



**CENTRO DE CIÊNCIA EXATAS E TECNOLOGIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

LUCAS DA SILVA ROCHA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS COM FINS NÃO POTÁVEIS PARA
USO DOMÉSTICO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

São Luís - MA

2025

LUCAS DA SILVA ROCHA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS COM FINS NÃO POTÁVEIS PARA
USO DOMÉSTICO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Maranhão (UFMA) como requisito
parcial de nota.

Orientadora: Profa. Dra. Solange da Silva
Nunes Boni

São Luís – MA

2025

LUCAS DA SILVA ROCHA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS COM FINS NÃO POTÁVEIS PARA
USO DOMÉSTICO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Maranhão (UFMA) como requisito
parcial de nota.

Orientadora: Profa. Dra. Solange da Silva
Nunes Boni

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Solange da Silva Nunes Boni
Orientadora

Prof. Dr. George Fernandes Azevedo
1º Examinador

Prof. Me. Fabio Dieguez Barreiro Mafra
2º Examinador

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Rocha, Lucas da Silva.

Aproveitamento de águas pluviais com fins não potáveis
para uso doméstico : revisão bibliográfica / Lucas
da Silva Rocha. - 2026.

63 f.

Orientador(a): Solange da Silva Nunes Boni.

Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do
Maranhão, São Luis - Ma, 2026.

1. Aproveitamento. 2. Recurso Hídrico. 3.
Desperdícios. 4. Consumo de Água. 5. Edifícios. I.
Boni, Solange da Silva Nunes. II. Título.

AGRADECIMENTOS

No final, nenhuma grande conquista é alcançada sozinha. Por isso, gostaria de agradecer à minha família por estar sempre ao meu lado e pelo apoio durante toda essa caminhada; aos amigos do curso, que tornaram cada momento mais leve; e aos professores, pelos ensinamentos compartilhados.

E, em especial, agradeço à mais nova integrante da família, minha primogênita, Maria Liz, que chegou como um presente de Deus no momento exato.

A todos, meu muito obrigado!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição da água no planeta terra.	12
Figura 2. Regiões hidrográficas do Brasil	15
Figura 3. Sistema de aproveitamento de Água da Chuva	29
Figura 4. Esquema de captação e distribuição de águas pluviais numa residência ..	35
Figura 5. Reservatório de descarte com esfera flutuante	36
Figura 6. Reservatório de descarte com torneira-boia.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estimativa de consumo interno residencial no Brasil.....	18
Tabela 2. Estimativa de consumo interno residencial	19
Tabela 3. Orçamento para aproveitamento de água para fins não potáveis.	44
Tabela 4. Orçamento do sistema de captação de água pluvial	45
Tabela 5. Estudos nacionais sobre aproveitamento de águas pluviais.	52
Tabela 6. Estudos internacionais sobre aproveitamento de águas pluviais.	54

RESUMO

Com o crescimento populacional e o avanço da industrialização, observa-se um aumento na demanda por água doce, tornando cada vez mais desafiador garantir o abastecimento contínuo e com a qualidade necessária para atender às necessidades humanas. Considerando esse cenário e o elevado volume de água consumido diariamente pela população em diversas atividades, o presente estudo buscou responder à seguinte questão: quais são as possíveis alternativas para o aproveitamento de águas pluviais com fins não potáveis para uso domiciliar? Para alcançar essa resposta, definiu-se como objetivo geral identificar alternativas para o aproveitamento de águas pluviais destinadas ao uso doméstico. A pesquisa adotou uma metodologia baseada em revisão bibliográfica, com abordagem qualitativa e caráter descritivo, considerando publicações compreendidas no período de 2012 a 2024. A partir da análise dos estudos selecionados, foi possível concluir que os sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva representam uma solução eficaz diante dos impactos provocados pelo desperdício e pela escassez hídrica. Os resultados revelam que tais sistemas proporcionam economia ambiental, financeira e social, podendo ser utilizados para atividades como lavagem de pisos, irrigação, descargas sanitárias e outras aplicações que não exigem água potável. Os estudos também indicam que os custos envolvidos na implantação desses sistemas tendem a ser recuperados em poucos anos, o que reforça sua viabilidade técnica e econômica. Dessa forma, conclui-se que o aproveitamento de águas pluviais constitui uma alternativa sustentável e eficaz para reduzir o consumo de água potável e contribuir para uma gestão mais responsável dos recursos hídricos no ambiente doméstico.

Palavras-chave: Aproveitamento, Recurso Hídrico, Desperdícios, Consumo de água, Edifícios.

ABSTRACT

With population growth and the advancement of industrialization, there has been an increase in the demand for fresh water, making it increasingly challenging to ensure a continuous supply with the necessary quality to meet human needs. Considering this scenario and the high volume of water consumed daily by the population in various activities, this study sought to answer the following question: what are the possible alternatives for the use of rainwater for non-potable purposes for household use? To achieve this answer, the general objective was defined as identifying alternatives for the use of rainwater intended for domestic use. The research adopted a methodology based on a literature review, with a qualitative approach and a descriptive nature, considering publications from the period of 2012 to 2024. From the analysis of the selected studies, it was possible to conclude that water collection and utilization systems. Rainwater represents an effective solution against the impacts caused by waste and water scarcity. The results reveal that such systems provide environmental, financial, and social savings and can be used for activities such as floor washing, irrigation, toilet flushing, and other applications that do not require potable water. Studies also indicate that the costs involved in implementing these systems tend to be recovered within a few years, which reinforces their technical and economic feasibility. Thus, it is concluded that the use of rainwater is a sustainable and effective alternative to reduce potable water consumption and contribute to more responsible management of water resources in the household environment.

Keywords: Utilization, Water Resource, Waste, Water Consumption, Buildings.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL	12
3.1 Distribuição hídrica.....	12
3.2 Gestão de demanda e o consumo de água em domicílios	16
3.3 Consumo de água em edificações.....	19
4 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS NO BRASIL	21
4.1 A prática do aproveitamento de águas das chuvas.....	21
4.2 Legislação e normas técnicas aplicadas ao aproveitamento de águas	28
4.2.1 NBR 15527 – Aproveitamento de água de chuva de coberturas	29
4.2.2 NBR 16782 – Conservação de água em edificações	30
4.2.3 NBR 16783 – Uso de fontes alternativas de água.....	31
5 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USO DOMESTÍCO	32
5.1 Alternativas para o aproveitamento de águas pluviais	32
5.2 Contribuições do aproveitamento de águas pluviais para uso doméstico	36
6 METODOLOGIA	43
6.1 Tipo de pesquisa.....	44
6.2 Procedimentos metodológicos	44
6.2.1 Estratégias de busca.....	44
6.2.2 Seleção e extração de dados.....	45
6.2.3 Tratamento e interpretação dos dados.....	46
7 ANÁLISES E RESULTADOS	47
7.1 Principais achados dos estudos nacionais	47
7.2 Principais achados dos estudos internacionais	50
7.3 Análise comparativa entre estudos nacionais e internacionais	54
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos componentes essenciais para o uso pessoal e coletivo da população, sendo destinada ao consumo humano e apresentando dois fins distintos: o primeiro refere-se ao uso potável, como higiene pessoal, ingestão e preparo de alimentos nas residências. O segundo abrange os usos não potáveis, tais como lavagem de roupas, veículos e calçadas, irrigação de jardins e descarga de vasos sanitários, entre outros (Barros; Amin, 2017).

Para Pinheiro e Campos (2019), apesar da água ser um bem fundamental para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, o Brasil tem enfrentado um aumento populacional associado à intensificação da industrialização, o que resulta em maior demanda por água doce e representa um desafio para garantir o abastecimento de água potável. No que se refere ao consumo de água, os usos destinados às águas não potáveis em residências correspondem a cerca de 30% a 40% do total consumido, o que evidencia a necessidade de estabelecer estratégias eficazes para o aproveitamento desse percentual (Pinheiro; Campos, 2019).

Para Jesus (2015), o aproveitamento de águas pluviais tem como objetivo a conservação e a economia de água para o consumidor, contribuindo para prevenir sua escassez. Existem diversas alternativas que podem ser aplicadas, sendo soluções simples e de baixo custo, capazes de reduzir consideravelmente a demanda por água potável, além de diminuir o volume de escoamento superficial, prevenindo inundações e outros problemas associados.

Portanto, é necessário conhecer novas possibilidades para a implementação de sistemas de captação capazes de solucionar a ausência de aproveitamento da água. Sob esse aspecto, destaca-se também a importância da atuação do engenheiro civil no desenvolvimento de projetos voltados ao aproveitamento de águas pluviais, contribuindo para que a água seja utilizada de forma alternativa em residências e, assim, reduzir desperdícios, evitando que esse recurso tão valioso se torne escasso (Andrade, 2014).

Levando em consideração esses aspectos e o elevado percentual de consumo de água pela população em geral para as mais diversas atividades, o presente estudo questiona: quais são as possíveis alternativas para o aproveitamento de águas pluviais com fins não potáveis para uso domiciliar?

A justificativa para a realização deste estudo decorre da necessidade de identificar formas alternativas de aproveitamento da água para fins não potáveis no uso doméstico, considerando que esse recurso hídrico é passível de escassez e, como consequência, pode comprometer o desenvolvimento regional ou provocar a degradação dos recursos naturais.

Esses impactos, por sua vez, influenciam diretamente na saúde, no bem-estar e na segurança de toda a população, além de afetarem suas atividades socioeconômicas. Assim, torna-se necessário aprofundar o estudo sobre o tema e reconhecer alternativas que possibilitem o uso adequado da água no contexto doméstico, contribuindo para evitar tais problemas e gerar economia ao consumidor.

2 OBJETIVOS

Objetivo geral: Identificar alternativas para o aproveitamento de águas pluviais destinadas ao uso doméstico.

Objetivos específicos 1: Estudar a disponibilidade hídrica no Brasil;

Objetivos específicos 2: investigar o aproveitamento de águas no país;

Objetivos específicos 3: apresentar alternativas para o aproveitamento de águas pluviais com fins não potáveis no contexto doméstico.

3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL

3.1 Distribuição hídrica

Segundo Silva e Barreto (2023), dentre os recursos de que o ser humano mais necessita, sem dúvidas o mais importante é a água, indispensável para sua sobrevivência. Apesar de ser essencial para o surgimento e a manutenção da vida no planeta, no contexto contemporâneo ela também se mostra fundamental para o desenvolvimento das diversas atividades relacionadas à produção e ao consumo, assumindo, por essa razão, valores econômicos, sociais e culturais.

Caminhando nesse sentido, Oliveira, Barreto e Jesus (2020) afirmam que o planeta Terra apresenta abundância de água; porém, quase toda essa quantidade não está apta para consumo humano, aproximadamente 97% de toda a água existente é salgada. Dos menos de 3% correspondentes à água doce, grande parte está distribuída em geleiras e calotas polares, além de reservas subterrâneas e corpos d'água superficiais.

Como mostra a Figura 1, 97,5% da água do planeta é salgada e, portanto, imprópria para consumo. Os 2,5% restantes correspondem à água doce, que está distribuída principalmente em geleiras e calotas polares. A água doce em estado líquido encontra-se, em grande parte, no subsolo, enquanto apenas cerca de 4% desse total está disponível na forma superficial (Brasil, 2020).

Figura 1. Distribuição da água no planeta terra.



Fonte: Jesus (2015).

Para Carvalho (2014), além da pequena parcela de água disponível em estado líquido, ela também se encontra distribuída em diferentes ambientes, como rios, lagos e represas, infiltrada nos espaços do solo e das rochas, presente na formação das nuvens e no interior dos seres vivos.

Desse percentual, cerca de 1,8% da água doce do planeta encontra-se em estado sólido, formando grandes massas de gelo nas regiões próximas aos polos e em áreas montanhosas de elevada altitude. As águas subterrâneas também correspondem a uma parcela significativa da água doce, enquanto a fração restante está disponível em rios e lagos (Montenegro; Montenegro, 2016).

Segundo Pinheiro e Campos (2019), ao tratar dos mananciais e do volume total de água disponível no planeta, observa-se que a quantidade retirada de rios, aquíferos e outras fontes aumentou cerca de nove vezes ao longo das últimas décadas. Paralelamente, o consumo por pessoa dobrou e a população mundial tornou-se aproximadamente três vezes maior em comparação ao início do século XX. Esse crescimento populacional, somado ao aumento do consumo individual, resulta em um uso significativamente maior da água para as atividades individuais e coletivas.

Destaca-se que o Brasil é reconhecido como um país rico em disponibilidade e abundância de água; contudo, resolver as questões relacionadas à distribuição desse recurso e ao seu uso racional e consciente tem se mostrado um grande desafio. Para evitar o esgotamento das fontes e o desperdício, é necessário atentar para fatores que contribuem para o uso indiscriminado dos mananciais, como a falta de saneamento básico em grande parte dos domicílios, a toxicidade dos efluentes e o uso irracional da água, um tema que ainda recebe pouca atenção por parte da população. Esses aspectos têm gerado repercussões negativas para os recursos hídricos (Tavares; Arruda; Silva, 2019).

Reafirmando estas palavras Montenegro e Montenegro (2016, p. 05) mencionam que:

O Brasil é considerado uma potência econômica mundial quando se trata de disponibilidade hídrica, levando em consideração que o território brasileiro concentra cerca de 12% de todas as reservas de água presente no mundo, em contrapartida este fato não significa que o país não passe ou nunca venha a passar por crises de falta de água, pois seu consumo tem se processado de forma irracional, e poucas tem sido as iniciativas voltadas ao seu reaproveitamento (Montenegro; Montenegro, 2016, p. 05).

O Brasil apresenta grandes reservas de água distribuídas por quase todos os estados, exceto nas regiões do semiárido nordestino. Nesse contexto, o Brasil ocupa

posição de destaque na América do Sul, concentrando aproximadamente 53% da vazão média de água do continente. Contudo, isso não o isenta de enfrentar situações de escassez, especialmente em regiões onde a distribuição é desigual (Cunha; Brito; Rossato, 2017).

Ainda conforme Brasil (2017), na década de 1950, as reservas globais equivaliam a 16,8 mil m³/pessoa, e no contexto contemporâneo esta reserva diminuiu para 7,3 mil m³/pessoa. Acredita-se que venha a se reduzir para 4,8 mil m³/pessoa nos próximos 25 anos, em decorrência do aumento populacional, da industrialização, da agricultura e da contaminação que, em muitos casos se faz de forma desnecessária, repercutindo negativamente nos mananciais de água potável no país.

