



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JUCILENNY MELO DA SILVA

**REDUÇÃO DA VAZÃO DE ÁGUA EM TORNEIRAS DEVIDO AO USO DE  
AREJADORES**

JOÃO PESSOA

2025

**DEDICATÓRIA**

JUCILENNY MELO DA SILVA

**REDUÇÃO DA VAZÃO DE ÁGUA EM TORNEIRAS DEVIDO AO USO DE  
AREJADORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do  
Centro de Tecnologia da Universidade Federal  
da Paraíba, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde  
Júnior

JOÃO PESSOA

2025

## DEDICATÓRIA

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Catálogo na publicação Seção de Catalogação e Classificação

S586r Silva, Jucilenny Melo da.

Redução da vazão de água em torneiras devido ao uso de arejadores / Jucilenny Melo da Silva. - João Pessoa, 2025.

51 f. : il.

Orientação: Gilson Barbosa Athayde Júnior.  
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Sustentabilidade. 2. Dispositivos economizadores de água. 3. Gestão hídrica. 4. Redução da vazão. 5. Conservação dos recursos naturais. I. Athayde Júnior, Gilson Barbosa. II. Título.

UFPB/CT

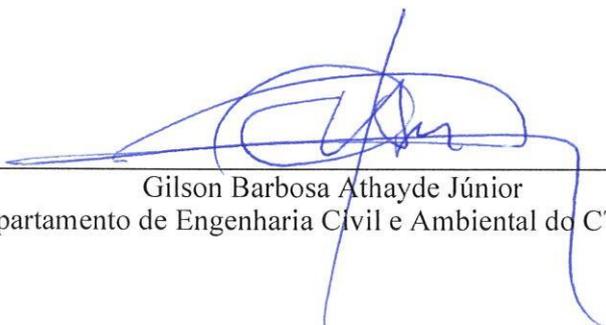
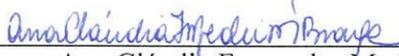
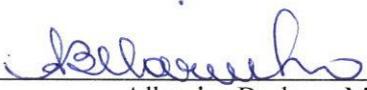
CDU 624(043.2)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

JUCILENNY MELO DA SILVA

### REDUÇÃO DA VAZÃO DE ÁGUA EM TORNEIRAS DEVIDO AO USO DE AREJADORES

Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado em 02/05/2025 perante a seguinte Comissão Julgadora:

 _____ Gilson Barbosa Athayde Júnior Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	_____ APROVADO
 _____ Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	_____ APROVADO
 _____ Albanise Barbosa Marinho Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	_____ APROVADO

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Josefa Neuza da Silva, minha maior inspiração. Por todo amor, sacrifício, dedicação e força. Por ter sido meu alicerce em cada etapa, por me levantar quando eu pensei em desistir e por acreditar em mim mesmo quando eu duvidava. Tudo o que conquistei até aqui carrega um pedaço do seu esforço e do seu coração. Esta vitória também é sua, mãe. Dedico também ao meu filho Cauê, minha razão de viver e meu maior motivo para seguir em frente. Que este trabalho represente, para você, o valor do esforço e da persistência. Tudo que faço é por você, e para que você se orgulhe de quem sou e de onde podemos chegar juntos. Obrigada por tudo..

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, saúde e sabedoria concedidas ao longo desta caminhada.

À minha família, em especial a minha mãe, pelo amor, apoio incondicional e incentivo em cada etapa da minha vida acadêmica. Você é minha base e minha inspiração diária exemplo de coragem e perseverança. Ao meu companheiro Caio, pela paciência, incentivo e compreensão durante toda essa trajetória. Obrigada por acreditar em mim e por estar ao meu lado nos momentos em que mais precisei. Ao meu filho Cauê, minha maior motivação. Você é a razão do meu esforço diário e da minha vontade de vencer. Que esse trabalho seja um exemplo de que com amor, coragem e persistência, tudo é possível.

Aos professores do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, por compartilharem conhecimento, por cada orientação e pelas contribuições fundamentais para a minha formação acadêmica.

Ao meu professor orientador, Gilson Barbosa Athayde Júnior, pela orientação, paciência e dedicação durante a elaboração deste trabalho. A sua contribuição foi essencial para o desenvolvimento deste estudo, e sou grata pela forma atenciosa e comprometida com que acompanhou cada etapa da pesquisa. Sua experiência e apoio foram fundamentais para que eu pudesse concluir este TCC.

Aos colegas e amigos que fizeram parte dessa jornada, pelo companheirismo, pelas trocas de experiências e pelas palavras de apoio nos momentos difíceis.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho. Cada gesto, cada palavra e cada incentivo foram essenciais para que este momento se tornasse possível.

## RESUMO

A escassez de recursos hídricos tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias voltadas para o uso racional da água. Dentre essas soluções, os arejadores de torneira destacam-se por sua simplicidade, baixo custo e potencial de economia hídrica. Este trabalho teve como objetivo principal avaliar a eficácia dos arejadores na redução da vazão de água em torneiras, por meio de uma abordagem teórica e experimental. A pesquisa bibliográfica apresentou os principais tipos, mecanismos de funcionamento e benefícios desses dispositivos, além de contextualizar sua importância frente ao cenário de desperdício hídrico no Brasil.

Paralelamente, foi conduzido um experimento no Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), no qual foram comparadas as vazões de uma torneira com e sem o uso de arejador, em três níveis de abertura, totalizando 60 medições. Os resultados indicaram uma redução média na vazão entre 32,8% e 39,0%, com significância estatística comprovada por meio da Análise de Variância. Conclui-se que os arejadores são dispositivos eficazes para a economia de água, podendo ser amplamente aplicados em residências, instituições e espaços públicos. Recomenda-se a adoção desses sistemas como parte de políticas públicas voltadas à sustentabilidade e à gestão eficiente dos recursos hídricos.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, conservação dos recursos naturais, dispositivos economizadores de água, redução de vazão, gestão hídrica.

## **ABSTRACT**

The scarcity of water resources has driven the development of technologies aimed at more efficient water use. Among these solutions, faucet aerators stand out due to their simplicity, low cost, and potential for water savings. This study aimed to evaluate the effectiveness of aerators in reducing water flow in faucets through both theoretical and experimental approaches. A literature review was conducted to present the main types, working mechanisms, and advantages of these devices, while also contextualizing their relevance within the broader issue of water waste in Brazil. In parallel, an experimental analysis was carried out at the Technology Center of the Federal University of Paraíba (UFPB), where water flow from a faucet with and without an aerator was measured at three different opening levels, totaling 60 observations. The results showed a mean reduction in flow ranging from 32.8% to 39.0%, with statistical significance confirmed through Analysis of Variance (ANOVA). It is concluded that aerators are effective devices for water conservation and can be widely applied in households, institutions, and public spaces. The adoption of such systems is recommended as part of public policies focused on sustainability and efficient water resource management.

**Keywords:** sustainability, conservation of natural resources, water saving devices, flow reduction, water management.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Impacto da impermeabilização no ciclo hidrológico .....	17
Figura 2 - Funcionamento dos arejadores.....	26
Figura 3 - Arejadores em torneiras .....	28
Figura 4 - Modelo do dispositivo arejador e da torneira utilizado no experimento.....	36
Figura 5 - Equipamentos utilizados na realização do experimento .....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Categorização das unidades consumidoras de água.....	26
Tabela 2 - Características geométricas dos arejadores de torneira avaliados .....	32
Tabela 3 – Volume de água medido em (ml) coletado em torneira com arejador.....	37
Tabela 4 - Volume de água medido em (ml) coletado em torneira sem arejador.....	38
Tabela 5 - Vazão de água calculada em (mL/s) em torneira com arejador .....	38
Tabela 6 - Vazão de água calculada em (mL/s) em torneira sem arejador.....	38
Tabela 7 - Vazão média de água consumido e redução percentual do consumo.....	39
Tabela 8 - Análise de variância entre os dados de vazão média para abertura 1.....	40
Tabela 9 – Análise de variância entre os dados de vazão média para abertura 2.....	41
Tabela 10 – Análise de variância entre os dados de vazão média para abertura 3.....	42

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual médio de consumo de água em residências, por atividade .....	14
Gráfico 2 - Evolução das perdas na distribuição por macrorregião .....	19
Gráfico 3 - Perda de faturamento por desperdício de água no Brasil por Estado .....	25
Gráfico 4 - Tipos de arejadores de torneira e a comparação da vazão (mL/s) .....	33
Gráfico 5 - Redução do consumo com arejadores .....	34
Gráfico 6 - Diferenças médias das vazões entre os grupos de torneira para abertura 1 .....	44
Gráfico 7 - Diferenças médias das vazões entre os grupos de torneira para abertura 2 .....	45
Gráfico 8 - Diferenças médias das vazões entre os grupos de torneira para abertura 3 .....	46

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
1.1.1	Objetivo Geral .....	15
1.1.2	Objetivos Específicos .....	15
<b>1.2</b>	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3</b>	<b>PROBLEMA DA PESQUISA.....</b>	<b>15</b>
<b>1.4</b>	<b>HIPÓTESES.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>DESPERDÍCIOS E PERDAS HÍDRICAS COMO DESAFIOS PARA A CONSERVAÇÃO DA ÁGUA .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>TIPOS E MECANISMOS DE FUNCIONAMENTO DOS AREJADORES EM TORNEIRAS.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3</b>	<b>REDUÇÃO DA VAZÃO DE ÁGUA EM TORNEIRAS DOTADAS DE AREJADORES .....</b>	<b>34</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>TIPO DE PESQUISA.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2</b>	<b>REVISÃO LITERATURA.....</b>	<b>37</b>
<b>3.3</b>	<b>ESTUDO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>37</b>
3.3.1	Caracterização da área de estudo.....	38
3.3.2	Procedimentos.....	38
3.3.3	Instrumentos utilizados.....	39
3.3.4	Tratamento dos dados.....	40
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, a sustentabilidade é uma das principais pautas modernas, dessa forma, tecnologias estão sendo amplamente distribuídas para a redução da utilização de recursos. Para Boechat et al. (2021), mesmo o Brasil, considerado um país com a maior reserva de água potável disponível para uso do planeta, a falta de água ainda atinge uma grande parte da população.

Segundo Soares (2021), a água é um recurso essencial para a moderação da vida no planeta, sendo uma substância necessária para vários processos industriais, consumo pessoal e geração de energia, por meio de hidrelétricas.

Diante de um intenso crescimento populacional e crises hídricas, a necessidade da oferta desse recurso para a população, seguindo seus parâmetros de qualidade é algo crucial (MACÊDO *et al.*, 2025).

Não obstante a gestão e redução dos desperdícios seja um papel dos consumidores finais e também de entidades geradoras, mecanismos de redução de consumo e também criação de infraestruturas adequadas para o tratamento e distribuição de água, ainda são desafios para muitos países (MORAES, 2025). Ainda que nenhum sistema seja considerado perfeito e as perdas serem inevitáveis, os percentuais de desperdício, seja no uso doméstico, indústria ou agronegócios, ainda estão longe do considerado adequado, haja vista que se trata de um recurso finito.

Dessa maneira, sistemas de redução de perdas, por vezes, acabam sendo deixados em segundo plano, principalmente, por fatores econômicos associados. Não obstante, existem soluções baratas, como os arejadores, que podem ser aplicados em torneiras, sendo mecanismos essenciais para a redução de desperdícios e minimização da utilização de recursos hídricos (SOARES, 2021).

Existem diversas ferramentas, portanto, que podem reduzir os desperdícios e aumentar a quantidade da água. Com os diversos problemas de saúde e socioeconômicos envolvidos, torna-se importante que a população reconheça e seja estimulada para aplicar em suas residências ou edificações componentes que atenuem o consumo de água, algo que pode trazer retornos significativos, principalmente, se foram aplicados em longo prazo e por muitos consumidores finais (MACÊDO *et al.*, 2025).

Contudo, diante do dever que essas entidades possuem em distribuir água de qualidade, melhorar a gestão desses recursos é algo medular para o desenvolvimento de um futuro mais sustentável, assim como para assegurar a biodisponibilidade da água (MORAES, 2025).

O quadro 1 a seguir, demonstrado por Caiçara *et al.* (2022), demonstra quais são as principais causas de perda de água, assim como as magnitudes envolvidas nos respectivos processos:

Quadro 1 – Origens de Perdas de Água – Perdas Reais.

<b>Subsistemas</b>	<b>Origens</b>	<b>Magnitudes</b>
Adução de Água Bruta	Vazamento nas tubulações	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Limpeza do poço de sucção*	
Tratamento	Vazamentos estruturais	Significativa, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Lavagem de filtros*	
	Descarga de Iodo*	
Reserva	Vazamentos estruturais	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Extravasamentos	
	Limpeza*	
Adução de Água Tratada	Vazamento nas tubulações	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Limpeza do poço de sucção*	
	Descargas	
Distribuição	Vazamentos na rede	Significativa, em função do estado das tubulações e principalmente das pressões
	Vazamentos em ramais	
	Descargas	

Fonte: Caiçara *et al.* (2024).

