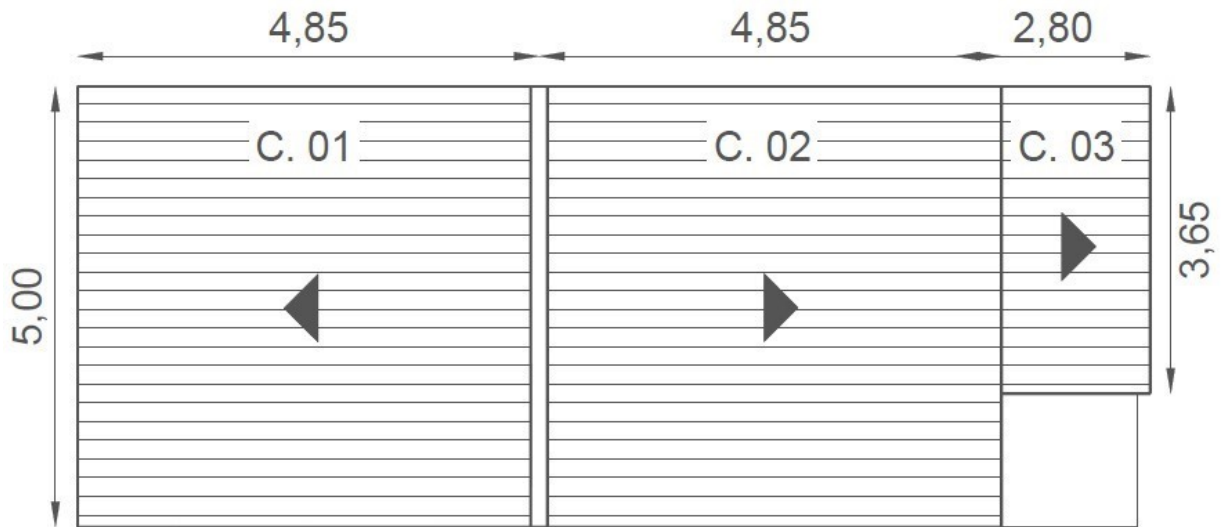
$a$  é o comprimento da cobertura inclinada (m);

$h$  é a altura entre o beiral e cumeeira (m);

$b$  é a largura da cobertura (m).

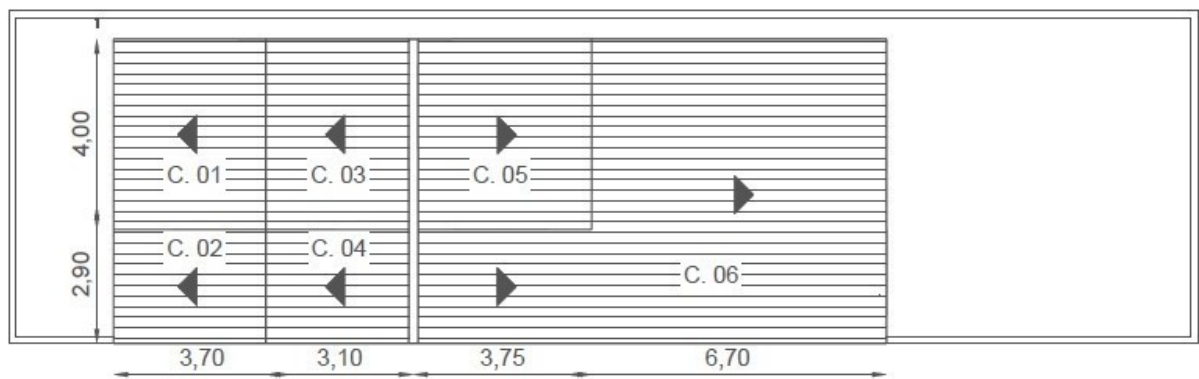
As Figuras 14 e 15 apresentam a planta de cobertura das residências.

Figura 14 – Identificação e disposição da cobertura de R1



Fonte: Do autor (2021).

Figura 15 – Identificação e disposição da cobertura de R2



Fonte: Do autor (2021).

Com os valores da vazão de projeto em mãos, partiu-se para o dimensionamento das calhas, que segundo a ABNTNBR 10844 (1989), deve ser calculada através da fórmula de Manning-Strikler, que resulta na vazão suportada pela calha, como demonstra a Equação 10 a seguir.

$$Q = \frac{K * S * \sqrt{\left(\frac{S}{P}\right)^2 * i^-}}{n} \quad (10)$$

Em que:

$Q$  é a Vazão da calha (L/min);

$K$  é 60000 (fator de conversão);

S é a área da seção molhada (m<sup>2</sup>);

P é o perímetro molhado da calha (m);

*i* é a declividade da calha (m/m);

*n* é o coeficiente de rugosidade.

Vale ressaltar, que a vazão suportada pela calha deve ser igual ou superior a vazão de projeto.

Os condutores verticais foram dimensionados a partir dos ábacos apresentados na NBR 10844 (Anexo 2), tendo como valores de entrada a altura da lâmina d'água na calha, a altura do condutor vertical e a vazão de projeto.

Para o dimensionamento dos condutores horizontais, foi utilizado a Tabela 5 mostrada abaixo, fornecida pela ABNTNBR 10844 (1989) que possui como dados de entrada a inclinação, a vazão de projeto (L/min) e o coeficiente de Manning do material do condutor.

Tabela 5 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazão em L/min)

	DIÂMETRO INTERNO (D) (mm)	n = 0,011			
		0,5%	1%	2%	4%
1	50	32	45	64	90
2	75	95	133	188	267
3	100	204	287	405	575
4	125	370	521	735	1040
5	150	602	847	1190	1690
6	200	1300	1820	2570	3650
7	250	2350	3310	4660	6620
8	300	3820	7590	7590	10800

Fonte: Adaptado da NBR 10844(1989).

Para esse trabalho, o diâmetro de tubo escolhido, foi aquele que atende ao valor mínimo da vazão de projeto já mencionada anteriormente, ou seja, sendo igual ou superior a vazão de projeto.

A segunda etapa consistiu no dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais. Para este trabalho, foi utilizado o Método de Rippl, que relaciona as precipitações médias mensais de chuvas, área de captação (cobertas) de cada residência e o coeficiente de *Runoff*, que diz respeito ao material utilizado por cada coberta.

Com os valores anteriormente mencionados em mãos, é obtidos uma vazão que alimenta o reservatório, assim como é demonstrado na Equação 11.

$$Q(m) = C * P * A \quad (11)$$

Em que:

$Q(m)$  é o volume de água aproveitável no tempo (mês);

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial (*Runoff*);

$P$  é a precipitação média de chuva no mês (mm);

$A$  é a área de captação total das cobertas (m<sup>2</sup>).

Como o material utilizado nas coberturas de ambas edificações são telhas cerâmicas o coeficiente de escoamento superficial ( $C$ ) utilizado no presente trabalho foi de 0,9, como é sugerido por Tomaz (2003, PROENÇA; SCHMIDT, 2014).

Com isso, foi realizado uma subtração simples expressa na Equação 12 a seguir, em que foi subtraído o volume da demanda mensal  $D(m)$  do volume de água pluvial aproveitável no mês  $Q(m)$ , assim obtendo o volume de água a ser armazenado no reservatório no mês  $S(m)$ .

$$S(m) = D(m) - Q(m) \quad (12)$$

Em que:

$S(m)$  é o volume de água que deve ser armazenado no mês (L)

$D(m)$  é a demanda mensal de água não potável (L);

$Q(m)$  é o volume de água aproveitável no mês (L)

Com os valores de  $S(m)$  em mãos, foi realizado a somatória somente dos valores positivos dos mesmos, assim como orienta a ABNT NBR 15527 (2019), resultando no volume do reservatório  $V$ , assim como é expresso na Equação 13 a seguir.

$$V = \sum S(m) \quad (13)$$

Em que:

$\sum S(m)$  é a somatória dos volumes positivos a serem armazenados (L);

$V$  é o volume do reservatório inferior (L).

Por fim, foi realizado o dimensionamento do reservatório superior, levando em consideração o consumo diário de água não potável de R1 e R2. Para este trabalho, considerou-se somente o uso de água não potável para uso de descarga em bacias sanitárias,

com isso o volume do reservatório superior foi dimensionado de forma a suprir a demanda de água analisando sua representatividade e consumo de água para ambas as residências.

Os levantamentos de dados relacionados a precipitação de chuva foram coletados através do Portal Hidro Web da Agência Nacional de Águas (ANA), analisando as estações pluviométricas 540019 e 540114, que operam desde os anos de 1974 a 2021 e 1962 a 2021 para os municípios de Independência e Crateús, respectivamente.

### ***Cenarização***

Nessa etapa do trabalho, foram montados cenários a partir da adoção das tecnologias de conservação de água já mencionadas anteriormente, de forma individual e combinada. O Quadro 5, apresenta os três cenários analisados.

Quadro 5 – Cenarização para adoção das tecnologias de conservação de água

Cenário	Tecnologias adotadas	Forma de adoção de cada cenário
Cenário 01	Adoção de aparelhos e dispositivos hidrossanitários economizadores de água	Individual
Cenário 02	Sistema de aproveitamento de água da chuva	Individual
Cenário 03	Aparelhos e dispositivos hidrossanitários economizadores de água + Sistemas de aproveitamento de água da chuva	Combinado

Fonte: Do Autor (2021).

### **Avaliação de viabilidade técnico-econômico**

Para a avaliação da viabilidade técnico-econômica, a primeira etapa se deu a partir da realização de um levantamento de quantitativos e custos da mão de obra e materiais necessários para a elaboração de cada um dos cenários mencionados na subseção anterior, com base nas tabelas da “SEINFRA 27.1–03/2022”. Os custos não encontrados na tabela, foram obtidos através de catálogos de lojas de material de construção como Leroy Merlin – 03/2022.