Ao analisar tais questões e se comparar as atividades que envolvem sua aplicação, a disponibilidade de água existente e a necessidade humana, pode-se, equivocadamente, concluir que existe água suficiente. Todavia, a distribuição da água em nosso planeta possui uma grande variação temporal e espacial. Desta forma, existem diversas regiões vulneráveis, onde cerca de 460 milhões de pessoas (aproximadamente 8% da população mundial) padecem com a falta constante de água e cerca de 25% estão indo para o mesmo caminho (Oliveira; Barreto; Jesus, 2020).

Com a poluição dos mananciais, o desmatamento, o assoreamento dos rios, o uso inadequado de irrigação e a impermeabilização do solo, entre tantas outras ações do homem moderno, são responsáveis pela escassez e contaminação da água. Atualmente, mais de 1,3 bilhão de pessoas carecem de água doce no mundo, e o consumo humano de água duplica a cada 25 anos, aproximadamente. Com base nesse cenário, a água doce adquire uma escassez progressiva e um valor cada vez maior, tornando-se um bem econômico propriamente dito.

No Brasil, apesar de o país possuir uma das maiores disponibilidades de água doce do mundo — cerca de 12% do total —, distribuída entre doze regiões hidrográficas, como as bacias do São Francisco, do Paraná e a Amazônica, é fundamental manter atenção ao uso racional da água. Além disso, faz-se necessária a reflexão sobre os fatores que contribuem para o desperdício desse recurso.

Figura 2. Regiões hidrográficas do Brasil



Fonte: Brasil, 2020.

Ao discorrer sobre essa distribuição, Brasil (2019) aponta que a região Norte, apesar de concentrar menos de 7% da população, possui cerca de 68% das reservas hídricas do país. Em contrapartida, as regiões Sudeste e Nordeste, que apresentam densidade populacional muito maior, contam com apenas 6% e 3% dessas reservas, respectivamente. No entanto, isso não significa que as regiões mais abundantes em água estejam isentas de enfrentar crises hídricas. Além da disponibilidade do recurso, são indispensáveis planejamento, gestão e infraestrutura capazes de garantir sua distribuição adequada a toda a população, algo que, na prática, nem sempre é possível.

Entretanto, é importante destacar que, apesar da situação do país parecer favorável, observa-se uma grande desigualdade regional na distribuição dos recursos hídricos. Quando se compara a abundância de água presente na Bacia Amazônica, que abrange as regiões Norte e Centro-Oeste, com os problemas de escassez no Nordeste e os conflitos de uso nas regiões Sul e Sudeste, essa disparidade torna-se ainda mais evidente, agravando o cenário nacional (Montenegro; Montenegro, 2016).

Um exemplo disso é a própria região Nordeste, que enfrenta problemas históricos relacionados à seca. Esses eventos não ocorrem predominantemente nas áreas mais populosas, situadas próximas ao litoral, mas sim no chamado *polígono das secas*, onde as densidades demográficas são menores. Esse cenário revela que o problema da escassez de água não está necessariamente condicionado à quantidade

de habitantes, mas, sobretudo, a questões políticas e administrativas presentes nas diferentes esferas governamentais (Oliveira; Barreto; Jesus, 2020).

Assim, além de lidar com uma grande diversidade geográfica, incluindo regiões de clima semiárido que nem sempre dispõem de água em quantidade suficiente, o país enfrenta ainda as consequências do processo de urbanização, como a poluição e a contaminação dos recursos hídricos, fatores que afetam diretamente a qualidade da água. Nas regiões metropolitanas, por exemplo, há um grande desafio decorrente do uso frequente de uma mesma fonte hídrica para diferentes finalidades, o que gera conflitos relacionados tanto à quantidade quanto à qualidade da água disponível (Novaes, 2015).

Além disso, é importante estar atento para as questões que envolvam o planejamento, execução e a operação da infraestrutura pois se trata de um evento complexo e requer maior investimento, tendo em vista que o abastecimento de grandes centros urbanos, normalmente, é feito por meio de sistemas que abastecem várias cidades de forma simultânea e interligada (Andrade; Nunes, 2014).

3.2 Gestão de demanda e o consumo de água em domicílios

Diversos autores adotam a divisão do consumo residencial de água em usos internos e externos. Como exemplo, de acordo com Bertolini, Pandolfo e Berticelli (2018), os usos internos referem-se às atividades realizadas dentro da residência, como higiene pessoal no banheiro, preparo de alimentos na cozinha e lavagem de roupas. Já os usos externos correspondem às atividades realizadas fora da casa, como rega de jardins e manutenção de piscinas.

Quando submetidas a situações de emergência, Brasil (2019) aponta que diversos fatores influenciam a quantidade de água necessária para atender às necessidades humanas. Entre esses fatores estão: o clima; o estado de saúde das pessoas; o nível de condicionamento físico; a eficiência dos dispositivos hidráulicos da residência; e a percepção individual do que seria uma quantidade adequada de água para sobreviver, percepção que varia entre populações urbanas e rurais, grupos de alta e baixa renda, diferentes culturas e religiões, bem como entre homens e mulheres.

Nas edificações comerciais, como restaurantes, museus, hotéis e escritórios, o consumo apresenta características semelhantes aos usos domésticos, sobretudo em ambientes sanitários, irrigação de áreas externas e sistemas de resfriamento. Já em

edificações públicas, como escolas, universidades e aeroportos, os ambientes sanitários tendem a representar a maior parcela do consumo devido à elevada rotatividade de usuários. O perfil de consumo, entretanto, varia conforme fatores sociais, culturais, climáticos, econômicos e regionais (Lopes; Freitas, 2017).

De acordo com Novaes (2015), para compreender o consumo total de um domicílio, é necessário analisar a contribuição individual dos aparelhos sanitários e equipamentos instalados, cujo consumo pode variar conforme o tipo, a eficiência, o número de moradores, o tempo e a frequência de uso.

Segundo a metodologia proposta por Bertolini, Pandolfo e Berticelli (2018), levantar o consumo total de água tratada da edificação é etapa essencial para estimar o volume que pode ser economizado com a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial

Pesquisas realizadas no Brasil por Hespanhol (2002), Hafner (2007) e dados compilados pela ANA (2020) mostram que a distribuição do consumo residencial interno no país ocorre da seguinte forma:

Tabela 1. Estimativa de consumo interno residencial no Brasil

Uso residencial interno	Porcentagem média
Vaso sanitário	32% a 35%
Chuveiro	25% a 28%
Torneiras (cozinha/banheiro)	15% a 18%
Máquina de lavar roupas	12% a 15%
Lavadora de louças	2% a 3%
Outros usos	1% a 3%
Total	100%

Fontes: Ana (2020); Hespanhol (2002); Hafner (2007).

Outro estudo desenvolvido Lopes e Freitas, (2017) realizado na cidade de Florianópolis, em um condomínio residencial de três blocos, demonstrou que a maior parte do consumo do condomínio foi na bacia sanitária (33,2%), conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Estimativa de consumo interno residencial

Ponto de utilização	Usos finais (%)
Bacia sanitária	32,2
Chuveiro	22,6
Lavação de louças	19,9
Lavadora de roupas	4,7
Lavatório	16,0
Limpeza	2,9
Preparo de alimentos	0,8
Total	100,0
Total não potável	40,8
Consumo total diário do morador	151,3

Fonte: Lopes e Freitas (2017).

Conforme observado, um dos aparelhos que mais consome água em uma residência é a bacia sanitária, perdendo apenas para o chuveiro, com variações entre 20% e 33% nos estudos analisados. O volume total de água não potável utilizada apresenta variação entre 32% e 41%. Estudos realizados no Brasil e no exterior indicam que, dentro de uma residência, o maior consumo de água está concentrado nas descargas dos vasos sanitários, na lavagem de roupas e nos banhos.

Em média, cerca de 40% do total de água consumida em um domicílio é destinada a usos não potáveis. Diante desses percentuais, o aproveitamento de água pluvial para fins como descarga de vasos sanitários, lavagem de veículos e calçadas e irrigação de jardins mostra-se uma alternativa viável para implantação em residências (Novaes, 2015).

Ainda segundo Carvalho (2014), o desperdício de água pode estar relacionado tanto aos dispositivos e instalações hidráulicas quanto ao próprio usuário, que pode, por exemplo, deixar uma torneira aberta sem necessidade. O autor também destaca o uso associado ao funcionamento dos dispositivos hidráulicos, que ocorre de acordo com a programação prévia definida pelo fabricante. Nesse caso, o consumo não sofre influência direta da vontade do usuário, pois está condicionado ao desempenho e à regulação do próprio equipamento.

Segundo a classificação proposta por Silva (2023), as perdas estão associadas a fatores independentes da vontade do usuário e dizem respeito aos cuidados de manutenção das instalações hidráulicas prediais. A falta de manutenção pode

favorecer o surgimento de vazamentos ou o funcionamento de equipamentos hidráulicos pouco eficientes. Por fim, outro fator que influencia o consumo é a qualidade ambiental do edifício, relacionada às características da habitação que possibilitam a adoção de medidas de uso racional da água, como captação de água de chuva, reuso e outras práticas sustentáveis.

Também é fundamental considerar o estado das bacias hidrográficas e a forma como são utilizadas pela população, desde sua origem e circulação até o modo como é consumida no cotidiano (Andrade; Nunes, 2014).

3.3 Consumo de água em edificações

O consumo de água em edificações representa um dos componentes fundamentais da gestão hídrica, pois concentra grande parte da demanda urbana e exerce impacto direto tanto sobre as companhias de abastecimento quanto sobre a disponibilidade dos recursos naturais.

Segundo Toledo (2022), o consumo de água nas residências, estabelecimentos comerciais e edificações públicas é influenciado por diversos fatores, como número de habitantes, características arquitetônicas, condições climáticas, eficiência dos aparelhos sanitários, padrão socioeconômico, hábitos culturais e, ainda, pela estrutura tarifária adotada pela concessionária. Esses elementos combinados determinam o volume total utilizado e evidenciam a necessidade de um planejamento mais racional e consciente do uso da água dentro das edificações.

Estudos nacionais e internacionais convergem ao indicar que esses dois equipamentos, somados aos banhos e ao uso de torneiras, respondem por cerca de 70% da água utilizada dentro de uma residência típica (Bertolini; Pandolfo; Berticelli, 2018). Tais dados reforçam a importância de estratégias específicas de redução, como o emprego de descargas eficientes, arejadores, redutores de vazão e máquinas certificadas com menor consumo hídrico.

Outro ponto, diz respeito às perdas e desperdícios, que podem ocorrer tanto pela má utilização quanto por falhas nas instalações. Silva (2023) diferencia o desperdício voluntário, quando o usuário deixa torneiras abertas, prolonga banhos ou realiza limpezas sem controle de água, das perdas involuntárias, decorrentes de vazamentos, dispositivos defeituosos ou redes mal dimensionadas. Segundo o autor, essas perdas involuntárias podem representar entre 10% e 20% do consumo mensal

de uma edificação, influenciando de maneira significativa o valor da fatura e o volume de água desperdiçado.

Carvalho (2014) ressalta que a eficiência do sistema hidráulico é determinante para o comportamento do consumidor. Aparelhos e instalações mal projetados impõem limites ao uso racional, uma vez que certos consumos estão vinculados à programação prévia do equipamento, como é o caso das válvulas de descarga e torneiras convencionais. Assim, parte da responsabilidade pelo consumo elevado está associada ao desempenho técnico do dispositivo, e não apenas aos hábitos do usuário.

Nesse sentido, cresce a importância das normas técnicas voltadas à conservação da água. A NBR 16782:2019, por exemplo, estabelece diretrizes específicas para promover a eficiência hídrica em edificações, reforçando a necessidade de dimensionamento adequado, seleção de materiais eficientes, controle de pressões e implementação de sistemas complementares, como o aproveitamento de águas pluviais e o reúso (ABNT, 2019). Essa norma evidencia uma mudança de paradigma ao valorizar não apenas a redução do consumo, mas também a substituição de fontes, incorporando tecnologias capazes de diminuir significativamente a demanda por água potável.

Ao se considerar o consumo de água nas edificações sob uma perspectiva ampliada, torna-se evidente que práticas sustentáveis, como o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, estão diretamente ligadas à gestão eficiente. Jesus (2015) argumenta que a adoção de indicadores de monitoramento, aliados à capacitação dos usuários para a operação e manutenção dos sistemas, potencializa os resultados e fortalece a cultura da economia hídrica. Dessa forma, o uso racional deixa de ser apenas uma alternativa ambientalmente responsável e se torna uma estratégia economicamente vantajosa.

Assim, o consumo de água em edificações configura-se como um campo que demanda atenção contínua, integrando fatores técnicos, ambientais e comportamentais. Compreender essa dinâmica permite identificar oportunidades de redução da demanda, promover soluções mais eficientes e ampliar o alcance de práticas sustentáveis de gestão da água, contribuindo diretamente para a preservação dos recursos hídricos e para a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

4 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS NO BRASIL

4.1 A prática do aproveitamento de águas das chuvas

Aproveitar a água da chuva é uma prática milenar, comum entre diferentes culturas ao redor do mundo. De acordo com Novaes (2015), a Pedra Moabita, uma das inscrições mais antigas conhecidas, encontrada no Oriente Médio, a leste do Mar Morto, e escrita na língua canaanita, data de 830 a.C. Nela, o rei Mesha, dos moabitas, recomenda que seja construído um reservatório em cada casa para o aproveitamento da água da chuva.

De acordo com Bellettini (2019), em Istambul, na Turquia, durante o governo do imperador Justiniano (527–565 d.C.), foi construído um dos maiores reservatórios subterrâneos do mundo, conhecido como *Yerebatan Sarayi* ou Cisterna da Basílica. Suas dimensões, 140 por 70 metros, totalizam um volume aproximado de 80.000 m³, tendo sido projetado para armazenar água, incluindo água da chuva, a fim de garantir o abastecimento da cidade.

Nos tempos atuais, diversos países desenvolvidos, como Japão e Alemanha, têm adotado de forma sistemática o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis. Outros países, como Estados Unidos, Austrália e Singapura, também investem em pesquisas e em tecnologias voltadas ao aproveitamento racional desse recurso, buscando ampliar práticas sustentáveis relacionadas ao uso da água.

Portanto, percebe-se que o aproveitamento da água é uma prática milenar, historicamente utilizada para garantir qualidade e disponibilidade desse recurso aos seus usuários. Por essa razão, o tema continua sendo amplamente debatido, sobretudo diante dos desafios que se projetam para as gerações futuras.

Culturalmente tratada como um bem infinito, a água tem demonstrado sinais evidentes de que não conseguirá suprir indefinidamente as necessidades populacionais. As mudanças climáticas, o desaparecimento de nascentes e rios, a escassez já sentida em várias regiões do país e o aumento exponencial da poluição hídrica reforçam a urgência dessas discussões. A soma desses fatores evidencia a necessidade de ampliar ações voltadas ao seu aproveitamento e conservação, pois poupar o consumo de água tornou-se uma medida cada vez mais urgente (Silva, 2023).

