



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE
CHUVA EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES**

Alessandra Gonçalves Diniz Ferreira

Belo Horizonte

2022

Alessandra Gonçalves Diniz Ferreira

**ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE
CHUVA EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. Dr^a. Luciana Peixoto Amaral

Belo Horizonte

2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL - NS



ATA Nº 26 / 2022 - DCTA (11.55.03)

Nº do Protocolo: 23062.035640/2022-25

Belo Horizonte-MG, 18 de julho de 2022.

FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC

Alessandra Gonçalves Diniz Ferreira

ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 14 de julho de 2022

Banca examinadora:

Luciana Peixoto Amaral

Profa. Dra. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais ? Orientadora

Lília Maria de Oliveira

Profa. Dra. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

André Luiz Marques Rocha

Prof. Me. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

(Assinado digitalmente em 18/07/2022 12:01)
ANDRE LUIZ MARQUES ROCHA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matricula: 2143906

(Assinado digitalmente em 18/07/2022 12:05)
LILIA MARIA DE OLIVEIRA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matricula: 1815815

(Assinado digitalmente em 18/07/2022 11:26)
LUCIANA PEIXOTO AMARAL
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matricula: 1808233

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **26**, ano: **2022**, tipo: **ATA**, data de emissão: **18/07/2022** e o código de verificação: **ff57c73319**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus por me guiar, iluminar e não me deixar desistir com as dificuldades.

Em especial, agradeço ao meu marido, Carlos Márcio e minha mãe, Mara, por todo amor, carinho e incentivo incondicional durante a minha jornada acadêmica.

Agradeço imensamente à minha professora Luciana Peixoto por todo conhecimento compartilhado, apoio e as excelentes aulas ministradas durante a graduação.

Não poderia deixar de agradecer o Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental – DCTA, por autorizar e fornecer todos os materiais e equipamentos necessários para a análise das amostras, e a Técnica Damares Luana por todo apoio na realização das análises de água.

Dessa forma, não posso deixar de agradecer ao CEFET-MG pelo ensino público de qualidade e aos excelentes profissionais que o compõem. Sou extremamente grata por todas as oportunidades oferecidas ao longo da minha graduação.

RESUMO

FERREIRA, ALESSANDRA GONÇALVES DINIZ. **Análise comparativa de sistemas de aproveitamento de água de chuva em residências unifamiliares.** 2022. 66. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

A água é insumo essencial para diversos fins, mas a baixa disponibilidade hídrica associada as crises hídricas, ao desperdício, às retiradas permanentes para diversas finalidades e o aumento da poluição hídrica resultam em sérias consequências econômicas, ambientais e sociais, daí, a importância de buscar formas alternativas de captação de água doce. Nesse contexto, o Sistema de Aproveitamento de água da chuva (SAAC) é uma alternativa importante e eficiente, pois substitui o uso de água potável em diversas atividades, além de exigir baixo investimento. O presente trabalho se propôs analisar de forma comparativa, sistemas de aproveitamento de água de chuva (SAACs), já implantados, para fins não potáveis, em três residências unifamiliares localizadas na cidade de Belo Horizonte /MG. Para o desenvolvimento do trabalho, identificaram-se os principais elementos em desacordo com as normas ABNT NBR 15.527/2019 e ABNT NBR 10.844/1989 e foram propostas soluções viáveis para as não conformidades observadas. Além disso, foi realizado o cálculo da economia da água potável com a operacionalização dos SAACs existentes. Os resultados apresentaram uma redução nos custos e consumo da água potável, sendo os valores da economia, nos últimos doze meses, nos três estudos de casos, de R\$36,25, R\$ 208,30 e R\$935,12, respectivamente. Dessa forma, é possível afirmar que a implantação de um SAAC é viável tendo em vista a redução do consumo de água potável, a economia financeira e os benefícios ambientais e sociais relacionados com essa substituição. Cabe ressaltar que os SAACs foram instalados pelos próprios moradores de forma intuitiva sem orientação de um profissional ou incentivo governamental. Esse fato é reflexo da ausência de mecanismos legais de incentivo ao aproveitamento de água da chuva no estado de Minas Gerais e, conseqüentemente, na cidade de Belo Horizonte/MG. Portanto, se não houver novas iniciativas e alternativas para a questão de água potável, tudo indica que não será possível evitar a escassez de um bem tão necessário à vida.

Palavras-chaves: Crise hídrica. Sistema de aproveitamento de água de chuva. Economia.

ABSTRACT

FERREIRA, ALESSANDRA GONÇALVES DINIZ. **Comparative analysis of rainwater harvesting systems in single-family houses**. 2022. 66. Undergraduate thesis (Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

Water is an essential input for various purposes, but the low availability of water associated with water crises, excessive multiple uses, permanent withdrawals for various purposes and the increase in water pollution results in serious economic, environmental and social consequences. In this context, the installation of Rainwater Harvesting Systems (RWHSS) is an important and efficient alternative, since it replaces the use of drinking water in several activities, besides requiring a low investment. The present work proposed a comparative analysis of rainwater harvesting systems (SAACs), already installed for non-potable purposes, in three single-family residences located in the city of Belo Horizonte / MG. For the development of the work, the main elements in disagreement with the ABNT NBR 15.527/2019 and ABNT NBR 10.844/1989 standards were identified and viable solutions were proposed for the observed nonconformities. In addition, the calculation of drinking water savings with the operationalization of the existing SAACs was performed. The results showed a reduction in the costs and consumption of drinking water, therefore, the values of savings in the last twelve months, in the three case studies, were R\$36.25, R\$208.30 and R\$935.12, respectively. Thus, it is possible to affirm that the implementation of a SAAC is feasible in view of the reduction of drinking water consumption, the financial savings and the environmental and social benefits related to this substitution. It is worth mentioning that the SAACs were installed by the residents themselves in an intuitive way without professional guidance or governmental incentive. This fact reflects the absence of legal mechanisms to encourage the use of rainwater in the state of Minas Gerais and consequently in the city of Belo Horizonte/MG. Therefore, if there are no new initiatives and alternatives for the issue of drinking water, everything indicates that it will not be possible to avoid the shortage of a good so necessary for life.

Keywords: Water crisis. Rainwater harvesting system. Economy.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo Geral	14
2.2. Objetivos Específicos	14
3 . REVISÃO DA LITERATURA	15
3.1.A Importância e o uso da Água	15
3.2 Crises Hídricas	16
3.3 Aproveitamento de água da chuva no Brasil e no Mundo	17
<i>3.3.1. Incentivos legais no Brasil.....</i>	<i>18</i>
<i>3.3.2. Incentivos legais no município de Belo Horizonte-MG</i>	<i>20</i>
3.4 Sistemas de Aproveitamento de água da chuva	20
3.5 Componentes de um Sistemas de Aproveitamento de água da chuva	21
<i>3.5.1. Área de captação</i>	<i>22</i>
<i>3.5.2. Calhas.....</i>	<i>23</i>
<i>3.5.3. Conduitos.....</i>	<i>23</i>
<i>3.5.4. Dispositivo de descarte de primeira água da chuva</i>	<i>23</i>
<i>3.5.5. Grelha Hemisférica</i>	<i>24</i>
<i>3.5.6. Reservatório</i>	<i>24</i>
<i>3.5.7. Extravasor</i>	<i>24</i>
3.6 Águas pluviais e as Normas da ABNT	24
4 . METODOLOGIA.....	26
4.1.Método de Abordagem.....	26
4.2.Caracterização das Áreas de Estudo	26
<i>4.2.1. Visitas in loco.....</i>	<i>28</i>
<i>4.2.2. Estudo de caso 1.....</i>	<i>28</i>
<i>4.2.3 Estudo de caso 2.....</i>	<i>30</i>
<i>4.2.4. Estudo de caso 3.....</i>	<i>33</i>

4.3. Identificação dos usos da água.....	33
4.4. Análise dos parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.....	33
4.4.1. <i>Amostragem.....</i>	33
4.4.2. <i>Método Analítico.....</i>	35
4.4.2.1. <i>Turbidez.....</i>	35
4.4.2.2. <i>pH.....</i>	35
4.4.2.3. <i>Coliformes Totais.....</i>	36
4.4.2.4. <i>Teste Confirmativo de Escherichia coli.....</i>	37
4.5. Análise da economia de água com a implantação do SAAC.....	40
4.5.1. <i>Demanda de água de acordo com os usos não potáveis estabelecidos.....</i>	40
4.5.2. <i>Cálculo da economia de água potável</i>	42
5. RESULTADOS.....	44
5.1. Resultados dos componentes presentes e não conformidades observadas no SAAC...44	44
5.1.1. <i>Componentes presentes no SAAC no Estudo de Caso 1.....</i>	44
5.1.1.1. <i>Não conformidades observadas e possíveis soluções Estudo de Caso 1.....</i>	44
5.1.2. <i>Componentes presentes no SAAC no Estudo de Caso 2.....</i>	45
5.1.2.1. <i>Não conformidades observadas e possíveis soluções Estudo de Caso 2.....</i>	46
5.1.3. <i>Componentes presentes no SAAC no Estudo de Caso 3</i>	47
5.1.3.1. <i>Não conformidades observadas e possíveis soluções no Estudo de Caso 3.....</i>	48
5.2. Resultados das análises da qualidade de água.....	50
5.2.1. <i>Discussão dos resultados do Teste Coliformes Totais- Caldo Lactosado.....</i>	50
5.2.2. <i>Discussão dos resultados do Teste Confirmativo da Escherichia coli.....</i>	51
5.2.3. <i>Discussão dos resultados dos Parâmetros físico-químicos.....</i>	53
5.3. Análise de atendimento á demanda e economia de água potável	54
5.3.1. <i>Discussão dos resultados da demanda de água de acordo com usos não potáveis estabelecidos.....</i>	54
5.3.1.1. <i>Estudo de caso 1.....</i>	54
5.3.1.2. <i>Estudo de caso 2.....</i>	55
5.3.1.3. <i>Estudo de caso 3.....</i>	55
5.3.2. <i>Resultados do cálculo da economia de água potável</i>	56
5.3.2.1. <i>Resultado do cálculo da economia de água potável do Estudo de caso 1.....</i>	57
5.3.2.2. <i>Resultado do cálculo da economia de água potável do Estudo de caso 2.....</i>	58
5.3.2.3. <i>Resultado do cálculo da economia de água potável do Estudo de caso 3.....</i>	59

6 . CONCLUSÕES.....	61
7 . RECOMENDAÇÕES.....	62
8 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Usos consultivos da água no Brasil.....	15
Figura 3.2 – Sistema de aproveitamento de água de chuva.....	21
Figura 3.3 – Área de captação do telhado para aproveitamento de água pluvial	22
Figura 3.4 – Calha Linha Aquapluvial da fabricante Tigre.....	23
Figura 3.5 – Grelha hemisférica fléxivel.....	24
Figura 4.1 – Dados de Precipitação de Belo Horizonte.....	27
Figura 4.2 – Vista da Residência na qual SAAC será analisado.	28
Figura 4.3 – Reservatório do SAAC que será analisado	29
Figura 4.4 – Bacias Acessórias para armazenamento da água do reservatório.	29
Figura 4.5 – Vista da Residência na qual SAAC será analisado.....	30
Figura 4.6 – Reservatório do SAAC que será analisado	31
Figura 4.7 – Bombonas para armazenamento da água excedente do reservatório.....	31
Figura 4.8 – Vista da Residência na qual SAAC será analisado.....	32
Figura 4.9 – Reservatórios interligados do SAAC.....	32
Figura 4.10 – Coleta das amostras.....	34
Figura 4.11 – Amostras dos reservatórios.....	34
Figura 4.12 – Determinação da turbidez da amostra.....	35
Figura 4.13 – Determinação do pH da amostra.....	36
Figura 4.14 – Amostras positivas para Coliformes Totais.....	37
Figura 4.15 – Inoculação da porção da amostra positiva para os tubos contendo EC-MUG.....	39
Figura 4.16 – Estufa Bacteriológica.....	39
Figura 4.17 – Presença de <i>Escherichia coli</i>	40
Figura 4.18 – Tabelas de Tarifas Aplicáveis aos Usuários da COPASA.....	42
Figura 5.1 – Dispositivo de descarte da água de escoamento inicial.....	48
Figura 5.2 – Histórico de Consumo de água (m ³) - Estudo de Caso 1	57
Figura 5.3 – Histórico de Consumo de água (m ³) - Estudo de Caso 2.....	58
Figura 5.4 – Histórico de Consumo de água (m ³) - Estudo de Caso 3.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Pârametros mínimos de qualidade para usos não potáveis	33
Tabela 4.2 - Pârametros de Engenharia para estimativas de demanda residencial de água ...	41
Tabela 5.1 - Não conformidades observadas e possíveis soluções- Estudo de Caso 1.....	44
Tabela 5.2 - Não conformidades observadas e possíveis soluções – Estudo de Caso 2.....	46
Tabela 5.3 - Não conformidades observadas e possíveis soluções – Estudo de Caso 3.....	49
Tabela 5.4 - Resultado do Caldo Nutritivo Lactosado – Estudo de Caso 1.....	50
Tabela 5.5 - Resultado do Caldo Nutritivo Lactosado – Estudo de Caso 2.....	50
Tabela 5.6 - Resultado do Caldo Nutritivo Lactosado – Estudo de Caso 3.....	51
Tabela 5.7 - Resultados do Caldo Nutritivo EC-MEDIUM W/MUG - Estudo de Caso 1	51
Tabela 5.8 - Resultados do Caldo Nutritivo EC-MEDIUM W/MUG - Estudo de Caso 2	51
Tabela 5.9 - Resultados do Caldo Nutritivo EC MEDIUM W/ MUG Estudo de Caso 3.....	51
Tabela 5.10 - Resultados do método N.M.P.....	52
Tabela 5.11 - Resultados dos parâmetros físico-químicos.....	53
Tabela 5.12 - Cálculo da demanda mensal para os usos de água não potável- Estudo de Caso 1.....	54
Tabela 5.13 - Cálculo da demanda mensal para rega dos jardins-Estudo de Caso 2.....	55
Tabela 5.14 - Cálculo da demanda mensal para os usos de água não potável -Estudo de Caso 3.....	56
Tabela 5.15 - Cálculo da demanda mensal para em descarga sanitária – Estudo de Caso 3 ...	56
Tabela 5.16 - Cálculo da Economia mensal no Estudo de Caso 1.....	57
Tabela 5.17 - Cálculo da Economia mensak no Estudo de Caso 2.....	58
Tabela 5.18 - Cálculo da Economia mensal no Estudo de Caso 3.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
CMBH	Câmara Municipal de Belo Horizonte
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
SAAC	Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva
ONU	Organização das Nações Unidas
OMM	Organização Meteorológica Mundial