Na segunda etapa, foi analisado o volume de economia de água potável gerada nos três cenários, e assim, foi possível obter a economia anual em valores monetários gerado em cada um dos três cenários, como é apresentado na Equação 15 a seguir.

$$E_c = V_c * T_s \quad (15)$$

Em que:

$E_c$  é a economia anual (R\$);

$V_c$  é o volume de economia de água potável (m<sup>3</sup>);

$T_s$  é a Tarifa do sistema de água e esgoto (R\$).

Assim, foram analisados os custos, a economia no consumo de água gerada pelos 3 cenários estudados e o tempo de retorno para investimento. A partir dessa análise, foram listadas vantagens e desvantagens de cada cenário para o tipo de edificação estudada.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo os procedimentos apontados na metodologia do presente trabalho, inicialmente foi realizado o balanço hídrico preliminar, fazendo uma caracterização hídrica de R1 e R2 recomendada pela ABNT NBR 16782 (2019), como é apresentado no Quadro 6 a seguir.

Quadro 6 – Caracterização das residências para balanço hídrico preliminar

DIAGNÓSTICO	R1 CARACTERIZAÇÃO R2	
Tipologia	Residência de pequeno porte	Residência de pequeno porte

Oferta de água	Rede pública de abastecimento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE)	Rede pública de abastecimento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE)
População	3 pessoas	2 pessoas
Atividade e processos consumidores	Atividades domésticas (banho, lavagem de roupas, louças e descarga do vaso sanitário).	Atividades domésticas (banho, lavagem de roupas, louças e descarga do vaso sanitário).
Sistema de alimentação, distribuição e esgoto	Alimentação indireta; sistema de esgoto do tipo doméstico.	Alimentação indireta; sistema de esgoto do tipo doméstico.
Identificação e caracterização dos medidores	Hidrômetro	Hidrômetro
Avaliação da condição dos sistemas prediais	Sem vazamentos visíveis	Sem vazamentos visíveis
Condições de equipamentos que utilizam água	Em perfeitas condições de utilização	Em perfeitas condições de utilização-
Conta de água	Foram utilizadas contas de água de 12 meses	Foram utilizadas as contas de água de 12 meses
Projeto de arquitetura	Inexistente. Foi elaborado um croqui	Inexistente. Foi elaborado um croqui
Histórico de manutenção	Anualmente	Anualmente

Fonte: Adaptado da NBR 16782:2019.

## **Demanda de água potável utilizando aparelhos convencionais**

### ***Monitoramento do consumo dos aparelhos***

Os resultados obtidos com a medição monitorada do tempo de consumo dos aparelhos hidrossanitários de R1 e R2 foram apresentados nos Apêndices A e B. Vale ressaltar, que durante o período de medição, não houve o uso da ducha, logo seu consumo não foi considerado no desenvolvimento do trabalho.

Seguindo o roteiro metodológico do presente trabalho, as vazões para cada aparelho hidrossanitário de R1 e R2, foram obtidas através da Equação 1, e foram apresentadas nas Tabelas 6 e 7, respectivamente, para ambas as residências.

Tabela 6 – Vazão dos aparelhos de R1.

<b>Ponto Hidráulico</b>	<b>Especificações</b>	<b>Medição 01 *</b>	<b>Medição 02*</b>	<b>Medição 03*</b>	<b>Tempo médio p/ 1 litro (s)</b>	<b>Vazão Média (l/s)</b>
<b>Torneiras</b>	Pia de Cozinha	11,69	11,45	11,51	11,55	0,087
	Pia da Área de Serviço	7,32	7,41	7,35	7,36	0,136
	Lv 01	6,96	7,18	7,08	7,07	0,141
	Lv 02	9,19	9,24	9,20	9,21	0,109
	Tr. Máquina	8,79	8,82	8,73	8,78	0,114
<b>Chuveiros</b>	CH 01	3,89	3,85	3,92	3,89	0,257
	CH 02	8,12	8,09	8,07	8,09	0,124

\*Tempo para preenchimento do volume de 1 L, em s.

Fonte: Do autor (2021).

Tabela 7 – Vazão dos aparelhos de R2.

<b>Ponto Hidráulico</b>	<b>Especificações</b>	<b>Medição 01*</b>	<b>Medição 02*</b>	<b>Medição 03*</b>	<b>Tempo médio p/ 1 litro(s)</b>	<b>Vazão Média (l/s)</b>
<b>Torneiras</b>	Pia de Cozinha	11,45	11,34	11,82	11,54	0,087
	Tr. Tanque	6,13	5,81	5,36	5,77	0,173
	Tr. Jardim	6,13	5,81	5,36	5,77	0,173
	Lv. 01	16,82	17	16,28	16,70	0,060
	Ducha Hig.	17,82	17,75	17,75	17,77	0,056
<b>Chuveiro</b>	CH 01	5,44	5,40	5,49	5,44	0,184

\*Tempo para preenchimento do volume de 1 L, em s.

Fonte: Do autor (2021).

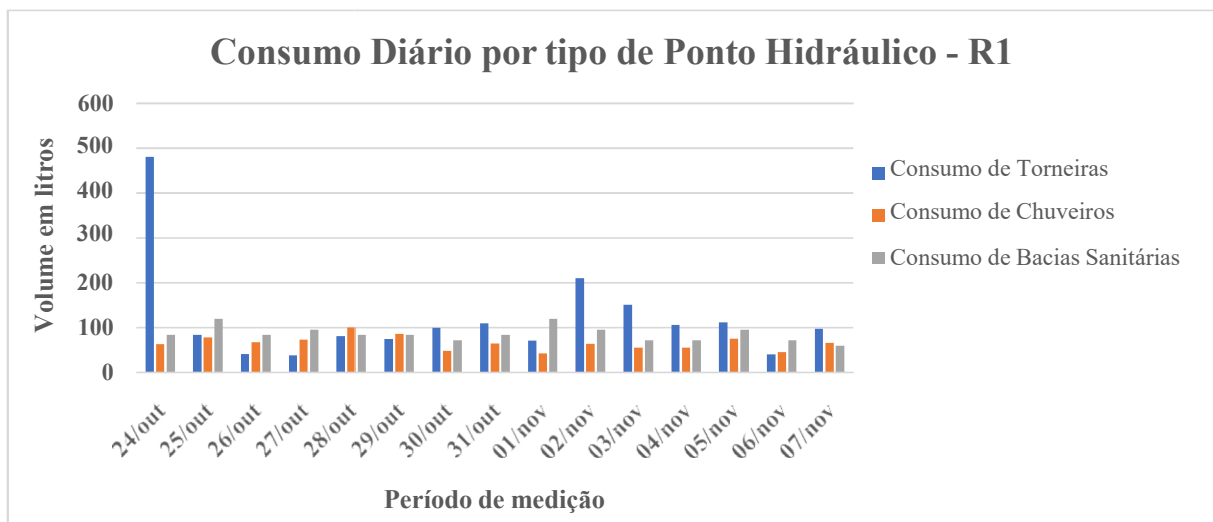
Vale ressaltar que tais valores são referentes a todos os aparelhos de cada residência, exceto as bacias sanitárias, que não necessita de medição de vazão para determinação de seu consumo. O consumo para bacias sanitárias foi calculado pelo número de vezes que foi realizado seu acionamento.

A caixa de descarga da bacia sanitária da residência R1 possui um volume de 12 litros e da residência R2 de 9 litros.

### ***Detalhamento do consumo***

Com os valores de vazão em mãos, e utilizando a Equação 2, foi possível obter o volume de consumo para cada um dos aparelhos hidrossanitários durante o período de medição estabelecido. Os Gráficos 1 e 2, expressam os valores de consumo total para R1 e R2, respectivamente.

Gráfico 1 – Consumo total dos aparelhos convencionais de R1.



Fonte: Do autor (2021).

Gráfico 2 – Consumo total dos aparelhos convencionais de R2.



Fonte: Do autor (2021).

Através da interpretação gráfica, vale ressaltar que em ambas as residências, entre os tipos de aparelhos que apresentaram maior consumo total estão as torneiras, com um valor de 1.801,93 litros para R1 e 3.299,24 litros para R2 no período de medição. Suas máximas de consumo podem ser explicadas devido ao consumo da torneira utilizada para a máquina de lavar, que é utilizada pontualmente ao longo da semana, além disso, o período de medição, foi efetuado em um cenário pandêmico, o que interferiu no crescimento de utilização de torneiras para a prática de higienização das mãos.

Também é válido ressaltar que o cálculo do consumo da torneira que alimenta a máquina de lavar foi realizado pelo número vezes que ela era preenchida por água de acordo com o volume de cada um de seus níveis. Tabela 8 apresenta detalhadamente as quantidades totais consumidas por torneiras, chuveiros e bacias sanitárias durante o período de 24 de outubro de 2021 e 7 de novembro de 2021.

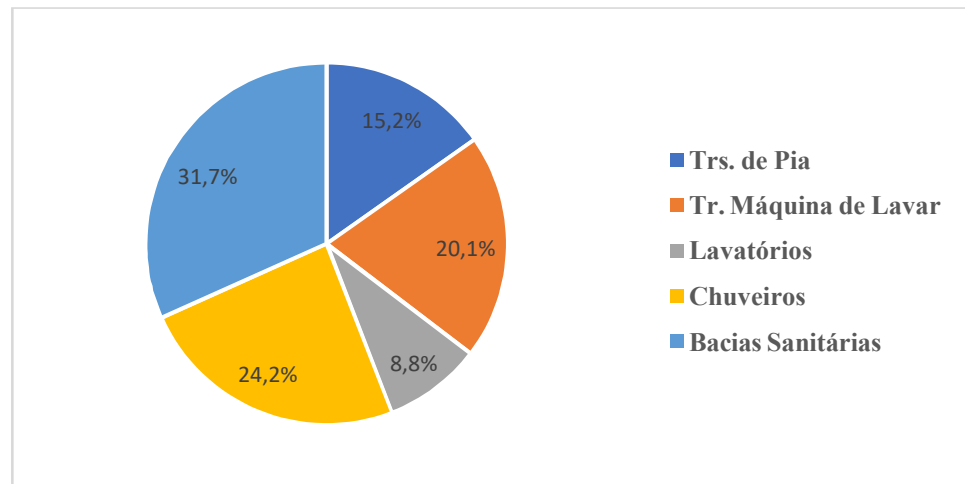
Tabela 8 – Consumo total dos aparelhos convencionais de R1 e R2.