Nesse viés, o aproveitamento de água é uma prática realizada há muitos anos e de grande importância para a sociedade e para o meio ambiente, por se tratar de

uma ação sustentável que pode ser adotada por todos. Seus benefícios vão além da mitigação dos problemas relacionados à escassez desse recurso natural, que tem se tornado cada vez mais comum. Ao contrário do que muitos pensam, esses desafios não estão restritos apenas aos períodos de seca, o que torna o aproveitamento da água uma prática indispensável (Silva; Barreto, 2023).

Brasil (2019) menciona que o aproveitamento de água é uma das principais estratégias para superar os obstáculos relacionados ao uso desse recurso em escala global, especialmente aqueles decorrentes da atividade industrial, do setor agrícola, dos problemas de distribuição e do excesso de consumo residencial. Ressalta-se, ainda, que o consumo consciente de água é uma responsabilidade tanto individual quanto coletiva, e o reaproveitamento também deve ser entendido nesses termos.

Apesar da ampla disponibilidade hídrica do país, a água tem se tornado um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, provocando alterações significativas na qualidade de vida da população. Nesse contexto, o aproveitamento de águas pluviais mostra-se uma alternativa viável para minimizar problemas urbanos e reduzir o risco de conflitos sociais associados à escassez (Bertolini; Pandolfo; Berticelli, 2018).

Em um relatório divulgado em 2021 pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), foi apontado que, nas últimas duas décadas, o consumo hídrico no Brasil aumentou de 640 para 965 m³/s, com potencial de crescimento contínuo, especialmente diante da expansão de atividades intensivas em uso de água, como o agronegócio (Toledo, 2022).

Outra preocupação, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), é que a escassez de água potável poderá afetar mais da metade da população mundial até 2060, resultado de tendências globais como desmatamento, aumento populacional, crescimento urbano, poluição das fontes hídricas, uso desenfreado dos recursos naturais, alterações climáticas e, principalmente, falta de políticas públicas que estimulem o uso sustentável, além da distribuição irregular (Bertolini, Pandolfo e Berticelli, 2018).

Essas estimativas reforçam a necessidade de ações de planejamento para evitar a escassez desse recurso e garantir a segurança hídrica, prevenindo crises e possibilitando os usos múltiplos da água, especialmente quando considerados os efeitos das mudanças climáticas sobre o ciclo hidrológico, que demandam atenção constante (Philippi, Romero; Bruna, 2014).

Nesse cenário, torna-se necessário avaliar o desenvolvimento de novos modelos de saneamento, uma vez que buscar soluções para o problema da escassez de água reflete o compromisso com uma sociedade mais autossustentável. O uso racional da água envolve práticas, técnicas e tecnologias que promovem maior eficiência no consumo, e, nesse contexto, o reaproveitamento hídrico tem crescido nos últimos anos. Empresas e pessoas físicas têm demonstrado maior preocupação ambiental e buscado formas de reutilizar a água em suas edificações (Oliveira, Barreto e Jesus, 2020).

Existem diversas alternativas que auxiliam no aproveitamento da água, recurso natural gratuito que, infelizmente, ainda é amplamente desperdiçado. Como consequência, a escassez hídrica tornou-se um problema mundial cada vez mais acentuado, afetando não apenas regiões específicas, como o Nordeste brasileiro, mas também diversos países africanos e áreas de extrema pobreza (Toledo, 2022).

Especificamente no Brasil, a água da chuva normalmente escoar e se mistura ao sistema de drenagem urbana. Infelizmente, apesar de o país ser rico em recursos naturais, muitas vezes não consegue aproveitá-los de forma eficiente. Embora seu uso sem tratamento não seja recomendado para ingestão, o aproveitamento da água pluvial para finalidades não potáveis pode contribuir significativamente para a construção de um país mais sustentável (Philippi, Romero e Bruna, 2014).

Algumas pessoas já pensaram em adotar essa alternativa, porém, devido à falta de conhecimento e ao acesso limitado a informações sobre o tema, a prática muitas vezes não é implementada. Além disso, ainda existe certa desconfiança quanto aos possíveis riscos à saúde. Para esse público, o aproveitamento da água da chuva é uma excelente opção, pois reduz gastos excessivos com a conta de água e fortalece práticas de sustentabilidade (Carvalho, 2014).

Nessa perspectiva, ao falar de sustentabilidade, é preciso considerar não apenas as escolhas relacionadas ao consumo, mas também as formas de utilização dos recursos naturais. No caso da água da chuva, grande parte dela é desperdiçada e tratada como esgoto, apesar de existirem normas específicas que regulamentam seu aproveitamento. Mesmo com diversas utilidades possíveis, ainda se discute pouco sobre o tema e suas formas de aplicação (Lopes e Freitas, 2017).

No que se refere às normas, a ABNT NBR 16783:2019 trata da avaliação da qualidade do solo e da água para fins de levantamento ambiental e análise de risco à saúde humana no gerenciamento de áreas contaminadas. Já a ABNT NBR

16784:2020 estabelece os procedimentos para a elaboração de planos de intervenção voltados à reabilitação de áreas contaminadas, contemplando definição de medidas, modelos conceituais e relatórios técnicos (ABNT, 2020).

Segundo Machado (2023), o trajeto mais comum da água da chuva é escoar pelos telhados e pisos até chegar às bocas de lobo. Ao longo desse percurso, a água funciona como um “solvente universal”, carregando impurezas e resíduos até córregos, rios e, posteriormente, oceanos. Nesse sentido, o aproveitamento da água pluvial é uma das melhores alternativas para evitar danos ambientais, gerar economia, preservar o meio ambiente, prevenir racionamentos e reduzir o desperdício.

Entre os principais benefícios do aproveitamento da água da chuva para o meio ambiente e a sociedade estão a redução de custos financeiros, a diminuição do risco de racionamento e falta de água, a menor probabilidade de enchentes, a redução da conta de água, a melhora na irrigação de plantas, o potencial de geração de empregos, a valorização imobiliária e a disponibilidade de água para limpeza de veículos, áreas comuns e calçadas. Tais medidas contribuem para amenizar crises hídricas e reduzir impactos ambientais (Toledo, 2022).

Diante desse cenário, a adoção de sistemas de aproveitamento de água surge como uma estratégia fundamental para enfrentar os problemas de escassez que afetam diversas partes do mundo. (Philippi, Romero e Bruna, 2014).

Em contrapartida, apesar de seus benefícios, o Brasil, embora venha enfrentando crises hídricas em alguns estados, ainda não possui uma cultura consolidada de aproveitamento da água das chuvas, o que resulta em um grande desperdício desse recurso natural. Em países como a Alemanha, por exemplo, a água da chuva é direcionada para sistemas individuais, e alguns distritos chegam a subsidiar essas instalações. Assim, o aproveitamento desse recurso é amplamente incentivado, contribuindo para reduzir a escassez de água que já afeta diversas regiões do país (Oliveira, Barreto e Jesus, 2020).

Ao discorrer sobre essa forma de aproveitamento, Carvalho (2014) menciona que uma das maneiras mais simples e eficazes de reduzir o desperdício de água consiste na implantação de sistemas de captação de água pluvial para uso não potável nas edificações, podendo contribuir para suprir mais de 50% do consumo. No entanto, para que isso seja possível, o imóvel deve contar com uma estrutura adequada para coleta, incluindo equipamentos específicos de captação e o direcionamento da água para um reservatório apropriado.

Porém, com as primeiras águas é preciso tomar alguns cuidados:

As primeiras águas da chuva devem ser descartadas, pois são águas que lavam o telhado, além de serem passíveis de fonte de contaminação, no intuito de fornecer mais informações sobre o assunto, o movimento cisterna divulgou um passo a passo de como fazer uma minicisterna de uma maneira fácil, com baixo custo e dentro das normas técnicas, e com isso é possível assegurar a captação e o reaproveitamento da água da chuva (Silva, 2023 p. 25).

Portanto, deve-se atentar a alguns aspectos relacionados às águas pluviais. É fundamental compreender o conceito, já consolidado no Brasil, de melhoria do saneamento ambiental, que engloba fatores como abastecimento de água, drenagem pluvial, esgotamento sanitário e controle de resíduos sólidos. Uma política de gestão da água envolve, consequentemente, políticas de saneamento e de meio ambiente, e, como esperado, o aproveitamento da água da chuva se caracteriza como uma das soluções mais simples e econômicas para preservar a água potável. Diante da crescente preocupação com a escassez desse recurso, as práticas de reaproveitamento pluvial tornam-se cada vez mais viáveis (Bertolini, Pandolfo e Berticelli, 2018).

O aproveitamento da água da chuva é um processo no qual a água pode ser utilizada tratada ou não, dependendo da finalidade. Embora existam desafios relacionados à ausência de infraestrutura adequada para conservação e uso racional da água dentro das edificações, diversas aplicações potenciais são possíveis, como o abastecimento doméstico para usos não potáveis, processos industriais, irrigação agrícola e até recarga de aquíferos subterrâneos (Teixeira, 2013).

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), o reaproveitamento da água pode ser classificado em uso potável e uso não potável. No reuso potável, a água passa por um rigoroso programa de amostragem e recebe tratamento avançado, com etapas de filtração, desinfecção e cloração, visando eliminar agentes nocivos à saúde, possibilitando posteriormente sua reutilização no sistema de abastecimento potável. Já no reuso não potável, a água tratada é destinada a aplicações de menor complexidade, como atividades domésticas, recreacionais, agrícolas e industriais (Teixeira, 2013).

No Brasil, o aproveitamento de águas pluviais é incentivado por diversas legislações e políticas públicas. Muitas cidades oferecem incentivos fiscais para a instalação de sistemas de captação da água da chuva, com o objetivo de promover a sustentabilidade e a conservação dos recursos hídricos. É fundamental que os

proprietários estejam atentos às normas locais e busquem informações sobre eventuais benefícios ao implementar esse tipo de sistema em suas propriedades (Alves, Souza e Barbosa, 2023).

Segundo Carvalho (2014), o aproveitamento de águas pluviais é uma prática sustentável que consiste na coleta e utilização da água da chuva para diferentes finalidades. Essa técnica não apenas reduz o consumo de água potável, mas também contribui para a preservação dos recursos naturais. Com a instalação de sistemas adequados, é possível armazenar a água da chuva em reservatórios apropriados, possibilitando seu uso em atividades como irrigação, limpeza e descargas de vasos sanitários.

Além disso, a aceleração no campo industrial e o elevado grau de urbanização provocam conflitos sociais e grandes anseios diante das novas fontes de abastecimento e implantação de sistemas fechados de utilização da água, tendo em vista à reciclagem do que até então era considerado meramente como possíveis resíduos descartáveis, ampliando assim, o seu reaproveitamento para fins produtivos (Toledo, 2022, p. 65).

Neste contexto, Oliveira, Barreto e Jesus (2020) destacam que uma das estratégias para a melhor utilização desse recurso é a avaliação e a adoção de sistemas que permitam o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis. Embora a região Norte do país apresente altos índices pluviométricos, o uso da água pluvial ainda não é culturalmente difundido. Além disso, a água da chuva, em seu estado natural, não atende aos requisitos mínimos de potabilidade para consumo humano.

Em contrapartida, conforme estabelece a NBR 15527, essa água pode ser utilizada para fins menos nobres, como em descargas de bacias sanitárias e mictórios, irrigação, lavagem de pisos e veículos, entre outras atividades que não exigem água potável (Oliveira, Barreto e Jesus, 2020).

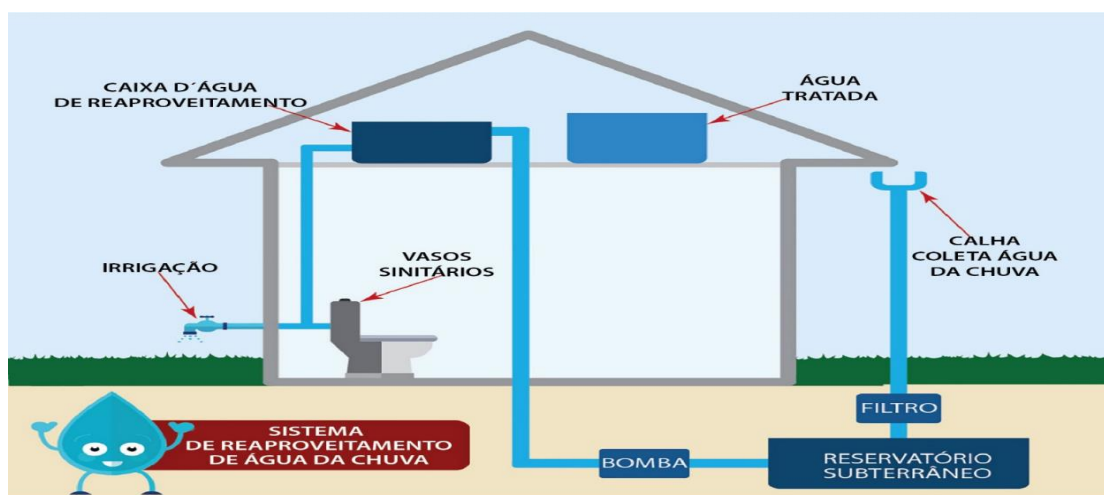
Diante desse cenário de consumo, e o aproveitamento de águas pluviais aparece como um importante instrumento de gestão dos recursos hídricos capaz de contribuir junto a conservação, economia bem como a diminuição de picos de enchentes nos estados que apresentam maior densidade chuvosa, além de fortalecer a distribuição sustentável e garantir um futuro digno as próximas gerações (Teixeira, 2013, p. 89).

No estudo realizado por Alves, Souza e Barbosa (2023), foi desenvolvida uma simulação de implementação de equipamentos individuais para o aproveitamento de água da chuva, representada pelo sistema ilustrado na Figura 3. Nesse sistema, detalhado a seguir, a coleta e a utilização da água pluvial proveniente dos telhados

constituem a forma mais simples de captação. A água da chuva é conduzida por meio de calhas e condutores verticais e horizontais até um reservatório, geralmente cisternas.

A figura 3 apresenta um sistema de aproveitamento de águas pluviais relativamente simples.

Figura 3. Sistema de aproveitamento de Água da Chuva



Fonte: Alves; Souza; Barbosa (2023).

Essa separação é realizada por meio de calhas e coletores, que podem ser metálicos ou de PVC e devem ser dimensionados de acordo com os dados pluviométricos da região (Alves, Souza e Barbosa, 2023).