1. INTRODUÇÃO

Como destacam Candine et al. (2017), desde tempos antigos, a coleta de água da chuva vem sendo praticada como forma de garantir água para além do período chuvoso. Contudo, apesar de haver séculos que as águas pluviais vêm sendo usadas em áreas rurais e urbanas, no contexto das cidades modernas, seu uso ainda é limitado. Isso se verifica no Brasil pelo fato da inexistência de leis de incentivo à captação de águas pluviais em várias regiões do país ou ainda pelas normas bastante recentes.

Outro fator importante a se considerar é a escassez hídrica que muitos lugares já enfrentam, inclusive como consequência das mudanças climáticas. Segundo ONU (2019), o crescimento significativo da população mundial, cujo previsões chegue a cerca de 11 bilhões de pessoas, no ano de 2100, o desperdício e a poluição e degradação ambiental são as causas principais vinculadas à escassez hídrica, daí a necessidade de se buscar fontes alternativas como a captação de águas pluviais.

A água da chuva é uma fonte renovável por meio do ciclo hidrológico, se configurando como um recurso de água limpa para uso doméstico, além de que, a implantação do sistema de captação de água da chuva é, de forma geral, de baixo custo, fácil acessibilidade e manutenção, sendo mais um atrativo para a implantação desse sistema (ABDULLA et al., 2009 *apud* CANDINE et al.,2017).

De acordo com Carvalho Júnior (2020), a implantação de um Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva (SAAC) contribui para a detenção/retenção de parte da água encaminhada para as galerias públicas de drenagem, diminuído os picos de vazão que causam enchentes e inundações. Além disso, reduz significamente o consumo de água potável em uma residência, diminuindo os custos das tarifas cobradas pelas companhias de abastecimento e favorece a minimização da escassez de recursos hídricos existentes (FASOLA et al., 2011).

A água da chuva pode ser utilizada em várias usos com fins não potáveis no setor residencial, como, por exemplo, em descargas de vasos sanitários, lavagem de roupas, lavagem de automóveis, lavagem de pisos e irrigação de jardins (MAY, 2004).

Sendo assim, o presente trabalho tem como finalidade analisar, de forma comparativa, Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva (SAACs), já implantados, para fins não potáveis, em três residências unifamiliares localizadas na cidade de Belo Horizonte/MG. Dessa forma, serão identificados os principais elementos em desacordo com as normas NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019), que estabelece critérios para aproveitamento de água da chuva de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis e a norma NBR 10.844/1989 (ABNT, 1989), que fixa exigências e critérios de sistemas prediais de águas pluviais. Além disso, este trabalho visa abordar a economia de água com a implantação dos SAACs nas residências, bem como propor soluções viáveis para as não conformidades observadas, referente à operacionalização e ao armazenamento da água da chuva, nos três estudos de caso.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal analisar, de forma comparativa, três sistemas de aproveitamento de água da chuva em residências unifamiliares localizadas na cidade de Belo Horizonte/MG.

2.2. Objetivos Específicos

- Investigar os elementos presentes nos Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva para fins de uso não potável nas residências unifamiliares em estudo;
- Verificar a operacionalização dos Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva nas três residências unifamiliares;
- Analisar parâmetros de qualidade da água pluvial coletada e armazenada nos reservatórios;
- Propor soluções viáveis para as não conformidades observadas nos três estudos de caso de acordo com as normas NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019) e NBR 10.844/1989 (ABNT, 1989);
- Analisar a economia de água com a implantação dos SAAC nas residências em estudo;
- Abordar, de forma crítica, a existência de incentivos para a captação de água da chuva nas residências unifamiliares no estado de Minas Gerais.

3. REVISÃO DA LITERATURA

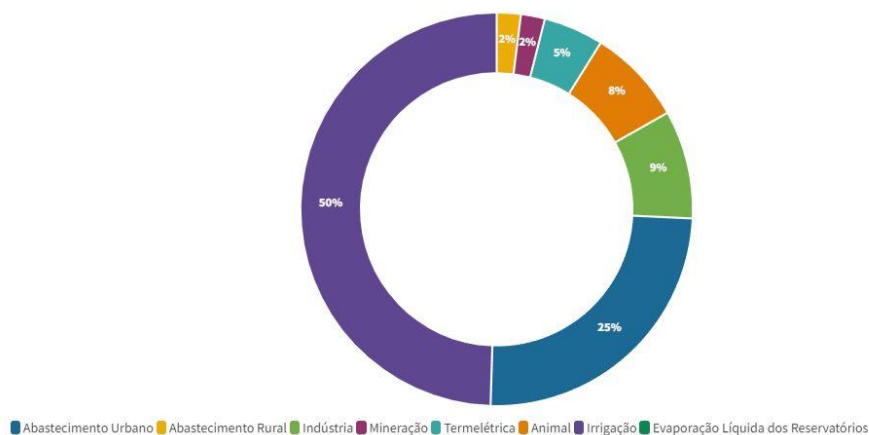
3.1. Importância e o uso da água

A água é insumo essencial para diversos fins como industrial, agrícola, humano, animal, transporte, lazer e geração de energia (ANA, 2021). A quantificação do volume hídrico existente no planeta representa cerca de 97,5% a água do mar, que é inapropriada para a ingestão humana por ser muito salgada, enquanto os 2,5% restantes representa a quantidade de água doce no mundo (Adaptado de OMM, 2005, apud FGV, 2019, p. 4).

O homem é intimamente dependente da água, em praticamente todas suas ações a água está envolvida, desde para usos domésticos como lavar roupa, descargas, banho, lavagem de automóvel; até mesmo na produção de diversos bens industriais como alimentos e têxteis. Conforme a Agência Nacional das Águas (ANA, 2021), os usos podem ser classificados em consuntivos (que consomem água) e não consuntivos (não consomem diretamente, mas dependem da manutenção de condições naturais ou de operação da infraestrutura hídrica).

No Brasil o uso consuntivo setorial ocorre principalmente para irrigação, abastecimento humano (urbano e rural), dessedentação dos animais, indústria, geração termelétrica e mineração, como demonstrado na Figura 3.1. Dessa forma, os usos não consuntivos são atividades que não capta água diretamente, mas que também dependem da quantidade e qualidade, como, por exemplo, navegação, pesca, recreação, turismo e lazer (ANA, 2021).

Figura 3.1 - Usos consuntivos da água no Brasil.



Fonte: ANA (2021).

3.2. Crises hídricas

A crise hídrica, quando ocorre, é responsável por impactos de sérias consequências econômicas e sociais. A intensificação da escassez hídrica está relacionada a fatores naturais, como as mudanças climáticas e fatores externos às condições naturais como: a distribuição irregular da água, o aumento populacional desordenado e o crescimento econômico desalinhado com a conscientização e usos sustentáveis dos recursos naturais.

Segundo Tundisi (2005), os problemas de escassez em muitas regiões e países são resultado do crescimento populacional e urbanização. Devido a esses fatores, através dos séculos, houve um aumento da complexidade dos usos múltiplos da água pelo homem, o que produziu enorme conjunto de degradação e poluição. Por outro lado, o autor destaca que a disponibilidade de água tem diminuído consideravelmente devido aos usos múltiplos e às retiradas permanentes para diversas finalidades.

No Brasil, Tundisi (2005) atribui a responsabilidade sobre os impactos nos recursos hídricos em parte à urbanização e aos usos agrícola e industrial. Para o autor, o Brasil precisa avançar no controle efetivo de resíduos não tratados, impedir o desperdício dos recursos hídricos e melhorar a relação qualidade do recurso hídrico/qualidade de vida da população. É necessário, ainda, trabalhar muito na questão do saneamento público e na disponibilidade de água para certas regiões.

Outro aspecto a ser analisado é o relatório disponibilizado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (2021), alertando que a ausência de chuva pode agravar conforme se intensifiquem as mudanças climáticas proporcionadas pelo aquecimento global. Diante disso, as previsões para o Brasil revelam cenários de grande seca para a região norte do país, a principal região responsável pela geração de chuva no Sudeste, o que torna um cenário futuro bastante preocupante, pois é a região que concentra a maior parte dos residentes no Brasil (IBGE, 2010).

Portanto, como a disponibilidade hídrica está sendo afetada pela poluição e a escassez da água doce no mundo como um todo, é importante buscar formas alternativas de captação de água doce. Nesse contexto, a instalação de Sistema de Aproveitamento de água da chuva (SAAC) é

uma alternativa importante e eficiente, pois substitui o consumo de água potável, em usos que não demandem condições de potabilidade, além de exigir baixo investimento.

3.3. Aproveitamento de água da chuva no Brasil e no Mundo

Apesar de a tecnologia de captação de água da chuva parecer uma novidade para suprir as necessidades da sociedade moderna, o manejo e o aproveitamento de água pluvial não é uma prática recente. Desse modo, essa atividade tem sido uma prática exercida por diferentes civilizações e culturas ao longo do tempo. No Oriente, Oriente Médio, Europa e na América Latina, há relatos de dispositivos de coleta e armazenamento de água de chuva que remontam a sistemas construídos e operados há mais de dois mil anos (GONÇALVES, 2006).

Diversos países europeus, com destaque para a Alemanha, além de outros como o Japão, a China, a Austrália, os Estados Unidos e até mesmo os países da África e a Índia estão bastante focados no desenvolvimento de pesquisas e tecnologias destinadas à utilização da água da chuva (ANNECCHINI, 2005).

Em Berlim, na Alemanha, são utilizados sistemas de captação da água da chuva em praças e grandes edifícios destinados a recompor a paisagem urbana e alimentar lagos artificiais, resultando na melhora do micro clima local, além de serem usadas nas descargas sanitárias dos edifícios (GONÇALVES, 2006).

No Brasil, Gonçalves (2006) relata que o aproveitamento da água da chuva passou a fazer parte de programas governamentais e de organizações não governamentais somente nas últimas décadas do século passado, especialmente no Semi-Árido Brasileiro.

Atualmente, alguns governos têm adotado legislação específica para a conservação da água por meio do aproveitamento da água da chuva. Portanto, percebe-se que a utilização da água da chuva já passa a ser vista como algo viável por diferentes setores da sociedade tanto em aspectos econômicos quanto em aspectos de consumo de água potável que será preservado (GONÇALVES, 2006).

3.3.1. Incentivos Legais no Brasil

Alguns estados e municípios já instituíram legislação sobre a coleta de água de chuva com o objetivo de empregá-la para fins não potáveis e/ou minimizar enchentes. Atualmente, dos 26 estados brasileiros, 17 apresentam legislação que incentiva o aproveitamento de água da chuva através de vários aspectos (TAVARES et al., 2019).

Os estados brasileiros que ainda não estabeleceram políticas legais de incentivo ao aproveitamento de água da chuva são: Alagoas, Amazonas, Maranhão, Minas Gerais, Pará, Rio Grande do Norte, Roraima, Santa Catarina e Sergipe (TAVARES et al., 2019).