<b>Residência</b>	<b>Torneiras (L)</b>	<b>Chuveiros (L)</b>	<b>Bacias Sanitárias(L)</b>
<b>R1</b>	1801,93	987,68	1296
<b>R2</b>	3299,24	2699,64	1260

Fonte: Do autor (2022).

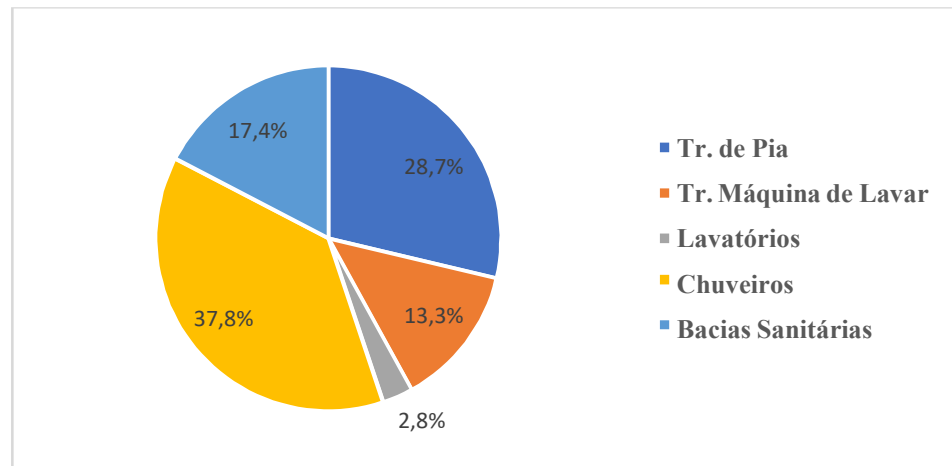
Outro importante dado relacionado ao consumo dos aparelhos hidrossanitários convencionais, são seus percentuais de representatividade de consumo total da edificação, as que serão utilizados para determinar o potencial econômico por aparelho de cada tecnologia de conservação de água, como é apresentado nos Gráficos 3 e 4 para R1 e R2.

Gráfico 3 – Representatividade de consumo por tipo de aparelho de R1.



Fonte: Do autor (2022).

Gráfico 4 – Representatividade de consumo por tipo de aparelho de R2.



Fonte: Do autor (2022).

Analisando por tipo de aparelho sanitário, as bacias sanitárias e chuveiros se destacam na residência R1 e os chuveiros e torneiras de pia se destacam na residência R2. Percebe-se, então, a importância da contribuição dos chuveiros como aparelhos consumidores de água em uma edificação desse tipo. Os lavatórios foram os aparelhos sanitários com a menor porcentagem de consumo de água nos dois casos.

### *Indicadores de Consumo*

Para a determinação do indicador de consumo (IC), primeiramente foi realizado um levantamento do histórico de volumes consumidos de R1 e R2 analisando faturas de contas de água da CAGECE. A Tabela 9 expressa os volumes de água consumidos no ano de 2021.

Tabela 9 – Histórico de Volumes de R1 e R2.

Mês	Ano de 2021	
	Volume de água (m <sup>3</sup> ) - R1	Volume de água (m <sup>3</sup> ) - R2
<b>Janeiro</b>	8	8
<b>Fevereiro</b>	7	9
<b>Março</b>	8	9
<b>Abril</b>	6	8
<b>Mai</b>	10	5
<b>Junho</b>	7	8

<b>Julho</b>	6	10
<b>Agosto</b>	6	4
<b>Setembro</b>	7	7
<b>Outubro</b>	6	8
<b>Novembro</b>	5	12
<b>Dezembro</b>	6	10

Fonte: Do autor (2022).

Os volumes médios mensais de R1 e R2 foram calculados utilizando a Equação 4. Foram obtidos 6,83 m<sup>3</sup> e 8,16 m<sup>3</sup> respectivamente, para R1 e R2.

Utilizando a Equação 3 para determinar o IC de ambas as residências, sendo 3 o número de pessoas para R1 e 2 o número de pessoas para R2, foram obtidos 75,89 L/pessoa.dia e 136 L/pessoa.dia. Percebe-se que a residência R2 possui um valor mais alto de consumo per capita do que a residência R1. A média do IC das duas residências foi de 105,9 L/pessoa.dia.

Seguindo o fluxograma apresentado na seção 3 do presente trabalho, relacionado ao índice de consumo encontrado para ambas as residências, é percebido que possuem baixo consumo, comparando a trabalhos como o de Luana (2016) que foi estimado um índice de consumo de 228,72 L/pessoa.dia para cidade de Juazeiro do Norte no ano de 2014, e o trabalho de Conceição e Matos (2007), que aponta um índice de consumo por volta 120 L/pessoa.dia para região do Nordeste.

## **Avaliação dos cenários**

### ***Cenário 01***

Para o cenário 1, foram adotadas as seguintes tecnologias economizadoras de água: válvula de descarga dupla, torneira com arejador e chuveiro com redutor de fluxo de água.

Com isso, utilizando a Equação 5 e com os respectivos fatores de redução apresentados na Tabela 4 da seção 3, combinados aos volumes de consumo dos aparelhos apresentados nos Gráficos 3 e 4, foi possível determinar o volume total de redução no consumo de água potável de R1 e R2. A Tabela 10 apresenta os valores obtidos com a adoção dessas tecnologias para um mês de consumo.

Tabela 10 – Volumes de consumo reduzidos a partir da adoção de aparelhos economizadores

<b>Aparelhos</b>	<b>Vol. Cons. (mt) - R1</b>	<b>Vol. Cons.(mt) - R2</b>	<b>Aparelho adotado</b>	<b>F<sub>R</sub></b>	<b>Vol. Reduz. (mt) - R1</b>	<b>Vol. Reduz. (mt) R2</b>
<b>Tr. de pia</b>	1,243	4,170	Arejador	0,20	0,249	0,834
<b>Lavatórios</b>	0,716	0,413			0,143	0,083
<b>Chuveiros</b>	1,975	5,487	Redutor de Vazão	0,20	0,395	1,097
<b>Bacias Sanitárias</b>	2,589	2,520	Válvula de descarga dupla	0,63	1,631	1,587

Fonte: Do autor (2022).

Diante dos resultados expressos na tabela acima, é possível determinar um volume total de redução mensal de 2,419m<sup>3</sup> para R1 e 3,601m<sup>3</sup> para R2, ou 29,028 e 43,212m<sup>3</sup> anualmente, o que representa uma redução no volume total de 29,61% e 24,81% de R1 e R2, respectivamente.

Vale ressaltar que o arejador não foi utilizado na torneira responsável por alimentar a máquina de lavar, uma vez que sua demanda está em função do volume do aparelho. Além disso, o aparelho que possui maior fator de redução é a válvula de descarga dupla que atua em bacias sanitárias, com isso, mesmo que R1 consuma menos água que R2, a máxima representatividade de R1 é de bacias sanitárias com um percentual de consumo de 31,7% enquanto que em R2 representa apenas 17,4%. Isso explica o motivo pelo qual os aparelhos economizadores de água reduzem mais o consumo em R1 do que em R2, em termos de porcentagem, mesmo que o primeiro tenha consumido menos água do que o segundo no período de análise do presente trabalho.

## ***Cenário 02***

Para o cenário 2, seguindo o roteiro metodológico apresentando na seção 3, inicialmente foi realizada uma análise de dados de duas estações pluviométricas, sendo elas: 540019 e 540114 nos municípios em que R1 e R2 estão localizados.

A Tabela 11 a seguir apresenta as precipitações médias mensais coletadas a partir dos dados obtidos através das estações pluviométricas citadas anteriormente.

Tabela 11 – Precipitação pluviométrica média mensal

<b>Mês</b>	<b>Precipitação média mensal (mm) - 2mm</b>
------------	---

	R1 – Estação pluviométrica 540019	R2 – Estação pluviométrica 540114
1	81,80	93,78
2	96,55	128,88
3	148,08	204,84
4	129,32	158,11
5	47,95	60,04
6	17,49	11,66
7	6,57	3,24
8	1,15	0,00
9	0,00	0,00
10	0,00	0,88
11	1,34	8,00
12	20,83	27,30

Fonte: Do autor (2022).

Os valores apresentados na Tabela 11 representam 47 e 59 anos de coleta de dados referente as precipitações médias mensais no município de Independência e Crateús, que serviram como base de cálculo para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva.

Vale ressaltar que a ABNT NBR 15527 (2019), orienta ainda sobre a retirada de 2mm de cada amostra como um descarte da primeira chuva, assim como é apresentado na Tabela 11, estando disponível 551,09 e 696,74 mm a serem utilizados durante um ano de coleta.

Através das Equações IDF7 e 8, foram determinadas as intensidades pluviométricas ( $i$ ) de R1 e R2, obtendo-se 4,02 e 3,88 mm/min, respectivamente.

Foram determinadas as áreas de contribuição através da Equação 9, e consequentemente, as vazões de projeto através da Equação 6, como mostram as Tabelas 12 e 13.

Tabela 12 – Área de contribuição de cobertas e vazão de projeto de R1.