No estudo mencionado, optou-se por avaliar o impacto de reservatórios com capacidades de 1.000, 5.000 e 10.000 litros, além de investigar quais usos de água poderiam ser substituídos pela água coletada e qual seria o tamanho ideal do reservatório para essa finalidade. Uma das constatações foi que, em reservatórios maiores, como os de 10.000 litros, a economia pode chegar a aproximadamente 80 m³ por ano, já que o volume permite abastecer a residência inclusive durante períodos de estiagem (Alves, Souza e Barbosa, 2023).

No entanto, para quem deseja aplicar este tipo de sistema existem alguns desafios pois, a maior parte das casas têm quintais pequenos, o que inviabilizaria a adoção de grandes reservatórios, em contrapartida, terrenos e quintais maiores, que é o caso dos condomínios horizontais, onde são feitos usos mais abrangentes para a água de reaproveitamento, como irrigação de jardins e lavagem de áreas externas, o sistema torna-se de maior viabilidade (Alves; Souza; Barbosa, 2023).

4.2 Legislação e normas técnicas aplicadas ao aproveitamento de águas

A regulação do aproveitamento de águas pluviais no Brasil ainda se encontra em processo de consolidação. O Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) destaca que não há, até o momento, uma legislação federal plenamente específica que estabeleça, de forma abrangente, padrões sanitários e operacionais voltados exclusivamente ao uso de fontes alternativas de água, como a água da chuva, sobretudo no que se refere às exigências físico-químicas e biológicas conforme as diferentes finalidades de uso não potável (Philippi; Romero; Bruna, 2014).

Ainda assim, observa-se a existência de um conjunto de leis, resoluções e normas técnicas que vêm estruturando gradualmente esse cenário regulatório, servindo como base para a adoção de práticas seguras e ambientalmente sustentáveis.

No campo legal, destaca-se a Lei nº 14.026/2020, que atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico. Embora essa legislação não trate diretamente do aproveitamento de águas pluviais, ela estabelece diretrizes importantes relacionadas à eficiência, à sustentabilidade e à universalização dos serviços de saneamento, criando um ambiente institucional favorável ao desenvolvimento de soluções alternativas para redução do consumo de água potável, entre elas a captação e o uso da água da chuva (ABES, 2015).

Em âmbito local, surgem iniciativas mais específicas, como a Lei Municipal nº 16.160/2015, do município de São Paulo, que institui programas de uso racional da água e incentiva práticas alternativas, deixando claro o papel dos municípios na promoção dessas soluções.

No que se refere às resoluções nacionais, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) dispõe de normativas que dialogam indiretamente com o tema. A Resolução CNRH nº 54/2005 estabelece diretrizes gerais para o reuso direto não potável da água, enquanto a Resolução CNRH nº 121/2010 trata do reuso agrícola e florestal. Contudo, é importante destacar que essas resoluções se concentram no reuso de águas residuárias tratadas, não abordando de forma específica o aproveitamento de águas pluviais.

Além disso, como aponta Silva (2023), tais resoluções não definem padrões detalhados de qualidade da água nem apresentam força normativa suficiente para

orientar, de forma padronizada, a implantação operacional de sistemas prediais voltados à captação da água da chuva. Ainda assim, representam avanços conceituais e contribuem para a consolidação do debate sobre fontes alternativas de água no país.

Diante da ausência de uma legislação federal específica voltada ao aproveitamento de águas pluviais, as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) assumem papel importante na regulamentação dessa prática no Brasil. Diferentemente das resoluções voltadas ao reúso, as normas da ABNT tratam de forma direta e objetiva da captação, do armazenamento, do uso, da operação e da manutenção de sistemas de aproveitamento de água da chuva em edificações.

Nesse contexto, destacam-se especialmente as normas NBR 15527, NBR 16782 e NBR 16783, que estabelecem critérios técnicos fundamentais para garantir a segurança sanitária, a eficiência hidráulica e a viabilidade do uso da água pluvial para fins não potáveis no ambiente construído. Os principais aspectos destas normas serão apresentados a seguir.

4.2.1 NBR 15527 – Aproveitamento de água de chuva de coberturas

A NBR 15527 é reconhecida como um dos principais marcos normativos no Brasil voltados especificamente ao aproveitamento de água da chuva, principalmente em áreas urbanas (Brasil, 2019). Sua primeira versão, publicada em 2007 e revisada em 2019, define os critérios técnicos para projetos, execução, operação e manutenção de sistemas de captação de água pluvial proveniente de coberturas. Segundo Teixeira (2013), essa norma foi responsável por padronizar o que antes era realizado de forma intuitiva e pouco segura, trazendo rigor técnico à prática e contribuindo para a disseminação de sistemas mais eficientes.

A norma estabelece que a água captada deve ser utilizada apenas para fins não potáveis, como irrigação de jardins, lavagem de áreas externas, lavagem de veículos e abastecimento de bacias sanitárias. Montenegro e Montenegro (2016) destacam que a NBR 15527 é fundamental para reduzir riscos sanitários, uma vez que a água da chuva, apesar de geralmente limpa, pode carrear impurezas do telhado e da atmosfera. Assim, a norma orienta o dimensionamento adequado dos componentes, incluindo calhas, condutores, filtros, dispositivos de descarte da primeira água e reservatórios.

Outro aspecto abordado pela norma refere-se aos padrões mínimos de qualidade. Carvalho (2014) ressalta que, diferentemente de outras fontes alternativas, a água pluvial apresenta características variáveis dependendo da região, da pluviometria e do tipo de superfície de captação. Por essa razão, a NBR 15527 define limites microbiológicos, turbidez, cor e presença de sólidos, orientando os processos de filtragem e desinfecção quando necessários. Essa padronização, segundo Alves, Souza e Barbosa (2023), fortalece a segurança no uso da água e diminui riscos de contaminação.

A norma ainda orienta que cada sistema seja projetado de acordo com sua finalidade, de forma a garantir desempenho, segurança e viabilidade econômica, reforçando que o aproveitamento de água pluvial deve ser visto tanto como prática ambiental quanto como alternativa de gestão eficiente dentro das edificações.

4.2.2 NBR 16782 – Conservação de água em edificações

A NBR 16782:2019 marca um avanço expressivo no campo da eficiência hídrica, pois aborda de forma abrangente as estratégias de conservação de água em edificações (Brasil, 2019). Para Lopes e Freitas (2017), essa norma representa uma mudança de paradigma ao considerar não apenas a economia de água como prática isolada, mas como parte integrante do ciclo de vida da edificação. Ela estabelece procedimentos para avaliação do balanço hídrico, análise de demandas internas, identificação de usos potáveis e não potáveis e elaboração de matrizes de oferta e consumo.

Segundo Silva (2023), a norma funciona como um guia que sistematiza ações de conservação, desde projetos arquitetônicos mais eficientes até a escolha de tecnologias economizadoras, como arejadores, redutores de vazão e equipamentos sanitários com menor consumo. A NBR 16782 também deixa claro a necessidade de monitoramento contínuo, inspeções e manutenção preventiva, a fim de evitar perdas invisíveis, como vazamentos e mau dimensionamento de redes internas, que representam uma parcela significativa do desperdício dentro das edificações.

Uma das contribuições mais relevantes dessa norma é a valorização das fontes alternativas de água, como águas pluviais e águas cinzas, desde que sejam tecnicamente viáveis.

De acordo com Philippi, Romero e Bruna (2014), essa diretriz amplia a perspectiva de sustentabilidade, incentivando a substituição da água potável por

outras fontes em usos compatíveis, sem comprometer a segurança sanitária. Assim, a NBR 16782 integra conceitos de conservação, eficiência e sustentabilidade, sendo considerada uma das normas mais completas para edificações urbanas modernas.

4.2.3 NBR 16783 – Uso de fontes alternativas de água

A NBR 16783:2019 complementa de maneira bem relevante as diretrizes da NBR 16782 ao estabelecer requisitos técnicos específicos para o uso de fontes alternativas de água. Segundo Oliveira, Barreto e Jesus (2020), essa norma se destaca por oferecer um conjunto de procedimentos claros para sistemas que utilizam água pluvial, água de rebaixamento de lençol freático, água cinza clara, água cinza escura, água negra tratada e até efluentes sanitários devidamente processados. Sua abrangência reflete a necessidade crescente de diversificação das fontes hídricas em meio ao cenário de escassez e aumento do consumo urbano.

Um dos pontos importantes da NBR 16783 é o estabelecimento de parâmetros de qualidade específicos para cada tipo de uso permitido. Isso inclui orientações para controle microbiológico, físico-químico e para a frequência do monitoramento. Segundo Carvalho (2014), essa padronização é essencial para prevenir riscos sanitários, especialmente em usos mais sensíveis, como em descargas sanitárias ou sistemas de irrigação por aspersão, nos quais a água pode ter contato indireto com pessoas.

A norma também detalha os procedimentos de projeto para os sistemas, incluindo dimensionamento de tubulações, reservatórios, filtros, bombas, ventilação e identificação adequada das redes de água não potável, a fim de evitar cruzamento com tubulações de água potável. Para Flores, Mendes e Oliveira (2017), essa exigência é vital, pois falhas na identificação ou na separação de redes podem causar acidentes graves de contaminação.

Outro ponto enfatizado pela NBR 16783 é a necessidade de manter documentação completa do sistema, contendo manuais, registros de operação e histórico de manutenção. Jesus (2015) destaca que, ao exigir esse controle técnico, a norma promove responsabilidade operacional e facilita a verificação de conformidade, garantindo que a qualidade da água seja mantida ao longo do tempo.

Por se tratar de uma norma que organiza de forma sistemática o uso de múltiplas fontes alternativas, a NBR 16783 estabelece um marco técnico para o Brasil, alinhando o país às práticas internacionais de gestão sustentável da água.

5 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USO DOMÉSTICO

5.1 Alternativas para o aproveitamento de águas pluviais

A coleta e o uso de águas pluviais podem gerar água para consumo não potável, aplicável a diversos usos secundários. Isso ocorre porque os sistemas de captação e aproveitamento se baseiam em quatro critérios principais: segurança higiênica, aspectos estéticos, proteção ambiental e viabilidade técnica e econômica. Embora a qualificação da água da chuva para consumo humano seja um processo complexo e oneroso, seu uso para finalidades não potáveis apresenta maior viabilidade no contexto domiciliar (ANA; FIESP; SINDUSCON, 2015).

Nessa perspectiva, Brasil (2019) menciona que o aproveitamento da água pluvial é uma técnica de economia de água potável amplamente utilizada em diversos países. No Brasil, a água da chuva é majoritariamente destinada a usos não potáveis. Apesar de ser possível utilizá-la para fins potáveis, isso exige tratamento adequado capaz de atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2.914. No entanto, os custos envolvidos no processo de tornar essa água própria para consumo humano são elevados.

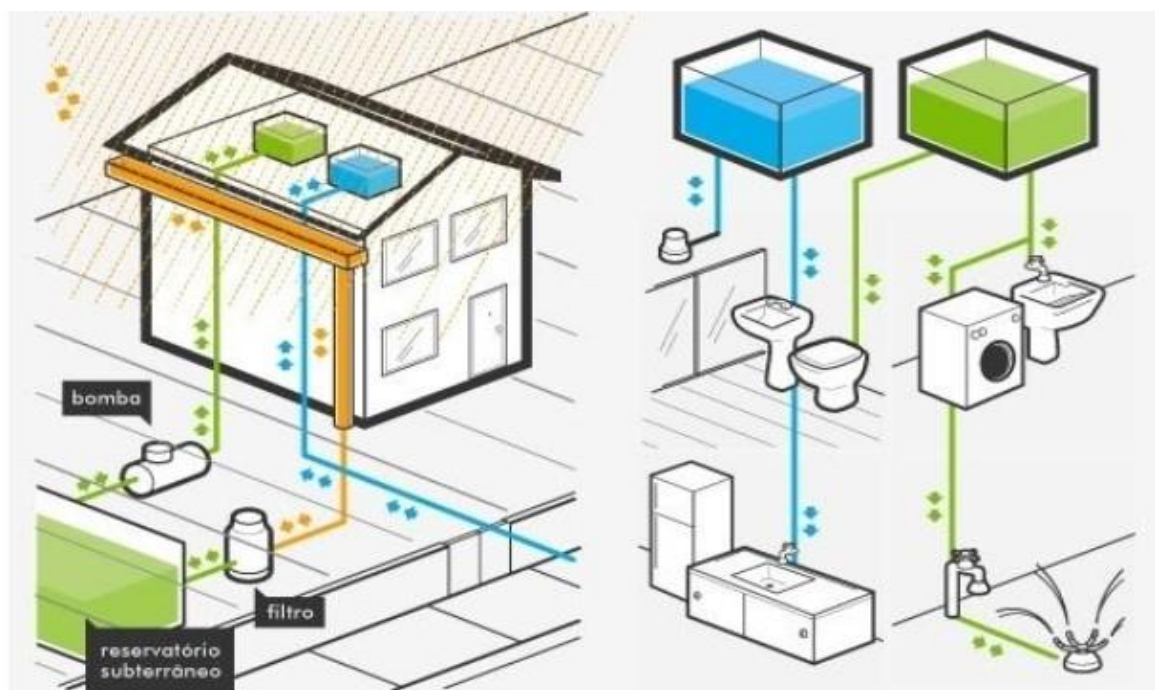
Existem diversas atividades domésticas que não requerem o uso de água potável, como lavagem de pisos, acionamento de descargas, usos industriais leves, irrigação de jardins, lavagem de veículos, usos ornamentais (chafarizes e fontes), sistemas de resfriamento e reserva técnica para incêndio. O aproveitamento da água pluvial nessas atividades gera uma economia significativa do volume de água potável disponível (Silva e Barreto, 2023).

Para tanto, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais devem seguir rigorosamente os princípios do saneamento ecológico e apresentar características específicas, contemplando um abastecimento descentralizado capaz de proporcionar maior autossuficiência e contribuir para a conservação dos recursos hídricos (Philippi, Romero e Bruna, 2014).

A literatura ressalta que existem diversos sistemas de aproveitamento de águas pluviais que podem ser utilizados em domicílios, sendo que cada um deles apresenta técnicas específicas para a coleta da água, variando desde a captação em telhados até a coleta diretamente na superfície do solo. Cabe pontuar que, no primeiro caso, trata-se de um mecanismo de menor complexidade e que resulta em uma água de melhor qualidade quando comparada àquela coletada no solo (Teixeira, 2013).

Conforme ilustrado de forma mais detalhada na Figura 4, os sistemas mais simples direcionam a água apenas para atividades de menor complexidade, como a irrigação de jardins. No entanto, após passar pelos processos de filtragem e ser armazenada no reservatório superior, essa água pode ser utilizada em equipamentos e eletrodomésticos, como vasos sanitários, tanques e máquinas de lavar roupas. Embora não seja adequada para consumo humano, pode ser empregada nessas atividades sem causar danos à saúde dos usuários (Montenegro; Montenegro, 2016).