Por esse viés, os temas associados com a qualidade dessa substância e sua gestão vêm crescendo ao longo dos anos, sendo uma consequência do desenvolvimento social e aplicação de metas sustentáveis (MORAES, 2025). Soares (2021), estima que em 2050 a população mundial será próxima de 11 bilhões de indivíduos, crescimento que pode refletir em uma maior demanda de energia, concentração urbana em grandes centros, redução da disponibilidade de água e estresse hídrico.

Marques *et al.* (2021) abordam sobre a necessidade da aplicação de práticas que sejam adequadas para a redução de perdas desse recurso. Algo que está diretamente vinculado com novas tecnologias e métodos de gestão que assegurem comportamentos mais sustentáveis para os consumidores e concessionárias (MACÊDO *et al.*, 2025).

Ademais, Dantas *et al.* (2024), argumentam que o cenário de crise hídrica no Brasil, ocorrida entre 2013 e 2016, trouxe prejuízos para milhões de pessoas e foi um acontecimento importante para o aumento da consciência coletiva sobre a utilização desse recurso, com destaque a situação de vulnerabilidade que o país pode passar no contexto da disponibilidade desse recurso.

Esse momento crítico para o abastecimento brasileiro, demonstrou que mesmo sendo uma nação que possui uma grande disponibilidade hídrica, existem várias regiões que podem ser afetadas por um mal uso desse recurso, algo que levanta o debate sobre a implementação de técnicas e equipamentos para a mitigação do consumo desse recurso.

Por essa análise, existe urgência na aplicação de técnicas de gestão desses recursos, assim como a procura por métodos sustentáveis para a subtração do consumo de água. A procura por soluções sustentáveis, como é o caso dos arejadores de torneiras, são fundamentais para enfrentar os desafios intrínsecos à escassez de água e suas consequências socioeconômicas (DAS CHAGAS ROSSATO *et al.*, 2024).

Os dados levantados pela literatura, destacam que Brasil, possui uma série de municípios com problemas associados ao tratamento e disponibilidade de água. Portanto, através dos arejadores, a situação crítica que muitos municípios brasileiros se encontram em relação a utilização desse recurso, podem ser melhoradas, evitando cenários de crises hídricas conforme ocorrera há poucos anos (DOS SANTOS SILVA; DA SILVA SEGUNDO, 2024).

Com isso, a aplicação de técnicas para a redução do consumo deste insumo, aparece como uma forma de conseguir mitigar esses problemas. Logo, aplicações simples, como arejadores em torneiras, são capazes de reduzir a vazão dos sistemas hidráulicos em residências, mitigando desperdícios e aprimorando a gestão desse recurso (SCUR; ALLIPRANDINI, 2023).

Nesse contexto, os arejadores, possibilitam uma redução da quantidade de água que sai dessas torneiras. Por intermédio do princípio de Venturi, o qual um fluido em movimento passa por uma região de estreitamento, o que aumenta a sua velocidade e reduz a pressão estática. Esse princípio é o que permite a sucção de ar para dentro do fluxo de água no arejador, sendo assim, dispositivos importantes para a economia hídrica, podendo ser aplicado em residências, hotéis e locais públicos (UMESH; SITARAM, 2014).

Além disso, a geometria dos arejadores também é algo importante a ser avaliada em sua produção, como o aumento ou redução de sua malha (SCUR; ALLIPRANDINI, 2023).

Com isso, a aplicação de arejadores em torneiras, torna-se uma excelente opção para o controle de sua vazão, resultando em uma grande economia para diversos setores. Esses sistemas, podem ser aplicados para residências, indústrias locais de desenvolvimento agrícola, dentre outros (UMESH; SITARAM, 2014).

Esse estudo, foi pautado em uma revisão de literatura a respeito desse tema, recorrendo a uma série de periódicos a autores vinculados com as hipóteses levantadas e sua verificação. A pesquisa bibliográfica, permite não apenas uma análise sobre a ideia central de diversos autores, mas também a identificação de lacunas e perspectivas sobre estudos futuros.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 *Objetivo Geral*

Analisar a contribuição dos arejadores de torneiras para a conservação da água, por meio da avaliação da redução de vazão e da eficiência no uso do recurso hídrico.

### 1.1.2 *Objetivos Específicos*

- Descrever os tipos e os mecanismos de funcionamento de arejadores de torneiras
- Comparar a vazão em torneiras com e sem arejadores.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O desperdício de recursos hídricos, é um dos principais problemas para a engenharia moderna, tendo em vista que diversos países sofrem com a escassez de água potável, que ainda sendo um recurso abundante, deve ser considerado como limitado, o que justifica pesquisa vinculadas com metodologias para a redução no consumo de água (GALVÃO, 2022).

Com isso, torna-se essencial a aplicação de ferramentas que possam mitigar desperdícios, contudo, mantendo a satisfação dos consumidores, algo que pode ser efetuado por meio de arejadores em torneiras. Estima-se que esses dispositivos, podem reduzir até 50% do consumo de água em uma torneira, algo que foi verificado por meio de vários experimentos, o que demonstra a viabilidade técnica dessa tecnologia (UMESH; SITARAM, 2014).

## 1.3 PROBLEMA DA PESQUISA

Diante do atual cenário de desperdícios e metodologias para a preservação de recursos naturais, essa pesquisa foi embasada na seguinte questão norteadora: Quanto da vazão pode ser reduzida através do uso de arejadores em torneiras?

## 1.4 HIPÓTESES

Por meio de uma pesquisa qualitativa, a finalidade desse estudo consistiu na análise das seguintes hipóteses:

H1: A utilização de arejadores em torneiras pode reduzir a vazão de água em torneiras, sem comprometer a sua funcionalidade.

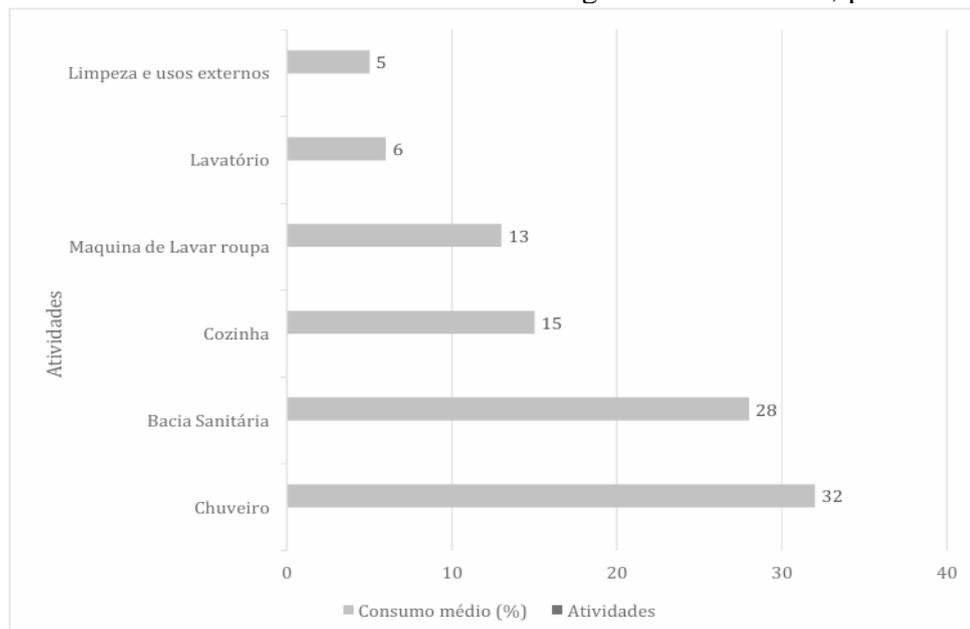
## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 DESPERDÍCIOS E PERDAS HÍDRICAS COMO DESAFIOS PARA A CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

A deficiência hídrica é um dos maiores desafios enfrentados mundialmente, afetando diretamente a disponibilidade e o acesso à água potável. Segundo Boechat et al. (2021), mesmo no Brasil, que detém cerca de 12% da água doce superficial do planeta, enfrenta sérios problemas de distribuição e acesso, principalmente em regiões semiáridas e em grandes centros urbanos. Com o crescimento populacional e a urbanização acelerada, a demanda por água tem aumentado significativamente.

O gráfico 1 a seguir demonstra o percentual médio de consumo de água distribuídos por atividade, destacando o panorama atual e necessidade de gestão desse recurso:

Gráfico 1 – Percentual médio de consumo de água em residências, por atividade



Fonte: Dantas (2024).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2023), estima-se que, até 2050, a demanda global por água aumente em mais de 55%, enviando ainda mais os recursos hídricos. O uso doméstico, industrial e agrícola são os principais responsáveis por essa demanda crescente. Além disso, fatores como mudanças climáticas, poluição dos mananciais e maior gestão dos recursos agravaram a crise hídrica.

Além disso, deve-se destacar que as fontes de água potável estão se esgotando com o passar dos anos, em decorrência do aumento do consumo, estima-se que apenas 1% da água presente nos mares e oceanos estão em condições próprias para seu uso. Diante disso, com o passar dos anos, esse recurso está cada vez menos disponível para consumo, algo que pode trazer grandes dificuldades para gerações futuras.

Caso ações eficientes não sejam tomadas em curto prazo, certamente, esses recursos irão se tornar menos disponíveis e mais caros, algo que pode corroborar para colapsos sociais graves. Diante disso, o principal tipo de água utilizado na modernidade, são as águas residuais, portanto, os efluentes são oriundos de pias, banheiros, chuveiros, piscinas e também atividades industriais (BUENO *et al.*, 2022).

Para Scur e Alliprandini (2023), a gestão eficiente da água passa pela adoção de tecnologias sustentáveis e estratégias que promovam a conservação e o aproveitamento do recurso.

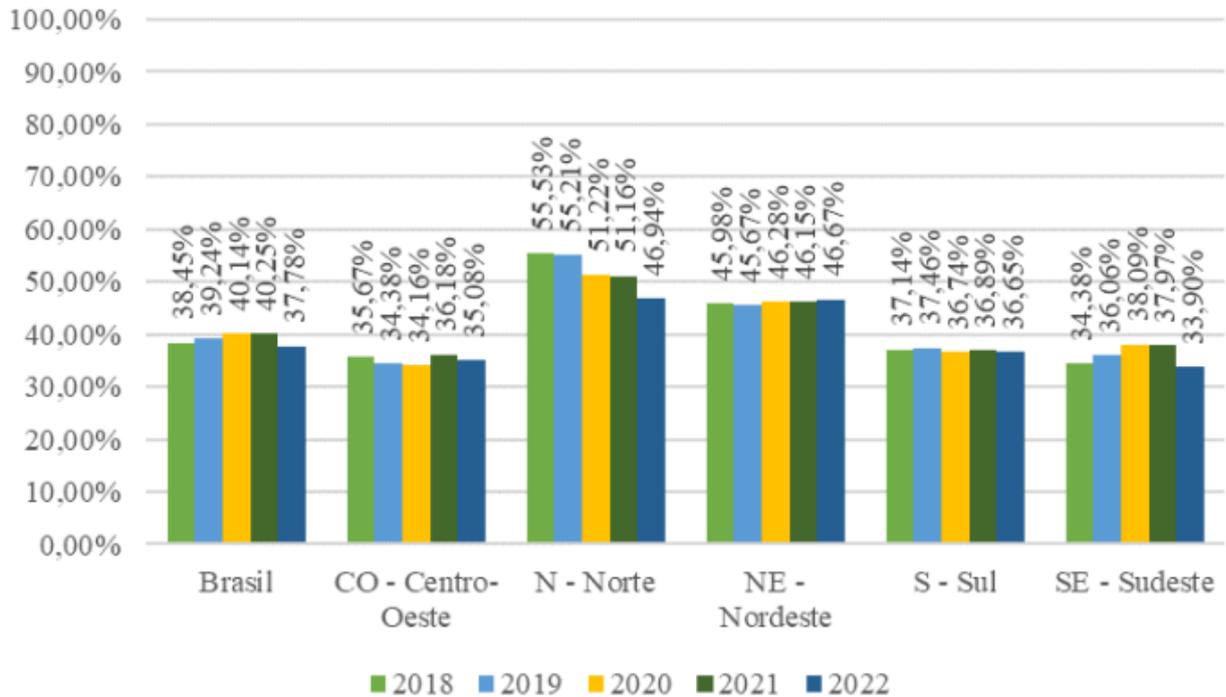
As perdas de água em sistemas de abastecimento representam uma grave entrada para a sustentabilidade hídrica. Conforme o Instituto Trata Brasil (2024), o índice médio de perdas no país é de 36,7%, o que significa que mais de um terço da água tratada é desperdiçado antes de chegar ao consumidor final. Essas perdas se dividem em:

- Perdas físicas (ou reais): vazamentos em tubulações, conexões e reservatórios.
- Perdas aparentes: furtos, ligações clandestinas e erros de medição.