-	C01	C02	C03
<b>Comprimento (a)</b>	5,11	5,11	3,78
<b>Largura (b)</b>	5,00	5,00	3,65
<b>Altura (h)</b>	1,30	1,30	1,30
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	28,80	28,80	16,17
<b>Vazão de Projeto (L/min)</b>	115,75	115,75	64,99

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 13 – Área de contribuição de cobertas e vazão de projeto de R2.

-	<b>C01</b>	<b>C02</b>	<b>C03</b>	<b>C04</b>	<b>C05</b>	<b>C06</b>	
<b>Comprimento (a)</b>	3,70	3,70	3,10	3,10	3,75	3,75	2,95
<b>Largura (b)</b>	4,00	2,90	4,00	2,90	4,00	2,90	6,40
<b>Altura (h)</b>	0,74	0,74	0,62	0,62	0,75	0,75	0,59
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	16,28	11,80	13,64	9,89	16,50	11,96	20,77
<b>Vazão de Projeto (L/min)</b>	63,11	45,76	52,88	38,34	63,96	46,37	80,51

Fonte: Do autor (2022).

Vale ressaltar, que na dinâmica de escoamento para cobertas em R2, as vazões de projeto se somam, pois C03, C04 e C05 estão a um nível de altura mais elevado, assim suas vazões são somadas com C01, C02 e C06. As vazões de projeto obtidas com as somas citada anteriormente resultam em: 115,99, 84,09 e 190,85 L/min.

Para o dimensionamento das calhas, foi levado em consideração as áreas de contribuição e a vazão de projeto apresentados anteriormente. Vale ressaltar que a mesma foi dimensionada de forma a suportar uma vazão igual ou superior a vazão de projeto. A Tabela 14 apresenta os valores obtidos através da Equação 10 para R1 e R2.

Tabela 14 – Dimensionamento e vazão suportada pelas calhas de R1 e R2.

	<b>R1</b>			<b>R2</b>	
<b>Coberta</b>	Largura x Altura (m)-calha	Vazão		Largura x Altura (m)-	Vazão
<b>C01</b>	(0,10x0,08)	164,88	<b>C01+C03</b>	(0,12x0,10)	268,12
<b>C02</b>	(0,10x0,08)	164,88	<b>C02+C04</b>	(0,12x0,10)	268,12
<b>C03</b>	(0,10x0,08)	164,88	<b>C05+C06</b>	(0,12x0,10)	268,12

Fonte: Do autor (2022).

Como mencionado anteriormente, as vazões suportadas pelas calhas de ambas as residências atendem ao requisito de serem iguais ou superiores a vazão de projeto, e assim sendo dimensionada em 10x8cm com altura da lâmina d'água de 5cm para R1 e 12x10 com altura da lâmina d'água de 6cm para R2.

Para verificação e dimensionamento dos condutores verticais, foi utilizado o ábaco apresentado no Anexo B do presente trabalho. A Tabela 15 apresenta os valores do diâmetro adotado ao tubo de queda para R1 e R2.

Tabela 15 – Dimensionamento de condutores verticais de R1 e R2.

<b>R1</b>	<b>R2</b>
-----------	-----------

<b>Coberta</b>	Vazão de Projeto (L/min)	Diâmetro do Tubo de queda (mm)	<b>Coberta</b>	Vazão de Projeto (L/min)	Diâmetro do Tubo de queda (mm)
<b>C01</b>	115,75	100	<b>C01+C03</b>	115,99	100
<b>C02</b>	115,75	100	<b>C02+C04</b>	84,09	100
<b>C03</b>	64,99	100	<b>C05+C06</b>	190,85	100

Fonte: Do autor (2022).

Como o valor de entrada mínimo da vazão de projeto apresentado nos ábacos é de 200 L/min, e as máximas vazões encontradas a partir das áreas de contribuição de R1 e R2 foram de 115,75 e 190,85 L/min respectivamente, foi adotado um diâmetro de 100mm para ambas as residências como garantia de segurança e usabilidade do sistema. A ABNT NBR 10488 (1989) orienta adotar 70mm como diâmetro mínimo para condutores verticais.

Para condutores horizontais, foi realizado uma análise da Tabela 5 oriunda da ABNT NBR 10488 (1989) que indica as vazões suportadas por cada tubo de diferentes diâmetros, chegando ao tubo com diâmetro de 100mm e declividade de 0,5%, sendo capaz de suportar as vazões de projeto e dando homogeneidade ao sistema.

Para o dimensionamento do reservatório inferior, através da Equação 11 utilizada no Método de Rippl, é obtido o volume de água aproveitável  $Q(m)$  que relaciona o produto do coeficiente de Runoff, os dados pluviométricos obtidos a partir das precipitações médias mensais e as áreas de contribuição, e a Equação 12 para determinar o volume que deve ser armazenado para cada um dos meses  $S(m)$  de R1 e R2. As Tabelas 16 e 17, apresentam os volumes citados acima.

Tabela 16 – Análise do volume de água oriunda do regime de precipitação na região de R1.

<b>Mês</b>	<b>Runoff (C)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>Q_m</math> (L)</b>	<b>Dm(L)</b>	<b>S(m)</b>
<b>1</b>	0,90	81,80	73,77	5430,91	2589,00	-2841,91
<b>2</b>	0,90	96,55	73,77	6410,20	2589,00	-3821,20
<b>3</b>	0,90	148,08	73,77	9831,40	2589,00	-7242,40
<b>4</b>	0,90	129,32	73,77	8585,88	2589,00	-5996,88
<b>5</b>	0,90	47,95	73,77	3183,52	2589,00	-594,52
<b>6</b>	0,90	17,49	73,77	1161,20	2589,00	1427,79
<b>7</b>	0,90	6,57	73,77	436,19	2589,00	2152,80
<b>8</b>	0,90	1,15	73,77	76,35	2589,00	2512,64
<b>9</b>	0,90	0,00	73,77	0,00	2589,00	2589,00
<b>10</b>	0,90	0,00	73,77	0,00	2589,00	2589,00
<b>11</b>	0,90	1,34	73,77	88,96	2589,00	2500,03
<b>12</b>	0,90	20,83	73,77	1382,95	2589,00	1206,04

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 17 – Análise do volume de água oriunda do regime de precipitação na região de R2.

Mês	Runoff (C)	P (mm)	A (m <sup>2</sup> )	Qm (L)	Dm(L)	S(m)
1	0,90	93,78	100,84	8511,30	2520,00	-5991,30
2	0,90	128,88	100,84	11696,92	2520,00	-9176,92
3	0,90	204,84	100,84	18590,92	2520,00	-16070,92
4	0,90	158,11	100,84	14349,78	2520,00	-11829,78
5	0,90	60,04	100,84	5449,12	2520,00	-2929,12
6	0,90	11,66	100,84	1058,24	2520,00	1461,75
7	0,90	3,24	100,84	294,05	2520,00	2225,94
8	0,90	0,00	100,84	0,00	2520,00	2520,00
9	0,90	0,00	100,84	0,00	2520,00	2520,00
10	0,90	0,88	100,84	79,86	2520,00	2440,13
11	0,90	8,00	100,84	726,06	2520,00	1793,93
12	0,90	27,30	100,84	2477,70	2520,00	42,30

Fonte: Do autor (2022).

Diante dos resultados acima, percebe-se que a precipitação pluvial de água de cada região é capaz de suprir a 100% da demanda anual de água não potável de R1 e R2. A Tabela 18, mostra uma comparação do volume de água pluvial ofertado oriundo do regime de precipitação e a demanda de água não potável de ambas as residências.

Tabela 18 – Comparação do volume de água não potável ofertada e demanda anual de R1 e R2.

R1		R2	
Volume captado (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> )	Volume captado (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> )
36,588	31,068	63,234	30,24

Fonte: Do autor (2022).

Por fim, utilizando a Equação 13, foi possível calcular o volume do reservatório inferior V, somando somente os valores positivos de S(m) expressos nas Tabelas 16 e 17. Com isso, o volume do reservatório inferior de R1 e R2 fica dimensionado em 14,978 m<sup>3</sup> e 13,004 m<sup>3</sup> respectivamente, adotado 15m<sup>3</sup> e 13m<sup>3</sup> suprimindo a demanda de água não potável dos 7 meses que possuem precipitações inferiores, que vai de Junho a Dezembro.

No entanto, foi analisado que em ambas as residências não seria possível utilizar um reservatório com tal dimensionamento, tanto por falta da disponibilidade de espaço, quanto pela inviabilidade econômica de implantação. Com isso, foi proposto um modelo de dimensionamento dos reservatórios inferior e sua ocupação em planta, apresentado no Apêndice C, possuindo um volume de armazenamento de 5m<sup>3</sup> para ambas as residências, o que

representa 33,33% do volume do reservatório proposto inicialmente para R1 e 38,46% para R2.

Adotando o novo volume para ambos os reservatórios, é possível suprir 39,25% da demanda anual de R1 e 80,42% de R2 o que representa um volume de 12,20m<sup>3</sup> e 24,319m<sup>3</sup>, respectivamente.

Ambos os reservatórios foram dimensionados de acordo com a melhor disposição e ocupação na área de serviço de cada residência, sendo assim, foi adotado um reservatório pré-moldado com capacidade de 5000 litros.

O dimensionamento do reservatório superior foi calculado a partir do consumo médio diário de bacias sanitárias, de forma a garantir a integridade do sistema, evitando custos superdimensionados e o alto consumo elétrico com motor bomba.

A partir dos valores apresentados na Tabela 8, que mostra o volume consumido no período de medição monitorada de bacias sanitárias, foi possível determinar o consumo médio diário, o que corresponde a 86,3 e 84 litros para R1 e R2 respectivamente. Sendo assim, o reservatório superior adotado para R1 e R2 fica dimensionado com volume de 100 litros.