Figura 4. Esquema de captação e distribuição de águas pluviais numa residência



Fonte: Montenegro; Montenegro (2016).

De maneira mais ampla, o esquema de captação de água pode ser dividido em cinco subsistemas: captação, condução, tratamento, armazenamento e distribuição. Cada um desses componentes contribui para o aproveitamento da água da chuva, conforme mencionado anteriormente. Além deles, é possível acrescentar outros elementos, como equipamentos de bombeamento ou pressurização, sistemas eletromecânicos de automação e instrumentos de monitoramento, entre outras partes que aprimoram o funcionamento do sistema (Flores, Mendes e Oliveira, 2017).

Existem também outras técnicas destinadas a garantir a qualidade da água pluvial. Inicialmente, é realizada uma pré-filtragem por meio de telas ou grades. Em seguida, a água é captada pelas calhas, passando por um sistema de separação dos

materiais grosseiros, como folhas, gravetos e demais detritos, evitando que esses elementos se decomponham no reservatório final (Flores, Mendes e Oliveira, 2017).

Todo esse processo deve ser executado corretamente, pois, apesar de a primeira filtragem reter grande parte das partículas maiores, a água da chuva ainda carrega impurezas finas capazes de passar pelas telas ou grades. Por isso, após essa etapa inicial, é essencial descartar a primeira água da chuva, que costuma ser mais poluída por lavar a atmosfera e a superfície de captação, seja ela um telhado ou o solo (Pinheiro e Campos, 2019).

Descrevendo detalhadamente este processo Pinto *et al.* (2020 p. 76) caracterizam como:

É necessário a eliminação da primeira chuva, que é feita através de um reservatório de descarte, este sistema também é denominado de autolimpeza, recomenda-se descartar o primeiro 1 milímetro (mm) de chuva, contudo na maior parte das cidades, a quantidade de poluentes e poeira no ar é maior, potencializando o volume de água a ser descartada, por isso recomenda-se o descarte de 2 mm de chuva, o equivalente para cada metro quadrado (m²) de telhado, serão descartados dois litros de água, e então pode-se dimensionar o tamanho do reservatório para o descarte da primeira água de chuva (Pinto et al., 2017, p. 76).

Quanto às técnicas para o descarte da primeira água da chuva, as mais tradicionais são o tonel de descarte com esfera flutuante e o reservatório de descarte com torneira-boia, nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

Figura 5. Reservatório de descarte com esfera flutuante



Fonte: Pinto *et al.* (2017).

No caso do reservatório de descarte com esfera flutuante, detalhado na Figura 5, seu funcionamento ocorre da seguinte forma: inicialmente, coloca-se uma esfera

flutuante (geralmente de isopor) com tamanho proporcional para vedar a entrada de água quando o reservatório atingir seu limite máximo. A água mais suja, correspondente à primeira chuva, preenche esse reservatório e, somente após essa etapa, a água mais limpa é conduzida até a cisterna, ficando apta para ser utilizada em fins secundários (Flores, Mendes e Oliveira, 2017).

Figura 6. Reservatório de descarte com torneira-boia.



Fonte: Pinto *et al.* (2017).

O reservatório de descarte com torneira-boia, identificado na Figura 6, funciona da seguinte forma: ao atingir um nível pré-estabelecido, a boia fecha o condutor, retendo a primeira água da chuva e permitindo que a água mais limpa seja direcionada para a cisterna. Após esse processo, o registro de limpeza deve ser aberto, garantindo que o sistema esteja apto para uso (Flores, Mendes e Oliveira, 2017).

Diversos estudos mostram que, embora na primeira chuva algumas substâncias ainda permaneçam na água, é possível utilizar dispositivos variados para eliminá-las, de acordo com o tipo de uso desejado. Em contrapartida, no caso da água destinada ao consumo potável, não se recomenda utilizar sistemas desse tipo, pois a necessidade de desinfecção tornaria o processo mais complexo e oneroso (Silva, 2023).

Segundo Lopes e Freitas (2017), outro fator que contribui para o aproveitamento de águas pluviais no ambiente domiciliar é o planejamento prévio dos recursos disponíveis, facilitando a implementação dos componentes do sistema, que visam reduzir o consumo de água potável e melhorar a qualidade do abastecimento.

Nesse sentido, cada vez mais construções têm adotado técnicas e reservatórios para evitar interrupções no fornecimento de água.

Para garantir a qualidade da água armazenada, alguns cuidados são indispensáveis, tais como: utilização de reservatórios com paredes e coberturas impermeáveis; prevenção da entrada de luz, a fim de evitar proliferação de algas; proteção das entradas de água com telas para impedir o acesso de insetos e pequenos animais; e instalação de uma abertura específica para permitir a limpeza periódica do reservatório.

5.2 Contribuições do aproveitamento de águas pluviais para uso doméstico

O aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis contribui diretamente para a conservação da água, reduzindo a dependência das reservas subterrâneas, que podem se esgotar quando exploradas de forma excessiva. Além disso, minimiza a elevada demanda sobre os sistemas públicos ou privados de abastecimento, reduzindo os custos associados ao consumo e à operação desses sistemas (Silva, 2023).

Observa-se que a captação e utilização de águas pluviais para fins não potáveis no ambiente domiciliar auxilia tanto na redução do valor da conta de água das famílias quanto na economia de recursos hídricos, gerando inúmeros benefícios para a sociedade. Assim, embora o investimento inicial para a implantação desse tipo de sistema ainda seja relativamente alto, é essencial considerar o custo-benefício, pois, a longo prazo, a adoção dessa tecnologia tende a trazer resultados positivos para todos (Lopes e Freitas, 2017).

Quanto ao uso de tecnologias para a sua aplicabilidade é possível constatar que:

As tecnologias necessárias para a captação e armazenamento de águas pluviais são normalmente simples de instalar e de fácil utilização. Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, desde os mais simples até os mais sofisticados – que incluem o tratamento da água até que se torne potável – estão disponíveis no mercado e se enquadram as demandas de uma sociedade que desenvolva suas atividades e satisfaça suas necessidades de forma sustentável (Silva, 2023, p. 61).

Outro aspecto positivo é que, na implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para uso domiciliar, podem ser utilizadas estruturas já existentes nas edificações, como telhados, lajes, rampas e parte das instalações hidráulicas. Dessa forma, reduz-se também o impacto ambiental causado pelas atividades da

construção civil. Além disso, esses sistemas podem complementar os sistemas convencionais de abastecimento, funcionando como alternativa em situações emergenciais, como períodos de estiagem prolongada, interrupções temporárias no fornecimento pela concessionária, manutenções programadas na rede ou falhas operacionais que comprometam o abastecimento (Lopes e Freitas, 2017).

Os programas de conservação da água, que envolvem sua substituição e reaproveitamento por meio de fontes alternativas, têm como finalidade utilizar novos recursos hídricos em substituição aos já existentes. Nesse contexto, o aproveitamento da água pluvial em condomínios urbanos enquadra-se nessa categoria, pois vem ganhando destaque por incentivar práticas de conservação, reduzir despesas na conta mensal de água, contribuir para a diminuição dos picos de inundação e, quando adotado em larga escala e de forma planejada, auxiliar na preservação das bacias hidrográficas (Gonçalves, 2016).

Além disso, esses sistemas possibilitam a disponibilidade de água com qualidade aceitável para diversos fins, com pouco ou nenhum tratamento, reforçando práticas de economia hídrica diante do crescimento populacional e contribuindo para suprir áreas com abastecimento deficiente. Outro benefício apontado pelos autores é a possibilidade de melhor direcionamento dos investimentos públicos, reduzindo a necessidade de captação de água em mananciais cada vez mais distantes das áreas urbanas e utilizados para atender tanto a demanda diária quanto os picos de consumo.

Gonçalves (2016) destaca que o aproveitamento de águas pluviais contribui para a redução do volume de água que precisa ser captado e tratado pelos sistemas convencionais, potencializando seu uso para fins secundários. O autor também ressalta a diminuição da entropia, ou seja, a redução dos custos energéticos associados ao transporte e ao tratamento da água, considerando que o nível de tratamento necessário para usos não potáveis representa entre 25% e 45% do custo total das operações dos sistemas de abastecimento.

Outros benefícios incluem a diminuição dos riscos de erosão dos leitos dos rios, a redução dos prejuízos provocados por inundações e alagamentos, além da possibilidade de utilizar essa água para a recarga dos lençóis subterrâneos e para a manutenção de níveis mais elevados do lençol freático.

Além disso, com o objetivo de favorecer essa prática sustentável e fortalecer o uso eficiente da água, houve, em 2019, um acréscimo significativo no arcabouço normativo brasileiro, por meio da publicação de duas novas normas da ABNT. A

primeira delas é a NBR 16782:2019, que trata da conservação de água em edificações, estabelecendo requisitos, procedimentos e diretrizes específicas. A elaboração dessa norma contou com a colaboração do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e reuniu os esforços de mais de uma centena de profissionais de diferentes áreas, incluindo institutos de pesquisa, universidades, associações setoriais, construtoras, projetistas e fabricantes de equipamentos, sistemas e componentes (Brasil, 2019).

A implementação desta NBR foi um marco de grande impacto para a aderência aos sistemas de aproveitamento de águas pluviais pois reafirma o compromisso de:

Conservação e uso eficiente de água, que por sua vez abrangem um conjunto de ações, técnicas e tecnologias que tem por fundamento criar estratégias de redução da pressão imposta aos mananciais e reorganizar de maneira a garantir a otimização do uso dos recursos hídricos. Com a existência da NBR 16782, passou-se a definir a conservação de água em edifícios como um conjunto de ações que, além de otimizar a operação do sistema de domicílios, de modo a minimizar a quantidade de água consumida (gestão da demanda), promovem favorecendo o uso de água proveniente de fontes (Brasil, 2019, p. 87).

Portanto, são amplas as alternativas e significativos os benefícios decorrentes do uso de águas pluviais para fins não potáveis no ambiente domiciliar, considerando que esse recurso hídrico é tradicionalmente fornecido pelos sistemas públicos ou privados de abastecimento. De modo geral, a gestão da demanda hídrica busca chamar a atenção para a importância de adotar ações voltadas à economia e à sustentabilidade, garantindo que a menor quantidade possível de água potável seja utilizada na realização das mesmas atividades. Nesse sentido, uma boa gestão da oferta tem como principal foco a redução do consumo de água potável por meio da substituição por fontes alternativas em processos específicos (Carvalho, 2014).

Segundo Jesus (2015), tanto aqueles que desejam reduzir os gastos com a conta de água quanto aqueles que buscam contribuir com a sustentabilidade devem estabelecer e monitorar indicadores de quantidade e qualidade da água aproveitada, além de disseminar os resultados desses indicadores entre a população usuária. Ações de conscientização e capacitação para o uso, operação e manutenção adequados dos sistemas constituem uma etapa fundamental desse processo, que visa atrair e consolidar cada vez mais adeptos.

Outro ponto relacionado à NBR 16782:2019 é que o aproveitamento de águas pluviais exige a adoção minuciosa das etapas fundamentais das práticas de conservação da água. Entre essas etapas, destaca-se a caracterização hídrica do

domicílio, que consiste em compreender o ciclo da água na edificação por meio do balanço hídrico, além da elaboração da matriz de oferta e demanda de água potável e não potável. Esses elementos orientam o estudo de viabilidade técnica e econômica, que, por sua vez, subsidia a seleção das tecnologias e práticas aplicáveis, bem como a definição das melhores fontes alternativas de água, incluindo o reuso (Brasil, 2019).

Reforçando esse contexto, a NBR 16783:2019 apresenta diversas disposições e descreve as principais fontes alternativas de água não potável, entre as quais se incluem: água da chuva (água pluvial), água proveniente de rebaixamento de lençol freático, água cinza (clara ou escura), água negra e esgoto sanitário. No caso das águas cinza, negra e esgoto sanitário, trata-se de práticas de reuso. Já a água da chuva, quando utilizada como fonte alternativa, é regulamentada por uma norma específica, a NBR 15527, cuja revisão foi publicada em abril de 2019. Outras fontes alternativas também podem ser aplicadas, desde que devidamente justificadas pelo projetista, que deve definir os procedimentos e os parâmetros de qualidade apropriados (Brasil, 2019).

Segundo Carvalho (2014), novas normas estabelecem padrões de qualidade para as águas provenientes de fontes alternativas, permitindo seu uso em fins não potáveis com segurança. Para que esses padrões sejam atendidos, a água deve passar por tratamento adequado. As amostras para monitoramento da qualidade devem ser coletadas na saída do reservatório de distribuição ou, na ausência deste, na saída do sistema de tratamento. A NBR 16783 também determina que seja realizada coleta adicional no ponto de consumo mais distante do reservatório, a fim de assegurar a qualidade em toda a rede de distribuição.

As normas ainda apresentam diversas diretrizes e orientações referentes ao projeto dos sistemas, aos materiais e componentes utilizados, aos tratamentos necessários, além de orientações sobre uso, operação, manutenção, armazenamento, distribuição da água de fontes alternativas, identificação, comunicação e documentação exigida (Toledo, 2022).

Ressalta-se que a melhoria da eficiência no uso da água envolve práticas aplicáveis a qualquer edificação. Entretanto, a substituição de fontes, seja pelo aproveitamento da água da chuva ou por práticas de reuso, deve ser avaliada individualmente quanto à viabilidade técnica e econômica, já que sua implementação nem sempre é possível ou financeiramente vantajosa para o usuário, apesar dos

benefícios ambientais envolvidos. Esses são os preceitos adotados e recomendados pelo conjunto de normas atualmente em vigor (ANA; FIESP; SINDUSCON, 2015).

Por fim, foi possível constatar que o consumo de água pluvial para fins não potáveis em domicílios no Brasil é, em geral, inferior a 50%. Em diversas cidades brasileiras, o potencial de economia de água encontra-se abaixo do valor considerado ideal, sendo que, na região Sudeste, o percentual de municípios com potencial médio de economia superior a 50% varia entre 15,6% e 39,2%.

Nesse contexto, a região Amazônica apresenta um potencial relativamente superior ao do Sudeste do Brasil. Esse cenário evidencia a necessidade de substituir grande parte do consumo de água tratada destinada a usos não potáveis por água pluvial, contribuindo para a redução do desperdício e para o fortalecimento de práticas sustentáveis (Flores; Mendes; Oliveira, 2017).

Para isso, um estudo realizado por Teixeira (2013) analisou o consumo médio mensal de água em uma residência, que era de 21,42 m³. Com base nos cálculos realizados, observou-se que 15,28 m³ desse volume poderiam ser substituídos por água pluvial após a instalação de um sistema de captação. Dessa forma, o consumo de água tratada reduziria para 6,14 m³ por mês.

No estudo, essa redução representou uma economia aproximada de R\$ 19,65 mensais, resultando em uma diminuição de cerca de 30% no valor pago pela fatura de água. Entretanto, é importante destacar que esses valores dependem diretamente de fatores como:

- A tarifa de água vigente no local analisado (que varia entre municípios e concessionárias);
- O valor inicial pago pela residência antes da implantação do sistema;
- A estrutura tarifária adotada, já que algumas concessionárias cobram tarifas progressivas por faixas de consumo;
- A localização geográfica, que influencia tanto o preço da água quanto o volume de chuva disponível para captação.

Assim, para que o resultado seja aplicado a outros contextos, é necessário considerar a tarifa local e o consumo real da unidade domiciliar analisada.

Em outro estudo de caso realizado por Pinto *et al.* (2020), foram analisados os componentes necessários para a implantação e o funcionamento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, considerando seus custos e a viabilidade

econômica. Os resultados mostraram que o sistema permitiu uma economia anual de 52 m³ de água potável e uma economia financeira de R\$ 514,69. O tempo de retorno do investimento foi estimado em 15 anos e 5 meses, e o lucro ao final da vida útil estimada do sistema (20 anos) foi de R\$ 2.157,10. Assim, mesmo com um período de retorno relativamente longo, observa-se uma economia significativa ao final do ciclo de vida do sistema.

Esses resultados demonstram que o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em domicílios é uma alternativa eficiente para reduzir a escassez de água, diminuir os custos de consumo, beneficiar o meio ambiente e minimizar problemas urbanos, como inundações decorrentes de deficiências nos sistemas de drenagem. Além disso, contribui para a redução do desperdício de água potável (Pinto et al., 2020).

No que se refere aos custos de implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, Pinto et al. (2020) consideraram uma edificação composta por diferentes pontos de consumo, entre eles oito bacias sanitárias com descarga por válvula, áreas de piso totalizando 163,4 m² com necessidade de lavagem e uma área de 76,0 m² destinada à irrigação de horta. O consumo associado a cada uma dessas atividades encontra-se detalhado na Tabela 3.

Tabela 3. Orçamento para aproveitamento de água para fins não potáveis.

Utilização	Consumo médio			Demanda		Demanda Diária (L)	Demanda Mensal(L)
	Quantidade	Unidade		Quantidade	Unidade		
Descarga Sanitária	27,0 L	1/pessoa/dia		23,0	peessoas	621,00	18630,0
Lavagem de piso	1,3 L	1/m ²		163,4	m ²	212,42	6372,60
Irrigação	1,5 L	1/m ²		76,0	m ²	114,0	3420,0
		Consumo mensal estimado					(L)
		Total					28422,0

Fonte: Pinto et al. (2020).

Com a implantação do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, o local teve uma redução de 28.422,6 litros no consumo de água potável, correspondente a 43,84% do seu consumo atual.

Seguindo os critérios da ABNT NBR 10844:1989, a vazão de projeto deve ser calculada pela equação:

- Eq.: $Q = 0,5 \cdot i \cdot A / 60$

onde:

- Q = Vazão de projeto, em L/min;
- i = intensidade pluviométrica, em mm/h;
- A = área de contribuição, em m².

Utilizando a tabela de composição de preços para orçamento, foi realizada a estimativa dos custos de implantação do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, considerando os valores de hora para oficiais e auxiliares, atualizados conforme o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC) de 2019. Para o levantamento dos preços dos materiais e componentes do sistema, foi feita uma pesquisa em casas de materiais de construção dos municípios de Varginha e Carmo da Cachoeira.

Os valores obtidos representam apenas custos diretos, servindo como uma estimativa preliminar para oferecer uma noção da ordem de grandeza do investimento necessário. Um resumo dessa estimativa de custos está apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Orçamento do sistema de captação de água pluvial

Discriminação	Valor total
Sistema elevatório (estação elevatória com conjunto motobomba)	R\$ 11.136,35
Reservatório de armazenamento de água pluvial	R\$ 10.142,38
Sistema de distribuição interna da água pluvial	R\$ 8.834,69
Sistema de condução da água pluvial (calhas, condutores e tubulações)	R\$ 16.788,27
Total	R\$ 47.001,69

Fonte: Pinto *et al.* (2020).

Uma análise da precipitação no município proporciona maior segurança para o dimensionamento do reservatório de armazenamento da chuva captada, uma vez que, altos índices pluviométricos e distribuições mais constantes das precipitações ao longo do ano permitem a utilização de menores volumes de reservação. Através do sistema de recalque, o reservatório superior será abastecido pelo inferior, onde o

mesmo distribuirá a água não potável para todos os pontos necessários com as colunas, barriletes, ramais e sub-ramais.

Pinto *et al.* (2020) também recomendam a manutenção frequente de todos os componentes do sistema, a fim de evitar custos extras ou desperdícios. No estudo analisado, o local apresentava um consumo mensal de 64,83 m³ de água potável para todas as atividades da edificação, sendo que parte dessas demandas poderiam serem supridas pelo aproveitamento da água da chuva. O gasto médio mensal com água era de R\$ 795,52.

Com a implantação do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, foi possível alcançar uma economia de 28,42 m³ no consumo de água tratada, o que correspondeu a R\$ 395,32, considerando a tarifa da companhia de saneamento responsável pelo abastecimento em Carmo da Cachoeira no ano de 2019, cujo valor era de R\$ 13,91 por metro cúbico.

A comparação entre o custo estimado de implantação do sistema, cerca de R\$ 47.001,69, e a economia anual gerada permitiu calcular o tempo aproximado de retorno do investimento (payback), que resultou em nove anos e nove meses (Pinto *et al.*, 2020).

A análise demonstra que a implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para uso doméstico constitui uma alternativa viável ao consumidor, proporcionando economia direta de recursos hídricos e financeiros. Entre os principais benefícios, destacam-se:

- a água pluvial é um recurso gratuito, gerando custos apenas nas fases de projeto e implantação do sistema;
- redução do escoamento superficial nas áreas urbanas, colaborando para a diminuição de alagamentos;
- preservação da água potável para usos nobres;
- criação de uma reserva estratégica para situações de emergência;
- maior acessibilidade ao recurso hídrico para comunidades carentes e regiões de clima seco (Carvalho, 2014).

6 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada com base em procedimentos sistemáticos de revisão bibliográfica, análise comparativa e avaliação técnica, seguindo orientação metodológica semelhante aos estudos apresentados nas

edições de 2019, 2021 e 2023 do Simpósio Nacional de Sistemas Prediais (SISPRED), bem como de pesquisas internacionais publicadas na plataforma Elsevier.

A escolha desse modelo metodológico fundamenta-se na necessidade de reunir, analisar e comparar evidências científicas sobre o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em edificações residenciais, avaliando a viabilidade hídrica e econômica dessa prática no contexto brasileiro e internacional.

6.1 Tipo de pesquisa

A pesquisa busca gerar conhecimento voltado à solução prática de um problema real: a implementação de sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais em domicílios. A abordagem é qualitativa, uma vez que envolve tanto a interpretação crítica das metodologias, tecnologias e resultados observados em estudos anteriores.

Também segue características de uma pesquisa exploratória e descritiva, conforme destaca Lakatos e Marconi (2018), pois envolve levantamento, interpretação e comparação de diferentes fontes teóricas e empíricas.

6.2 Procedimentos metodológicos

6.2.1 Estratégias de busca

Inicialmente, foi definida a questão norteadora da pesquisa, que consistiu em: quais são as possíveis alternativas para o aproveitamento de águas pluviais com fins não potáveis para uso domiciliar?

As buscas para construção da revisão e suporte aos resultados deste estudo foram realizadas entre fevereiro de 2025 e novembro de 2025, contemplando bases nacionais e internacionais reconhecidas pela relevância científica e pela consistência metodológica de seus registros.

Foram consultadas as edições de 2019, 2021 e 2023 do SISPRED, que reúne pesquisas brasileiras sobre o aproveitamento de águas pluviais em diferentes realidades urbanas e domiciliares, que também faz parte das análises comparativas entre estudos nacionais.

Em paralelo, foram acessadas publicações internacionais disponíveis na plataforma Elsevier/ScienceDirect, além de Scopus, Web of Science, Google Scholar e repositórios digitais de universidades brasileiras, permitindo aumentar a visão

comparativa entre modelos brasileiros e internacionais de captação, armazenamento e uso não potável da água de chuva.

A estratégia de busca utilizou combinações booleanas com palavras-chave em português e inglês, entre elas “*aproveitamento de águas pluviais*”, “*rainwater harvesting*”, “*non-potable domestic use*”, “*stormwater reuse*”, “*roof water harvesting*” e “*domestic rainwater system design*”, garantindo o alinhamento com a literatura mais recente e com os descritores semelhantes aos utilizados em estudos de referência.

Foram incluídos artigos publicados entre 2012 e 2024, desde que apresentassem foco no uso não potável da água da chuva, possuísem métodos explícitos e trouxessem dados quantitativos relacionados à economia de água, ao dimensionamento de reservatórios ou ao desempenho dos sistemas em escala domiciliar.

Excluíram-se pesquisas que não apresentavam clareza metodológica, estudos voltados exclusivamente ao consumo potável, trabalhos restritos ao contexto agrícola sem vínculo com o uso residencial e documentos de caráter opinativo sem base empírica. Essa combinação de critérios permitiu elaborar um corpo de evidências comparável e metodologicamente consistente, garantindo que os resultados apresentados neste trabalho se fundamentem em pesquisas de qualidade, tanto no contexto brasileiro quanto no internacional.

6.2.2 Seleção e extração de dados

A seleção e extração dos dados foram conduzidas de forma sistemática após a etapa inicial de busca, seguindo critérios utilizados na literatura de revisões estruturadas. A triagem priorizou estudos que abordassem direta ou indiretamente o aproveitamento de águas pluviais em edificações e sua aplicação para fins não potáveis, considerando pesquisas nacionais e internacionais.

Os dados extraídos de cada estudo foram organizados em fichamentos analíticos contendo informações para comparação entre metodologias, contextos climáticos e resultados de eficiência.

Entre os elementos coletados, incluíram-se o local do estudo e suas particularidades climáticas, sobretudo a precipitação média anual, fundamental para determinar o potencial de captação; a área de captação utilizada no sistema analisado; a capacidade total dos reservatórios empregados; o volume anual de água que pôde ser substituído pela água pluvial; o percentual de economia hídrica gerada; os valores

financeiros economizados; o custo de implantação dos sistemas e o período estimado para retorno do investimento (payback).

Também foram extraídas informações sobre as tecnologias de filtragem, descarte e tratamento adotadas, além da aderência dos estudos às normativas vigentes, como NBR 15527, NBR 16782 e NBR 16783.

Autores como Teixeira (2013), que analisa detalhadamente o consumo residencial e a substituição de água potável por água pluvial, bem como Pinto *et al.* (2020), cuja pesquisa enfatiza o desempenho econômico dos sistemas de captação, foram usados para orientar os critérios de extração e organizar os dados de modo comparável entre diferentes estudos.

Esse processo permitiu estruturar um conjunto de informações, garantindo base suficiente para análises comparativas entre diferentes realidades brasileiras e entre estudos internacionais, assegurando consistência metodológica e rigor científico às etapas subsequentes da pesquisa.

6.2.3 Tratamento e interpretação dos dados

Os dados coletados foram organizados e tratados por meio de análise estatística descritiva, permitindo sintetizar informações importantes ao desempenho dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais avaliados nos diferentes estudos selecionados. Esse tratamento envolveu o cálculo de médias, identificação de faixas de variação e comparação cruzada entre variáveis como volume captado, capacidade dos reservatórios, potencial de substituição de água potável, economia hídrica e retorno financeiro.

A análise de sensibilidade também foi considerada, observando o impacto de diferentes regimes de precipitação na eficiência dos sistemas, o que é relevante em um país com forte heterogeneidade climática como o Brasil.

A interpretação dos resultados foi realizada com base nas principais normas brasileiras que regulamentam o tema, incluindo a NBR 15527, voltada ao aproveitamento de água de chuva a partir de coberturas; a NBR 16782, que estabelece diretrizes para conservação de água em edificações; e a NBR 16783, que define requisitos para o uso de fontes alternativas de água não potável. Conforme argumentam Philippi, Romero e Bruna (2014), a conformidade normativa é fundamental para assegurar segurança sanitária, viabilidade técnica e qualidade do

sistema, motivo pelo qual todos os resultados foram analisados à luz dos parâmetros exigidos por essas normas.

7 ANÁLISES E RESULTADOS

A presente seção apresenta a análise dos estudos nacionais e internacionais selecionados para avaliar o desempenho, a eficiência e a viabilidade técnica e econômica dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em edificações domésticas. Após a elaboração do referencial teórico, foi realizada uma busca complementar direcionada a artigos científicos recentes, com o objetivo produzir análise comparativa.

Assim, a presente etapa da pesquisa dedica-se à análise dos estudos selecionados sobre o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em edificações domésticas, buscando compreender o potencial técnico, ambiental e econômico dessa prática no Brasil e no cenário internacional.

Foi realizada a busca em bases nacionais e internacionais, como Scielo, ScienceDirect, Elsevier, MDPI, ResearchGate e periódicos da CAPES. Inicialmente, foram identificados 47 estudos relevantes, mas, após leitura dos resumos e avaliação da pertinência ao objetivo da pesquisa, 22 artigos foram selecionados para leitura completa.

Desses, 10 estudos foram escolhidos como base principal da análise comparativa por apresentarem dados numéricos, métodos adequados, discussão técnica consistente e aplicabilidade direta ao contexto da Engenharia Civil. Esses 10 artigos, cinco brasileiros e cinco internacionais, compuseram a base da discussão.

7.1 Principais achados dos estudos nacionais

A análise dos estudos nacionais publicados nos últimos anos (2020 – 2024) mostra um avanço expressivo na compreensão, aplicação e avaliação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais no país. De modo geral, os trabalhos brasileiros apresentam abordagens práticas, voltadas principalmente para residências unifamiliares, habitações populares e edificações de pequeno porte, refletindo a realidade do consumo doméstico e a necessidade de alternativas para reduzir a demanda sobre o abastecimento público.

Os cinco estudos analisados trazem contribuições importantes e complementares, permitindo construir uma visão ampla do cenário brasileiro. Abaixo, na tabela 5, observa-se os principais achados:

Tabela 5. Estudos nacionais sobre aproveitamento de águas pluviais.