Matos e cols. (2020) apontam que, além de comprometerem a eficiência do sistema, as perdas elevam os custos operacionais e reduzem a capacidade de atendimento da demanda, especialmente em períodos de estimativa. A redução dessas perdas exige investimentos em tecnologias de monitoramento, renovação de redes antigas e políticas eficazes.

O gráfico 2, demonstra quais são os principais índices de perdas de água do Brasil de acordo com a sua distribuição:

Gráfico 2 – Evolução das perdas na distribuição por macrorregião



Fonte: SNIS (2022). Elaboração: GO Associados

Conforme aborda a Organização Mundial da Saúde (OMS), um valor próximo de 80% das águas residuais do planeta não é direcionado para o seu tratamento ou reutilização, um valor que demonstra a negligência de medidas para atenuar os desperdícios de água (DAS CHAGAS ROSSATO *et al.*, 2024).

Algo problemático, tendo em vista a necessidade medular desse recurso não apenas para atividades básicas, mas para a própria vida. Além disso, os dados da instituição ainda destacam que esses valores são superiores a 90% em países pobres e emergentes (SOARES, 2021).

Nos Estados Unidos, existe uma grande preocupação com o investimento em estações de tratamento de água. Estima-se que no país, bilhões de galões são processados e tratados de forma diária (DAS CHAGAS ROSSATO *et al.*, 2024).

Esses sistemas, são essenciais para a retirada de poluentes macroscópicos e microscópicos, além de compostos tóxicos como metais pesados ou resíduos sólidos urbanos e industriais. Esses métodos são fundamentais para uma posterior devolução dessa água para o oceano, minimizando os impactos anteriormente descritos (ALVES; DE SOUSA CAMPOS; DA SILVA, 2024).

Não obstante, quando existem problemas ou falhas nesses sistemas de tratamento, algo destacado por estimativas de diversos órgãos ambientais. Tendo em vista que diversos sistemas de tratamento na modernidade, acabam sendo dimensionados de forma inadequada, corroborando para o despejo inadequado de bilhões de litros de águas residuais.

Segundo o Instituto Trata Brasil (2024), o cenário moderno do país está associado com diversos problemas hídricos, inclusive, trazendo dados que apontam déficits. Essa realidade, torna evidente que o processo de perda de água na região é um grande entrave, principalmente, pelo país ser considerado o maior reservatório de água doce do planeta, algo que agrava essa crise hídrica (DAS CHAGAS ROSSATO *et al.*, 2024).

Segundo a literatura, localidades que possuem perdas hídricas inferiores a 24% são consideradas de excelência, não obstante, esses valores, de forma geral, estão muito distantes da realidade brasileira (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2024). O saneamento básico, por exemplo, ainda uma questão estrutural a ser resolvida no âmbito brasileiro, tendo em vista que muitos municípios ainda não direcionam os recursos necessários para abarcar tais problemas, o que corrobora para um cenário pouco otimista (CAMARGO *et al.*, 2024).

Portanto, existem diversos problemas no processo de abastecimento de água que podem desencadear em perdas hídricas severas, como é o caso da presença de vazamentos, execução inadequada de profissionais e aumento do consumo irregular ou não autorizado pelas concessionárias (VIVAS; LEITE; PINTO, 2021).

Segundo a literatura, essas questões corroboram em impactos ambientais severos, aumentando os custos associados com a distribuição desse recurso ou prejudicando o sistema de forma ampla. Portanto, não apenas a qualidade da água acaba sendo prejudicada por essa realidade, mas todos os seus usuários (FERREIRA, 2022).

Com isso, o estudo de mecanismos que possam reduzir os índices de perda de água é uma questão relevante para a comunidade científica e também para órgãos regulamentadores. Essas técnicas devem ser apresentadas com a finalidade da redução de desperdícios, melhorando o processo de tratamento, distribuição, manutenção de sistemas hídricos, dentre outras abordagens necessárias (MACÊDO *et al.*, 2025).

Segundo a literatura, ainda que o excesso do desperdício de água seja um problema grave, a sua eliminação não é considerada pela literatura algo plausível, considerando que não seria possível reaproveitar ou monitorar de forma suficiente para que todas essas perdas sejam cessadas (ALVES; DE SOUSA CAMPOS; DA SILVA, 2024).

Com isso, além de não ser algo viável para a economia brasileira e mundial, não existem tecnologias que possam assegurar o desperdício zero para esse recurso. Portanto, o foco deve ser no investimento em técnicas de mitigação e contenção, para que esse recurso seja aproveitado da melhor forma possível, algo que não é a realidade de muitos países.

Dessarte, o conhecimento técnico de profissionais da engenharia deve ser incorporado nesse sentido, tendo em vista os vários conceitos correlacionados com forma de mensurar e dimensionar essas perdas hídricas. Atualmente, os prestadores de serviço para o Estado brasileiro, recorrem aos padrões que foram fomentados pela Associação Internacional de Água (IWA) (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2024).

Portanto, acabe aos engenheiros e técnicos avaliarem o cenário do desperdício de água para cada contexto em específico, diante da criação de matrizes que possam organizar o processo, algo que envolve desde a entrada desse recurso, até sua chegada para o consumidor final. Por conseguinte, para residências, indústrias, locais urbanos, dentre outros (SOARES, 2021).

A metodologia de mensuração aplicada, portanto, é o balanço hídrico, envolvendo todas as etapas de manutenção, tratamento, dimensionamento, escoamento, armazenamento e distribuição desse recurso. Dessarte, essa variável é calculada tendo com embasamento o volume de água produzido no sistema, que envolve também o volume tratado desse solvente (VIVAS; LEITE; PINTO, 2021).

O quadro a seguir, demonstra que o processo de classificação fornecido pela IWA também avalia os tipos de perdas e consumos como autorizados e não autorizados, como pode ser visto abaixo:

Quadro 2 - Balanço hídrico proposto pela IWA

Água que entra no sistema (inclui água importada)	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (inclui água exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não medido (estimado)	
	Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido (uso próprio, caminhão pipa, entre outros)	Água não faturada	
		Consumo não faturado não medido		
	Perdas de água	Perdas aparentes (comerciais)		Uso não autorizado (fraudes e falhas de cadastro)
				Erros de medição (macro e micromedição)
		Perdas reais (físicas)		Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios (de adução e/ou distribuição)
				Vazamentos nas adutoras e/ou redes (de distribuição)
Vazamentos nos ramais até o ponto de medição do cliente				

Fonte: Instituto Trata Brasil (2024).

Soares (2021) observa que o Balanço Hídrico é uma ferramenta fundamental para a análise técnica dos componentes relacionados ao abastecimento de água. Com isso, é um dos principais métodos para conseguir averiguar os volumes perdidos desse recurso, assim como uma comparação entre diferentes níveis de desempenho.

Portanto, essa abordagem envolve critérios quantitativos como as perdas aparentes, perdas reais, consumo de água faturado, consumo não faturado, água exportada, água potável tratada e água fornecida (ALVES; DE SOUSA CAMPOS; DA SILVA, 2024).

Esse órgão também efetua uma classificação das perdas de água de acordo com o local, portanto, existem as chamadas perdas reais, vinculadas com o tratamento, reserva e distribuição, assim como as perdas comerciais ou aparentes:

Quadro 3 – Perdas reais de água

Subsistemas	Origens		Magnitudes
	Perdas Reais (Físicas)	Adução de Água Bruta	Vazamento nas tubulações
Limpeza do poço de sucção*			
Tratamento		Vazamentos estruturais	Significativa, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
		Lavagem de filtros*	
		Descarga de lodo*	
Reserva		Vazamentos estruturais	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
		Extravasamentos	
		Limpeza*	
Adução de Água Tratada		Vazamentos nas tubulações	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
		Limpeza do poço de sucção*	
		Descargas	
Distribuição		Vazamentos na rede	Significativa, em função do estado das tubulações e principalmente das pressões
	Vazamentos em ramais		
	Descargas		

Fonte: Instituto Trata Brasil (2024).

Estratégias de mitigação para essas perdas reais podem afetar de forma direta a produção e também demanda por recursos hídricos. Por essa análise, quanto maior for a quantidade dessas perdas, maiores serão os problemas em setores com a produção hídrica, problemas ambientais, dentre outros (DAS CHAGAS ROSSATO *et al.*, 2024).

O Instituto Trata Brasil (2024), ainda destaca que as perdas aparentes estão associadas com a quantidade de água consumida, porém, que não passam por faturamentos ou são faturadas. Por isso, são conhecidas como perdas comerciais, sendo associadas com fraudes, ligações clandestinas, falhas na leitura de hidrômetros e problemas cadastrais:

Quadro 4 – Perdas aparentes ou comerciais

Perda Aparentes (Comerciais)	Origens	Magnitude
	Perda Aparentes (Comerciais)	Ligações clandestinas/irregulares
Ligações sem hidrômetros		
Hidrômetros parados		
Hidrômetros que subestimam o volume consumido		
Ligações inativas reabertas		
Erros de leitura		
Número de economias errado		

Fonte: Instituto Trata Brasil (2024).

Silva *et al.* (2021), destaca sobre a importância de medidas que reduzam as perdas aparentes, principalmente, devido aos problemas financeiros que podem ser causados por esse

tipo de desperdício. Isso acontece porque esses números impactam as receitas dessas empresas e do Estado, pois, esses volumes apesar de não produzidos, são igualmente faturados (FONTANA; SAGAVA, 2024).

Para Moraes (2025), um maior nível de perdas aparentes pode atenuar a contingência financeira dos prestadores de serviços hídricos. Diante disso, receitas que seriam necessárias para aumentar a oferta, expandir a qualidade dos serviços de fornecimento e abastecimento ou efetuar manutenções nas infraestruturas de tratamento de água acabam sendo prejudicadas (DAS CHAGAS ROSSATO *et al.*, 2024).

O quadro 5, demonstra uma correlação entre as perdas reais e aparentes, assim como as consequências, ocorrências comuns, efeitos ambientais e também consequências para as empresas e consumidores finais envolvidos:

Quadro 5 – Descrições das perdas reais e aparentes

Itens	Características Principais	
	Perdas Reais	Perdas Aparentes
<b>Tipo de ocorrência mais comum</b>	Vazamento	<b>Erro de medição</b>
<b>Custos associados ao volume de água perdido</b>	Custo de produção	<b>- Tarifa - Receita Operacional</b>
<b>Efeitos no Meio Ambiente</b>	- Desperdício do Recurso Hídrico - Necessidades de ampliações de mananciais	-
<b>Efeitos na Saúde Pública</b>	Risco de contaminação	-
<b>Empresarial</b>	Perda do produto	<b>Perda de receita</b>
<b>Consumidor</b>	- Imagem negativa (ineficiência e desperdício)	-
<b>Efeitos no Consumidor</b>	- Repasse para tarifa - Desincentivo ao uso racional	<b>- Repasse para tarifa - Incitamento a roubos e fraudes</b>

Fonte: Instituto Trata Brasil (2024).

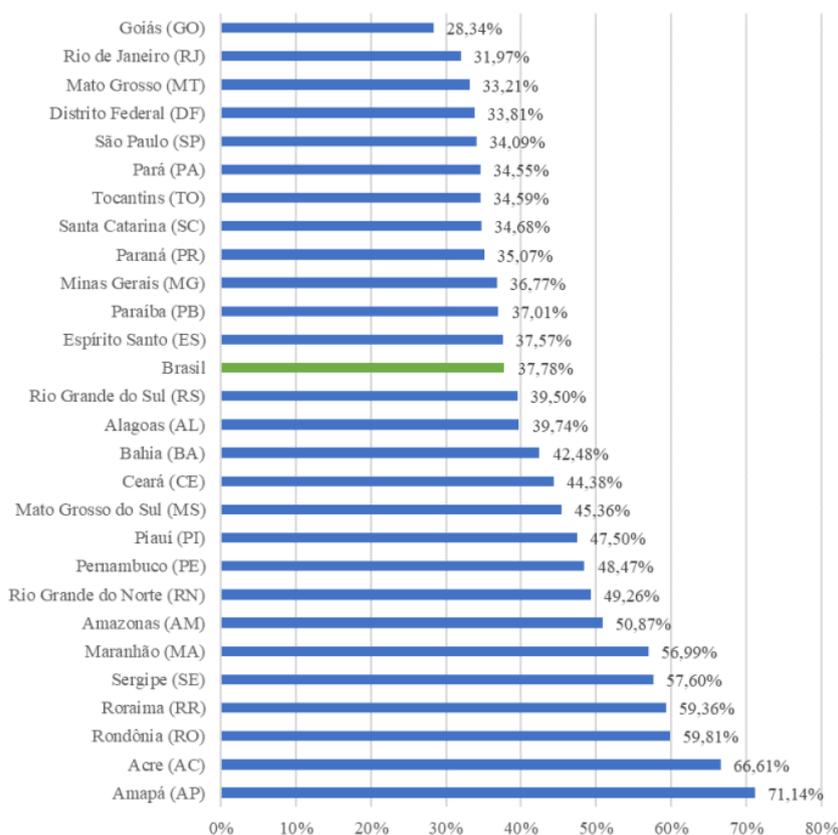
É consenso entre a literatura, a necessidade de aplicação de metodologias que possam minimizar as perdas de água, principalmente, diante de várias crises hídricas que estão culminando na modernidade. Outrossim, mesmo países que possuem um alto estoque de água, contudo, que sua distribuição é irregular, acabam tendo problemas com a falta de água, algo que ocorre na região nordeste, por exemplo, onde a seca presente no sertão acaba prejudicando a qualidade de vida das pessoas ou mesmo corroborando para doenças e saneamento básico ineficiente (CAIÇARA *et al.*, 2022).