Com isso, diante dos resultados apresentados, o potencial econômico de conservação de água para adoção de um sistema de aproveitamento de água da chuva fica sendo equivalente a 39,25% do consumo anual de bacias sanitárias de R1 e 80,42% de R2.

### ***Cenário 03***

Para o cenário 3, em R1 e R2 foi observado que, visando um maior potencial econômico através da redução do uso de água potável, seriam utilizados em todos os aparelhos convencionais, aparelhos economizadores de água mais o sistema de aproveitamento de água da chuva somente para a demanda de bacias sanitárias, pois para os demais aparelhos, seria necessário realizar análises mais precisas relacionadas a qualidade da água, já que são aparelhos que necessitam obrigatoriamente de água potável.

Com isso, analisando as bacias sanitárias, primeiramente foi adotado o uso da válvula de descarga, o que fez com que sua demanda diminuísse para 37% da demanda inicial, combinada a utilização de água da captação e armazenamento de água da chuva, foi observado que a combinação das duas tecnologias é capaz de suprir 100% da demanda de água em bacias sanitárias durante um período de um ano. A Tabela 19, demonstra os cálculos realizados.

Tabela 19 – Análise do volume anual reduzido em bacias sanitárias com adoção das duas tecnologias de conservação de água para R1 e R2

Mês	R1			R2		
	<i>Qm</i> (L)	<i>Dm</i> (L)	<i>S</i> (m)	<i>Qm</i> (L)	<i>Dm</i> (L)	<i>S</i> (m)
1	5430,91	957,93	-4472,98	8511,30	932,40	-7578,90
2	6410,20	957,93	-5452,27	11696,92	932,40	-10764,52
3	9831,40	957,93	-8873,47	18590,92	932,40	-17658,52
4	8585,88	957,93	-7627,95	14349,78	932,40	-13417,38
5	3183,52	957,93	-2225,59	5449,12	932,40	-4516,72
6	1161,20	957,93	-203,27	1058,24	932,40	-125,84
7	436,19	957,93	521,74	294,05	932,40	638,35
8	76,35	957,93	881,58	0,00	932,40	932,40
9	0,00	957,93	957,93	0,00	932,40	932,40
10	0,00	957,93	957,93	79,86	932,40	852,54
11	88,96	957,93	868,97	726,06	932,40	206,34
12	1382,95	957,93	-425,02	2477,70	932,40	-1545,30

Fonte: Do autor (2022)

Os valores negativos de cada mês representam que a água armazenada no reservatório consegue suprir 100% da demanda mensal pois o volume de chuva precipitado no determinado mês é superior ao volume da demanda.

Já os valores positivos representam o volume de água que deve ser armazenado de forma a suprir a demanda no determinado mês. Como o reservatório proposto possui um volume de 5000 litros para R1 e R2, verificou-se que em ambas as residências a utilização das duas tecnologias é capaz de suprir 100% da demanda de água potável durante um ano, visto que do mês 7 ao mês 11, os quais é necessário utilizar água armazenada, somam um total de 4.188,15 litros e 3.562,03 litros para R1 e R2 respectivamente.

Sendo assim, combinando a válvula de descarga mais a utilização de água da chuva, é reduzido um volume de água anualmente de 31,068m<sup>3</sup> para R1 e 30,240m<sup>3</sup> para R2. Com isso, somando os resultados da redução anual no consumo de água potável utilizando as duas tecnologias propostas para bacias sanitárias apresentados na Tabela 19, com a redução no consumo apresentada na Tabela 10a partir do uso de arejadores em torneiras e o redutor de vazão em chuveiros, que apresentam uma redução anual de 9,444m<sup>3</sup> em R1 e 24,168 em R2 foi determinado uma economia de 40,512 e 54,408m<sup>3</sup> de água anualmente.

### Viabilidade Técnico-econômico

Para a primeira etapa da viabilidade técnico-econômico foi realizado um levantamento de quantidades e custos para realização dos 3 cenários. As Tabelas 20,21 e 22 demonstram as quantidades de materiais necessários bem como seu valor unitário, utilizando como fonte de pesquisa a Tabela SEINFRA 027.1 e Leroy Merlin, e assim a determinação do valor total para cada cenário.

Tabela 20 – Levantamento de quantidades e custos para o Cenário 01 em R1 e R2.

Cenário 01		R1			R2		
Fonte	Descrição	Qtd (UN)	Preço Unitário R\$	Preço Total R\$	Qtd (UN)	Preço Unitário R\$	Preço Total R\$
L.M	Arejador articulável Universal	4,00	27,90	111,60	5,00	27,90	139,50
L.M	Redutor de vazão p/ chuveiros	2,00	8,69	17,38	2,00	8,69	17,38
L.M	Válvula de descarga dupla	2,00	319,90	639,80	2,00	319,90	639,80

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 21 – Levantamento de quantitativos e custos para Cenário 02 em R1.

Cenário 02		R1		
Fonte	Descrição	Qtd.	Preço Unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
SEINFRA	C2616 – Tubo Pvc Marrom D= 25mm – M	18,44	7,50	138,30
SEINFRA	C2593 – Tubo Pvc Branco D= 100mm – M	22,00	32,93	724,46
SEINFRA	C1547 – Joelho ou Curva Pvc D= 25mm – UN	9,00	11,20	100,80
SEINFRA	C1549 – Joelho Pvc Branco D= 100mm – UN	8,00	28,25	226,00
SEINFRA	C2381 – Tê Pvc Marrom D= 25mm – UN	1,00	8,59	8,59
SEINFRA	C2355 – Tê Pvc Marrom D= 100mm – UN	2,00	39,42	78,84
SEINFRA	C0657 – Calha de alum. des. de 25cm – M	13,75	56,64	778,80
Leroy Merlin	Torneira boia p/ Caixa d'Água ¾"	1,00	42,90	42,90
Leroy Merlin	Caixa d'água polietileno 100L - Azul Fortlev	1,00	230,00	230,00
Leroy Merlin	Caixa d'água polietileno 5.000L - Azul Fortlev	1,00	3.569,9	3.569,9
Leroy Merlin	Bomba de Água Periférica – UN	1,00	332,90	332,90

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 22 – Levantamento de quantitativos e custos para Cenário 02 em R2.

Cenário 02		R2		
Fonte	Descrição	Qtd.	Preço Unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
SEINFRA	C2616 – Tubo Pvc Marrom D= 25mm – M	21,96	7,50	164,70
SEINFRA	C2593 – Tubo Pvc Branco D= 100mm – M	23,18	32,93	763,32
SEINFRA	C1547 – Joelho ou Curva Pvc D= 25mm –	9,00	11,20	100,80

UN				
<b>SEINFRA</b>	C1549 – Joelho Pvc Branco D= 100mm – UN	8,00	28,25	226,00
<b>SEINFRA</b>	C2381 – Tê Pvc Marrom D= 25mm – UN	1,00	8,59	8,59
<b>SEINFRA</b>	C2355 – Tê Pvc Marrom D= 100mm – UN	2,00	39,42	78,84
<b>SEINFRA</b>	C0657 – Calha de alum. des. de 25cm – M	12,40	56,27	702,34
<b>Leroy Merlin</b>	Torneira boia p/ Caixa d'Água ¾"	1,00	42,90	42,90
<b>Leroy Merlin</b>	Caixa d'água polietileno 100L - Azul Fortlev	1,00	230,00	230,00
<b>Leroy Merlin</b>	Caixa d'água polietileno 5.000L - Azul fortlev	1,00	3.569,9	3.569,9
<b>Leroy Merlin</b>	Bomba de Água Periférica – UN	1,00	332,90	332,90

Fonte: Do autor (2022).

Diante dos resultados apresentados nas tabelas acima, foi observado que o custo para implantação de aparelhos economizadores de água oriundos do cenário 01 é de R\$768,78 para R1 e R\$796,68 para R2. A adoção do sistema de aproveitamento de água de chuva oriundo do cenário 02 tem como custo de implantação R\$6.231,49 para R1 e R\$6.220,29 para R2. Com isso, é possível calcular o custo do cenário 03, realizando a soma de custo dos dois cenários, obtendo R\$7.000,27 para R1 e R\$7.016,97 para R2.

A escolha da bomba foi realizada analisando as características técnicas apresentadas pelo fornecedor, de forma que atendesse a fatores de usabilidade do sistema em bacias sanitárias, como: alimentação, máxima elevação e vazão.

Para segunda etapa da avaliação técnico-econômico, foi analisado percentual econômico de cada um dos cenários, comparando o volume do consumo anual sem a adoção de tecnologias de conservação de água e o volume reduzido a partir da adoção de tais tecnologias, como demonstra a Tabela 23.

Tabela 23 – Volume anual reduzido e potencial econômico para cada cenário.

Cenário	R1			R2		
	Demanda Anual (m <sup>3</sup> )	Vol. Reduzido (m <sup>3</sup> )	Pot. Econôm.	Demanda Anual (m <sup>3</sup> )	Vol. Reduzido (m <sup>3</sup> )	Pot. Econôm.
<b>Cenário 01</b>		29,028	29,61%		43,212	24,81%
<b>Cenário 02</b>	98,023	12,200	12,44%	174,213	24,319	13,95%
<b>Cenário 03</b>		40,512	41,33%		54,408	31,23%

Fonte: Do autor (2022).

Tendo em vista a demanda mensal para R1 e R2 de 8,16m<sup>3</sup> e 14,51m<sup>3</sup> respectivamente, de acordo com a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), a tarifa utilizada para fatura de ambas as residências é de 3,39 R\$/m<sup>3</sup>, visto que se enquadram na categoria de residencial popular e possuem um consumo de até 10m<sup>3</sup> de água.

Sendo assim, utilizando a Equação 15, tem-se a economia anual e o tempo de retorno do valor investido para cada um dos cenários apresentados na Tabela 24.