No caso específico do estado Rio de Janeiro, por exemplo, tem-se a Lei nº 4393, de 16 de setembro de 2004, na qual se estabelece a obrigatoriedade, por parte de empresas projetistas e de construção civil, de prover coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água de chuva nos projetos de empreendimentos que abriguem mais de 50 famílias ou nos empreendimentos comerciais com mais de 50 m² de área construída.

No estado paulista, existe a Lei nº 12.526/07 que torna obrigatória a execução de reservatório para armazenar águas de chuva coletadas por coberturas e pavimentos localizados em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m². Além disso, o texto da lei indica que seu principal objetivo é o controle de enchentes, já que exprime que a água armazenada no reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, enquanto que o aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis é citado como uma finalidade secundária do sistema.

Em Minas Gerais, não há uma lei relacionada com a regulamentação de sistemas de aproveitamento de água pluvial. A regulamentação sobre recursos hídricos existente é a Lei estadual nº 13.199 de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos no estado, reforçando as definições da Política Nacional de Recursos Hídricos. Essa lei tem como premissa assegurar a usuários atuais e futuros, a disponibilidade de água em quantidade e qualidade, mas não menciona explicitamente o aproveitamento de águas pluviais. Por outro lado, a referida norma estadual, no seu artigo 3º, reconhece a unidade do ciclo hidrológico nas suas fases superficial, subterrânea e atmosférica.

Pacheco et al. (2017) apud TAVARES et al. (2019) avaliaram os cenários estadual e municipal brasileiro no que tange as regulamentações que se referem ao aproveitamento de água. O estudo apontou que a grande variedade de leis e regulamentações em diferentes partes do território dificulta a avaliação do grau em que o Brasil está implementando a coleta de águas pluviais como uma complemento aos sistemas municipais de abastecimento de água.

A metodologia aplicada por Pacheco et al. (2017) apud TAVARES et al. (2019) avalia as legislações conforme os aspectos gerais aos quais elas são destinadas. Ou seja, espera-se que uma política legal completa deve atender a todos os aspectos: a) redução do escoamento superficial; b) substituição parcial do abastecimento de água; c) disponibilização de créditos fiscais para o sistema; d) imposição de multas por falha no cumprimento da legislação; e) especificações técnicas para a implementação; f) área mínima para a implementação obrigatória; g) estimular e viabilizar ações - educação ambiental.

As legislações relacionadas com o tema são relativamente recentes, pois a maioria dos estados brasileiros que possui legislação referente ao aproveitamento de água da chuva, com exceção de São Paulo e Rio de Janeiro, as implementaram na última década. Dessa forma, observa-se que as legislações analisadas possuem pontos imprescindíveis no processo de incentivo ao aproveitamento de água da chuva. Contudo, nenhuma dessas é completa o suficiente para atender a vários contextos e os aspectos levantados por Pacheco et al. (2017) apud TAVARES et al. (2019).

Sendo assim, é possível observar que os estados brasileiros têm ampliado seus mecanismos legais de incentivo ao aproveitamento de água da chuva, mas esse processo tem ocorrido de forma descentralizada. Além disso, poucas legislações apresentam medidas que efetivem a sua implementação, como aplicação de multas e/ou ações de incentivo fiscal. Dessa forma, cada órgão estadual elabora sua própria política de aproveitamento de água da chuva sem avaliar o cenário legal ao qual o país se encontra.

3.3.2. Incentivos Legais no Município de Belo Horizonte/MG

Em 2009, um projeto de lei PL 68/2009, visando à minimização da ocorrência de enchentes na cidade, tentou estabelecer a implantação de coletor de água de chuva e reservatórios em edificações com área impermeabilizada superior a 500m². Assim, propunha que a água pluvial se destinasse à infiltração no solo e, em segundo plano, sugeria seu aproveitamento em usos não potáveis, como irrigação e lavagem de áreas de uso comum das edificações. Entretanto, a proposição de lei foi vetada integralmente pelo prefeito de Belo Horizonte em 2011, pois a sua aprovação não alcançou o mínimo exigido pela Lei Orgânica do Município, que submete a matéria ao quórum especial de 2/3 dos membros da Câmara Municipal.

Segue em trâmite na Câmara Municipal de Belo Horizonte, o projeto de lei PL 1381/14 que propõe uma política municipal de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais e define as normas gerais para sua promoção. A proposta está em consonância com as políticas nacionais e estaduais de recursos hídricos, meio ambiente, desenvolvimento urbano, saneamento básico e saúde e visa à promoção do uso racional e redução do consumo de água tratada em edificações, órgãos públicos, estabelecimentos comerciais e residências da cidade. Dessa forma, já recebeu pareceres favoráveis nas comissões de Legislação e Justiça e de Meio Ambiente e Política Urbana e segue para a votação do Plenário em 1º turno (CMBH, 2014).

O Plano diretor de Belo Horizonte aprovado em 2019, Lei nº 11.181, no artigo 161, sugere que a caixa de captação, ferramenta de controle da permeabilidade do solo nos terrenos, poderá ser utilizada como reservatório para reuso de águas pluviais. Esses microreservatórios, como armazenam águas provenientes de coberturas e pisos, provavelmente, necessitará de tratamento mais detalhado e não somente de uma simples desinfecção.

3.4 Sistemas de aproveitamento de água da chuva

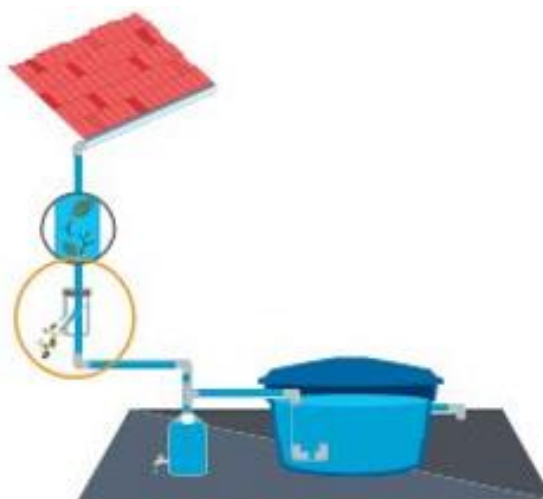
As águas pluviais são aquelas que se originam a partir das chuvas e a captação dessas águas tem por finalidade permitir um melhor escoamento, evitando alagamento, erosão do solo e outros problemas (CARVALHO JÚNIOR, 2020).

Como bem ressaltou Carvalho Júnior (2020), o aproveitamento da água pluvial em atividades que não necessitem de água potável pode reduzir de forma significativa o consumo nas residências, contribuir para o combate à escassez de água, além de controlar o escoamento superficial nas vias urbanas.

Dessa forma, entende-se por usos domésticos não potáveis aqueles que não requerem características de qualidade tão exigente quanto à potabilidade, como: a descarga de bacias sanitárias, a limpeza de pisos e paredes, a rega de jardins, a lavagem de veículos e a água reserva para combate a incêndio nos edifícios.

Uma das formas mais simples de sistemas de coleta e aproveitamento de água da chuva é através dos telhados. A água da chuva cai nos telhados e escoam por condutores verticais e horizontais que direcionam a água para um reservatório, como é mostrado a Figura 3.2 (CARVALHO JÚNIOR, 2020).

Figura 3.2 - Sistema de aproveitamento de água de chuva.



Fonte: IPT (2015).

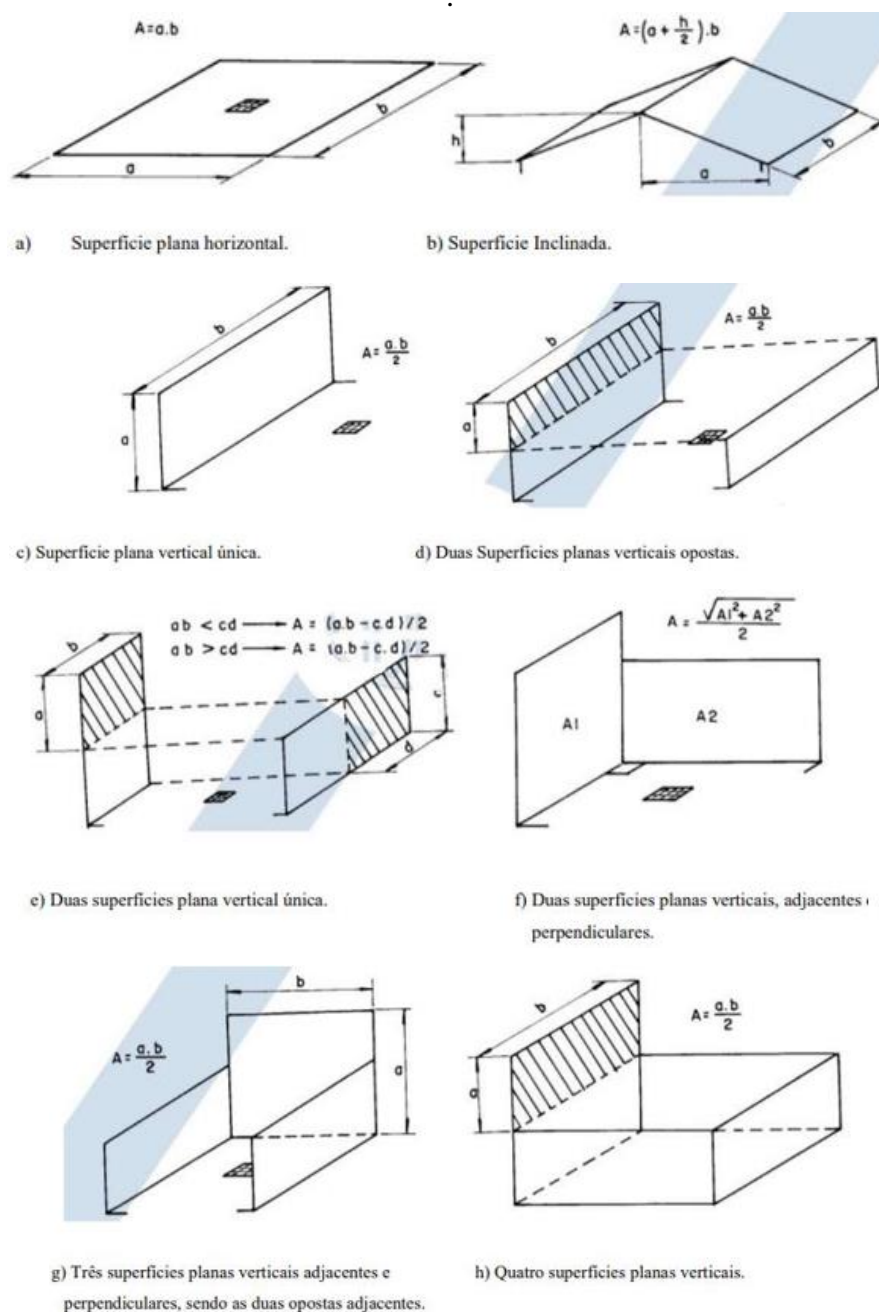
3.5. Componentes de um sistema de aproveitamento de água da chuva

Segundo Tomaz (2010), os principais componentes para captação de água pluvial são:

3.5.1. Área de captação

A área de captação refere-se à soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação que deve, de preferência, seguir as diretrizes da norma NBR 10844 (ABNT, 1989). A área de captação é calculada de acordo com a projeção horizontal do telhado (Figura 3.3).

Figura 3.3 - Área de captação do telhado para aproveitamento de água pluvial.

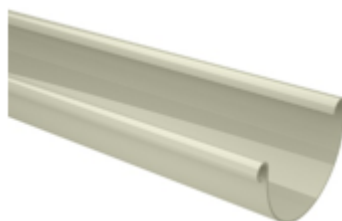


Fonte: ABNT NBR 10.844 (1989).

3.5.2. Calhas

A calha (Figura 3.4) é um canal que tem por objetivo coletar as águas da chuva que caem sobre o telhado e conduzi-las aos condutores verticais (CARVALHO JÚNIOR, 2020).

Figura 3.4 - Calha Linha Aquapluvial da fabricante Tigre.



Fonte: LEROY MERLIN (2021).

3.5.3. Conduitos

O conduto vertical é a tubulação que têm por objetivo recolher as águas coletadas pelas calhas, coberturas, terraços e similares e transportá-las até a parte inferior das edificações, despejando-as livremente na superfície do terreno ou até as redes coletoras (CARVALHO JÚNIOR, 2020).

O condutor horizontal é um canal ou tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir águas pluviais dos condutos verticais ou superfície do terreno até os locais permitidos pelos dispositivos legais (CARVALHO JÚNIOR, 2020).

O dimensionamento das calhas e condutores deve preferencialmente seguir as diretrizes da norma NBR 10844/1989 (ABNT, 1989).