A literatura aponta que o Brasil acaba desperdiçando uma quantidade de água muito maior do que deveria ser entregue pelas empresas responsáveis pelo abastecimento interno, algo que justifica o cenário de déficit hídrico, mesmo com o país sendo a maior reserva de água potável do planeta (FONTANA; SAGAVA, 2024).

Ainda que exista uma redução nessas perdas nos anos de 2020 e 2021, essa redução não foi expressiva, portanto, esse problema ainda persiste e exige soluções que sejam adequadas em curto prazo (DAS CHAGAS ROSSATO *et al.*, 2024).

O gráfico a seguir, demonstra a situação da perda de água por desperdícios na distribuição, por região no território brasileiro:

Gráfico 3 – Perdas por desperdício na distribuição de água no Brasil por Estado



Fonte: SNIS (2022). Elaboração: GO Associados.

Os objetivos vinculados com o desenvolvimento nacional, destacam a necessidade que essas perdas não ultrapassem os 25%, uma meta que precisa ser concretizada até 2034. Conforme destacado, regiões que possuem tais índices são consideradas percentualmente excelentes para o reaproveitamento de água e recursos envolvidos.

Além disso, essa redução também é necessária para o cenário econômico, uma vez que atenuar os gastos com água, pode ser um passo importante para a redução de custos expressivos da administração direta com a gestão desses recursos. Essa prática deve ser uma prioridade para o Estado brasileiro, principalmente, diante da dependência que sua produção

industrial, população urbana e infraestrutura possui em relação a água e seu escoamento (DE OLIVEIRA; DA SILVA, 2024).

Segundo a literatura analisada, o maior índice de perda de recursos hídricos ocorre na região norte, portanto, mais de 50% dos recursos que são captados acabam sendo desperdiçados.

Na região nordeste, esse percentual também é semelhante, algo que pode estar vinculado com sua infraestrutura precária e ausência de saneamento básico adequado, considerando que a região sul do país, possui a maior cobertura de abastecimento de água e com índices de desperdício menores, não obstante, ainda longe do ideal (FONTANA; SAGAVA, 2024).

Para Soares (2024), o problema do aumento do consumo doméstico de água é algo preocupante para o Brasil, principalmente porque o território possui 16% de sua água doce direcionada para o consumo residencial. Por isso, a necessidade da incorporação de novas técnicas, que sejam aplicadas para evitar a escassez hídrica, torna-se uma necessidade para a maioria das regiões do país (BENOIT *et al.*, 2021).

O consumo de água em edificações, ocorre de forma setorizada na rede de distribuição brasileira, portanto, o seu uso envolve o consumo interno e externo, como pode ser visto a seguir:

Tabela 1 – Categorização das unidades consumidoras de água

Categorias	Descrição	Uso da água
Residencial	Unifamiliar	Uso interno/externo
	Multifamiliar	Uso interno/externo
Comercial	Restaurantes, Hospitais e Serviços de Saúde, Hotéis, Lavanderias, Autoposto e Lava- rápidos, Clubes Esportivos, Bares, Lanchonetes e Lojas	Uso interno/externo
Industrial	Indústrias Químicas e produtos afins, Metalúrgica Básica, Indústria de papeis, alimentação, equipamentos eletrônicos e elétricos, transportes, e indústrias têxteis.	Uso interno/externo
Público	Edifícios Públicos, Escolas, Parque Infantil, Prédios de Unidades de Saúde Pública, Paço Municipal, Cadeia Pública e todos os edifícios municipais, estaduais e federais.	Uso interno/externo

Fonte: Soares (2024).

Com isso, a ausência de um componente que possa substituir esse recurso, assim como tarifas consideradas baixas para alguns grupos sociais, acabam minimizando os custos percebidos com esse recurso para os usuários. Não obstante, o crescimento populacional e processo de metropolização, acaba aumentando o consumo interno de água potável de maneira expressiva (BENOIT *et al.*, 2021).

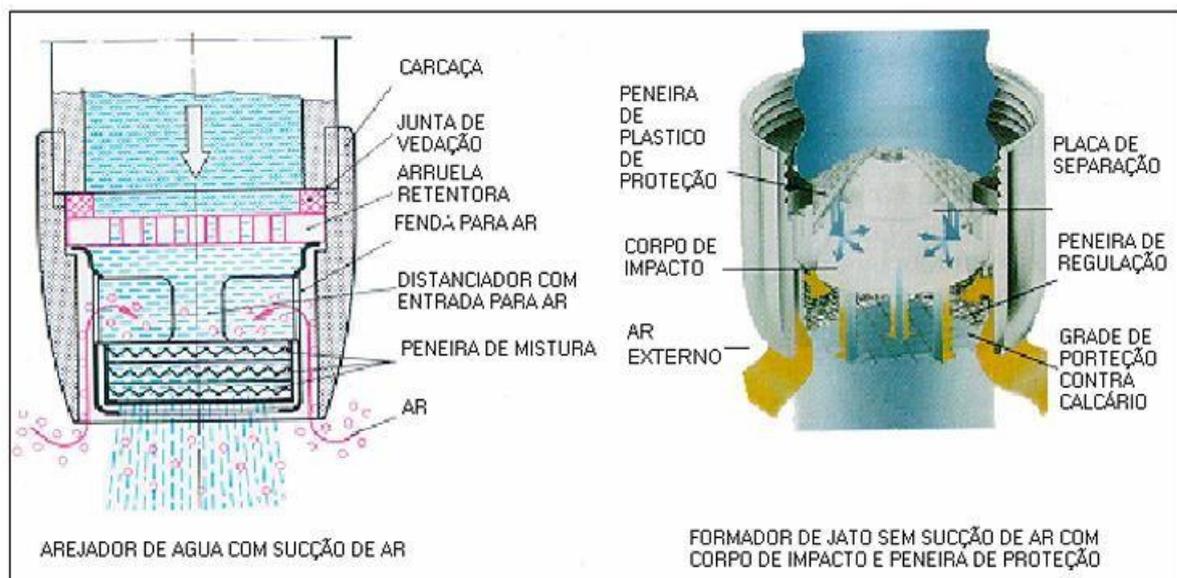
## 2.2 TIPOS E MECANISMOS DE FUNCIONAMENTO DOS AREJADORES EM TORNEIRAS

Umesh e Sitaram (2014) destacam que os arejadores são responsáveis pela redução da quantidade de água que passa por torneiras. Isso ocorre porque elas mesclam esse fluxo com o ar. Em decorrência do crescimento da utilização de água no Brasil, destacado por Boechat *et al.* (2021), esse dispositivo, apesar de simples, aparece como uma solução viável para a redução do consumo de água.

Arejadores comprimem o fluxo de água, resultando em uma descarga de maior pressão do que torneiras convencionais. Eles também introduzem bolhas de ar na água, o que dá a sensação de um fluxo maior (DOS SANTOS SILVA; DA SILVA SEGUNDO, 2024).

De acordo com o Ministério das Cidades (2003) os arejadores são componentes mecânicos colocados na extremidade da bica das torneiras, sendo responsável pela redução da secção transversal de passagem de água. Isso ocorre devido a incorporação de telas finas e perfuradas, portanto, sendo importantes na mitigação do escoamento da água:

Figura 2 – Funcionamento dos arejadores



Fonte: Ministério das Cidades (2003).

Os arejadores, funcionam como uma espécie de peneira, com isso, o fluxo de água acaba sendo dividido em correntes menores. Essa prática, portanto, torna-se capaz de inserir uma corrente de ar dentro do fluxo de água, modificando as suas vazões e sendo importante para evitar desperdícios (SOARES, 2010).

O quadro a seguir, levanta alguns aspectos importantes para a utilização de arejadores no contexto da redução de desperdícios, com base em diversos autores:

Quadro 5 – Análise comparativa da utilização de arejadores para a redução do desperdício hídrico

Autor(es)	Documento	Ênfase sobre Arejadores	Resultados / Benefícios
Umesh & Sitaram (2014)	Artigo técnico	Análise hidráulica detalhada; redução de até 50% no consumo.	Eficiência comprovada na redução de vazão sem perda de desempenho.
Koushik et al. (2017)	Artigo técnico	Arejadores como solução econômica e sustentável em instituições.	Redução de desperdício em ambientes acadêmicos com retorno financeiro.
Madsen et al. (2014)	Relatório acadêmico	Avaliação econômica e ecológica em um bar; retorno de investimento com economia de água.	Economia de água e energia; baixo custo de implementação.
Soares et al. (2012)	Dissertação de mestrado	Estudo experimental de diferentes níveis de aeração em refeitório; redução significativa.	Economia de água proporcional ao aumento de aeração; aplicação prática.
Gonçalves et al. (2024)	Documento técnico	Destaca tecnologias poupadoras, incluindo arejadores.	Incentivo à adoção de tecnologias simples com grande impacto.
Ministério das Cidades (2003)	Documento técnico	Classificação de arejadores como produtos economizadores prediais.	Recomendações normativas para uso racional da água.
Filócomo & Corrêa (2024)	Artigo científico	Integra arejadores em soluções sustentáveis aplicáveis a residências.	Arejadores são recomendados para reduzir impactos ambientais.
Scur & Alliprandini (2023)	Artigo científico	Aborda iniciativas sustentáveis, incluindo dispositivos economizadores de água como arejadores.	Demonstra importância da sustentabilidade institucional com foco em recursos hídricos.

Fonte: Autora (2025).

Como elencam Umesh e Sitaram (2014), ocorre uma redução no espaço por onde a água passa nessas torneiras e portanto, a vazão e fluxo são restringidos. Sua aplicação é essencial para o contexto da redução de desperdícios, algo que ocorre por meio de dispositivos de economia de água. A literatura destaca que os arejadores podem ser utilizados em diversos locais, como hotéis, banheiros públicos ou residências, o que demonstra a sua

versatilidade (BENOIT *et al.*, 2021).

A figura 3, retirada do estudo de Soares (2010), demonstra como os arejadores podem ser incorporados em torneiras convencionais:

Figura 3 – Arejadores em torneiras



Fonte: Soares (2010).

O levantamento bibliográfico também foi necessário para elencar alguns desafios e aspectos negativos associados com a utilização desses dispositivos, realizando também um contraponto com suas vantagens, amplamente discutidas pela literatura:

Quadro 6 – Desvantagens e desafios na utilização da arejadores

Autor(es)	Documento	Aspectos Negativos / Desafios
Umesh & Sitaram (2014)	Artigo técnico	Desempenho pode variar com a pressão da rede; necessidade de selecionar modelos adequados ao tipo de instalação.
Koushik et al. (2017)	Artigo técnico	Custo inicial mais elevado em comparação com torneiras convencionais e necessidade de manutenção periódica dos dispositivos.
Madsen et al. (2014)	Relatório acadêmico	Funcionamento pode impactar a produtividade em cozinhas de alta demanda hídrica; necessidade de acompanhamento técnico.
Soares et al. (2012)	Dissertação de mestrado	Requer ajustes técnicos precisos; instalação inadequada compromete a eficácia dos dispositivos.
Gonçalves et al. (2024)	Documento técnico	Falta de padronização dos modelos no mercado e desconhecimento técnico por parte dos usuários e instaladores.
Ministério das Cidades (2003)	Documento técnico	Ausência de fiscalização quanto ao uso; resistência à adoção em larga escala em prédios públicos e privados.

Filócomo & Corrêa (2024)	Artigo científico	Exige conscientização dos moradores; mudanças na percepção de conforto podem gerar rejeição.
Scur & Alliprandini (2023)	Artigo científico	Falta de cultura institucional voltada à sustentabilidade e resistência à implementação de novas tecnologias.

Fonte: Autora (2025).

O grande destaque dessa tecnologia consiste na redução do consumo de água, contudo, sem prejudicar a eficiência dessas torneiras, assegurando que o consumidor final continue satisfeito. Durante o dimensionamento e produção desses componentes, o seu desempenho é mensurado, sendo avaliado por intermédio de métodos numéricos e também experimentais, assegurando a sua eficiência (TONG; HE; HU, 2024).