Tabela 24 – Economia anual e tempo de retorno para cada cenário

<b>Residência</b>	<b>Cenário 01</b>	<b>Cenário 02</b>	<b>Cenário 03</b>
<b>R1</b>	R\$ 98,40 / 7,8 anos	R\$ 41,36 / 73,6 anos	R\$ 137,33 / 50,9 anos
<b>R2</b>	R\$ 146,49 / 5,4 anos	R\$ 82,44 / 32,8 anos	R\$ 184,44 / 38anos

Fonte: Do autor (2022).

Por fim, utilizando os resultados obtidos nas Tabelas 23 e 24 somados ao nível de complexidade técnica para adoção das tecnologias em cada cenário como parâmetros de análise, são apontadas vantagens e desvantagens de cada cenário para ambas as residências.

Inicialmente, foi observado que o cenário que apresenta maiores desvantagens técnicas-econômicas se trata da adoção do Cenário 2, sobretudo em R1, pois além de se tratar da tecnologia que apresenta uma demanda técnica de instalação mais complexa comparada ao Cenário 1, a mesma ainda demanda um alto investimento para uma baixa redução no consumo anual de água, o que já era previsto, pois a tecnologia adotada atende apenas a um aparelho. Além disso, apresentando também um tempo de retorno inviável para sua adoção.

Entretanto, o Cenário 3 é o que oferta uma maior economia dentre os três cenários, isso devido o mesmo adotar ambas as tecnologias, porém apresenta um tempo de retorno considerado também inviável.

Com isso, dentre os três cenários apresentados, o Cenário 1 é o que se destaca positivamente em ambos os parâmetros de análise quando comparado aos demais, pois além de apresentar um baixo nível técnico de adoção, pois se tratam de dispositivos que podem ser integrados a aparelhos já existentes, o que interfere positivamente em custos relacionados a mão de obra, o mesmo ainda oferta um custo benefício rentável para sua adoção, tendo o menor tempo de retorno dentre os demais.

No entanto, vale ressaltar que se faz necessário ainda, um monitoramento desses aparelhos a partir dos parâmetros de qualidade da água que não foram considerados nos cálculos do presente trabalho, como é recomendado na NBR ABNT 16783 - Uso de fontes alternativas de água potável em edificações.

Ademais, uma desvantagem apontada, ainda sobre a mesma, é relacionada a baixa pressão que pode acarretar num desconforto durante a utilização cotidiana do aparelho.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conclui-se que o objetivo de analisar o impacto econômico do consumo de água em ambas as edificações residenciais e a análise do seu custo benefício através da elaboração de três cenários que elencavam a adoção das duas tecnologias, de forma individual e combinadas foi atendido. Pode-se concluir que dentre os três cenários, a utilização de duas tecnologias garante uma maior economia no consumo de água potável, com potencial econômico de 41,33% obtido em R1 e 31,23% em R2. A diferença do potencial econômico entre as residências se dá a partir de características intrínsecas relacionadas a representatividade de consumo de cada aparelho frente ao fator econômico de cada tecnologia adotada, bem como ao espaço físico das edificações. Porém, quando avaliada sua viabilidade técnica-econômica, é percebido que os cenários que envolvem a implantação de um SAAP se tornam desvantajosos por terem um baixo custo benefício em função do tempo de retorno que seria necessário para sua adoção.

Além disso, ficou perceptível que o cenário 2 é o que apresenta maiores desvantagens, pois além de apresentar dentre os três cenários o menor potencial econômico, ainda apresenta um custo benefício muito inferior.

Sendo assim, foi observado que dentre os três cenários, o cenário 1 apresenta o melhor custo benefício, com um potencial econômico de 29,61% para R1 e 24,81% para R2, e sendo necessário um custo de investimento de R\$768,78 para R1 e R\$796,68 para R2, gerando assim uma economia anual de R\$98,40 para R1 e R\$146,49 para R2.

Diante disso, constata-se que a utilização de aparelhos economizadores de água é considerada a tecnologia mais viável a ser adotada em uma edificação de pequeno porte urbana já existente, pois não demanda custos elevados em mão de obra, pois se tratam da integração de dispositivos economizadores de água em aparelhos já existentes.

Vale lembrar que, os valores de investimentos encontrados na pesquisa representam apenas o material e mão de obra de sua instalação, para atestar com mais precisão os valores reais para aquisição e adoção de tais tecnologias em uma edificação existente, seria necessário realizar um levantamento de 100% dos custos gerados por cada um deles, como reformas na infraestrutura das edificações, custos com eletricidade utilizada pelo motor-bomba e para devidas manutenções dos sistemas, pontos que não estão no âmbito do presente trabalho.

A implantação de tecnologias de conservação da água em edificações ainda na fase de projeto poderia reduzir os custos nos cenários 2 e 3 devido à previsão antecipada do percurso das tubulações e do posicionamento dos reservatórios, evitando a necessidade de reformas. Cabe ressaltar também que em regiões rurais, a análise seria diferente, pois existem tipos de consumos diferentes e a oferta de água, especialmente na região semiárida, pode ser mais difícil. De todo modo, a adoção de aparelhos economizadores de água é vantajosa em todas essas situações citadas, proporcionando considerável redução da demanda de água potável com pouco investimento.

## - REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15527:2019**: Água de Chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro - Rj: Abnt, 2019. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16782:2019**: Conservação de água em edificações — Requisitos, procedimentos e diretrizes. Rio de Janeiro - Rj: Abnt, 2019. 22 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16783:2019**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro - Rj: Abnt, 2019. 19 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10844:1989**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro - Rj: Abnt, 1989. 13 p.

ANA. **Manual dos Usos Consuntivos de Água do Brasil**. [s.l: s.n.]

BARROS, M. B. Avaliação de mecanismos poupadores de água como avaliação de mecanismos poupadores de água como suporte ao planejamento urbano em Campina Grande - PB. p. 101, 2013.

BASSANESI, K.; BARRETO, D. Parâmetros de controle de qualidade de água de chuva – revisão para uso em edificações. **IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, 2014.

CARVALHO, G.; OLIVEIRA, S.; MORUZZI, R. Cálculo do volume do reservatório de sistemas de aproveitamento de água da chuva: Comparação entre métodos para aplicação em residência unifamiliar. **Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**, v. D, 2007.

CONCEIÇÃO, J.; MATOS, C. T. D. E. PROPOSIÇÃO DE MÉTODO PARA DEFINIÇÃO DE COTAS PER CAPITAS MÍNIMAS DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO. 2007.

DA SILVA, J. K. et al. Avaliação de equipamentos economizadores como suporte ao gerenciamento urbano de água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 22, 2017.

FERNANDES, R. D. O.; SILVA, N. J. M.; SILVA, W. D. O. Financial Economics Generated By the Use of Two Water Conservation Technologies. p. 1–8, 2013.

GIL, E. L. Arquitetura: Projeto e Aproveitamento de Águas Pluviais. p. 59, 2009.

GONÇALVES, M. A. Universidade Federal de Minas Gerais. **Rahis**, n. 2, 2010.

GUEDES, M.; RIBEIRO, M.; VIEIRA, Z. Alternativas de Gerenciamento da Demanda de Água na Escala de uma Cidade. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 3, p. 51–62, 2014.

IBGE. Caatinga Não pertence Centro Local ( 5 ) Crateús Crateús Sertões Cearenses Sertão de Cratéus. p. 2–3, 2021.

JACINTO, M. QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS E SUA POTENCIALIDADE PARA APROVEITAMENTO EM EDIFICAÇÕES. **Filosofia**, v. 55, n. 48, p. 2008–2009, 2010.

JACOMINI, M.; ANDRÉ, P.; TRINDADE, B. AVALIAÇÃO DA ECONOMIA DE ÁGUA EM CHUVEIRO COM DISPOSITIVO AERADOR. p. 4–18, 2017.

LOMBARDI, L. R. Dispositivos poupadores de água em um sistema predial: análise da viabilidade técnico-econômica de implementação no instituto de pesquisas hidráulicas. p. 75, 2012. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/79746/000897368.pdf?sequence=1>>.

MAGALHÃES, R.; CARDOZO, D.; DEMANBORO, A. C. Gestão Ambiental e Sustentabilidade na Bacia do Rio Piracicaba – Sustentabilidade Hídrica Através de Dispositivos Poupadores de Água. p. 0–5, 2015.

MARINS, N.; MOURA, D. A. Análise da utilização de equipamento economizador na promoção do uso racional de água em prédio público. **VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, p. 1–11, 2015.

MAY, S. Caracterização , Tratamento E Reúso De Águas Cinzas E Aproveitamento De Águas Pluviais Em Caracterização , Tratamento E Reúso. **Tese de Doutorado**, p. 222, 2009.

OLIVEIRA, I. A. dos S. et al. O Reuso Da Água Proporciona Competitividade Ao Setor Industrial. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 7, n. 2, p. 214–224, 2011.

PROENÇA, G. G. de; SCHMIDT, C. A. P. Aproveitamento de Água da Chuva: um Dimensionamento para o Caso de Aviários. **Revista DAE**, v. 62, n. 197, p. 26–30, 2014.

RODRIGUES, J. C. M. R. Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais Dimensionamento e Aspectos Construtivos. p. 93, 2010.

SALES, E. A. et al. Balanço Hídrico – uma nova sistemática. [s.d.]

SALES, H. M. PROPOSTA DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAIS NO SEMI ÁRIDO CEARENSE: ESTUDO DE CASO NA UNIVERDADE FEDERAL DO CEARÁ EM CRATEÚS. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 1, p. 1–14, 2019. Disponível em: <[http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484\\_SYSTEM\\_PEMBETUNGAN\\_TERPUSAT\\_STRATEGI\\_MELESTARI](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SYSTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI)>.

SANTANDER, B. UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E SOCIAIS - CCJS UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS - UACC CURSO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS. v. 87, n. 1,2, p.

149–200, 2017.