3.5.4. Dispositivo de descarte de primeira água da chuva

Conforme descrito na norma NBR 15.227 (ABNT, 2019), no item 4.3, recomenda-se, em um sistema de aproveitamento de água da chuva, a instalação de um dispositivo para o descarte da precipitação inicial, sendo adotado o valor de 2 mm por metro quadrado da área de captação. Este equipamento tem por finalidade evitar que as impurezas originárias das deposições no telhado cheguem ao reservatório. Cabe ressaltar que a norma também menciona a instalação de um dispositivo para remoção de detritos nas calhas e condutores, como por exemplo, grades e telas.

3.5.5. Grelha Hemisférica

A grelha hemisférica flexível (Figura 3.5), instalada na entrada dos condutores verticais, tem por finalidade permitir somente o escoamento de águas pluviais, bloqueando a passagem de folhas e outros objetos que possam causar o entupimento do sistema.

Figura 3.5 - Grelha hemisférica flexível.



Fonte: TIGRE (2018).

3.5.6. Reservatório

O reservatório ou cisterna é onde a água da chuva é armazenada para um posterior uso (FRANCO, 2020) e seu dimensionamento considera, principalmente, os seguintes critérios: demanda de água, áreas de captação, regime pluviométrico e confiabilidade requerida para o sistema (MARINOSKI, 2007).

3.5.7. Extravasor

O extravasor é um dispositivo que permite a saída de água do sistema quando o volume do reservatório recebe água com volume maior que o de reservação a fim de se evitar danos à estrutura de captação.

3.6. Águas pluviais e as normas ABNT

Conforme descrito na norma NBR 15527 (ABNT, 2019), o aproveitamento de água da chuva pode ser entendido como a coleta dessas águas em coberturas de áreas urbanas para fins não potáveis. Já a demanda é o consumo médio a ser atendido também para fins não potáveis, como lavagem de pátio, de carro, rega de jardim, lavagem de garagem e até descarga em bacias sanitárias.

A concepção do projeto do sistema de coleta de água de chuva deve atender às normas NBR 5626 (ABNT, 2020) e NBR 10844 (ABNT, 1989). Os aspectos quantitativos a serem definidos devem constar o alcance do projeto, a população que utiliza a água de chuva e a determinação da demanda do sistema. Além disso, os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será feito o projeto de aproveitamento de água da chuva devem ser incluídos na análise.

O dimensionamento das calhas e condutores horizontais e verticais devem atender à NBR 10844, observando não só o período de retorno escolhido, a vazão de projeto, a intensidade pluviométrica, bem como os dispositivos a serem instalados para remoção de detritos. Estes dispositivos podem ser, por exemplo, grades e telas atendendo à NBR 2213.

Conforme disposto pela norma NBR 15.227/2019 (ABNT, 2019), no item 4.3, recomenda-se, em um sistema de aproveitamento de água da chuva, a instalação de um dispositivo para o descarte da precipitação inicial, sendo adotado o valor de 2 mm por metro quadrado da área de captação. Este equipamento tem por finalidade evitar que as impurezas originárias das deposições no telhado cheguem ao reservatório, como: folhas, poluentes atmosféricos precipitados, fezes de pássaros e outros animais, larvas de mosquitos e microorganismos que podem se multiplicar no reservatório e serem prejudiciais à saúde humana.

Sendo assim, a norma NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019) apresenta parâmetros mínimos de qualidade, tendo em vista uso preponderantemente não potável, para *Escherichia coli*, turbidez e pH. Cabe ressaltar que a norma recomenda que os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista para usos mais restritivos.

Desta forma, locais de consumo, como torneiras de jardim, devem ser de uso restrito e devidamente identificados para que não ocorra risco de consumo de água não potável e com potencial de contaminação externa.

4.METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente estudo envolve as seguintes etapas:

- Método de abordagem;
- Caracterização das áreas de estudo;
- Visitas *in loco*;
- Identificação dos usos da água;
- Verificação dos elementos presentes e a operacionalização dos sistemas instalados;
- Análise dos parâmetros mínimos de qualidade da água para usos não potáveis;
- Análise da economia de água com a implantação dos SAACs.

4.1. Método de abordagem

O presente estudo consiste em uma pesquisa qualitativa e comparativa que visa: a) verificar os elementos presentes nos sistemas de aproveitamento de água da chuva instalados em residências unifamiliares; b) analisar a sua operacionalização ; e c) estimar a economia do consumo de água potável, de maneira a determinar a viabilidade econômica.

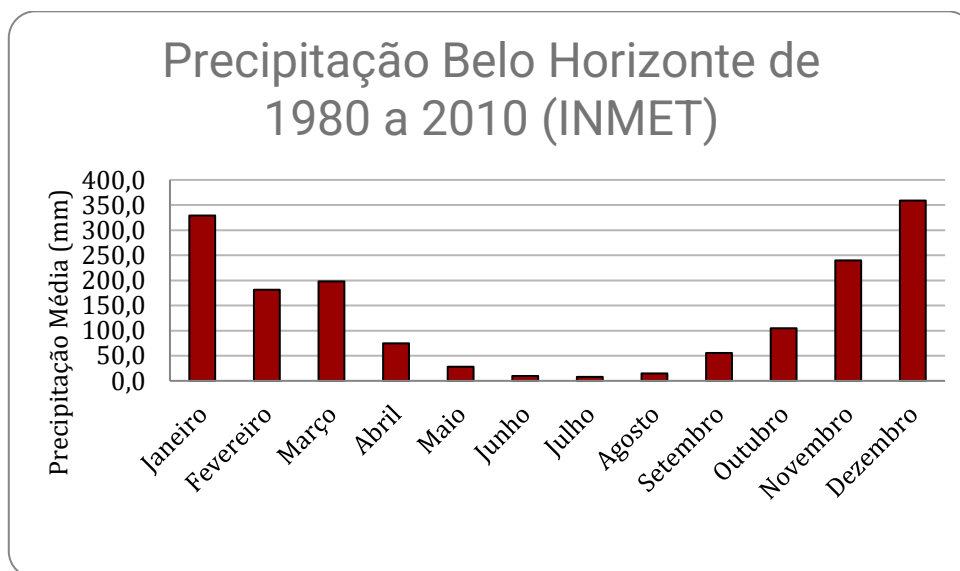
4.2. Caracterização das áreas de estudo

O município de Belo Horizonte está localizado no Estado de Minas Gerais e possui cerca de 331,354 km² de área de extensão (IBGE, 2021). Com uma população de 2.375.151 habitantes, de acordo com o último Censo do IBGE do ano de 2010, o município está subdividido em nove regionais: Norte, Nordeste, Noroeste, Barreiro, Pampulha, Oeste, Centro-Sul, Leste e Venda Nova.

Um breve levantamento sobre o clima de Belo Horizonte, tem-se que sua temperatura média anual é de 20,5° C, sendo o clima classificado como Cwa pela classificação de Köpen e Geiger, descrito pela organização Climate-Data como um clima quente e temperado, com a pluviosidade média anual de 1430 mm e altitude de 857 m (CLIMATE-DATA.ORG, 2021).

O regime de precipitações anuais médias do município, segundo dados adquiridos pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, apresenta um regime diversificado de chuvas ao longo dos meses (Figura 4.1).

Figura 4.1 - Dados de Precipitação de Belo Horizonte.



Fonte: INMET (2021).

Os objetos de estudo do presente trabalho foram três residências unifamiliares, sendo duas localizadas no Bairro Ipiranga (Estudo de caso 1 e 2) e uma no Bairro Universitário (Estudo de caso 3), ambas no município de Belo Horizonte/MG.

Os sistemas foram construídos pelos próprios proprietários não contemplando as diretrizes e recomendações, inicialmente, das normas NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019), que estabelece critérios para aproveitamento de água da chuva de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis e a norma NBR 10.844/1989 (ABNT, 1989), que fixa exigências e critérios de sistemas prediais de águas pluviais.

4.2.1. *Visitas in loco*

Para obtenção das informações, foram realizadas visitas *in loco* nas residências unifamiliares, identificando aspectos construtivos, operacionais e de manutenção dos sistemas instalados.

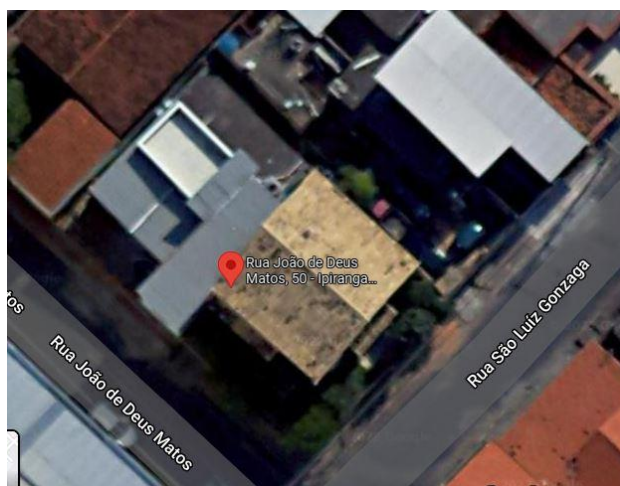
Durante o levantamento de informações sobre os projetos de aproveitamento de água de chuva, implantados nas três residências unifamiliares, os proprietários apresentaram os sistemas

instalados na prática, fazendo uma visita guiada e apontando desde o local da captação até armazenamento no reservatório da água pluvial. Além disso, informaram também sobre os principais usos não potáveis da água captada e como é realizada a operacionalização dos sistemas.

4.2.2. Estudo de Caso 1

O SAAC, localizado na regional nordeste de Belo Horizonte, com as coordenadas UTM 611.5,82 m E, 7.800.766,27 m S de zona 23S (Figura 4.2) tem como por objetivo fornecer abastecimento auxiliar de água não potável para atividades de irrigação de jardins, limpeza da casa e lavagem do pátio. O reservatório instalado apresenta uma capacidade de 200 litros (Figura 4.3), mas, em períodos chuvosos, devido ao grande volume de água pluvial captada, a proprietária transfere manualmente a água do reservatório para baldes e bacias acessórias com a finalidade de aumentar a quantidade de água reservada, totalizando uma capacidade de armazenamento de 570 litros, como demonstrado na Figura 4.4.

Figura 4.2 - Vista da Residência na qual SAAC será analisado.



Fonte: Google (2022).

Figura 4.3 - Reservatório do SAAC que será analisado .



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Figura 4.4 - Bacias Acessórias para armazenamento da água do reservatório.

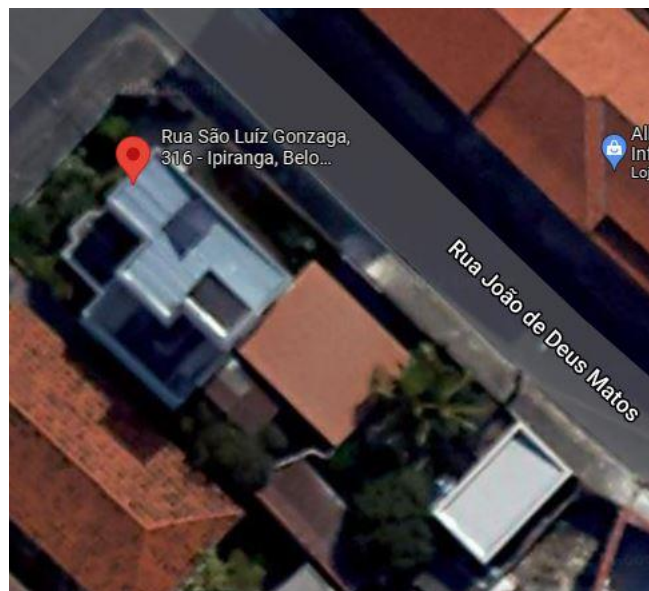


Fonte: Arquivo pessoal (2022).

4.2.3. Estudo de Caso 2

A unidade residencial em estudo, localizada na regional Nordeste, com as coordenadas UTM 611.566,38 m E, 7.800.744,47 m S de zona 23S (Figura 4.5) possui um sistema de aproveitamento de águas da chuva com a finalidade de prover abastecimento complementar de água não potável para a atividade de irrigação de jardins, principalmente nos períodos de estiagem. A capacidade do reservatório instalado no sistema (Figura 4.6) é de 1.500 litros, mas, em períodos chuvosos, à medida que o reservatório atinge a capacidade máxima, o proprietário transfere, através do extravasor interligado em uma mangueira, a água excedente para duas bombonas de 200 litros, totalizando uma capacidade de armazenamento de 1.900 litros como mostra a Figura 4.7.

Figura 4.5 - Vista da Residência na qual SAAC será analisado.



Fonte: Google (2022).

Figura 4.6 - Reservatório do SAAC que será analisado.



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Figura 4.7 - Bombonas para armazenamento da água excedente do reservatório.

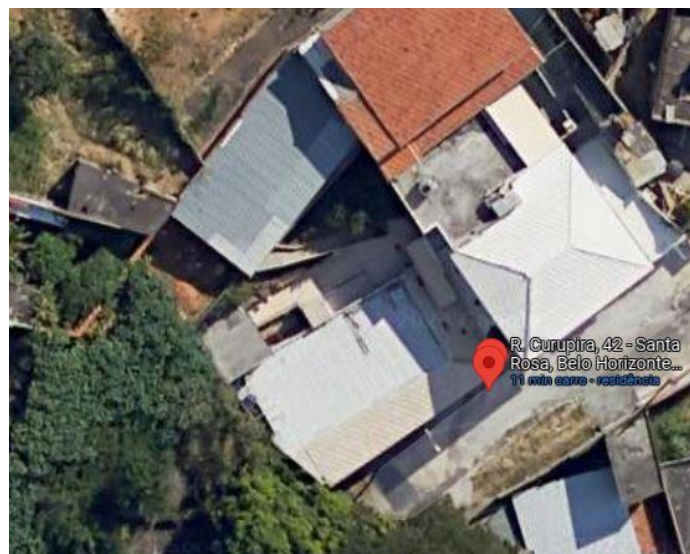


Fonte: Arquivo pessoal (2022).

4.2.4. Estudo de Caso 3

O sistema de aproveitamento de águas pluviais da residência unifamiliar, localizada na regional Pampulha, com as coordenadas UTM 610.039,28 m E, 7.802.843,06 m S de zona 23S (Figura 4.8) tem como por objetivo fornecer abastecimento auxiliar de água não potável para atividades de irrigação de jardins e hortas, lavagem do pátio e utilização em descargas de bacias sanitárias. A capacidade total do reservatório instalado no sistema é de 5.500 litros, com 4 reservatórios de 1.000 litros e 1 reservatório de 1.500 litros todos interligados (Figura 4.9).

Figura 4.8 - Vista da Residência na qual SAAC será analisado.



Fonte: Google (2022).

Figura 4.9 - Reservatórios interligados do SAAC.



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

4.3. Identificação dos usos da água

Durante as visitas *in loco*, foram realizados levantamentos a respeito dos principais usos da água da chuva captada. Nas três residências em estudo o que se observou na visita *in loco*, foi o aproveitamento de água pluvial: em limpeza de pátios, irrigação dos jardins e o uso em descargas de bacias sanitárias na residência localizada na regional Pampulha.

Cabe ressaltar que, em nenhuma das residências unifamiliares em estudo, haviam placas de advertência de água não potável, como determina a norma NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019).

4.4 Análise de parâmetros mínimos de qualidade da água da chuva para usos não potáveis

4.4.1. Amostragem

Para a análise da qualidade da água, foram coletadas amostras da água da chuva armazenada nos reservatórios construídos nos três estudos de caso. As análises físico-químicas e os exames microbiológicos foram realizados no Laboratório de Análises Ambientais e Sanitárias, do Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, localizado no Campus I do CEFET-MG. A metodologia adotada está estabelecida em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Na Tabela 4.1 é apresentada a lista dos parâmetros analisados, conforme estabelecidos no item 4.6.3 da norma NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019) para os usos não potáveis.

Tabela 4.1 - Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.

Pârametro	Valor
<i>Escherichia coli</i>	< 200 /100 ml
Turbidez	< 5,0 uT
pH	6,0 a 9,0

Fonte: Adaptado da NBR 15.527 (2019).

As coletas foram realizadas no período da manhã, no dia 19/04/2022, nas três residências unifamiliares. Os frascos de polietileno utilizados na coleta, com volume de 100ml,

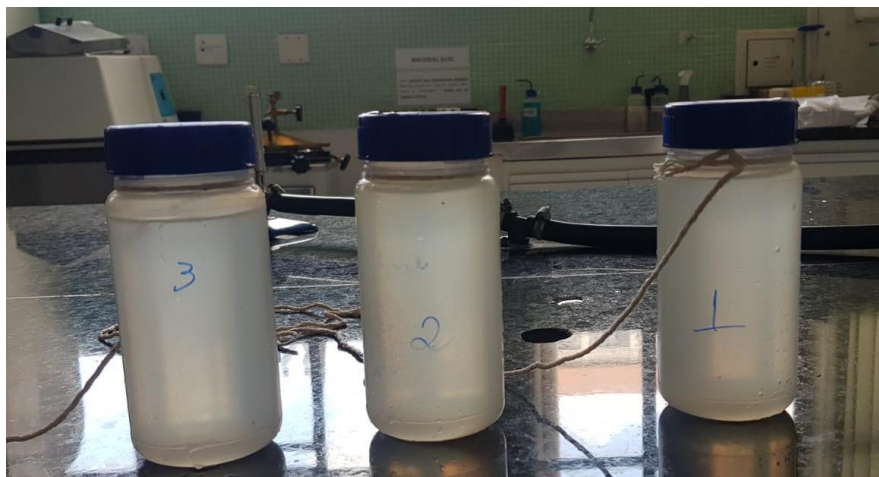
previamente esterilizado, foram armazenados em bolsa térmica com gelo com o objetivo de retardar a ação biológica (Figura 4.10). Estas amostras foram analisadas no mesmo dia da coleta (Figura 4.12).

Figura 4.10 - Coleta das amostras.



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Figura 4.11 - Amostras dos reservatórios.



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

4.4.2. Método Analítico

4.4.2.1. Turbidez

Segundo Von Sperling (1996), a turbidez é caracterizada por sólidos em suspensão e representa o grau de interferência da passagem da luz através da água. Esses sólidos em suspensão podem reduzir a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese, além de poder servir de abrigo para microrganismos patogênicos. A determinação da turbidez foi realizada pelo turbidímetro, previamente calibrado, e obtido resultado em unidades nefelométricas de turbidez (UNT) como mostrado na Figura 4.12.

Figura 4.12 - Determinação da Turbidez da amostra.



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

4.4.2.2. pH

O pH representa o potencial hidrogeniônico e é a concentração de íons hidrogênio H^+ que refere-se à condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade de água. A faixa de pH está entre 0 a 14 (VON SPERLING, 1996). A leitura do pH da amostra foi realizada através do aparelho pHmetro (Figura 4.13), o qual foi previamente calibrado com as soluções padrão (pH 4 e pH 7).

Figura 4.13 - Determinação do pH da amostra.



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

4.4.2.3. Coliformes Totais

Na fermentação, um composto é tanto doador quanto receptor de elétrons e esse é o meio pelo qual o ser vivo obtém energia sendo uma forma de catabolismo anaeróbio (MADIGAN *et al.*, 2016). Os coliformes totais são um grupo que inclui bactérias na forma de bastonetes Gram-negativo, não formadores de esporos, aeróbios ou aeróbios facultativos capazes de fermentar a lactose produzindo gás em 24 a 48 horas a 35° C (GEUS, 2008).

Primeiramente, os coliformes quebram a lactose, que é um dissacarídeo, em seus componentes. Essa quebra é feita por meio da enzima β -galactosidase e os produtos são galactose e glicose, a galactose é convertida em glicose por enzimas isomerase e, então, ocorre a fermentação pela via glicolítica (MADIGAN *et al.*, 2016).

Na análise de água, procede-se a determinação dos coliformes totais para posterior identificação de coliformes fecais do tipo *Escherichia coli*, pois esse é um indicativo de contaminação da água. Assim se procede a qualificação da mesma conforme sua potabilidade ou balneabilidade, entre outras classificações. Neste processo, usam-se os tubos de Durhan, pois na fermentação da lactose pelos coliformes totais, há a produção de CO₂ e os minitubos se enchem com esse gás, atestando amostra positiva para coliformes totais.

O teste para coliformes totais foi realizado através do método de tubos múltiplos, seguido do teste confirmativo, com base na metodologia Standard Methods 9221 B e C (APHA, 2005).

Para a realização do método de tubos múltiplos foram utilizados 15 tubos de ensaio, contendo tubos de Durham, sendo que em 5 continham caldo lactosado de concentração dupla e 10 ml de amostra inoculada em cada tubo. Nos 10 tubos restantes com caldo lactosado de concentração simples, foram inoculados 1 mL de amostra e nos 5 últimos tubos, 0,1 mL de amostra. Os tubos foram incubados a 35° C de 24 a 48 horas. A formação de gás dentro do tubo Durham confirma positivamente a presença de coliformes e, neste caso, o teste confirmativo é feito (Figura 4.14). A não formação de gás durante o período de incubação é considerado como resultado negativo e o teste termina.

Figura 4.14 - Amostras positivas para Coliformes Totais.



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

4.4.2.4. Teste Confirmativo de *Escherichia coli*

O teste confirmativo só foi realizado nos tubos que formaram gases, portanto, deram positivo para coliformes totais. A *Escherichia coli*, além de fazer parte do grande grupo dos coliformes totais, também está inserida em um grupo menor dentro deste, os coliformes fecais. Neste subgrupo encontram-se os gêneros *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella* (GEUS, 2008), todos oriundos do trato digestivo de animais de sangue quente e que dão uma correlação direta da

poluição por fezes de animais (SOUZA *et al.*, 1983), logo, a água não pode ser considerada potável.

O caldo nutritivo EC MEDIUM W/MUG é do tipo específico, permitindo o crescimento apenas de *Escherichia coli*, pois possui sais biliares que são um agente seletivo contra bactérias Gram-positivas não fecais (FUNASA, 2013). A *Escherichia coli* nesse caldo produz uma enzima denominada β -glicuronidase e esta, por sua vez, hidrolisa o EC MUG. Essa hidrólise tem como produto uma substância fluorogênica que é detectada sob luz ultravioleta de comprimento de onda de 366 nanômetros, por sua vez, os tubos que brilharem sob a luz UV possuem *Escherichia coli* no meio.

Por meio da metodologia Standard Methods 9221 B, C e E (APHA, 2005), foi possível a realização do teste para confirmar a presença de *Escherichia coli*, com meio de cultura com caldo nutritivo EC MEDIUM W/MUG, contido em novos tubos. Com uma alça de platina previamente flambada, retirou-se uma porção de amostra do tubo positivo para inocular no tubo correspondente, contendo meio EC MEDIUM W/MUG (Figura 4.15) e, em seguida, foram incubados em estufa bacteriológica a 35° C de 24 a 48 horas (Figura 4.16). Decorridos o período de incubação, com o auxílio de uma lâmpada ultravioleta 365 nanômetros, observou-se visualmente a existência fluorêscência azul nas amostras examinadas confirmando a presença de *Escherichia coli* (Figura 4.17).

Figura 4.15 - Inoculação da porção da amostra positiva para o tubos contendo EC-MUG.



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Figura 4.16- Estufa Bacteriológica.



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Figura 4.17 - Presença de Escherichia coli.



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

4.5 Análise da economia de água com a implantação do SAAC

Após os dados coletados referente à economia do consumo da água potável, foi realizada a viabilidade econômica dos SAACs implantados nas residências unifamiliares em estudo, por meio da cálculo da economia de água para atendimento das demandas de água de chuva nas residências. Para tanto, foram realizadas as seguintes etapas: a) estimativa da demanda de água pluvial de acordo com os usos não potáveis estabelecidos; b) cálculo da economia de água em metros cúbicos; e c) análise do benefício econômico, mensal e anual, em relação as tarifas aplicáveis aos usuários da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

4.5.1 Demanda de água de acordo com os usos não potáveis estabelecidos

Para o cálculo da demanda do consumo de água para fins não potáveis como rega de jardins, limpeza de pisos e descargas em bacias sanitárias, adotou-se parâmetros citados por Tomaz (2010), que podem ser observados na Tabela 4.2. O autor estima os volumes mínimos, máximos e mais prováveis de consumo de água em residências, além de valores de número de vezes em que determinado uso ocorre por dia por habitante.

Tabela 4.2- Pârametros de Engenharia para estimativas de demanda residencial de água.

Usos	Unidades	Parâmetros		
		Minímo	Máximo	Mais provável
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	-	-	2
Limpeza de pisos	Litros/dia/m ²	-	-	2

Fonte: Adptado de TOMAZ (2010).

Dessa forma, a demanda do consumo de água da chuva por atividade foi calculada conforme as equações 4.1, 4.2 e 4.3, sendo a primeira equação utilizada para os cálculos das demandas da rega dos jardins e limpeza de pisos e a segunda equação para o cálculo da demanda da descarga na bacia sanitária presente no Estudo de Caso 3.

$$D = (A * F_s * P_{rl} * n) / 1000$$

Equação 4.1

D = demanda de água para regas de jardins e/ou limpeza de pisos (m³/mês) ;

A = área (m²);

F_s = frequência semanal;

P_{rl}= parâmetro mais provável adotada para rega de jardim ou limpeza de pisos (Litros/dia/m²);

n = quantidade de dias no mês (30 dias);

$$D_d = (N_p * P_d * F_d * n) / 1000$$

Equação 4.2

Onde:

D_d = demanda de água da descarga da bacia sanitária (m³/mês);

N_p = número de pessoas na residência;

P_d= parâmetro mais provável adotada para descargas em bacias sanitárias (Litros/descarga);

Fd= frequência diária (dia);

n = número de dias no mês (30 dias) .

$$D_t = D + D_d$$

Equação 4.3

Onde :

D_t= demanda de água total para os usos não potáveis (m³/mês) ;

D = demanda de água para regas de jardins e/ou limpeza de pisos (m³/mês);

D_d = demanda de água da descarga da bacia sanitária (m³/mês);

4.5.2 Cálculo da economia de água potável

Para o cálculo da economia de água potável foi utilizada a Tabela de Tarifas Aplicáveis a Usuários (Figura 4.18) da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA juntamente com o histórico de consumo de água potável, nos últimos 12 meses, nos três estudos de caso (COPASA, 2021). Dessa forma, foi possível obter a definição de custos tarifários associados ao consumo de água total nas residências, em estudo, no cenário atual, com a operacionalização do SAAC existente, e um cenário sem a implantação do SAAC, em seguida calcular a economia de água em m³ e a financeira.

Figura 4.18- Tabelas de Tarifas Aplicáveis aos Usuários da COPASA.

Categorias	Faixas	Água	Esgoto	Unidade
Residencial Social	Fixa	7,92	5,86	R\$/mês
	0 a 5 m ³	0,91	0,68	R\$/m ³
	> 5 a 10 m ³	1,943	1,438	R\$/m ³
	> 10 a 15 m ³	3,011	2,228	R\$/m ³
	> 15 a 20 m ³	4,111	3,043	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	10,458	7,739	R\$/m ³
	> 40 m ³	12,759	9,441	R\$/m ³
Residencial	Fixa	17,61	13,03	R\$/mês
	0 a 5 m ³	1,82	1,35	R\$/m ³
	> 5 a 10 m ³	3,886	2,876	R\$/m ³
	> 10 a 15 m ³	6,023	4,457	R\$/m ³
	> 15 a 20 m ³	8,222	6,084	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	10,458	7,739	R\$/m ³
	> 40 m ³	12,759	9,441	R\$/m ³

Fonte: COPASA (2021).

A partir dos valores fixos e variáveis de tarifas da COPASA foi realizado o cálculo financeiro referente a demanda de água nas residências unifamiliares em estudo nos últimos 12 meses .

Os valores de consumo de água mensal nas três residências foram obtidos através de cálculos elaborados pela a própria autora, conforme demonstrado na Equação 4.4. As faixas de cobrança da COPASA são as fixas, R\$17,61 e R\$ 13,03, e as taxas variáveis de água e esgoto por m³ de água consumida conforme apresentado na Figura 4.18.

$$Gm = [(TFa + Tfe) + Dt \times (Tva+ Tve)] \quad \text{Equação 4.4}$$

Onde :

Gm = Valor dos gasto do consumo de água da residência (R\$/ mês);

TFa= Taxa fixa de água (R\$) ;

TFe= Taxa fixa de esgoto (R\$);

Dt = demanda de água total para os usos não potáveis (m³/mês) ;

TVa = Taxa variável de água (R\$/ m³);

Tve = Taxa variável de esgoto (R\$/ m³);

Em seguida, foi realizada a soma total dos valores dos gastos de consumo de água nas residências, no período de um ano, conforme dados disponibilizados no histórico da conta de água da COPASA. Dessa forma, foi possível determinar o valor da economia com a implantação do SAAC nos três estudos de caso.

5. RESULTADOS

5.1 Resultados dos componentes presentes e não conformidades observadas no SAAC

5.1.1 Componentes presentes no SAAC no estudo de caso 1

O SAAC presente na residência foi instalado pela própria moradora de forma intuitiva e sem a orientação de um profissional. O sistema é composto apenas por três elementos definidos nas normas: condutores, calhas e o reservatório.

As calhas, de aço galvanizado, e condutores, de PVC rígido, possuem diâmetros de 100mm e 75 mm, respectivamente. Dessa forma, estão em conformidades com o tópico 4.1, 5.6.1 e 5.6.3 da norma ABNT NBR 10.844/1989.

O reservatório instalado é uma bombona plástica com capacidade de 200L e apresenta tampa na parte superior para evitar a entrada de animais e insetos, atendendo parcialmente o tópico 4.4.3 e integralmente o tópico 4.4.5 da norma ABNT NBR 15.527/2019.

5.1.1.1 Não conformidades observadas e possíveis soluções- Estudo de Caso 1

O SAAC da residência unifamiliar em estudo apresentou várias não conformidades referentes à norma ABNT NBR 15.527/2019, resultado já esperado, uma vez que, o sistema foi instalado de forma intuitiva, sem nenhuma orientação técnica. Na Tabela 5.1 podem ser observadas as não conformidades encontradas e as possíveis soluções.

Tabela 5.1 - Não conformidades observadas e possíveis soluções- Estudo de Caso 1.

Não conformidades observadas	Tópico da norma ABNT NBR 15.527/2019	Possíveis Soluções
Concepção do projeto deve atender as normas ABNT NBR 5626/2020 e 10.844/1989.	4.1.1	Contratar um profissional técnico capacitado para elaboração do projeto SAAC.

Atenção quanto possíveis fontes de contaminações na área de captação.	4.1.2; 4.8.2	Inspeção semestral, limpeza quando necessário.
Dispositivos que impeçam a entrada de detritos, folhas e vetores.	4.1.9; 4.3.3; 4.8.2	Instalação de dispositivos como grades e telas e recomenda-se que a manutenção seja realizada mensal e a limpeza trimestral.
Dispositivo para o descarte de água de escoamento inicial.	4.3.4; 4.3.5	Recomenda-se instalação de um dispositivo de descarte de 2mm/m ² das primeiras águas da chuva por m ² da área de captação.
Reservatório deve ser seguro, possuir extravasor e inspeção.	4.4.3; 4.8.2	Recomenda-se a troca do reservatório por uma bombona nova com tampa e em seguida a a instalação de um extravasor. A inspeção deve ser realizada anualmente e limpeza quando necessário.
Reservatório deve ser devidamente identificado.	4.4.13	Adicionar placas adesivas que indique que a água armazenada não é potável.
Tubulações e demais componentes devem ser claramente diferenciados das tubulações de água potável.	4.5.3; 4.5.5	Tubulações dever receber pintura de cor roxa ou identificação gráfica com fitas contínuas a cada 3 m informando: “ÁGUA NÃO POTÁVEL”
Ausência de Inspeção nas Calhas	4.8.2	Recomenda-se que a inspeção nas calhas seja realizada semestral e limpeza quando necessário.
Dispositivo de desinfecção	4.8.2	Recomenda-se a instalação de um filtro para preservar os parâmetros mínimos de qualidade da água para usos não potáveis. A manutenção deve ser realizada mensalmente.
Parâmetros mínimos de qualidade da água para usos não potáveis monitorados por meio de análises laboratoriais.	4.6.7; 4.6.8	Recomenda-se o monitoramento da qualidade da água periodicamente com frequência mínima semestral.

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

5.1.2 Componentes presentes no SAAC no estudo de caso 2

O SAAC existente na residência foi instalado pelo morador e sem a orientação de um profissional, apresentando seguintes elementos definidos nas normas: condutores, calhas, reservatório e extravasor.

As calhas, de aço galvanizado, e condutores, de PVC rígido, possuem diâmetros de 100mm e 75 mm, respectivamente, portanto, em conformidade com o tópico 4.1, 5.6.1 e 5.6.3 da norma ABNT NBR 10.844/1989.

O reservatório instalado é de material de PVC rígido, apresenta tampa na parte superior, para evitar a entrada de animais e insetos, encontra-se em um local seguro e possui extravasor. Portanto, está em conformidade com os tópicos 4.4.3 e 4.4.5 da norma ABNT NBR 15.527/2019.

5.1.2.1 Não conformidades observadas e possíveis soluções – Estudo de Caso 2

O SAAC da residência unifamiliar em estudo foi instalado sem orientação técnica de um profissional, portanto, apresentou algumas não conformidades referentes à norma ABNT NBR 15.527/2019. Na Tabela 5.2 podem ser observadas as não conformidades encontradas e as possíveis soluções.

Tabela 5.2 - Não conformidades observadas e possíveis soluções- Estudo de Caso 2

Não conformidades Observadas	Tópico da norma ABNT NBR 15.527/2019	Possíveis Soluções
Concepção do projeto deve atender as normas ABNT NBR 5626/2020 e 10.844/1989.	4.1.1	Contratar um profissional técnico capacitado para elaboração do projeto SAAC.
Atenção quanto possíveis fontes de contaminações na área de captação.	4.1.2; 4.8.2	Inspeção semestral, limpeza quando necessário.
Dispositivos que impeçam a entrada detritos, folhas e vetores.	4.1.9; 4.3.3; 4.8.2	Instalação de dispositivos como grades e telas e recomenda-se que a manutenção seja realizada mensal e a limpeza trimestral.

Dispositivo para o descarte de água de escoamento inicial.	4.3.4; 4.3.5	Recomenda-se instalação de um dispositivo de descarte de 2mm/m ² das primeiras águas da chuva por m ² da área de captação.
Reservatório deve receber inspeção.	4.4.3;4.8.2	A inspeção deve ser realizada anualmente e limpeza quando necessário.
Reservatório deve ser devidamente identificado.	4.4.13	Adicionar placas adesivas que indique que a água armazenada não é potável.
Tubulações e demais componentes devem ser claramente diferenciados das tubulações de água potável.	4.5.3;4.5.5	Tubulações dever receber pintura de cor roxa ou identificação gráfica com fitas contínuas a cada 3 m informando: “ÁGUA NÃO POTÁVEL”
Ausência de Inspeção nas Calhas	4.8.2	Recomenda-se que a inspeção nas calhas seja realizada semestral e limpeza quando necessário.
Dispositivo de desinfecção	4.8.2	Recomenda-se a instalação de um filtro para preservar os parâmetros mínimos de qualidade da água para usos não potáveis. A manutenção deve ser realizada mensalmente.
Parâmetros mínimos de qualidade da água para usos não potáveis monitorados por meio de análises laboratoriais.	4.6.7;4.6.8	Recomenda-se o monitoramento da qualidade da água periodicamente com frequência mínima semestral.

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

5.1.3 Componentes presentes no SAAC no estudo de caso 3

O SAAC da residência foi instalado sem a orientação de um profissional, dessa forma, apresenta os seguintes elementos definidos nas normas: condutores, calhas, reservatório, extravassor e dispositivo para descarte da água de escoamento inicial.

As calhas, de aço galvanizado, e condutores, de PVC rígido, possuem diâmetros de 100mm e 75 mm, respectivamente, portanto, estão em conformidades com o tópico 4.1, 5.6.1 e 5.6.3 da norma ABNT NBR 10.844/1989.

Os 5 reservatórios instalados são de material de PVC rígido, apresentam tampa na parte superior, para evitar a entrada de animais e insetos, encontram-se em um local seguro e possuem extravasores. Portanto, os reservatórios estão em conformidade com os tópicos 4.4.3 e 4.4.5 da norma ABNT NBR 15.527/2019.

Para a instalação e dimensionamento do dispositivo automático do desvio das primeiras águas da chuva, o proprietário informou que seguiu as orientações do estudo publicado pela Faculdade Federal de Pernambuco, conforme demonstrado na Figura 5.1.

Figura 5.1 - Dispositivo de descarte da água de escoamento inicial.



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

5.1.3.1. Não conformidades observadas e possíveis soluções – Estudo de Caso 3

O SAAC da residência unifamiliar em estudo foi instalado sem orientação técnica de um profissional, e apresenta algumas não conformidades referentes a norma ABNT NBR 15.527/2019. Na Tabela 5.3 podem ser observadas as não conformidades encontradas e as possíveis soluções.

Tabela 5.3 – Não conformidades observadas e possíveis soluções- Estudo de Caso 3.

Não conformidades observadas	Tópico da norma ABNT NBR 15.527/2019	Possíveis Soluções
Concepção do projeto deve atender as normas ABNT NBR 5626/2020 e 10.844/1989.	4.1.1	Contratar um profissional técnico capacitado para elaboração do projeto SAAC.
Atenção quanto possíveis fontes de contaminações na área de captação.	4.1.2; 4.8.2	Inspeção semestral, limpeza quando necessário.
Dispositivos que impeçam a entrada de detritos, folhas e vetores.	4.1.9; 4.3.3; 4.8.2	Instalação de dispositivos como grades e telas e recomenda-se que a manutenção seja realizada mensal e a limpeza trimestral.
Reservatório deve receber inspeção.	4.4.3; 4.8.2	A inspeção deve ser realizada anualmente e limpeza quando necessário.
Reservatório deve ser devidamente identificado.	4.4.13	Adicionar placas adesivas que indique que a água armazenada não é potável.
Tubulações e demais componentes devem ser claramente diferenciados das tubulações de água potável.	4.5.3; 4.5.5	Tubulações dever receber pintura de cor roxa ou identificação gráfica com fitas contínuas a cada 3 m informando: “ÁGUA NÃO POTÁVEL”
Pontos de consumo deve ser de uso restrito e identificados com placas de advertência.	4.5.9	Colocar placas adesivas de advertência próximo a torneira que interliga o SAAC localizada no jardim informando: “ÁGUA NÃO POTÁVEL”.

Ausência de Inspeção nas Calhas	4.8.2	Recomenda-se que a inspeção nas calhas seja realizada semestral e limpeza quando necessário.
Dispositivo de desinfecção	4.8.2	Recomenda-se a instalação de um filtro para preservar os parâmetros mínimos de qualidade da água para usos não potáveis. A manutenção deve ser realizada mensalmente.
Parâmetros mínimos de qualidade da água para usos não potáveis monitorados por meio de análises laboratoriais.	4.6.7;4.6.8	Recomenda-se o monitoramento da qualidade da água periodicamente com frequência mínima semestral.

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

5.2. Resultados das Análises da Qualidade da Água

5.2.1 Discussão dos resultados do Teste Coliformes Totais – Caldo Lactosado

Os tubos com resultados positivos para Coliformes Totais estão representados nas Tabelas 5.4 a 5.6.

Tabela 5.4 - Resultado do Caldo nutritivo Lactosado – Estudo de Caso 1.

Diluição da amostra (ml)	Nº de Tubos Positivos
10	2
1	1
0,1	1

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 5.5 - Resultado do Caldo nutritivo Lactosado – Estudo de Caso 2.

Diluição da amostra (ml)	Nº de Tubos Positivos
10	5
1	5
0,1	5

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 5.6 - Resultado do Caldo nutritivo Lactosado – Estudo de Caso 3.

Diluição da amostra (ml)	Nº de Tubos Positivos
10	5
1	4
0,1	2

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Nos três estudos de caso houve presença de aprisionamento de CO₂ nos tubos de Durham, devido à atividade fermentativa, portanto, há presença de coliformes totais nos três reservatórios de água de chuva analisados.

5.2.1. Discussão dos resultados do Teste Confirmativos de *Escherichia coli*

Os tubos com resultados positivos para teste confirmativo de *Escherichia coli* estão representados nas Tabelas 5.7 a 5.9.

Tabela 5.7 - Resultado do Caldo nutritivo EC MEDIUM W/MUG – Estudo de Caso 1.

Diluição da amostra (ml)	Nº de Tubos Positivos
10	1
1	0
0,1	0

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 5.8 - Resultado do Caldo nutritivo EC MEDIUM W/MUG – Estudo de Caso 2.

Diluição da amostra (ml)	Nº de Tubos Positivos
10	4
1	4
0,1	0

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 5.9 - Resultado do Caldo nutritivo EC MEDIUM W/MUG – Estudo de Caso 3.

Diluição da amostra (ml)	Nº de Tubos Positivos
10	4
1	2
0,1	0

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Dessa forma, os reservatórios analisados nos três estudos de caso apresentaram *Escherichia coli*. O resultado era esperado, uma vez que, a água da chuva captada tem contato direto com

as fezes de aves depositadas nos telhado que, por sua vez, em condições naturais, a *Escherichia coli* é encontrada no intestino de animais homeotérmicos como as aves e mamíferos.

Através da metodologia de Standard Methods 9221 B e C (APHA, 2005), foi possível quantificar *Escherichia coli* pelo método N.M.P (número mais provável) por 100ml de amostra. Para se determinar o N.M.P, verifica-se a combinação formada pelo número de tubos positivos que apresentaram as diluições 1:1; 1:10 e 1:100 no Teste Confirmativo.

Na Tabela 5.10 são apresentadas as sequências dos números mais provável, dos três estudos de caso, com limte de confiança de 95% para as combinações de resultados positivos quando 5 tubos com diluição de 10ml, 1ml e 0,1ml.

Tabela 5.10 - Resultados do método N.M.P.

Estudos de Caso	Combinação de Positivos	N.M.P/ 100 ml	Limite Inferior	Limite Superior
1	1-0-0	2,0	1,0	10
2	4-4-0	34,0	16,0	80,0
3	4-2-0	26,0	9,0	56,0

Fonte: Adaptado APHA (2005).

Os resultados dos três estudos de casos apresentaram valores inferiores a 200/ 100 ml de *Escherichia coli* nas amostras analisadas, conforme estabelecido na norma NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019) .

A respeito desse resultado, apesar dos estudos de casos 1 e 2, não possuem o dispositivo para descarte de água de escoamento inicial, os usuários relataram que o descarte é realizado manualmente. A água captada das primeiras chuvas, logo após um período de estiagem prolongada, confere uma aparência mais turva portanto, os usuários descartam toda a água armazenada no reservatório. Dessa forma, ao realizarem o descarte total da água captada nesse período os resultados encontrados estão em conformidades com a norma, caso contrário, provavelmente, os valores seriam superiores ao estabelecidos na norma ABNT NBR 15.257/2019.

5.2.3. Discussão dos resultados dos parâmetros físico-químicos

Nos três estudos de caso, a turbidez e pH das amostras analisadas encontram-se dentro do limite estabelecido no item 4.6.3 da norma NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019) para os usos não potáveis, conforme apresentados na Tabela 5.11.

Tabela 5.11 - Resultados dos parâmetros físico-químicos.

Estudo de Caso	Turbidez (uT)	pH
1	1,4	7,55
2	3,0	7,41
3	1,3	7,24

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para atendimento dos parâmetros mínimos de qualidade da água para usos não potáveis a turbidez deve ser menor que 5 uT e pH entre os valores 6 a 9. Dessa forma, os três reservatórios analisados atendem os padrões mínimos exigidos pela norma NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019).

5.3. Análise de atendimento á demanda e economia de água potável

5.3.1. Discussão dos resultados da demanda de água de acordo com os usos não potáveis estabelecidos

5.3.1.1. Estudo de Caso 1

Na residência em estudo os usos de água não potável são: a rega de jardins/plantas, com frequência de duas vezes na semana; a limpeza do pátio, realizada duas vezes ao mês e a limpeza da casa que ocorre uma vez por semana.

Na Tabela 5.12 podem ser observadas as demandas de consumo de água de chuva em m³ por mês para cada uso mencionado. Cabe ressaltar que, nos meses com baixa pluviosidade, abril a agosto, o reservatório do SAAC instalado não possui água pluvial armazenada portanto, o uso da água da chuva não é utilizado na residência nesses meses.

Tabela 5.12-Cálculo da demanda mensal para os usos de água não potável - Estudo de Caso 1.

Usos de água não potável	Área (m ²)	Taxa adotada (Litros/dia/m ²)	Frequência (vezes/mês)	Demanda de água não potável (m ³ /mês)
Rega de jardim/plantas	3,9	2	0,27	0,0632
Limpeza do pátio	67,91	2	0,07	0,2852
Limpeza da casa	61,59	2	0,13	0,4804

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

De acordo com a Equação 4.1 foi possível calcular o valor da demanda mensal para os usos de água não potável em m³. Dessa forma, a demanda de consumo total encontrada no estudo de caso 1 foi de **0,8288 m³/mês**.

5.3.1.2. Estudo de Caso 2

No estudo de caso 2, o uso de água não potável é apenas na rega dos jardins com uma frequência de três vezes na semana nos meses com baixa pluviosidade (abril a agosto) e, nos meses restantes, duas vezes na semana.

As demandas de consumo da água da chuva para os três jardins existentes na residência encontram-se na Tabela 5.13.

Tabela 5.13 - Cálculo da demanda mensal para a rega dos jardins - Estudo de Caso 2.

Usos de água não potável	Área (m ²)	Taxa adotada (Litros/dia/m ²)	Frequência (vezes/mês)	Demanda de água não potável (m ³ /mês)
Rega do jardim 1	25,5	2	0,40	0,06120
Rega do jardim 2	10,5	2	0,40	0,2520
Rega do jardim 3	36,0	2	0,40	0,8640

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme a Equação 4.1 foi possível calcular o valor da demanda mensal para o uso de água não potável na rega dos jardins em m³. Dessa forma, a demanda de consumo total encontrada no estudo de caso 2 foi de **1,7280 m³/mês**, nos meses com baixa pluviosidade, abril a agosto, e nos demais meses a demanda calculada foi de **1,1664 m³/mês**.

5.3.1.3. Estudo de Caso 3

Na residência em estudo, os usos de água não potável são destinados a rega de jardins/hortas, limpeza do pátio e em descargas na bacia sanitária. Os jardins e hortas são irrigados diariamente e a limpeza do pátio é realizada apenas duas vezes ao mês. Em relação ao uso da água da chuva na descarga da bacia sanitária, nos meses de baixa pluviosidade (abril a agosto), a água armazenada nos reservatórios do SAAC não é utilizada para esse uso, mas apenas na irrigação dos jardins/horta e limpeza do pátio.

As Tabelas 5.14 e 5.15 apresentam os valores da demanda de consumo por usos não potáveis mencionados, respectivamente.

Tabela 5.14 - Cálculo da demanda mensal para os usos de água não potável-Estudo de Caso 3.

Usos de água não potável	Área (m ²)	Taxa adotada (Litros/dia/m ²)	Frequência (vezes/mês)	Demanda de água não potável (m ³ /mês)
Rega do jardim/horta	16,0	2	0,93	0,8928
Limpeza do pátio	110,0	2	0,07	0,4620

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 15.15 -Cálculo da demanda mensal para descarga em bacia sanitária-Estudo de Caso 3.

Usos de água não potável	Taxa adotada (Litros/descarga)	Nº usuários	Frequência (descarga/pessoa/dia)	Demanda de água não potável (m ³ /mês)
Descarga em bacia sanitária	9	4	5	5,4

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

De acordo com as Equações 4.1 e 4.2, foi possível calcular o valor da demanda mensal para os usos de água não potável em m³. Dessa forma, a demanda de consumo total encontrada no estudo de caso 3 foi de **1,3548 m³/mês**, nos meses de baixa pluviosidade, abril a agosto, e nos demais meses a demanda calculada foi de **6,7548 m³/mês**.

5.3.2. Resultados do cálculo da economia de água potável

Para dimensionar a redução do consumo de água potável com a operacionalização dos SAAC existentes nas residências unifamiliares em estudo, é necessário primeiramente identificar o volume demandado para os usos não potáveis estabelecidos. Esse cálculo foi realizado anteriormente por meio das Tabelas 5.16 a 5.19 onde encontraram-se valores diferentes para cada estudo de caso.

No segundo momento, é calculado, conforme apresentado na Equação 4.4, o gasto mensal da água potável consumida de acordo com os dados de consumo em m³ disponibilizados no histórico da conta de água da concessionária local.

Por último, é calculado o consumo de água em metros cúbicos e o gasto em reais em dois cenários: o cenário com a implantação do SAAC e outro cenário sem a operacionalização de SAAC. Dessa forma, foi possível obter o resultado da redução no consumo de água potável e a economia financeira com a implantação de um SAAC.

5.3.2.1. Resultados do cálculo da economia de água potável do Estudo de Caso 1

Na Figura 5.2 é apresentado o histórico de consumo de água potável dos últimos 12 meses e o resultado da análise econômica na Tabela 5.16.

Figura 5.2 - Histórico de Consumo de água (m³)- Estudo de Caso 1.

HISTÓRICO DE CONSUMO			
	Volume Faturado Litros	Dias entre medições	Média Diária Litros
Mai/2022	8.000	30	266
Abr/2022	6.000	33	181
Mar/2022	5.000	28	178
Fev/2022	5.000	28	178
Jan/2022	5.000	31	161
Dez/2021	5.000	32	156
Nov/2021	4.000	30	133
Out/2021	5.000	32	156
Set/2021	6.000	29	206
Ago/2021	6.000	30	200
Jul/2021	5.000	32	156
Jun/2021	5.000	29	172

Fonte: Estudo de Caso 1

Tabela 5.16 - Cálculo da Economia mensal no Estudo de Caso 1.

Mês/Ano	Volume Faturado (m ³)	Valor Gasto com SAAC (R\$)	Volume a ser Faturado sem SAAC (m ³)	Volume Gasto sem SAAC (R\$)	Economia (R\$)
Maio/2022	8	66,78	8	66,78	-
Abril/2022	6	53,25	6	53,25	-
Março/2022	5	46,49	5,8288	52,09	5,60
Fevereiro/2022	5	46,49	5,8288	52,09	5,60
Janeiro/2022	5	46,49	5,8288	52,09	5,60
Dezembro/2021	5	46,49	5,8288	52,09	5,60
Novembro/2021	4	43,32	4,8288	45,95	2,63
Outubro/2021	5	46,49	5,8288	52,09	5,60
Setembro/2021	6	53,25	6,8288	58,86	5,60
Agosto/2021	6	53,25	6	53,25	-
Julho/2021	5	46,49	5	46,49	-
Junho/2021	5	46,49	5	46,49	-

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

No estudo de caso 1, verificou-se uma economia anual de **R\$ 36,25** e o SAAC encontra-se em operação desde de 2014. Portanto, a redução nos custos com água potável até o momento foi de aproximadamente R\$ 290,00.

5.3.2.2. Resultados do cálculo da economia de água potável do Estudo de Caso 2

Na Figura 5.3 é apresentado o histórico de consumo de água potável dos últimos 12 meses e o resultado da análise econômica na Tabela 5.17.

Figura 5.3 - Histórico de Consumo de água (m³)- Estudo de Caso 2.

HISTÓRICO DE CONSUMO			
	Volume Faturado Litros	Dias entre medições	Média Diária Litros
Mai/2022	12.000	30	400
Abr/2022	14.000	33	424
Mar/2022	12.000	28	428
Fev/2022	10.000	29	344
Jan/2022	13.000	31	419
Dez/2021	13.000	32	406
Nov/2021	18.000	30	600
Out/2021	18.000	32	562
Set/2021	15.000	28	535
Ago/2021	16.000	31	516
Jul/2021	18.000	31	580
Jun/2021	14.000	30	466

Fonte: Estudo de Caso 2

Tabela 5.17 - Cálculo da Economia mensal no Estudo de Caso 2.

Mês/Ano	Volume Faturado (m ³)	Valor Gasto com SAAC (R\$)	Volume a ser Faturado sem SAAC (m ³)	Volume Gasto sem SAAC (R\$)	Economia (R\$)
Maio/2022	12	101,26	13,7280	119,37	18,11
Abril/2022	14	122,22	15,7280	143,11	20,89
Março/2022	12	101,26	13,1664	113,48	12,22
Fevereiro/2022	10	80,30	11,1664	92,52	12,22
Janeiro/2022	13	111,74	14,1664	123,96	12,22
Dezembro/2021	13	111,74	14,1664	123,96	12,22
Novembro/2021	18	175,62	19,1664	192,30	16,69
Outubro/2021	18	175,62	19,1664	192,30	16,69
Setembro/2021	15	132,70	16,1664	149,39	16,69
Agosto/2021	16	147,01	17,7280	171,73	24,72
Julho/2021	18	175,62	19,7280	200,34	24,72
Junho/2021	14	122,22	15,7280	143,11	20,89

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Observa-se que o estudo de caso 2 obteve uma economia anual de **R\$ 208,30** e SAAC está em operação há 11 anos dessa forma, a redução nos custos com água potável até o momento foi de aproximadamente **R\$ 2.291,30**.

5.3.2.3. Resultados do cálculo da economia de água potável do Estudo de Caso 3

Na Figura 5.4 é apresentado o histórico de consumo de água potável dos últimos 12 meses e o resultado da análise econômica na Tabela 5.18.

Figura 5.4 – Histórico de Consumo de água (m³) - Estudo de Caso 3.

HISTÓRICO DE CONSUMO			
	Volume Faturado Litros	Dias entre medições	Média Diário Litros
Mai/2022	19.000	31	612
Abr/2022	20.000	29	689
Mar/2022	18.000	30	600
Fev/2022	18.000	28	642
Jan/2022	24.000	33	727
Dez/2021	19.000	31	612
Nov/2021	22.000	32	687
Out/2021	21.000	28	750
Set/2021	17.000	30	566
Ago/2021	20.000	30	666
Jul/2021	13.000	31	419
Jun/2021	22.000	31	709

Fonte: Estudo de Caso 3.

Tabela 5.18 – Cálculo da Economia mensal no Estudo de Caso 3.

Mês/Ano	Volume Faturado (m ³)	Valor Gasto com SAAC (R\$)	Volume a ser Faturado sem SAAC (m ³)	Volume Gasto sem SAAC (R\$)	Economia (R\$)
Maio/2022	19	189,92	20,3548	210,69	20,76
Abril/2022	20	204,23	21,3548	228,88	24,65
Março/2022	18	175,62	24,7548	289,21	113,59
Fevereiro/2022	18	175,62	24,7548	289,21	113,59
Janeiro/2022	24	277,02	30,7548	399,94	122,92
Dezembro/2021	19	189,92	25,7548	308,95	119,03
Novembro/2021	22	240,62	28,7548	363,54	122,92
Outubro/2021	21	222,43	27,7548	345,34	122,92
Setembro/2021	17	161,31	23,7548	272,56	111,24
Agosto/2021	20	204,23	21,3548	228,88	24,65
Julho/2021	13	111,74	14,3548	125,94	14,20
Junho/2021	22	240,62	23,3548	265,28	24,65

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Verifica-se que, no estudo de caso 3, obteve-se uma economia anual de **R\$ 935,12** e a implantação do SAAC na residência foi realizada há 3 anos. Portanto, a redução nos custos com água potável até o momento foi de aproximadamente **R\$ 2.805,36**.

6. CONCLUSÕES

Ao analisar de forma comparativa os sistemas de aproveitamento de água de chuva em operação nas residências unifamiliares em estudo, foi possível evidenciar os potenciais, funcionalidades e problemáticas.

Apesar de algumas não conformidades observadas referentes às normas ABNT NBR 15.527/2019 e 10.844/1989, foi possível perceber que os SAACs implantados nas residências proporcionam a redução do consumo de água potável, a economia financeira e, conseqüentemente, os benefícios ambientais e sociais.

A redução de custos com consumo de água potável foi de R\$36,25, no estudo de caso 1, R\$ 208,30, no estudo de caso 2 e R\$ 935,12 no estudo de caso 3. Ao analisar o período em operação de cada SAAC, a economia foi ainda mais expressiva com valores aproximadamente de R\$ 290,00, R\$ 2.291,30 e R\$ 2.805,36, respectivamente. Os valores encontrados levaram em consideração a demanda de água para o uso não potável e os históricos dos consumos de água potável nas residências.

Cabe ressaltar, que os SAACs foram instalados pelos próprios moradores, de forma intuitiva, sem orientação de um profissional ou incentivo governamental. Esse fato é reflexo da ausência de mecanismos legais de incentivo ao aproveitamento de água da chuva no estado de Minas Gerais e, conseqüentemente, na cidade de Belo Horizonte/MG. Portanto, se não houver novas iniciativas e alternativas para a questão de água potável, tudo indica que não será possível evitar a escassez de um bem tão necessário à vida.

7. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que os usuários implementem as soluções sugeridas para as não conformidades observadas referentes à norma NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019).

Recomenda-se que sejam realizadas análises laboratoriais da qualidade da água, armazenada no reservatório do SAAC, com frequência mínima semestral, com objetivo de manter os parâmetros menores que os valores mínimos para os usos não potáveis.

Recomenda-se que a manutenção do SAAC seja realizada conforme definido no item 4.8 da norma NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019) com objetivo de garantir melhor eficiência e operacionalização do sistema.

Por fim, recomenda-se que políticas públicas de incentivo ao aproveitamento de água da chuva no estado de Minas Gerais e na cidade de Belo Horizonte/MG sejam votadas em plenário e implementadas, como ocorre em outros estados brasileiros. Dessa forma, tecnologias ambientais sustentáveis no âmbito da temática dos recursos hídricos são essenciais para mitigar as crises hídricas recentes no país e no estado.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 10.884**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: Abnt, 1989.

ABNT. **NBR 15.527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: Abnt, 2019.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021**. Brasília: Ana, 2021. Disponível em:<<https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua>>. Acesso em: 05 Jan. 2022

ANA. **Hidroweb**. Disponível em:< <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>> Acesso em: 06 Jan 2022.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

APHA, AWAA, WEF. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. 2005.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 9 jan 1997.

CMBH- Câmara Municipal de Belo Horizonte **Projeto de Lei Municipal nº 68, de 10 de março de 2009**. Disponível em:<<https://www.cmbh.mg.gov.br/comunica%C3%A7%C3%A3o/not%C3%ADcias/2009/03/projeto-prev%C3%AA-implanta%C3%A7%C3%A3o-de-coletor-para-%C3%A1guas-da-chuva>> . Acesso em: 10 Jan. 2022.

CMBH- Câmara Municipal de Belo Horizonte. **Projeto de Lei Municipal nº 1381, de 10 de março de 2014**. Disponível em:< <https://www.cmbh.mg.gov.br/atividade-legislativa/pesquisar-proposicoes/projeto-de-lei/1381/2014>> . Acesso em : 10 Jan de 2022.

CMBH- Câmara Municipal de Belo Horizonte. **Plano Diretor de Belo Horizonte Lei Municipal nº 11.181, de 08 de agosto de 2019**. Disponível em: < <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/2019/1118/11181/lei-ordinaria-n-11181-2019-aprova-o-plano-diretor-do-municipio-de-belo-horizonte-e-da-outras-providencias>> Acesso em : 15 Jul de 2022.

CANDINE, Patricia Freitas; BELÉM JR, João Silveira. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis** - Estudo de caso: Bairro social Reny Cury. Revista Espacios, v. 38, n. 46, 2017.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias: Princípios básicos para elaboração de projetos**. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2020.

CLIMATE-DATA.ORG. 2021. Disponível em: < Clima Belo Horizonte: Temperatura, Tempo e Dados climatológicos Belo Horizonte - Climate-Data.org. >. Acesso em: 20 de nov. 2021.

COPASA. **RESOLUÇÃO Nº 154, DE 28 DE JUNHO DE 2021**. Minas Gerais, 28 jun. 2021. Disponível em: <https://copasaportalprd.azurewebsites.net/Copasa.Portal/Services/CurrentRates>. Acesso em: 16 de Jun. 2021.

FASOLA, Gabriel Balparda ; GHISI . E; MARINOSKI, A.K ; BORINELLI, J.B . **Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC**. Ambiente Construído, v. 11, n. 4, p. 65-78, 2011.

FGV. **Usos Múltiplos da água**. Rio de Janeiro: Fgv Energia, p. 12 , 2019.

FRANCO, Rodrigo de Pinho. **Captando Consciência: Uma proposta de um sistema piloto de aproveitamento de água de chuva**. 2020. 108 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Acesso em: 06 dez. 2021.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília: FUNASA, 2013.

GEUS, Juliana Aline Mascarenhas de., e LIMA, Isaura Alberton de. **Análise de coliformes totais e fecais: Um comparativo entre técnicas oficiais VRBA e Petrifilm EC aplicados em uma indústria de carnes**. In: II ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 2008, Campos Gerais.

GONÇALVES, R. Franci (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352 p.

GOOGLE. **Google Earth website**. Disponível em : <http://earth.google.com/> . Acesso em > : Jan. 2022.

IBGE. **Belo Horizonte: panorama**. Panorama. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/diogo-de-vasconcelos/panorama>. Acesso em: 02 Dez. 2021.

IBGE. **Censo 2010: População do Brasil**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 06 Jan 2022.

INMET. **INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA**. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/> >. Acesso em: 20 dez. 2021.

IPCC (org.). **Climate Change 2021: the physical science basis**. IPCC, 2021. 42 p. (AR6).

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual para a captação emergencial e uso doméstico da chuva**. São Paulo, 2015.

LEROY MERLIN. **Calhas Aquapluv Tigre**. Disponível em : < <https://lista.mercadolivre.com.br/ferramentas-construcao/calha-chuva-tigre-aquapluv>> Acesso em: 07 Jan .2022.

MADIGAN, Michael T., et al. **Microbiologia de Brock**. Porto Alegre: Artmed, 14^a ed, 2016

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2004.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água de pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis - SC**. 2007. 118 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Acesso em: 10 dez. 2021.

MINAS GERAIS. Lei nº 13.199, de 30 de janeiro de 1999. **Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos e da outras providências**. Minas Gerais, 30 jan . 1999.

ONU. **World Population Prospects 2019**. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900>. Acesso em: 16 nov. 2021.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 4.393, de 16 de setembro de 2004. **Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências**. Rio de Janeiro, 17 set. 2003.

SÃO PAULO. Lei nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007. **Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais**.

SOUZA, Luiz Carlos, et al. **Bactérias coliformes totais e coliformes de origem fecal em águas usadas na dessedentação de animais**. Revista Saúde Pública, São Paulo, v. 17, p. 112-122, 1983.

TAVARES, Ligia Conceição; ALMEIDA, Ian Rocha de; BRAVO, Juan Martins ; WARTCHOW, Dieter. **Incentivos legais ao aproveitamento de água de chuva no Brasil**. Simpósio XXIII., 2019, Foz do Iguaçu. Paraná: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2019. p. 1-9. Acesso em: 08 Jan. 2022.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas e fins não potáveis**. Navegar Editora, São Paulo, 2010.

TIGRE. **Grelha hemisférica flexível**. 2018. Disponível em: < <https://www.tigre.com.br/grelha-hemisferica-flexivel> >. Acesso em: 07 Jan. 2022.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Paulo: Editora Rima, 2005. 248 p

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas ao tratamento de esgoto.** 2.ed.
Belo Horizonte: UFMG, 1996.