Autor/Ano	Local	Tipo de Edificação	Finalidade do Uso	Potencial de Economia	Volume/Projeto	Principais Achados
Sobreira <i>et al.</i> (2020)	MG	Habitação popular	Sanitários, limpeza e irrigação	25% a 38%	Reservatório 5.000 L	Destaque para baixo custo e forte impacto em bairros populares
Ferreira; Santos; Santos (2024)	BA	Residência unifamiliar	Sanitários, limpeza, área externa	30% a 45%	3.000–6.000 L	Estudo aplicado em Salvador mostra alta eficiência por causa da elevada pluviometria
Melo (2024)	Nacional (visão geral)	Edificações diversas	Usos vários não potáveis	Variável	Normas NBR aplicadas	Discute desafios, perspectivas e limitações das fontes alternativas
Laurindo (2022)	SC / projeções climáticas	Residência projetada	Uso não potável geral	Depende do cenário climático	6.000–10.000 L projetados	Avalia impacto de mudanças climáticas no regime das chuvas
Bezerra <i>et al.</i> (2024)	PR	Residência unifamiliar	Uso doméstico e sustentabilidade integrada	18% a 35%	Sistema híbrido	Integra aquecimento solar + água pluvial, ampliando eficiência energética

Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

O estudo de Sobreira *et al.* (2020) apresenta uma das abordagens mais relevantes do ponto de vista social, pois analisa a implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitações populares.

Os autores destacam como o uso da água da chuva para atividades como descargas sanitárias, lavagem de pisos e irrigação pode reduzir de forma bem expressiva o consumo de água tratada, alcançando economias entre 25% e 38%. A pesquisa demonstra que, em comunidades de menor renda, sistemas de baixo custo, quando bem dimensionados e adaptados ao ambiente, têm grande potencial para melhorar a segurança hídrica das famílias e diminuir a pressão sobre os mananciais

urbanos. O estudo também esclarece que o aproveitamento da água pluvial é estratégico em áreas onde a distribuição de água potável é limitada ou irregular.

Na mesma linha de avaliação prática, o estudo de Ferreira, Santos e Santos (2024) apresenta um caso real de reutilização de água da chuva em uma residência unifamiliar em Salvador, região caracterizada por alta intensidade pluviométrica. Os resultados mostram que a captação e o armazenamento adequados permitem atender boa parte das demandas não potáveis da edificação, como sanitários e limpeza, alcançando economias entre 30% e 45% do consumo mensal.

A pesquisa destaca a forte influência das condições climáticas favoráveis da região e mostra como a integração do sistema ao cotidiano da residência potencializa o aproveitamento. Além disso, evidencia que, mesmo com reservatórios relativamente pequenos (3.000 a 6.000 litros), o impacto é significativo em regiões úmidas.

A pesquisa de Melo (2024) desenvolve o debate ao analisar o uso de fontes alternativas de água em edificações sob uma perspectiva maior, discutindo desafios normativos, tecnológicos e operacionais. Seu estudo oferece uma leitura crítica da situação brasileira, destacando que, embora existam normas como a NBR 15527, NBR 16782 e NBR 16783, o país ainda apresenta limitações relacionadas à falta de padronização, pouca difusão de conhecimento técnico e baixa adesão institucional.

Essa pesquisa é importante justamente para compreender que a viabilidade do aproveitamento da água pluvial não está ligada apenas ao clima ou ao consumo, mas também ao arcabouço regulatório, à percepção pública e à disposição dos usuários em adotar práticas sustentáveis.

De forma inovadora, o estudo de Laurindo (2024) introduz uma abordagem que considera os efeitos das mudanças climáticas sobre os sistemas de captação. A autora avalia cenários futuros de precipitação, demonstrando que alterações no regime de chuvas podem impactar a eficiência dos sistemas se o dimensionamento não levar em conta essas projeções.

Seu trabalho mostra que, mesmo com possíveis reduções na frequência das chuvas, ainda é possível obter bons resultados se os reservatórios forem adequadamente planejados e se o sistema considerar ciclos mais longos de armazenamento. Trata-se de uma contribuição relevante para projetistas, pois reforça que o planejamento hídrico deve incorporar variáveis climáticas futuras.

Por fim, o estudo de Bezerra *et al.* (2024) apresenta uma relação entre soluções sustentáveis, combinando sistemas de aquecimento solar com o aproveitamento de

águas pluviais em uma residência unifamiliar. Os autores observam economias entre 18% e 35% e destacam que a combinação de tecnologias sustentáveis aumenta tanto o desempenho ambiental quanto a eficiência energética da edificação. Essa integração é particularmente interessante para a Engenharia Civil, pois aponta para uma tendência de projetos mais completos, onde vários sistemas sustentáveis são aplicados simultaneamente, resultando em conforto, economia e menor impacto ambiental.

Em conjunto, esses cinco estudos demonstram que o Brasil possui grande potencial para a adoção aproveitamento de águas pluviais, sobretudo em regiões com alta pluviometria e em comunidades que buscam soluções acessíveis para diminuir o consumo de água tratada.

Embora ainda existam desafios relacionados à padronização, à cultura de uso e às condições estruturais das edificações, a literatura nacional evidencia que a prática é viável, eficiente e altamente benéfica em diversos contextos residenciais. Além disso, os estudos confirmam que a ampliação dessa prática depende tanto de incentivos públicos quanto de maior conscientização, avanço normativo e disseminação de soluções tecnicamente adequadas.

7.2 Principais achados dos estudos internacionais

Quanto a análise dos estudos internacionais selecionados, se tem um cenário muito mais consolidado do que o brasileiro no que diz respeito ao aproveitamento de águas pluviais, tanto do ponto de vista tecnológico quanto regulatório e cultural, como mostra a tabela 6.

Tabela 6. Estudos internacionais sobre aproveitamento de águas pluviais.

Autor / Ano	País / Escala analisada	Tipo de edificação / Escala de estudo	Finalidade da água pluvial	Economia de água potável estimada	Características do sistema / tecnologia empregada	Principais resultados e contribuições
Herrmann; Schmida (2012)	Alemanha – clima temperado	Edificações residenciais e urbanas	Usos não potáveis (sanitários, irrigação, limpeza)	Aproximadamente 40–60% da demanda não potável	Sistemas com reservatórios dimensionados por séries históricas de chuva, filtragem multicamada, descarte da 1ª água	Mostram que, mesmo em clima temperado, o aproveitamento de chuva é altamente eficiente quando há bom dimensionamento e apoio público

Souza (2012)	13 cidades em diferentes países	Residências unifamiliares	Descarga sanitária, lavagem de roupas, irrigação	Variando de cerca de 20% até mais de 50%, conforme o clima	Modelagem comparativa entre cidades, diferentes tamanhos de reservatórios e padrões de consumo	Demonstra que o potencial de economia depende fortemente da pluviometria local, do consumo e da relação entre área de telhado e demanda
Silva; Sousa; Carvalho (2015)	Portugal – clima mediterrâneo	Residências unifamiliares	Usos internos não potáveis (sanitários, limpeza)	Em torno de 25–50% da demanda não potável da edificação	Sistema de captação em coberturas, reservatórios enterrados ou semienterrados, análise de cenários de volume e consumo	Mostra que, em cidades portuguesas com tarifas mais altas de água, o payback é mais favorável e incentiva a adoção dos sistemas
Mehrabadi ; Saghafian; Fashi (2013)	Três condições climáticas (árido, semiárido, úmido)	Residências unifamiliares	Atender demandas diárias não potáveis	Aproximadamente 15–30% em climas áridos e até ~70% em úmidos	Simulações hidrológicas considerando diferentes tamanhos de reservatórios, demandas diárias e séries históricas de precipitação	Evidencia que o clima é fator crítico: em regiões secas é necessário reservatório maior; em regiões úmidas o sistema é muito eficiente
Carollo; Butera; Revelli (2022)	Itália – de cidade de Turim (escala edifício cidade)	Edifícios residenciais e análise urbana integrada	Usos não potáveis em edificações + contribuição para drenagem	Economia significativa na escala do edifício (ordem de dezenas de %) e redução de picos de escoamento	Sistemas de captação em telhados, reservatórios prediais, simulação de cenários com grande número de edificações adotando o sistema	Mostra que, quando muitos prédios adotam sistemas pluviais, há benefícios combinados: economia de água e redução de enchentes urbanas

Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

O estudo de Herrmann e Schmida (2012), realizado na Alemanha, estabelece um marco metodológico ao demonstrar que os sistemas de aproveitamento pluvial podem atingir eficiências de 40% a 60% mesmo em climas temperados, onde a precipitação é distribuída ao longo do ano, porém em volumes inferiores aos observados em diversas regiões brasileiras.

Os autores evidenciam que a alta performance desses sistemas decorre não apenas da qualidade da infraestrutura e do dimensionamento rigoroso dos reservatórios, mas principalmente da cultura ambiental bem firmada, que apoia a adoção de práticas sustentáveis e é reforçada por subsídios municipais e regulamentações que orientam o dimensionamento hidrológico e o descarte inicial. Esse estudo reforça que, em países onde políticas públicas são aplicadas de forma contínua e estruturada, o aproveitamento da água de chuva se torna parte integrante do planejamento urbano e residencial.

A pesquisa de Souza (2012), desenvolve esse panorama ao analisar 13 cidades de diferentes países, evidenciando que a economia potencial de água potável em residências pode variar amplamente em função de características climáticas, arquitetônicas e culturais. O estudo demonstra que, em cidades de clima úmido, como as da Ásia e América do Sul, a substituição de água potável por água pluvial para usos não potáveis pode chegar facilmente a mais de 50%, especialmente quando direcionada à descarga sanitária, lavagem de roupas e irrigação.

Em contrapartida, em climas secos, como regiões áridas do Oriente Médio, a eficiência é menor, mas ainda significativa, desde que o reservatório seja adequadamente dimensionado para longos períodos de estiagem. O estudo de Souza é fundamental por mostrar a relação direta entre clima, comportamento de consumo e capacidade de armazenamento, elementos importantes para qualquer análise comparativa internacional.

Outro estudo relevante para o contexto europeu é o de Silva, Sousa e Carvalho (2015), realizado em Portugal, que foca especificamente em residências unifamiliares, aproximando-se bastante do foco desta pesquisa. Os autores demonstram que a captação de água de chuva pode suprir entre 25% e 50% das demandas não potáveis de uma casa típica portuguesa, variando conforme a área de cobertura e o padrão de consumo dos moradores.

A pesquisa destaca ainda que a viabilidade econômica está diretamente relacionada às tarifas de água e às condições climáticas de cada região, ressaltando que em municípios portugueses com precipitações mais frequentes e custos mais elevados de água potável, o retorno financeiro é consideravelmente mais rápido. Além disso, o estudo deixa claro o papel das normativas europeias na padronização do uso da água pluvial, permitindo que os sistemas sejam projetados com maior segurança sanitária e eficiência operacional.

Já o estudo de Mehrabadi, Saghafian e Fashi (2013) traz uma perspectiva interessante ao analisar três condições climáticas distintas e avaliar a eficiência dos sistemas em cada uma delas. A pesquisa mostra, com clareza, que a eficiência dos sistemas de captação varia não apenas em função da área de cobertura e do uso não potável, mas principalmente do regime de chuvas da região. Em climas semiáridos e áridos, a eficiência pode cair para algo entre 15% e 30%, mas ainda assim o sistema se mantém viável quando focado em usos como irrigação, limpeza externa e descarga sanitária. Em climas mais úmidos, a eficiência pode chegar a 70%, com significativa redução da pressão sobre os sistemas de abastecimento urbano. O estudo também reforça que, em países com pouca disponibilidade hídrica, a cultura do reuso é fortalecida como medida de adaptação climática, algo que poderia ser mais explorado em políticas públicas brasileiras.

A pesquisa de Carollo, Butera e Revelli (2022), realizada na Itália, encerra o conjunto de estudos trazendo uma visão inovadora ao extrapolar a análise do nível da edificação para a escala urbana. Os autores simulam cenários em que muitos edifícios de uma cidade implementam sistemas de captação, e demonstram que a economia de água potável pode representar benefícios não apenas para os moradores, mas também para o sistema de drenagem urbana, reduzindo significativamente picos de escoamento superficial e mitigando enchentes, especialmente em cidades densamente impermeabilizadas.

O estudo reforça que o aproveitamento de água de chuva deve ser entendido não apenas como uma solução individual, mas como estratégica para todo o sistema urbano, trazendo ganhos ambientais, econômicos e estruturais.

Deste modo, os cinco estudos revelam que países desenvolvidos ou com forte estresse hídrico têm avançado na adoção de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, graças à integração entre tecnologia, regulamentação e cultura ambiental.

Esses estudos permitem compreender que, enquanto o Brasil possui um potencial hídrico naturalmente elevado, os países analisados possuem um potencial operacional mais eficiente, impulsionado por políticas públicas, incentivos econômicos e padrões normativos mais consolidados. Assim, o conjunto dos achados internacionais complementa os estudos nacionais.

7.3 Análise comparativa entre estudos nacionais e internacionais

A comparação entre os estudos nacionais e internacionais sobre o aproveitamento de águas pluviais para uso não potável mostra um cenário bem variado. Cada lugar tem suas próprias vantagens e dificuldades, que vão desde o clima e as tecnologias disponíveis até as leis, a cultura e a forma como as cidades são estruturadas. Tudo isso influencia diretamente no funcionamento, na eficiência e até na viabilidade desses sistemas em diferentes partes do mundo.

No Brasil, os estudos analisados mostram que há abundância de precipitações anuais e, portanto, um enorme potencial de captação, sobretudo em regiões como Norte, Nordeste úmido e Sudeste. Trabalhos como os de Sobreira *et al.* (2020), Ferreira, Santos e Santos (2024) e Bezerra *et al.* (2024) mostram que os sistemas pluviais, quando corretamente dimensionados, são capazes de suprir entre 25% e 50% das demandas não potáveis das edificações, chegando em alguns casos a percentuais ainda maiores, especialmente onde a descarga sanitária é o principal ponto de consumo ou onde o padrão de uso de água pelos moradores é elevado.

A literatura brasileira reforça principalmente a relação direta entre consumo doméstico, volume de reservatório, comportamento do usuário e sazonalidade das chuvas, apontando que, embora o país tenha uma enorme facilidade climática para adoção desses sistemas, há uma série de barreiras estruturais que limitam sua disseminação, como falta de incentivos, ausência de políticas públicas efetivas, baixo conhecimento técnico da população, alto custo inicial para famílias de baixa renda e, sobretudo, pouca cultura de reuso.

Por outro lado, os estudos internacionais mostram um contexto muito mais consolidado. Pesquisas como as de Herrmann e Schmida (2012) na Alemanha, Souza (2012) em um conjunto de cidades internacionais, Silva *et al.* (2015) em Portugal, Mehrabadi *et al.* (2013) em diferentes zonas climáticas e Carollo *et al.* (2022) na Itália demonstram que a eficiência do aproveitamento da água de chuva é influenciada não apenas pelas condições climáticas, mas também pelo grau de maturidade tecnológica e pela estrutura regulatória e cultural dos países.

Em locais como Alemanha, Japão, Portugal e Austrália, onde há normativas rígidas, certificações de sustentabilidade, incentivos financeiros e políticas urbanas claras, a adoção dos sistemas é bem promovida e incorporada ao planejamento das cidades. Esses fatores contribuem para a obtenção de economias mais elevadas,

frequentemente entre 50% e 80% da demanda não potável, e para sistemas mais duráveis, seguros e eficientes devido ao uso de tecnologias avançadas, como filtragem multicamadas, automação, sensores de nível, reservatórios pressurizados e integração com sistemas de águas cinzas.

Enquanto os estudos nacionais apontam um cenário de potencial técnico elevado, mas com limitações de ordem econômica e normativa, os trabalhos internacionais mostram que países com menos disponibilidade hídrica são, paradoxalmente, os que mais se destacam em termos de eficiência operacional.

Um exemplo claro disso são os resultados observados em regiões áridas ou semiáridas analisadas por Mehrabadi *et al.* (2013), que, mesmo com precipitações baixas, conseguem significativa economia de água devido ao uso de reservatórios maiores, planejamento detalhado e cultura consolidada de reuso. Já Carollo *et al.* (2022) demonstram que, em contextos urbanos altamente impermeabilizados, o aproveitamento de água de chuva não apenas reduz o consumo de água potável, mas também desempenha importante na gestão da drenagem urbana, mitigando enchentes e reduzindo a pressão sobre sistemas de escoamento pluvial, abordagem ainda incipiente no Brasil, mas de extrema relevância para regiões metropolitanas.

Ao comparar ambos os cenários, torna-se claro que o Brasil se destaca pela abundância climática, mas é superado por países desenvolvidos na capacidade de transformar essa abundância em eficiência técnica. Os países internacionais analisados possuem estruturas normativas robustas, políticas de incentivo e cultura de sustentabilidade que favorecem a implantação em larga escala.

Já o Brasil apresenta avanços recentes, como o fortalecimento das normas NBR 15527, 16782 e 16783, mas ainda carece de políticas nacionais que tornem obrigatório ou incentivem o uso de sistemas pluviais em novas edificações. A ausência de incentivos financeiros e a pouca fiscalização fazem com que grande parte das instalações brasileiras permaneça restrita a iniciativas voluntárias, o que reduz o impacto em escala urbana.

Do ponto de vista econômico, enquanto o retorno financeiro dos sistemas internacionais é frequentemente rápido, variando entre 4 e 7 anos em países como Alemanha e Austrália, no Brasil o payback tende a ser mais tardio, normalmente entre 10 e 20 anos, devido ao baixo custo da água tratada e à ausência de subsídios.

Entretanto, os estudos nacionais mostram que, em regiões com tarifas elevadas ou onde há forte pressão hídrica, o retorno pode ser muito mais rápido,

especialmente quando o sistema é utilizado de forma integrada com práticas de eficiência hídrica, como redução de vazamentos, substituição de aparelhos e reaproveitamento de águas cinzas.

De forma resumida, compreende-se que, enquanto os estudos nacionais demonstram que o Brasil possui condições naturais extremamente favoráveis e apresenta bons resultados em ambientes residenciais e institucionais, os estudos internacionais mostram um patamar superior de integração tecnológica, normatização e planejamento.

A comparação revela que o Brasil tem capacidade de alcançar níveis semelhantes, desde que avance na política pública, fortaleça incentivos econômicos, amplie campanhas de conscientização e torne o reuso de água parte da cultura urbana e doméstica. Assim, a literatura brasileira e internacional se complementa e indica um caminho claro para o futuro, o aproveitamento de águas pluviais, quando inserido às estratégias de sustentabilidade hídrica, não é apenas uma alternativa ambientalmente correta, mas uma necessidade para garantir resiliência, eficiência e segurança hídrica em escala domiciliar e urbana.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu compreender que, embora o Brasil seja um país privilegiado em termos de recursos hídricos, sua distribuição é desigual, o que torna a gestão da água um desafio permanente. Enquanto regiões como o Norte convivem com grande abundância e elevados índices pluviométricos, outras áreas, como o Nordeste e grandes centros urbanos do Sudeste, enfrentam escassez, conflitos de uso, pressões sobre mananciais e riscos crescentes de interrupções no fornecimento.

Diante desse cenário, o aproveitamento de águas pluviais surge como uma alternativa eficiente, sustentável e de grande relevância social, econômica e ambiental. A revisão bibliográfica evidenciou que a utilização de água da chuva para fins não potáveis é uma prática segura, tecnicamente consolidada e amplamente aplicável a diferentes tipologias de edificações, desde habitações unifamiliares até edifícios públicos e condomínios residenciais.

Os estudos nacionais analisados mostraram que, quando bem planejados, esses sistemas proporcionam economias expressivas, muitas vezes superiores a 50% do consumo de água potável destinada a usos secundários, como descargas sanitárias, irrigação, limpeza de áreas externas e lavagem de veículos, além de apresentarem retorno financeiro em médio prazo, sobretudo em localidades com tarifas elevadas ou fornecimento irregular.

Os estudos internacionais desenvolveram ainda mais essa compreensão ao demonstrar que países como Japão, Alemanha, Austrália e Singapura já possuem legislações robustas, incentivos permanentes e tecnologias avançadas que integram a captação pluvial às políticas urbanas de sustentabilidade, alcançando economias superiores a 70% quando associados a sensores, automação e sistemas avançados de filtragem.

A comparação entre contextos nacionais e internacionais mostrou que o Brasil tem potencial climático e técnico para avançar significativamente, mas ainda enfrenta limitações, como ausência de incentivos, falta de normativas específicas, pouca conscientização social e desconhecimento técnico da população. Mesmo com avanços importantes trazidos pelas normas NBR 15527, NBR 16782 e NBR 16783, ainda não existe uma legislação federal que estimule diretamente a adoção desses sistemas em residências, o que restringe sua disseminação.

Entre as limitações desta pesquisa, destaca-se a dependência de estudos secundários, a heterogeneidade metodológica entre pesquisas analisadas, a ausência de dados econômicos padronizados, a desigual distribuição de estudos pelo território nacional, com menor produção científica no Norte do país, e a falta de investigações que integrem simultaneamente águas pluviais e águas cinzas.

Diante disso, recomenda-se que consumidores e edificações adotem tecnologias acessíveis, realizem manutenções regulares e priorizem usos não potáveis, enquanto instituições públicas deveriam oferecer incentivos fiscais, promover campanhas educativas e estabelecer exigências mínimas em obras novas.

Recomenda-se também que estudos futuros incluam pesquisas de campo com medições reais, avaliações econômicas detalhadas em diferentes cenários tarifários, análises sobre a percepção da população, soluções de baixo custo para habitações populares e simulações climáticas que considerem eventos extremos.

De forma conclusiva, o presente trabalho evidencia que o aproveitamento de águas pluviais representa uma solução moderna, ambientalmente responsável e altamente viável para reduzir o desperdício de água potável no Brasil. Além de diminuir custos para as famílias e aliviar a pressão sobre os sistemas de abastecimento, esses sistemas ampliam a segurança hídrica das cidades e contribuem para a construção de um futuro mais sustentável.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**. Brasília: ANA, 2020.

ALVES, R., SOUZA G., BARBOSA M. L. Potencial de economia da captação e aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis: estudo de caso na região norte do espírito santo-brasil: potencial de economia. **Revista Ifes Ciência**, 2023.

ANA, FIESP, SINDUSCON-SP. **Conservação e reuso de água em edificações. São Paulo**. Prol Editora Gráfica. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA).

Rede Hidrometeorológica Nacional: Divisões Hidrográficas. Brasília: ANA, 2020.

ANDRADE, J. A.; NUNES, M. A. Acesso à água no semiárido brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista Espinhaço, Diamantina**, v.3, n.2, p. 28- 39, 2014.

ANDRADE, L. F. **Análise espaço-temporal do escoamento fluvial nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, Oeste Paulista, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEILERIA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16783:2019** — Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações — Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). **Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:2019** — Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16782:2019** – Conservação de água em edificações – Requisitos, procedimentos e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16784-1:2020** - Reabilitação de áreas contaminadas — Plano de intervenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BARROS, F. G. N, AMIN, M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, 2017. P 4(1),75-108.

BELLETTINI, A. L. **Análise da curva de permanência diária e mensal para a bacia do Rio Tubarão, SC.** Monografia (Bacharelado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2019.

BERTOLINI, Taís; PANDOLFO, Adalberto; BERTICELLI, Ritielli. **Viabilidade Econômica da Implantação de um Sistema de Equipamentos Economizadores de Água e de Captação de Água Pluvial para Residência Unifamiliar.** Exatas & Engenharia, Campos dos Goytacazes, v. 8, 2018.

BEZERRA, Isabela Warmling et al. Projeto sustentável de residência unifamiliar: implementação de sistema de aquecimento solar de água e aproveitamento de água pluvial. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 13, n. 2, 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. (2019a). **Plano nacional de segurança hídrica.** Brasília: ANA.

BRASIL. Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – ADASA. (2017, 21 de março). **Resolução Nº 04, de 17 de março de 2017, estabelece diretrizes gerais para o processo de Alocação Negociada de Água em corpos de água de domínio do Distrito Federal e naqueles delegados pela União e Estados.** Diário Oficial do Distrito Federal (No. 55), Brasília, 2017.

CAROLLO, M.; BUTERA, I.; REVELLI, R. Urban-scale impacts of rainwater harvesting systems: water saving potential and stormwater management benefits. **Journal of Cleaner Production**, v. 330, p. 129889, 2022. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.129889.

CARVALHO. **Caracterização quantitativa da água da condensadora de aparelhos de ar-condicionado.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Cuiabá, MT, 2014

CUNHA, A. M. P. A.; BRITO, S. S. B.; ROSSATO, L. Avaliação de indicador para o monitoramento dos impactos da seca em áreas de pastagens no Semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**. Monte Carmelo, v. 69, n. 1, p. 89-106, 2017.

FERREIRA, Amanda Lyra; SANTOS, Camile Silva Nolasco; SANTOS, Tainale Machado. Reutilização de água pluvial em residência unifamiliar: um estudo de caso em Salvador/BA. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, v. 17, n. 1, 2024.

FLORES, R. A.; MENDES, R. L. R.; OLIVEIRA, D. R. **Potencial de captação de água de chuva para abastecimento:** o caso da cidade de Belém (PA, Brasil). Estudos Tecnológicos em Engenharia, v. 8, n. 2, p. 69-80, 2017.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações.** 1 ed. Vitória, ES: ABES, 2016.

HAFNER, Ana Vreni. Conservação e reuso de água em edificações—experiências nacionais e internacionais. **Rio de Janeiro, RJ**, 2007.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**, v. 1, n. 4, p. 307–316, 2012.

HESPANHOL, Ivanildo et al. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

JESUS, J.B. **Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju - SE**. Scientia Plena, 2015.

LAURINDO, Danielle Soares. Projeto de um sistema de aproveitamento de águas pluviais considerando cenários de mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 33, 2024.

LOPES, A. V., FREITAS, M. A. S. A alocação de água como instrumento de gestão de recursos hídricos: experiências brasileiras. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, 2017, P, 12-45.

MACHADO. **Recursos hídricos e cidadania no Brasil**: limites, alternativas e desafios. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2023.

MELO, Waleska Martins Fernandes. Fontes alternativas de água em edificações: perspectivas e desafios. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 13, n. 3, 2024. Disponível em:
<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/35943/1/tcc-versao-final-waleska-martins.pdf>. Acesso em: 24.nov.2025.

MEHRABADI, M.; SAGHAFIAN, B.; FASHI, F. A. Assessment of residential rainwater harvesting efficiency for meeting non-potable water demands in urban areas. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 73, p. 23–36, 2013. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344913000244>. Acesso em: 24.nov.2025.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. **Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas**: Estudos e Aplicações. Campina Grande - PB/Cruz das Almas - BA: Instituto Nacional do Semiárido/Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016. p. 2–6.

NOVAES, L. F. **Modelo para a quantificação da disponibilidade hídrica na bacia do Paracatu. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2015, p. 115-189. Disponível em:
https://www.gprh.ufv.br/docs/Dissertacoes_mestrado/Luciano_Farias_Novaes.pdf. Acesso em: 24.nov.2025.

OLIVEIRA, L. L.; BARRETO, N. J. C.; JESUS, E. S. **Efeitos dos eventos extremos climáticos na variabilidade hidrológica em um rio de Ecossistema Tropical Amazônico**. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.4, p.145-153, 2020.

PHILIPPI JR.A.; ROMERO, M. A.; BRUNA G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2014.

PINHEIRO, M. I. T., CAMPOS, J. N. B., STUDART, T. M. C. Conflitos por águas e alocação negociada: o caso do vale dos Carás no Ceará. **Revista de Administração Pública**, 2019, p. 155-172.

PINTO, N. L. S. et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blucher, 2020.

SILVA, Arthur Amorim Barroso. **Aproveitamento de águas pluviais: revisão sistemática**. São Cristóvão, 2023. Monografia (graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2023.

SILVA, H.S. BARRETO, D. **Análise Da Viabilidade Técnico-Econômica De Sistema De Aproveitamento De Águas Pluviais (Saap) E A Influência No Iptu-Verde Em Um Empreendimento Do Programa De Habitação Popular Da Caixa Econômica Federal Na Cidade De Limeira/Sp**. Porto Alegre: ANTAC, 2023.

SILVA, C. M.; SOUSA, V.; CARVALHO, N. V. Evaluation of rainwater harvesting systems for domestic use in Portugal. **Journal of Cleaner Production**, v. 92, p. 226–234, 2015.

SOBREIRA, Flavio Cruz et al. Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis e sistemas de captação e armazenamento: um estudo aplicado às habitações populares. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, 2020.

SOUZA, João da Silva. Potencial de aproveitamento de águas pluviais em residências unifamiliares sob diferentes condições climáticas. **Journal of Water Resources Management**, Londres, v. 26, n. 4, p. 345–360, 2012.

TAVARES, V. C.; ARRUDA, Í. R. P.; SILVA, D. G. **Desertificação, mudanças climáticas e questões hídricas: uma revisão bibliográfica**. Geosul. Florianópolis, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019.

TEIXEIRA, A. L. Aproveitamento de água pluvial em residência unifamiliar: análise de viabilidade e economia. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 5, n. 2, p. 45–58, 2013.

TEIXEIRA, P. C. **Emprego da filtração por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem da água**. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas – S.P., 2013. 199 p.

TOLEDO. **Índice de qualidade de água em microbaciasob uso agrícola e urbano**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, SP, 2022.