SANTOS, D. G. dos; ROMANO, P. A. Conservação da água e do solo, e gestão integrada dos recursos hídricos. v. 14, n. 2, p. 51–64, 2015. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/536>>.

SERGIO, A.; DAMY, A. COMO CLASSIFICAR AS PESQUISAS?1. 2012. Disponível em: <[www.ngd.ufsc.br/files/2012/04/ric\\_CLASSIFICAPESQUISAGIL.doc](http://www.ngd.ufsc.br/files/2012/04/ric_CLASSIFICAPESQUISAGIL.doc)>.

SOARES, A. E. P.; NUNES, L. G. C. F.; SILVA, S. R. da. Diagnóstico dos Indicadores de Consumo de Água em Escolas Públicas de Recife-PE. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 1, p. 107–118, 2017.

TAMAKI, H. O. a Medição Setorizada Como Instrumento De Gestão Da Demanda De Água Em Sistemas Prediais – Estudo De Caso: Programa De Uso Racional Da Água Da Universidade De São Paulo. p. 151, 2003.

COSTA, LUANA. **Vista do Estimativa futura do consumo de água em Juazeiro do Norte**. Revista Hipótese, Itapetininga, v. 3, n. 4, 2016.

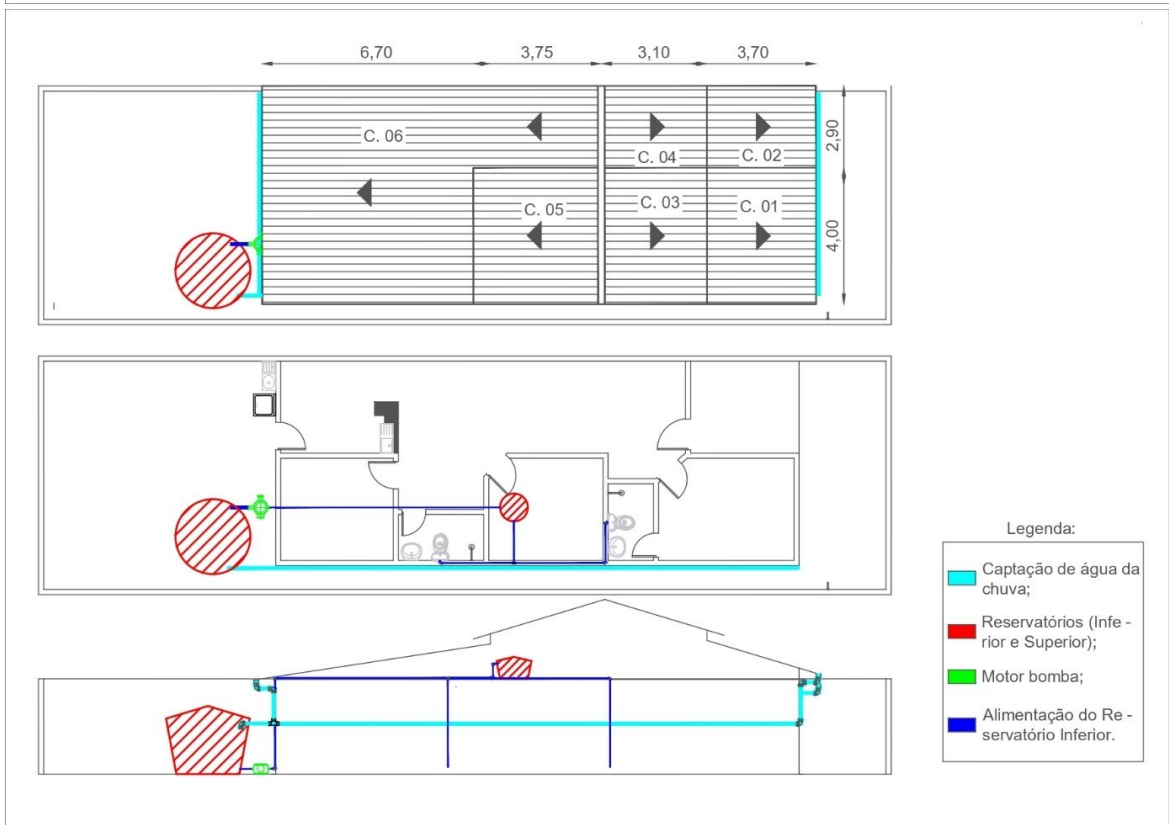
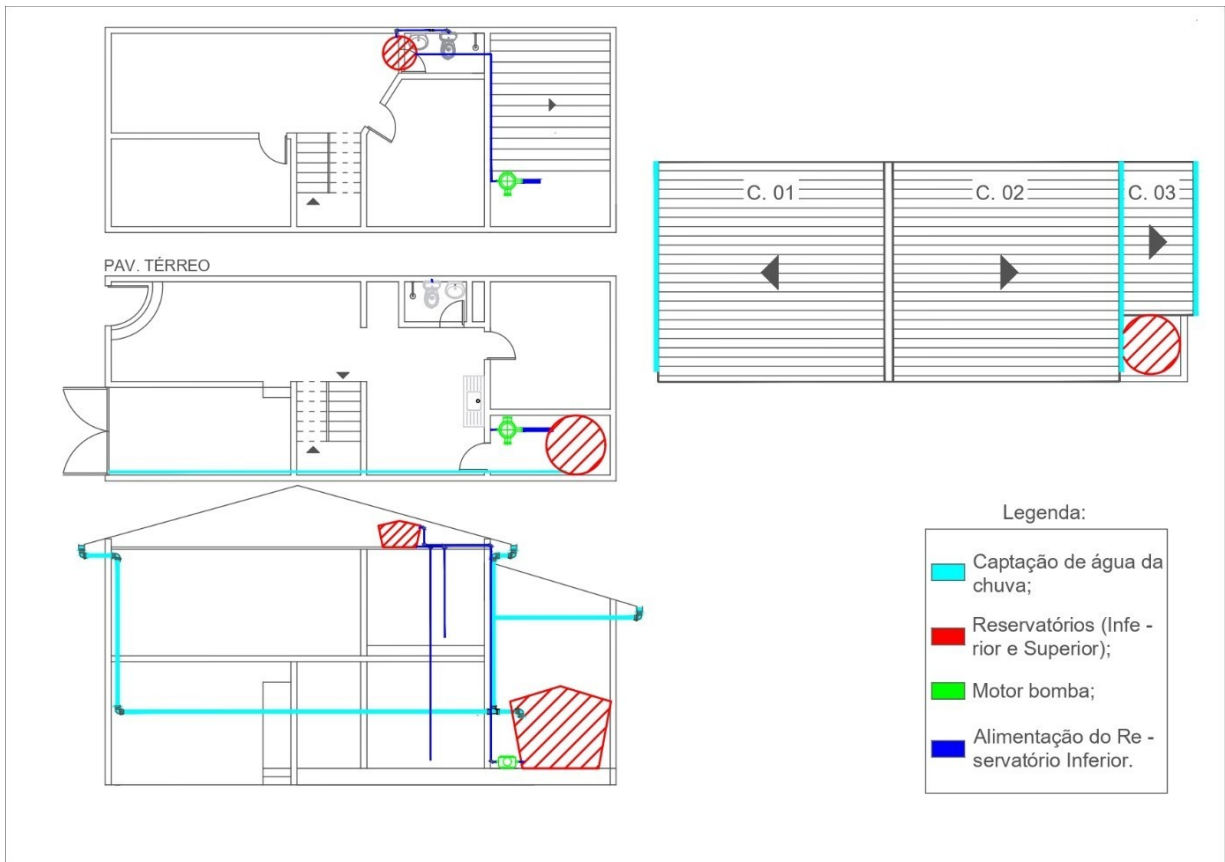
**- APÊNDICE A – MONITORAMENTO MANUAL DE TEMPO ACUMULADO DE USO DE CADA APARELHO  
HIDROSSANITÁRIO DURANTE PERÍODO DE MEDIÇÃO EM R1.**

<b>Ponto Hidráulico</b>	<b>Especif.</b>	<b>24/10</b>	<b>25/10</b>	<b>26/10</b>	<b>27/10</b>	<b>28/10</b>	<b>29/10</b>	<b>30/10</b>	<b>31/10</b>	<b>01/11</b>	<b>02/11</b>	<b>03/11</b>	<b>04/11</b>	<b>05/11</b>	<b>06/11</b>	<b>07/11</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Torneiras</b>	Pia de	543	373	158	248	678	323	177	126	306	378	364	294	203	257	279	4707
	Pia da Área de	306	165	103	47	25	238	158	108	90	60	85	8	9	12	163	1577
	Servio Lv 01	294	40	8	28	103	48	229	28	21	23	72	12	17	82	169	1174
	Lv 02	93	211	107	59	42	79	288	61	277	117	23	55	58	47	256	1773
	Tr.	2992	0	0	0	0	0	0	645	0	1350	843	633	751	0	0	7214
<b>Chuveiros</b>	CH 01	150	151	140	127	231	194	80	88	76	104	108	71	156	63	138	1877
	CH 02	202	318	259	333	334	292	223	345	187	305	219	302	285	239	242	4085
<b>Bacia Sanitária</b>	BS 01	3	6	4	5	5	5	3	2	5	4	2	4	5	3	3	59
	BS 02	4	4	3	3	2	2	3	5	5	4	4	2	3	3	2	49