Torneiras automáticas, mictórios com sensores e arejadores de baixo fluxo consomem menos água do que os dispositivos convencionais. Eles economizam uma quantidade considerável de água quando as torneiras são deixadas abertas por negligência. Com o uso desses dispositivos é possível economizar água, dinheiro e energia. Além disso, o uso dessa tecnologia ajuda a prevenir a transmissão de doenças e infecções bacterianas (KOUSHIK, 2017).

Como demonstrado acima, esse equipamento pode requerer alguns reajustes técnicos, principalmente, em alguns casos de interferência na produtividade e possibilidade de manutenções periódicas. Além disso, questões como a pressão envolvida na rede hidráulica, também podem influenciar de forma negativa na produtividade dos arejadores, exigindo uma análise técnica antes da implantação (BENOIT *et al.*, 2021).

Os arejadores são adequados para residências, apartamentos, escritórios, prédios institucionais, escolas, faculdades, restaurantes, hotéis, alojamentos, hospitais e aeroportos (KOUSHIK, 2017).

Portanto, não é raro que sejam efetuadas sugestões a respeito das melhorias desses dispositivos, levando em considerações parâmetros hidráulicos como a linha de pressão e vazão. Outrossim, padrões geométricos também devem ser avaliados, como é o caso do aumento ou atenuação da malha de passagem do arejador (JAYANTHI *et al.*, 2021).

No entanto, a pressão da água é mantida, razão pela qual a maioria das pessoas não percebe diferença na quantidade de água que sai de uma torneira com arejador. Como a água é ligeiramente compactada pelo arejador, isso pode até aumentar a pressão em torneiras que normalmente apresentam pressão mais baixa do que o normal (BENOIT *et al.*, 2021).

Segundo Umesh e Sitaram (2020), existem diferentes tipos de arejadores disponíveis no mercado, variando quanto à geometria, número de malhas internas, comprimento do canal

de passagem de ar e possibilidade de regulagem da vazão. Os principais tipos encontrados podem ser classificados como:

- Arejadores de malha simples
- Arejadores de múltiplas malhas (dupla ou tripla)
- Arejadores com válvula de controle
- Arejadores com vazão fixa
- Arejadores com vazão ajustável

Além das características construtivas, o desempenho hidráulico dos arejadores está diretamente relacionado à economia de água que proporcionam. Estudos experimentais mostraram que os modelos que apresentam combinação de malhas internas com tamanhos diferentes possuem maior eficiência na redução do consumo de água, se comparados aos arejadores com malha única ou com malhas idênticas (UMESH; SITARAM, 2020).

Outro fator relevante no desempenho do arejador está associado ao comprimento do canal de passagem de ar, que, de acordo com o estudo experimental, deve ser equivalente ao diâmetro do próprio arejador, garantindo assim a máxima eficiência na economia de água.

Os experimentos realizados mostraram que, para uma tubulação de 12,7 mm, o arejador foi capaz de reduzir o consumo de água em até 55%, enquanto, em tubulações de 19,05 mm, a economia registrada foi de 32%. Tal resultado reforça que, em tubulações com menor diâmetro, o efeito de mistura do ar com a água é potencializado, proporcionando maior economia (UMESH; SITARAM, 2020).

Além disso, o modelo de arejador que apresentou o melhor desempenho foi o Modelo 2, fabricado pela empresa ESS-ESS, alcançando uma economia máxima de 47%, com canal de passagem de ar de 6,5 mm e uma eficiência de mistura de ar de 22,6%.

A Tabela 2 apresenta as principais características geométricas dos modelos de arejadores avaliados no estudo experimental realizado por Umesh e Sitaram (2020). Os parâmetros analisados foram: número de malhas (meshes), área de passagem de ar, área disponível para escoamento da água e percentual de obstrução do fluxo

Tabela 2 – Características geométricas dos arejadores de torneira avaliados.

<b>MODELO DO AREJADOR</b>	<b>Nº DE MALHAS</b>	<b>ÁREA DE PASSAGEM DE AR (CM²)</b>	<b>ÁREA DE ESCOAMENTO (CM²)</b>	<b>OBSTRUÇÃO DO FLUXO (%)</b>	<b>FABRICANTE</b>
<b>MODELO 1</b>	2 (malhas diferentes)	0,691	1,10	13,4%	Parryware
<b>MODELO 2</b>	1	0,628	1,21	4,8%	Jaguar
<b>MODELO 3</b>	2 (malhas diferentes)	0,628	0,95	22,2%	Ess-Ess

Fonte: Adaptado de UMESH, V.; SITARAM, N. Bangalore, Índia, 2014.

Outros autores, como Bassam Hasbini (2003) e Kondo (2006), também destacaram a importância dos parâmetros geométricos dos arejadores no desempenho hidráulico, apontando que o número e o tamanho dos poros da malha interna devem ser uniformes, e a área livre para passagem de água deve estar entre 85% e 98% da área total de escoamento, para otimizar a economia.

Esses estudos reforçam que a escolha do modelo de arejador adequado deve considerar não apenas o custo de aquisição, mas principalmente as características hidráulicas e construtivas do equipamento, de modo a garantir um desempenho eficiente e sustentável no uso da água.

Os arejadores de torneira podem ser classificados em diferentes tipos, variando de modelos mais simples até versões com tecnologia avançada. O tipo mais básico de arejador atua apenas na redução da vazão da água, sem proporcionar outras funcionalidades adicionais. Este tipo é o mais comum em ambientes residenciais, especialmente em banheiros, sendo projetado de forma discreta, buscando interferir minimamente no design da torneira (MADSEN et al., 2014).

Por outro lado, versões mais complexas de arejadores foram desenvolvidas, oferecendo recursos extras, como diferentes configurações de vazão que podem ser ajustadas manualmente pelo usuário, permitindo adequar o fluxo de água à necessidade específica de cada situação. Além disso, alguns modelos apresentam válvulas internas que possibilitam o controle contínuo da vazão, enquanto outros fornecem diferentes tipos de jato, como fluxo concentrado ou em spray, similares ao funcionamento de chuveiros (MADSEN et al., 2014).

Estudos realizados por Madsen et al. (2014), na University of British Columbia (UBC), reforçam que a escolha do tipo de arejador deve considerar tanto o custo de aquisição quanto o perfil de uso do local, destacando que os modelos com controle de vazão variável apresentam melhores resultados em ambientes comerciais ou de grande demanda, enquanto os modelos fixos são mais recomendados para uso residencial. Os resultados desse estudo mostraram que, ao reduzir a vazão das torneiras de 4 GPM (galões por minuto) para 1 GPM, a economia diária de água poderia chegar a 30 galões por torneira, considerando um uso de 10 minutos por dia. Ainda de acordo com o estudo, o custo médio de um arejador era de aproximadamente 6 dólares, e o tempo de retorno desse investimento foi estimado em 11 meses, considerando a tarifa de água praticada na cidade de Vancouver.

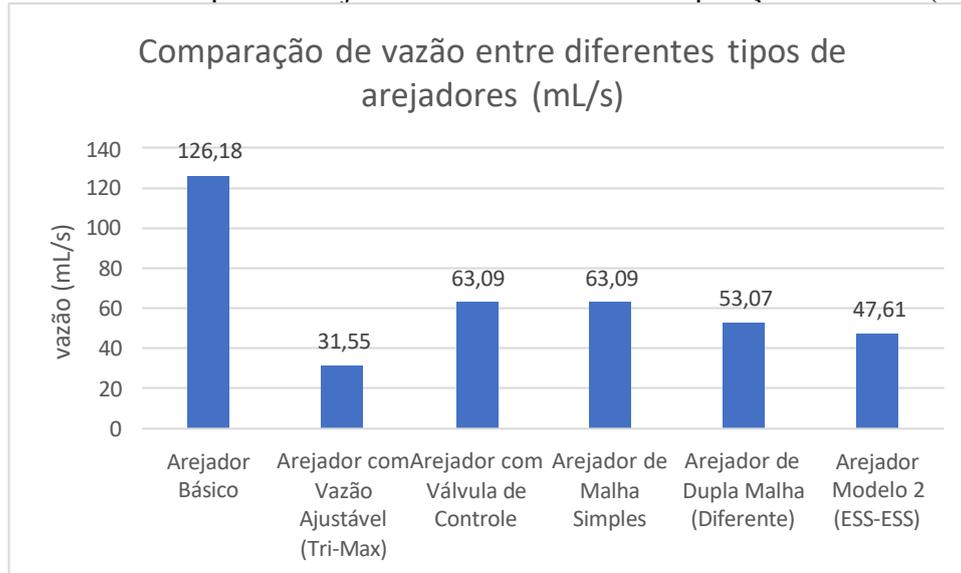
Outro aspecto abordado na pesquisa foi a vida útil dos arejadores, considerada bastante elevada, com estimativas de até 10 anos de funcionamento, o que reforça sua viabilidade econômica e ambiental (MADSEN et al., 2014).

Quadro 7 – Tipos de arejadores de torneira, respectivas fontes bibliográficas e suas faixas de vazão em mililitros por segundo (mL/s)

<b>Tipo de Arejador</b>	<b>Artigo / Fonte</b>	<b>Vazão (mL/s)</b>
Arejador Básico	Madsen et al. (2014)	126.18
Arejador com Vazão Ajustável (Tri-Max)	Madsen et al. (2014)	31.55 a 94.64
Arejador com Válvula de Controle	Madsen et al. (2014)	63.09
Arejador de Malha Simples	Umesh & Sitaram (2020)	63.09
Arejador de Dupla Malha (Diferente)	Umesh & Sitaram (2020)	53.07

Fonte: Adaptado de UMESH, V.; SITARAM, N. Bangalore, Índia, 2014.

Gráfico 4 – Tipos de arejadores de torneira e a comparação da vazão (mL/s).



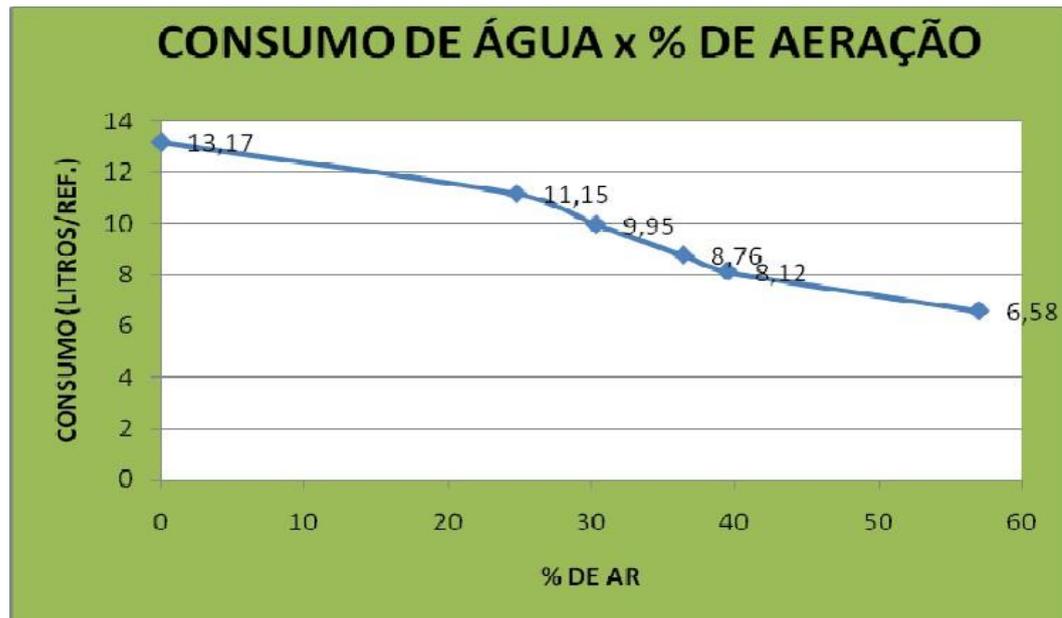
Fonte: Adaptado de UMESH, V.; SITARAM, N. Bangalore, Índia, 2014.

### 2.3 REDUÇÃO DA VAZÃO DE ÁGUA EM TORNEIRAS DOTADAS DE AREJADORES

Segundo a literatura, ainda que os arejadores de torneiras possuam um tamanho pequeno, seus resultados para a economia de água podem ser expressivos, devido a sua possibilidade de aplicação em larga escala. Com isso, diversos grupos da gestão de água podem recorrer a essa ferramenta, como os usuários do sistema ou consumidores finais (residências, indústrias e agricultura), assim como os operadores ou concessionárias (governos municipais, estaduais e distribuidores) (VAVERKA *et al.*, 2021).

O gráfico abaixo, demonstra uma curva logarítmica, demonstrando a possibilidade de redução de consumo com essa ferramenta:

Gráfico 5 – Redução do consumo com arejadores



Fonte: Soares (2010).

Umesh e Sitaram (2014), relatam que os arejadores efetuam o controle da vazão de uma torneira para menos de 10 litros por minuto, algo que possibilita a entrada de ar e a liberação de gotas de água mais finas pelo sistema hidráulico.

Diante disso, a proporção volumétrica utilizada pelos equipamentos acaba sendo atenuada, resultando em uma redução dessa vazão e uma economia de 20 a 50% do consumo, quando comparado a torneiras sem o equipamento (BENOIT *et al.*, 2021).

A versatilidade dessas ferramentas é destacada por Umesh e Sitaram (2014), considerando que os arejadores podem ser aplicados em várias infraestruturas distintas, sendo equipamentos necessários para a redução de custos e também do desperdício de água.

Além disso, efetuam uma compressão do fluxo de água presente no sistema, portanto, sua descarga acontece em pressões mais elevadas do que torneiras tradicionais, portanto, sua eficiência é mantida (JAYANTHI *et al.*, 2021). A incorporação de bolhas de ar é outro aspecto importante fomentado pelos arejadores, inclusive, dando a impressão de que a vazão de água está acontecendo em um fluxo superior (VAVERKA *et al.*, 2021).

A literatura destaca que como essa pressão é mantida, os usuários acabam não percebendo a utilização dessa tecnologia, ainda que o volume de água retirado das torneiras seja muito inferior. Isso ocorre porque o equipamento auxilia em uma leve compactação da água, resultando em um aumento pressórico nessas torneiras, que tradicionalmente, apresentam uma vazão muito fraca para uso (JAYANTHI *et al.*, 2021).

Para Irigaray (2024), esse equipamento pode ser importante para que o país possa atenuar seu cenário de crise hídrica, algo necessário para que possa seguir as metas sustentáveis presentes na Agenda 2030. Portanto, métodos simples como a incorporação de arejadores, podem reduzir de forma expressiva o consumo de água, principalmente quando aplicado para indústrias, residências e consumo público (DE OLIVEIRA; DA SILVA, 2024).

Lobato *et al.* (2024), destacam que o reaproveitamento de água apenas pode ser aplicado de forma eficiente, caso o desperdício seja reduzido. Boechat *et al.* (2021), argumentam que as constantes crises de água no país, levantam debates para a utilização de mecanismos e sistemas para a redução do volume de água que é desperdiçado em residências.

Portanto, diante dos aspectos benéficos citados pelos arejadores, esses equipamentos possuem as características necessárias para uma solução plausível direcionada para esses problemas ambientais e sociais que assolam o saneamento e sistemas de distribuição de água no Brasil (CRUZ, 2024).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, com abordagem quantitativa e qualitativa, envolvendo dois eixos principais: uma revisão bibliográfica e um estudo experimental. A pesquisa visa analisar a eficácia dos arejadores de torneira na redução da vazão de água, contribuindo com soluções sustentáveis para o uso racional deste recurso.

#### 3.2 REVISÃO DA LITERATURA

Uma revisão bibliográfica foi conduzida com o objetivo de embasar teoricamente o uso de dispositivos economizadores de água, como os arejadores, no contexto da sustentabilidade hídrica, da crise no abastecimento e da gestão de perdas.

Foram consultadas publicações em artigos científicos, dissertações, relatórios técnicos e documentos governamentais, disponíveis em bases como:

- Google Acadêmico
- Scielo
- Portal CAPES
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
- Instituto Trata Brasil

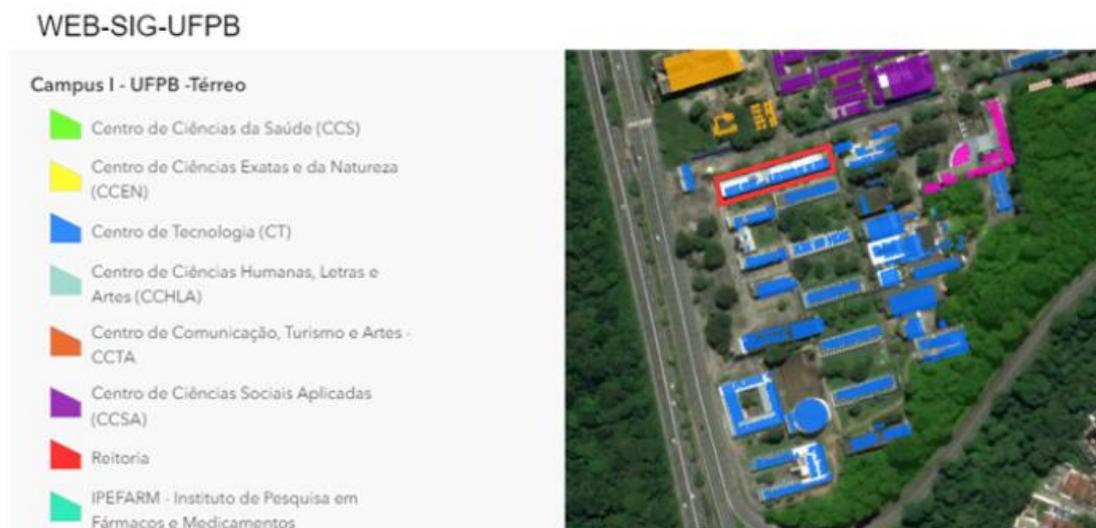
Os critérios para seleção das fontes incluíram: relevância para o tema, atualidade (publicações dos últimos 10 anos prioritariamente) e confiabilidade da fonte. Autores como Silva *et al.* (2020), Boechat *et al.* (2021), Umesh & Sitaram (2014), Madsen *et al.* (2014), e dados oficiais como do SNIS (2022) e Trata Brasil (2024) foram priorizados.

### 3.3 ESTUDO EXPERIMENTAL

#### 3.3.1 Caracterização da área de estudo

A área onde o experimento foi realizado corresponde a uma seção do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), situada no Campus I, no bairro Castelo Branco, na cidade de João Pessoa-PB. Mais especificamente, foi utilizada uma torneira com um arejador acoplado, localizada no banheiro feminino do térreo do bloco CTJ, um prédio de dois andares que abriga salas de aula, laboratórios e salas de professores. A pressão estimada no ponto de medição foi de aproximadamente 6 metros de coluna d'água (m.c.a).

Figura 1 - Identificação do Centro de Tecnologia da UFPB



Fonte: Web-SIG UFPB (2025).

#### 3.3.2 Procedimentos

A fim de quantificar a redução do volume de água, devido ao uso de arejadores em torneiras, foi realizado um ensaio. Ele consistia basicamente em realizar medições do volume de água coletado em uma torneira em dois momentos distintos: com e sem o

dispositivo arejador, durante um período fixo de 5 segundos, utilizando a mesma torneira para ambas as condições experimentais.

As medições foram realizadas considerando três níveis de abertura da torneira, correspondentes a uma, duas e três voltas completas do registro (denominadas abertura 1, abertura 2 e abertura 3, respectivamente). Cada condição foi testada em 10 repetições, e os volumes encontrados foram registrados em milímetros (ml).

Figura 4 - Modelo do dispositivo arejador e da torneira utilizado no experimento.



Fonte: Autora (2025).

### 3.3.3 Instrumentos utilizados

- Béquer de 1000 ml – para coletar a água durante os testes;
- Proveta de 1000 ml – para aferição precisa do volume de água coletado;
- Cronômetro digital
- Arejador convencional
- Planilhas eletrônicas para registro e análise de dados
- Lápis piloto vermelho – utilizado para marcação das voltas da torneira e garantir a padronização das aberturas.

Figura 5 - Equipamentos utilizados na realização do experimento.



Fonte: Autora (2025).

### 3.3.4 Tratamento dos dados

Os dados foram organizados em tabelas e analisados por meio de média, desvio padrão e análise de variância (ANOVA), com o objetivo de verificar a significância estatística da diferença de vazões entre as duas condições testadas (com e sem arejador). Os cálculos foram realizados utilizando o Microsoft Excel, conforme metodologia proposta por Lapponi (2005), e os resultados foram representados graficamente por meio de boxplots, facilitando a visualização da variabilidade entre os grupos divididos em (com e sem arejador).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos encontram-se apresentados nas tabelas 1 e 2 abaixo. Em que, a tabela 1 exibe os valores do volume em ml registrados para a torneira com o dispositivo arejador, enquanto a tabela 2 apresenta os dados correspondentes à mesma torneira sem o dispositivo.

Tabela 3 - Volume de água medido em (ml) coletado em torneira com arejador.

Níveis de Abertura	Med 1	Med 2	Med 3	Med 4	Med 5	Med 6	Med 7	Med 8	Med 9	Med 10
Ab. 1	600	640	620	620	640	640	630	650	640	650
Ab. 2	670	700	660	670	660	700	640	690	680	690
Ab. 3	680	710	680	700	710	670	680	730	670	710

Fonte: Autora (2025).

Tabela 4 - Volume de água medido em (ml) coletado em torneira sem arejador.

Níveis de Abertura	Med 1	Med 2	Med 3	Med 4	Med 5	Med 6	Med 7	Med 8	Med 9	Med 10
Ab. 1	940	990	990	990	970	960	950	970	1010	990
Ab. 2	1000	950	1050	1010	1040	1040	970	1050	990	960
Ab. 3	1055	1045	1220	1160	1060	1230	1200	1180	1200	1030

Fonte: Autora (2025).

Tabela 5 - Vazão de água calculada em (mL/s) em torneira com arejador.

Vazão (mL/s) torneira com arejador			
Nº de medições	Abertura 1	Abertura 2	Abertura 3
Med 1	120	134	136
Med 2	128	140	142
Med 3	124	132	136
Med 4	124	134	140
Med 5	128	132	142
Med 6	128	140	134
Med 7	126	128	136
Med 8	130	138	146
Med 9	128	136	134
Med 10	130	138	142

Fonte: Autora (2025).

Tabela 6 - Vazão de água calculada em (mL/s) em torneira sem arejador.

<b>Vazão (mL/s) torneira sem arejador</b>			
<b>Nº de medições</b>	<b>Abertura 1</b>	<b>Abertura 2</b>	<b>Abertura 3</b>
<b>Med 1</b>	188	200	211
<b>Med 2</b>	198	190	209
<b>Med 3</b>	198	210	244
<b>Med 4</b>	198	202	232
<b>Med 5</b>	194	208	212
<b>Med 6</b>	192	208	246
<b>Med 7</b>	190	194	240
<b>Med 8</b>	194	210	236
<b>Med 9</b>	202	198	240
<b>Med 10</b>	198	192	206

A tabela 4 abaixo, apresenta os valores de vazão médios de água consumidos, para os três níveis de aberturas da torneira, tanto com o uso do arejador quanto sem ele. Além disso, são mostrados os valores de redução percentual do consumo de água obtidos em função do uso de arejador calculados com base na seguinte fórmula1:

$$\text{Redução Percentual} = \left( \frac{\text{Vazão sem arejador} - \text{Vazão com arejador}}{\text{Vazão sem arejador}} \right) \times 100$$

Tabela 7 - Vazão média de água consumido e redução percentual do consumo

Aberturas	Vazão média com Arejador (ml)	Vazão média sem Arejador (ml)	Redução Percentual (%)
<b>1 Volta Completa</b> (Abertura 1)	126,6	195,2	35,1%
<b>2 Voltas Completas</b> (Abertura 2)	135,2	201,2	32,8%
<b>3 Voltas Completas</b> (Abertura 3)	138,8	227,6	39,0%

Fonte: Autora (2025).

Os dados obtidos demonstram uma redução significativa na vazão de água quando se utiliza o arejador.

- Torneira com arejador: A vazão média registrada variou entre 126,60 mL/s e 138,80 mL/s ao longo das medições.
- Torneira sem arejador: O volume médio registrado variou entre 195,20 mL/s e 227,60 mL/s.

Com o intuito de verificar a significância estatística dos resultados obtidos neste estudo experimental, foi aplicada uma Análise de Variância entre os dados de vazão medidos com e sem o uso do arejador, para cada nível de abertura da torneira. A análise de variância é uma ferramenta estatística que permite comparar médias de diferentes grupos e avaliar se as diferenças observadas são estatisticamente significativas ou apenas fruto do acaso.

Os resultados da análise de variância estão apresentados nas tabelas 8, 9 e 10 apresentadas a seguir, nas quais constam os valores da estatística F e os respectivos valores de  $F_c$  para cada abertura. Quando o F é maior que o  $F_c$  é porque a diferença entre as médias é estatisticamente significativa a um dado nível de significância. Neste trabalho, adotou-se o nível de 5% para a significância.

Tabela 8 – Análise de variância entre os dados de vazão média para abertura 1.

ABERTURA I		
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (F)		
Nº Medições	Vazão torneira com arejador (ml/s)	Vazão torneira sem arejador (ml/s)
1	120,00	188,00
2	128,00	198,00
3	124,00	198,00
4	124,00	198,00
5	128,00	194,00
6	128,00	192,00
7	126,00	190,00
8	130,00	194,00
9	128,00	202,00
10	130,00	198,00
Média	126,60	195,20
Variância	9,82	18,84
N	10	10
K	2	2
Elementos Nt	20,00	
Somatório	1266,00	1952,00
média geral	160,90	
Fonte de variação	Entre grupos	Dentro dos grupos
Quadrados médios (QM)	14,33	23.529,80
F	<b>1641,614</b>	<b>Fc=4,41</b>
Graus de liberdade	1,00	18,00
F > Fc	são significativamente diferentes	

Fonte: Autora (2025).

Tabela 9 – Análise de variância entre os dados de vazão média para abertura 2.

ABERTURA II		
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (F)		
Nº Medições	Vazão torneira com arejador (ml/s)	Vazão torneira sem arejador (ml/s)
1	134,00	200,00
2	140,00	190,00
3	132,00	210,00
4	134,00	202,00
5	132,00	208,00
6	140,00	208,00
7	128,00	194,00
8	138,00	210,00
9	136,00	198,00
10	138,00	192,00
Média	135,20	201,20
Variância	15,29	57,96
N	10	10
K	2	2
Elementos Nt	20,00	
Somatório	1352	2012,00
média geral	168,20	
Fonte de variação	entre grupos	dentro dos grupos
Quadrados médios (QM)	36,62	21.780,00
F	594,721	
Graus de liberdade	1,00	
F > Fc	são significativamente diferentes	

Fonte: Autora (2025).

Tabela 10 – Análise de variância entre os dados de vazão média para abertura 3

ABERTURA III		
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (F)		
Nº Medições	Vazão torneira com arejador (ml/s)	Vazão torneira sem arejador (ml/s)
1	136,00	211,00
2	142,00	209,00
3	136,00	244,00
4	140,00	232,00
5	142,00	212,00
6	134,00	246,00
7	136,00	240,00
8	146,00	236,00
9	134,00	240,00
10	142,00	206,00
Média	138,80	227,60
Variância	17,07	259,60
N	10,00	10,00
K	2,00	
Elementos Nt	20,00	
Somatório	1388	
média geral	183,20	
Fonte de variação	entre grupos	dentro dos grupos
Quadrados médios (QM)	138,33	
F	285,016	
Graus de liberdade	1,00	
F > Fc	são significativamente diferentes	

Fonte: Autora (2025).

Os resultados mostram que, independentemente da abertura da torneira, o arejador foi capaz de reduzir consideravelmente a vazão de água. A comparação entre os dois cenários evidencia que o uso do arejador possibilitou uma redução variando de 32,8% a 39,0% na vazão de água. Esses dados corroboram com estudos anteriores, como os de Madsen

et al. (2014) e Koushik et al. (2015), que também identificaram reduções expressivas no consumo de água com o uso de arejadores.

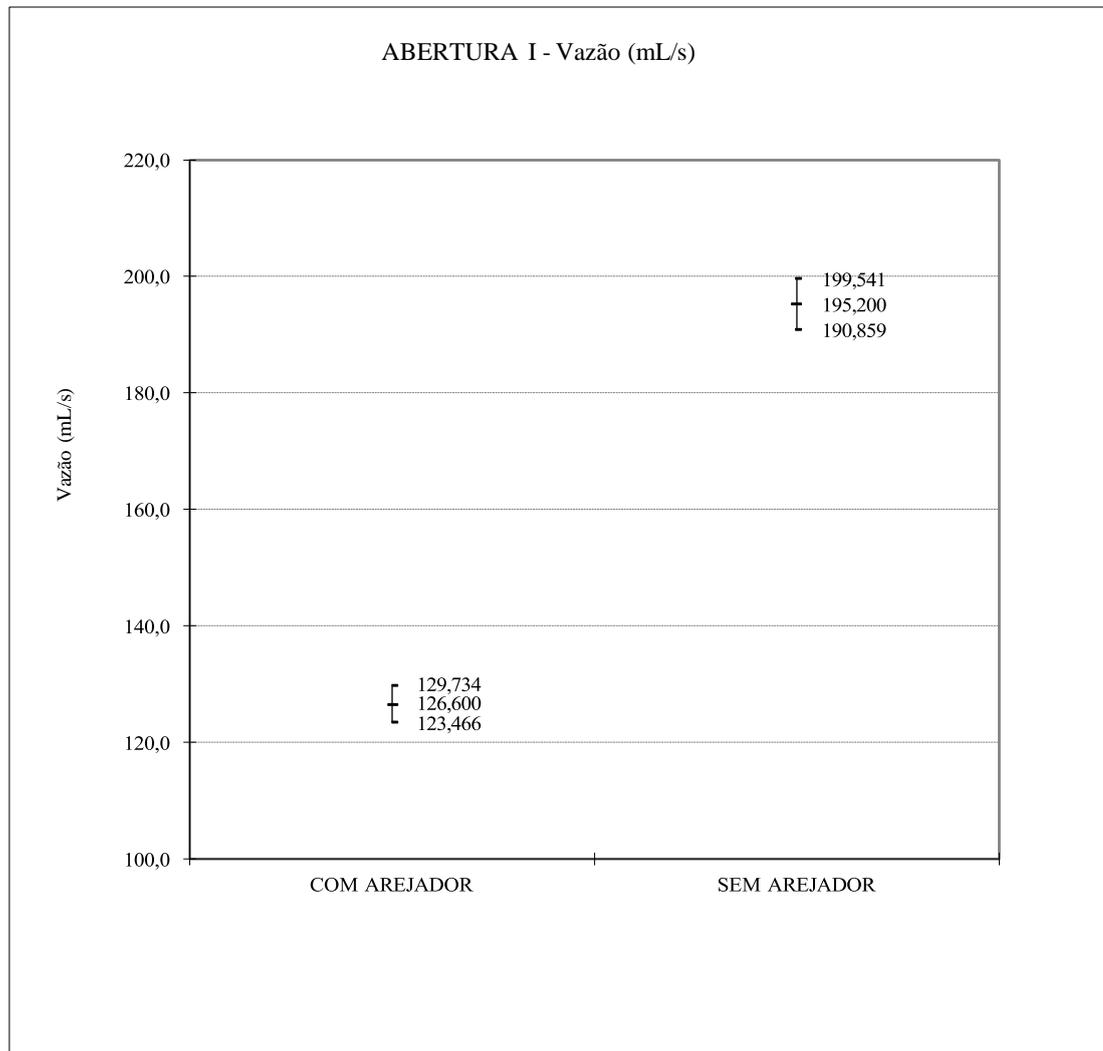
Essa redução se torna ainda mais relevante quando aplicada a locais com grande fluxo de pessoas, como universidades, escolas, hospitais e empresas, onde o impacto no consumo de água pode ser expressivo.

A aplicação da análise de variância neste contexto demonstrou que as diferenças nas médias de vazão entre as duas condições (com e sem arejador) foram estatisticamente significativas ( $F > F_c$ ), confirmando que a redução observada não se deu por variabilidade natural das medições, mas sim pela efetiva influência do arejador no desempenho hidráulico da torneira.

Esses resultados reforçam a eficácia do dispositivo como uma solução viável e comprovada para a redução do consumo de água, especialmente em ambientes com alta demanda de uso.

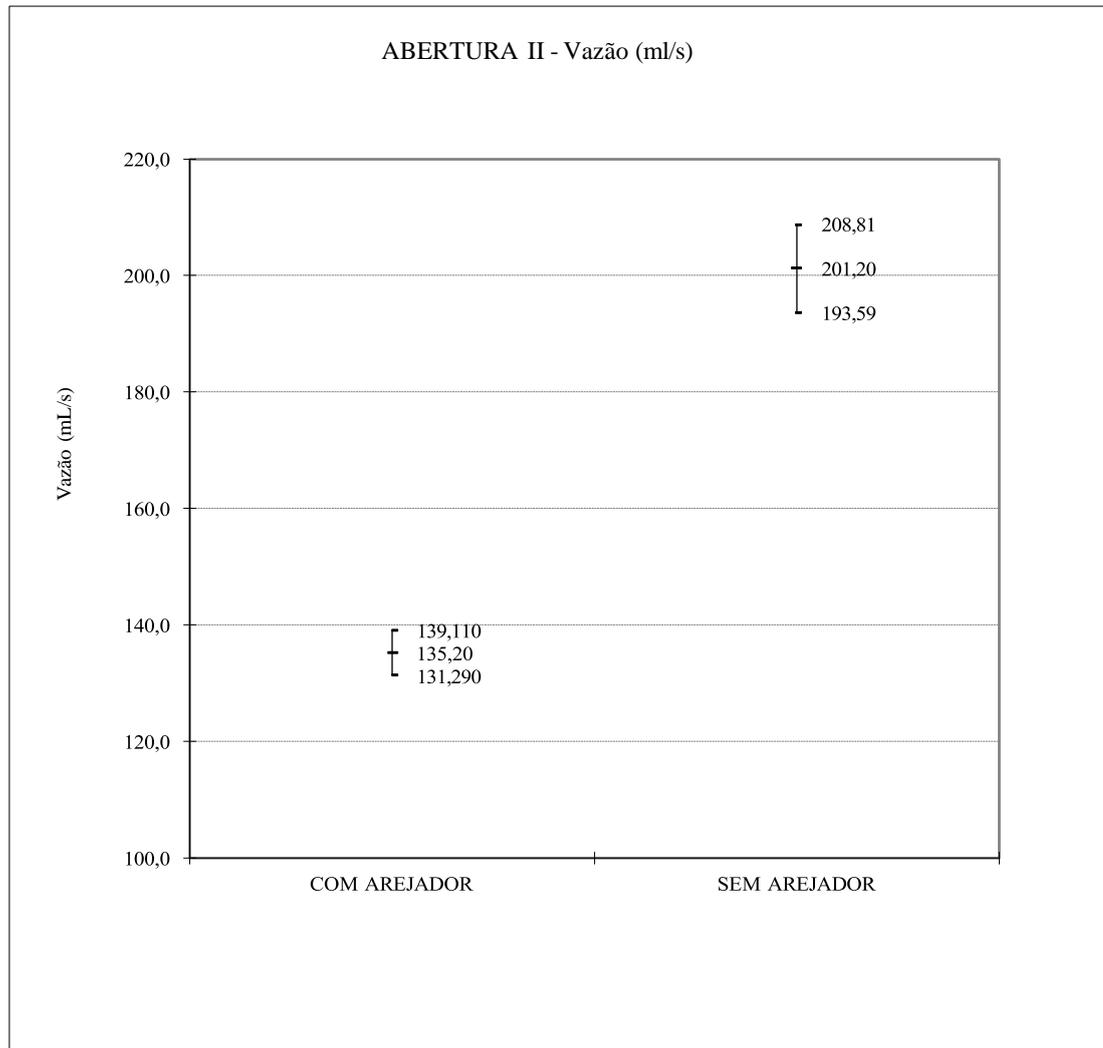
Os gráficos correspondentes (gráfico 6, gráfico 7 e gráfico 8) foram elaborados para facilitar a visualização das diferenças médias de vazão entre os grupos, eles expressam as médias de cada grupo (com e sem arejador), bem como os seus limites 95% de confiança (superior e inferior).

Gráfico 6 – Diferenças médias das vazões entre os grupos de torneira para abertura 1.



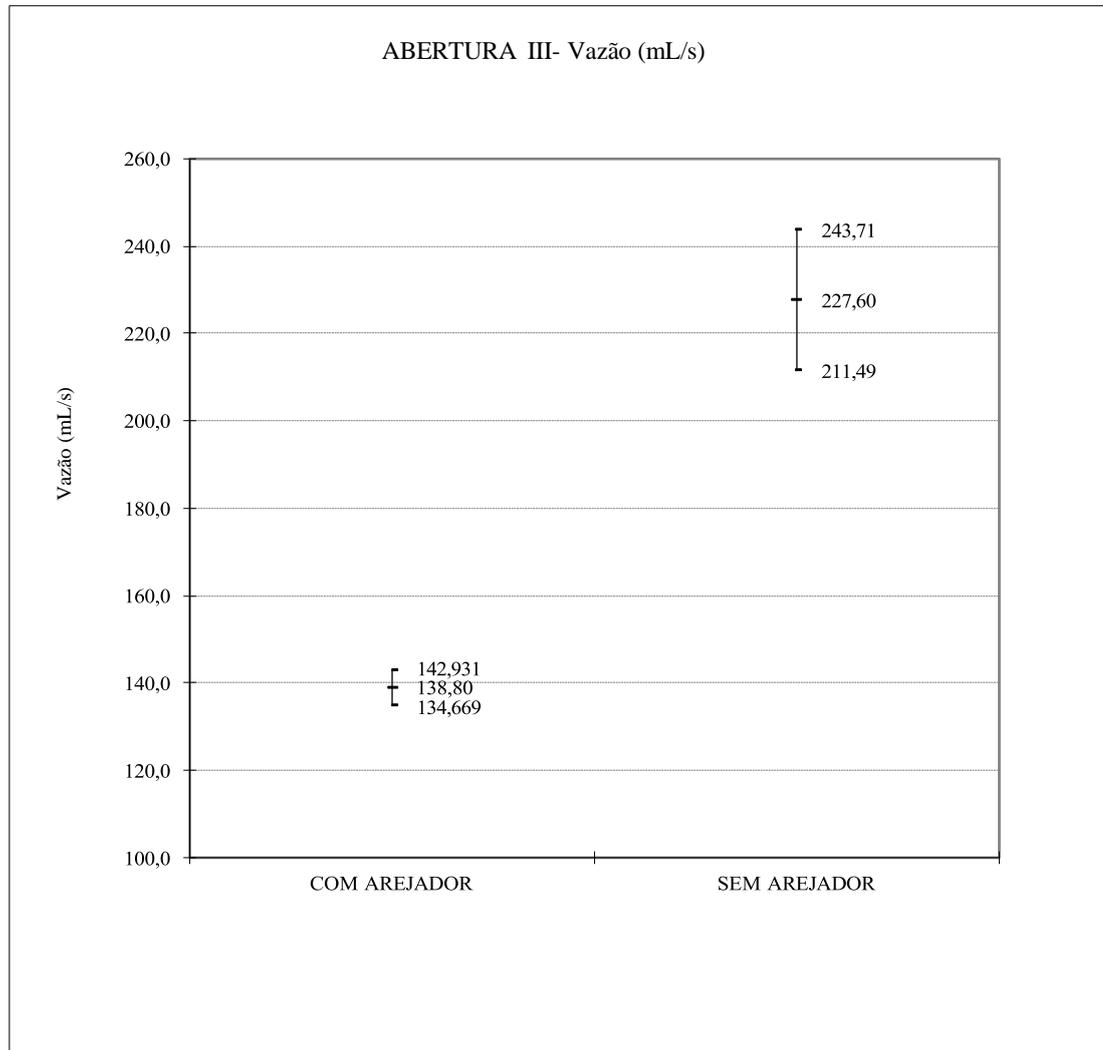
Fonte: Autora (2025).

Gráfico 7 – Diferenças médias das vazões entre os grupos de torneira para abertura 2.



Fonte: Autora (2025).

Gráfico 8 – Diferenças médias das vazões entre os grupos de torneira para abertura 3.



Fonte: Autora (2025).

Além da economia hídrica, os arejadores apresentam outras vantagens, como fácil instalação, baixo custo e manutenção simples, tornando-os uma solução viável para diversos ambientes, especialmente aqueles com grande fluxo de pessoas, como universidades, hospitais e edifícios comerciais.

Além da economia financeira, a redução no consumo de água é um fator crucial para a sustentabilidade hídrica, especialmente em regiões onde há escassez de recursos. O experimento reforça que pequenas mudanças, como a instalação de um arejador, podem gerar grandes impactos ambientais e econômicos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo principal avaliar a eficácia dos arejadores de torneira na redução da vazão de água, contribuindo para o uso racional dos recursos hídricos. Esta pesquisa foi realizada a partir de revisão da literatura, bem como através de uma abordagem experimental. Assim, foi possível quantificar a economia de água proporcionada por esses dispositivos.

Os resultados obtidos demonstraram que a utilização de arejadores pode reduzir significativamente a vazão de água em torneiras, com uma redução média que variou entre 32,8% e 39,0%, dependendo do nível de abertura da torneira e compatíveis com valores apresentados na literatura.

A análise estatística realizada, por meio da Análise de Variância, confirmou que as diferenças observadas nas vazões com e sem o uso de arejadores são estatisticamente significativas ( $F > F_c$ ), reforçando a eficácia desses dispositivos na economia de água.

Apesar dos resultados positivos, algumas limitações deste estudo devem ser consideradas. O experimento foi realizado em apenas uma torneira, localizada em um único ponto fixo, o que restringe a generalização dos dados obtidos. Além disso, foi utilizado apenas um modelo de arejador, sem a inclusão de variações quanto a marcas, tipos ou tecnologias, o que limita a abrangência da análise comparativa. Outro fator relevante é que as variações de pressão da rede hidráulica não foram monitoradas ao longo do experimento, podendo ter influenciado os valores instantâneos de vazão, uma vez que a pressão disponível afeta diretamente o desempenho desses dispositivos. Por fim, o estudo não avaliou o comportamento dos usuários nem o impacto real no consumo diário.

Diante dos resultados alcançados, recomenda-se a implementação arejadores em larga escala, principalmente em ambientes coletivos, como instituições públicas e escolares, como medida de combate ao desperdício hídrico. A adoção desses dispositivos pode contribuir significativamente para a conservação dos recursos naturais, redução de custos operacionais e promoção da sustentabilidade ambiental.

Sugere-se, para estudos futuros, a realização de avaliações comparativas de desempenho de diferentes modelos e marcas de arejadores, aplicadas em contextos variados. Também é recomendado o monitoramento da variação da pressão da rede hidráulica durante os testes, por meio do uso de manômetros, a fim de obter dados mais precisos sobre o comportamento do sistema. Além disso, seria pertinente a realização de experimentos em diferentes tipos de edificações (residenciais, comerciais e institucionais) para ampliar a aplicabilidade dos resultados. Outro ponto relevante diz respeito à análise da durabilidade, manutenção e eficiência dos arejadores ao longo do tempo. Por fim, destaca-se a importância de investigar a percepção dos usuários em relação ao conforto, eficácia e acessibilidade desses dispositivos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SILVA, Ofélia de Lira Carneiro; BATISTA, Érica dos Santos; NÓBREGA, Silvestre Lopes da; SILVA FILHO, Pedro Alves da. **Avaliação Técnica e Econômica de Dispositivos Redutores de Vazão de Água nas Instalações Hidráulicas de Residências Populares**. *RCT Revista de Ciência e Tecnologia*, Boa Vista: UFRR, v. 6, 2020.

ALVES, Camargo; DE SOUSA CAMPOS, Tiago; DA SILVA, Denise Vieira. Práticas edáficas, vegetativas e mecânicas para controle de erosão. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 2, n. 1, 2024.

BOECHAT, Iola Gonçalves et al. **Crise da Água no Brasil: várias crises em uma**. Caderno de Geografia, v. 31, 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água: produtos economizadores nos sistemas prediais**. DTA – Documento Técnico de Apoio nº F2. Brasília: Ministério das Cidades, set. 2003.

BUENO, Natália Amorim et al. **Auxílio ao monitoramento e controle de perdas de água aparentes: estudo de caso aplicado a um município de Santa Catarina**. 2022.

CAIÇARA, Thamires Macêdo SA et al. **Panorama do abastecimento de água no semiárido brasileiro**. *Exatas & Engenharias*, v. 12, n. 35, p. 22-40, 2022.

CAMARGO, Gustavo Augusto Cândido et al. **Estudo das Perdas no Sistema de Abastecimento de Água em Uberlândia-MG: Diagnóstico e Propostas de Mitigação**. 2024.

CRUZ, José Carlos Pereira. **Análise do uso de equipamentos economizadores para redução da demanda de água urbana em um município do semiárido cearense**. 2024.

DANTAS, Enólla Kay Cirilo et al. **Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no setor residencial de Bananeiras-PB: estratégia para crise hídrica**. 2024.

DAS CHAGAS ROSSATO, Marcela et al. Avaliação de custos financeiros, energéticos e emissões resultantes do desperdício de energia devido às perdas de água tratada no Brasil. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 20, n. 60, p. 271-290, 2024.

DE OLIVEIRA, Luís Claudio Costa; DA SILVA, Carlos Alberto Figueiredo. Produção, transporte e consumo responsáveis: problemas a serem resolvidos no Brasil. **Epitaya E- books**, v. 1, n. 92, p. 115-124, 2024.

DOS SANTOS SILVA, Francisco Ricardo; DA SILVA SEGUNDO, Francisco Carlos Gurgel. Plataforma de monitoramento de recursos hídricos para combate à seca e desperdício de água. **Revista Eletrônica do Seminário de Iniciação Científica da UFERSA**, v. 30, n. 1, 2024.

FERREIRA, Victor da Flávia Carlito Martins. **Análise de perdas em sistemas de abastecimento de Água.** 2022.

FILÓCOMO, Paola Serafim; CORRÊA, Paulo Roberto. Construção sustentável: net positive home e seus sistemas. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 2, p. e3510-e3510, 2024.

FONTANA, Felipe; SAGAVA, Ângela Claudia Bizetti. Sensibilização sobre o desperdício de água nas séries finais do ensino fundamental: utilizando a matemática para promover a educação ambiental. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 5, p. e4554-e4554, 2024.

GALVÃO, Caio Pedrosa. **Monitoramento do nível de água em reservatórios residenciais.** Figueiredo, SCG, Rodrigues, FA e Ribas, LF, p. 8-17, 2022.

GONÇALVES, Orestes Marracini; IOSHIMOTO, Eduardo; OLIVEIRA, Lúcia Helena de. **Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água: tecnologias poupadoras de água nos sistemas prediais.** Brasília: Presidência da República, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano; Secretaria de Política Urbana, 2024.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Estudo de perdas de água de 2024 (SNIS, 2022):** desafios na eficiência do saneamento básico no Brasil. 5 jun. 2024. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/06/Estudo-da-GO-Associados-Perdas-de-Agua-de-2024-V2.pdf>. Acesso em 19/03/2025.

IRIGARAY, Micheli Capuano. Derecho administrativo social y políticas públicas sostenibles en relación con el acceso al agua potable en Brasil: desafíos de la agenda 2030. **Revista Aranzadi de derecho ambiental**, n. 58, p. 5, 2024.

KOUSHIK, N.; SUBRAMANIAM, C.; MUTHU, Denesh. Study of feasibility for adopting touchless faucets, low flow aerators and sensor urinals in academic institution, Thanjavur, Tamil Nadu. **Int J Civ Eng Technol (IJCIET)**, v. 8, n. 2, p. 18-27, 2017.

LINO, Fátima AM; ISMAIL, Kamal AR; CASTAÑEDA-AYARZA, Juan A. Municipal solid waste treatment in Brazil: A comprehensive review. **Energy Nexus**, v. 11, p. 100232, 2023.

LOBATO, Felipe Dayan Cunha et al. **Sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis:** um estudo de caso de edificação de serviço público no município de Manaus/AM. 2024.

MACÊDO, Rosaline de Sousa Bezerra Apolinário et al. **Fatores intervenientes nas perdas de água do sistema de abastecimento no Bairro São José, Juazeiro do Norte, Ceará.** Cuadernos de Educación y Desarrollo, v. 17, n. 1, p. e7383-e7383, 2025.

MADSEN, Andrew et al. **Water conservation at Koerner's Pub using faucet aerators.** 2014.

MARQUES, Luis Otavio do Amaral et al. Benchmarking enquanto ferramenta de diminuição das perdas físicas em sistemas de abastecimento de água. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p.

e0025, 2021.

MORAES, Luiz Roberto Santos. Medidas estruturantes a serem consideradas em planos e programas de saneamento básico no Brasil: o controle de perdas de água e a racionalização e eficiência energética. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 23, n. 2, p. e9087-e9087, 2025.

MORAES, Luiz Roberto Santos. Medidas estruturantes a serem consideradas em planos e programas de saneamento básico no Brasil: o controle de perdas de água e a racionalização e eficiência energética. **Observatório de la economía latinoamericana**, v. 23, n. 2, p. e9087-e9087, 2025.

SCUR, Gabriela; ALLIPRANDINI, Dário Henrique. Compromisso com a sustentabilidade em uma universidade tecnológica brasileira: um estudo de caso. **Administração: Ensino e Pesquisa**, v. 24, n. 1, p. 5-38, 2023.

SILVA, M. A. et al. Análise de dados de telemedição de consumos domésticos para apoio na avaliação de perdas aparentes e reais em sistemas de distribuição de água. **Ingeniería del agua**, v. 25, n. 1, p. 37-47, 2021.

SOARES, Carlos Jorge Rocha. **Estudo e Análise das Perdas de Água de um Subsistema de Distribuição**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto (Portugal).

SOARES, Gerson de Oliveira et al. **Avaliação da redução do consumo d'água pelo emprego de arejadores**. 2012.

TONG, Chengbiao; HE, Kang; HU, Haoyu. Design and Application of New Aeration Device Based on Recirculating Aquaculture System. **Applied Sciences**, v. 14, n. 8, p. 3401, 2024.

UMESH, V.; SITARAM, Nagaraj. **Hydraulic performance of faucet aerator as water saving device and suggestion for its improvements**. International Journal of Research in Engineering and Technology, v. 3, n. 7, p. 243-247, 2014.

VAVERKA, Igor et al. Consumption and Savings of Drinking Water in Selected Objects. **Journal of Ecological Engineering**, v. 22, n. 5, p. 13-25, 2021.

VIVAS, Eduardo; LEITE, Pedro; PINTO, Sara. **Utilização de Ferramentas de Inteligência Artificial no Apoio à Detecção de Fugas em Sistemas de Abastecimento de água**. 2021.