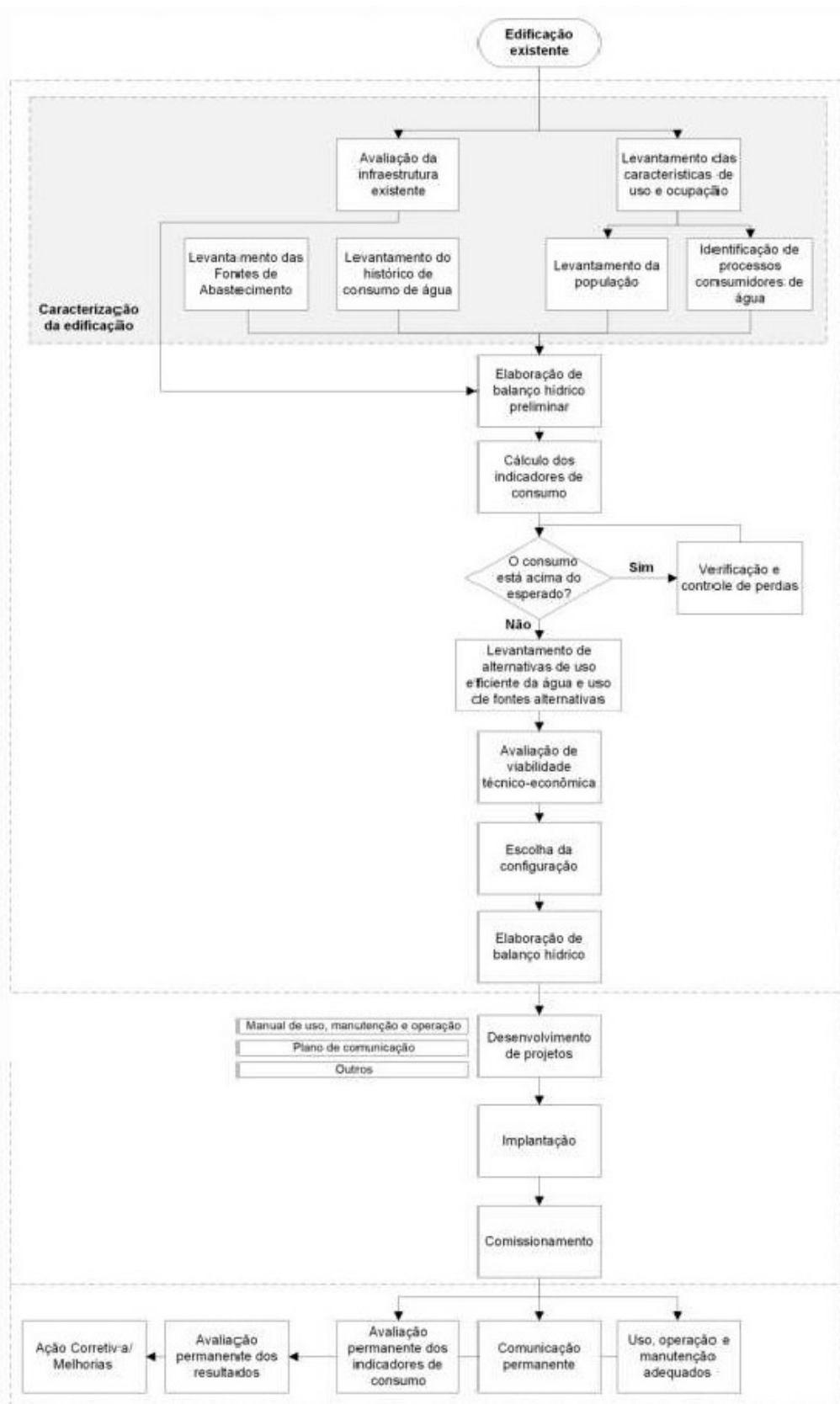
**- APÊNDICE B – MONITORAMENTO MANUAL DE TEMPO ACUMULADO DE USO DE CADA APARELHO  
HIDROSSANITÁRIO DURANTE PERÍODO DE MEDIÇÃO EM R2.**

<b>Ponto Hidráulico</b>	<b>Especif.</b>	<b>24/10</b>	<b>25/10</b>	<b>26/10</b>	<b>27/10</b>	<b>28/10</b>	<b>29/10</b>	<b>30/10</b>	<b>31/10</b>	<b>01/11</b>	<b>02/11</b>	<b>03/11</b>	<b>04/11</b>	<b>05/11</b>	<b>06/11</b>	<b>07/11</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Torneiras</b>	Pia de	1721	2440	1710	845	2010	2210	555	2560	1640	1870	995	980	960	1820	1560	23876
	Tanque 01	60	0	0	10	0	0	180	0	2400	0	0	0	0	0	0	2650
	Tanque	0	0	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600
	Jardim	0	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	90
	LV 01	245	260	215	340	245	280	130	205	250	170	190	300	225	115	235	3405
	LV 02	0	30	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
	Tr.	0	0	0	0	0	0	240	0	0	0	0	0	0	0	160	0
<b>Chuveiros</b>	CH 01	1350	690	750	720	1050	780	990	1370	615	500	1170	540	1320	630	990	13465
	CH 02	120	150	0	0	60	0	150	150	150	150	0	0	150	150	0	1230
<b>Ducha</b>	DH 01	30	55	90	30	30	0	0	0	60	35	50	20	20	360	0	780
	DH 02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Bacia</b>	BS 01	9	11	10	11	7	9	10	6	7	6	6	6	9	8	6	121
	BS 02	1	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	0	19

- APÊNDICE C – SAAC DE R1 E R2.



**- ANEXO A – FLUXOGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM UMA EDIFICAÇÃO EXISTENTE.**



- ANEXO B – ÁBACOS PARA DETERMINAÇÃO DE DIÂMETROS DE  
CONDUTORES VERTICAIS.

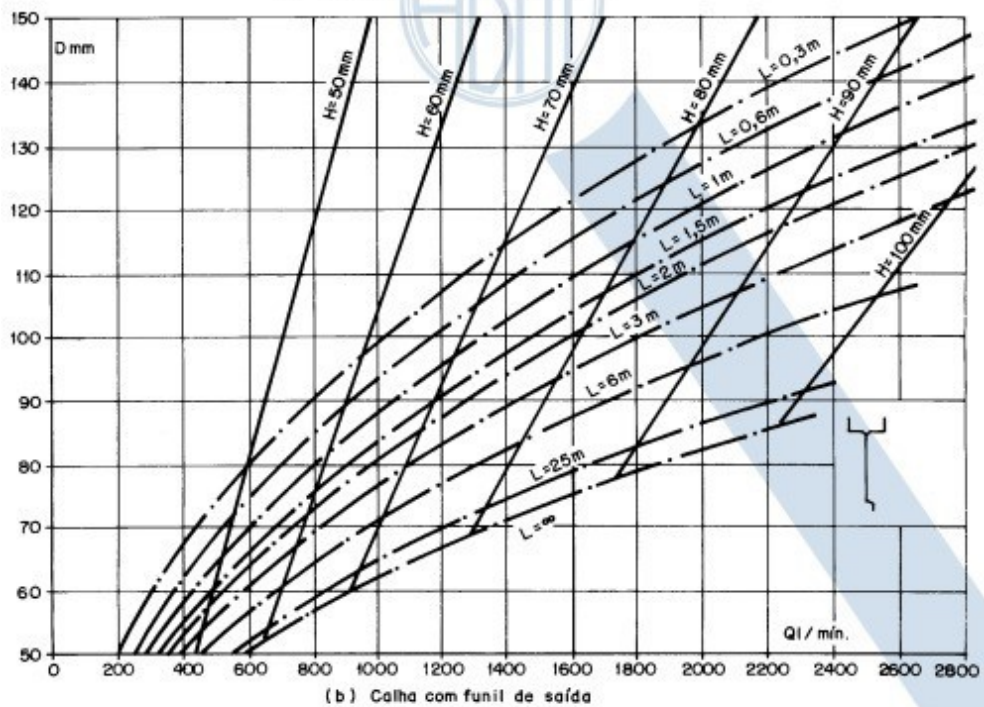
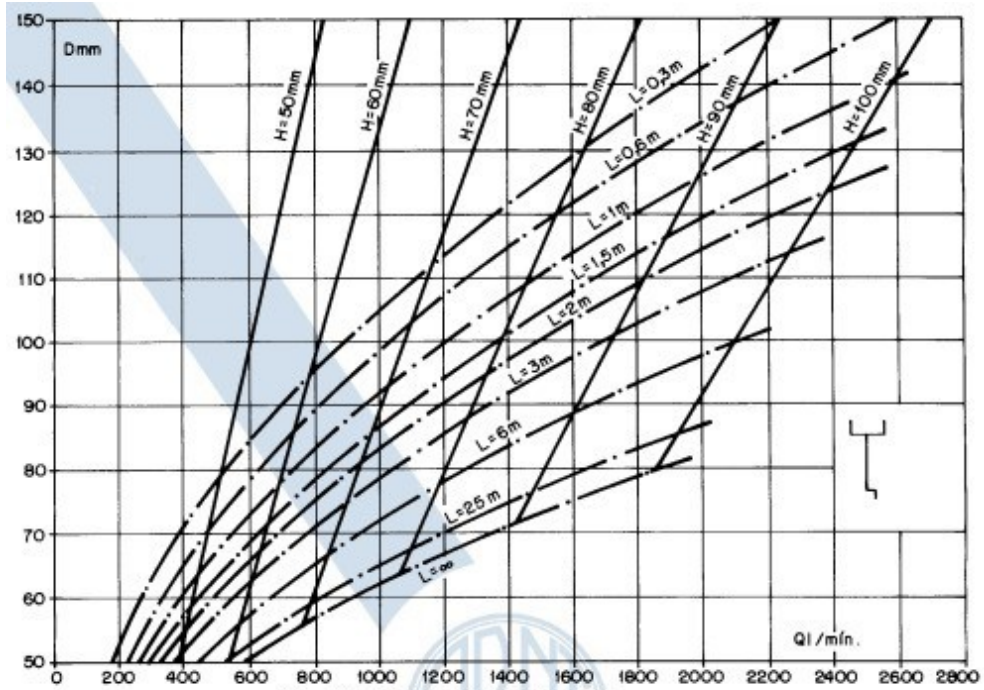


Figura 3 - Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais