



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

BRUNO RAMOS FREIRE DE CASTRO

**AVALIAÇÃO DO REÚSO DE ÁGUAS PROVINDAS DE APARELHOS DE AR-
CONDICIONADO EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR LOCALIZADA EM
FORTALEZA/CE**

FORTALEZA
2025

BRUNO RAMOS FREIRE DE CASTRO

AVALIAÇÃO DO REÚSO DE ÁGUAS PROVINDAS DE APARELHOS DE AR-
CONDICIONADO EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR LOCALIZADA EM
FORTALEZA/CE

Trabalho de Conclusão de Curso referente
ao curso de Graduação em Engenharia
Ambiental do Centro de Tecnologia da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para a obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Alves
Barroso Júnior.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

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

C35a Castro, Bruno Ramos Freire de.

Avaliação do reúso de águas providas de aparelhos de ar-condicionado em instituição de ensino superior localizada em Fortaleza/CE / Bruno Ramos Freire de Castro. – 2025.
81 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. José Carlos Alves Barroso Júnior .

1. Reuso de água. 2. Ar-condicionado. 3. Qualidade de água. I. Título.

CDD 628

BRUNO RAMOS FREIRE DE CASTRO

AVALIAÇÃO DO REÚSO DE ÁGUAS PROVINDAS DE APARELHOS DE AR-
CONDICIONADO EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR LOCALIZADA EM
FORTALEZA/CE

Trabalho de Conclusão de Curso referente
ao curso de Graduação em Engenharia
Ambiental do Centro de Tecnologia da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para a obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia Ambiental.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Carlos Alves Barroso Júnior (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Cleiton da Silva Silveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Renan da Silva Xavier
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me tranquilizado durante esse período.

Aos meus pais, José Leandro e Maria Imaculada, pelo dom da vida, pela valorização da minha educação durante todos esses anos, por todo o apoio e suporte emocional nos momentos difíceis e por ser a base da minha construção enquanto ser humano.

Aos meus irmãos Rodrigo, Leandro e Matheus pelos conselhos nos momentos de decisão sobre qual caminho tomar, apoio nas escolhas feitas e, sobretudo, amizade.

A tia Silvana e tio Rogério pelo abrigo e alicerce oferecido durante os 6 anos da minha graduação e até antes do início dessa jornada. Sem esse apoio eu não teria chegado até aqui.

A minha madrinha Mônica e meu padrinho Eufrásio pela participação ativa na minha educação e construção como ser humano, além da ajuda desde o início da faculdade, no momento da matrícula, até a apresentação deste trabalho.

Aos meus amigos Andresa, Christian, Meryellen e Stefany que me acompanharam desde o princípio, compartilharam diversas dores e anseios e tornaram o caminho muito mais leve e divertido.

Ao Programa de Educação Tutorial (PET) que me apresentou a Universidade em sua imensidão, expandiu meus horizontes e me fez ter outra visão sobre o mundo. Em especial, a tutora Ana Bárbara pelos ensinamentos e conselhos.

Aos companheiros e companheiras de PET que tornaram a experiência ainda mais enriquecedora pela sinergia em grupo que tivemos mesmo durante os percalços da pandemia. Em especial Amanda, Beatriz, Francisco, Igor, Júlia, Maria Júlia, Mariana, Rodrigo, Renan, Vitória, Vanessa e Thalya.

Ao professor e orientador José Carlos por todo o conhecimento compartilhado, a paciência em me orientar durante a concepção e construção deste trabalho, pela tranquilidade do processo e pela experiência e aprendizado para além do conhecimento técnico.

Por fim, gostaria de agradecer a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, desde a concepção do tema até sua conclusão.

RESUMO

A gestão dos recursos hídricos é de extrema importância para a garantia da manutenção do acesso digno e igualitário à água no mundo. Para isso, devem-se adotar práticas que visem gerenciar e adequar a qualidade da água aos seus respectivos usos, de modo a evitar o direcionamento de águas com qualidade superior a usos menos nobres. Para isso, o reúso de água apresenta-se como uma ferramenta para a gestão dos recursos hídricos, visto que promove a reutilização de águas já utilizadas em outros processos, diminuindo o consumo das reservas hídricas destinadas ao consumo humano. Nesse sentido, a água de reúso pode ser retirada de diferentes fontes, como é o caso da água clara proveniente dos ar-condicionados. Esses equipamentos climatizadores de ambientes internos têm sido cada vez mais utilizados em residências, estabelecimentos comerciais, prédios públicos e escolas. Posto isso, o objetivo deste estudo é avaliar o potencial de reúso da água proveniente de ar-condicionado em uma instituição de ensino superior de Fortaleza/CE a partir da análise do quantitativo de água gerada, da qualidade da água e das restrições de uso. Foi realizada uma coleta no dia 29 de outubro de 2024 utilizando um reservatório de 10 L, uma mangueira de 1 polegada e uma abraçadeira, a fim de coletar a água gerada do ar-condicionado da sala, de 10,75 m², de um professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), durante o período de 9h. Para a análise dos parâmetros, foram utilizadas as metodologias do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Para a interpretação do consumo de água em determinadas atividades da Universidade foram consultados a literatura existente e alguns usuários locais. Por fim, conclui-se que um ar-condicionado gera 111,6 L de água por dia (em funcionamento durante 9h). A qualidade da água clara produzida corresponde aos padrões exigidos pela NBR nº 16.783/2019 e pela Resolução COEMA nº02/2017. Dentre os usos identificados na UFC, a água clara produzida por 30 salas em 1 dia é suficiente para: irrigar de 20,3 a 40,6 m² de jardim ou contribuir com 60% do volume de água necessário para a lavagem de áreas comuns do andar em que as salas estão localizadas ou acionar uma bacia sanitária de 12 a 37 vezes ou realizar a lavagem externa de 2 carros populares.

Palavras-chave: reúso de água; ar-condicionado; qualidade de água.

ABSTRACT

Water resource management is extremely important to ensure that access to water is maintained in a dignified and equitable manner throughout the world. To this end, practices must be adopted to manage and adapt water quality to its respective uses, in order to avoid diverting water with superior quality to less noble uses. To this end, water reuse is a tool for water resource management, since it promotes the reuse of water already used in other processes, reducing the consumption of water reserves intended for human consumption. In this sense, reused water can be taken from different sources, such as clear water from air conditioning units. These indoor air conditioning units have been increasingly used in homes, commercial establishments, public buildings and schools. Therefore, the objective of this study is to evaluate the potential for reusing water from air conditioning units in a higher education institution in Fortaleza/CE based on the analysis of the quantity of water generated, the quality of the water and the restrictions on its use. A collection was carried out on October 29, 2024, using a 10 L reservoir, a 1-inch hose, and a clamp to collect the water generated by the air conditioning in the 10.75 m² room of a professor in the Department of Hydraulic and Environmental Engineering (DEHA) of the Federal University of Ceará (UFC), during the 9-hour period. The methodologies of the Standard Methods for Examination of Water and Wastewater were used to analyze the parameters. The existing literature and some local users were consulted to interpret the water consumption in certain activities of the University. Finally, it is concluded that an air conditioner generates 111.6 L of water per day (operating for 9 hours). The quality of the clear water produced corresponds to the standards required by NBR No. 16,783/2019 and by COEMA Resolution No. 02/2017. Among the uses identified in the UFC, the clear water produced by 30 rooms in 1 day is enough to: irrigate 20.3 to 40.6 m² of garden or contribute 60% of the volume of water needed to wash common areas on the floor where the rooms are located or flush a toilet 12 to 37 times or wash the outside of 2 cars.

Keywords: water reuse; air conditioning; water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Modelos de Condicionadores de Ar tipo Janela	21
Figura 2 — Modelos de Condicionadores de Ar Split.....	22
Figura 3 — Modelo de Ar-condicionado Multi Split High Wall Total Inverter Plus	23
Figura 4 — Modelo de Ar-condicionado do tipo Self Contained	23
Figura 5 — Modelo VRF XPower New Generation da Carrier.....	24
Figura 6 — Funcionamento do ar-condicionado.....	25
Figura 7 — Formação do condensado no ar-condicionado.....	26
Figura 8 — Tecnologias de tratamento são capazes de atingir o nível de qualidade da água desejado	29
Figura 9 — Formas de reúso de água.....	31
Figura 10 — Reúso direto planejado de água	32
Figura 11 — Fluxograma de riscos sanitários das modalidades de reúso	33
Figura 12 — Reúso intencional de efluentes.....	34
Figura 13 — Tipos de reúso	35
Figura 14 — Mapa da situação regulatória do reúso de água no Brasil.....	39
Figura 15 — Fluxograma da metodologia	45
Figura 16 — Localização da área de estudo	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos parâmetros de qualidade para uso da água não potável - NBR nº 16.783 de 2019	27
Quadro 2 – Padrões indicados para o reúso de águas nos EUA	39
Quadro 3 – Parâmetros de qualidade para uso da água não potável	41
Quadro 4 — Valores médios de temperatura, precipitação e umidade relativa referentes ao mês de outubro	48
Quadro 5 — Metodologias utilizadas para análise dos parâmetros escolhidos	50
Quadro 6 — Estimativa do volume de água clara gerada pelo ar-condicionado	53
Quadro 7 — Estimativa do volume de água clara gerada pelas 30 salas	54
Quadro 8 — Comparativo entre os padrões estabelecidos	54
Quadro 9 — Classificação e parâmetros para o reúso no Brasil - NBR 13.696/97 ...	59
Quadro 10 — Classificação dos usos previstos	62
Quadro 11 — Quantidade de água a aplicar com rega localizada	64
Quadro 12 — Volume de água necessário para irrigação de plantas herbáceas e pequenos arbustos semilenhosos no verão	65
Quadro 13 — Área irrigada de plantas herbáceas e pequenos arbustos semilenhosos com água clara produzida	66
Quadro 14 — Frequência e indicador de consumo de água em ambientes do setor hoteleiro de Brasília.....	67
Quadro 15 — Indicadores de consumo de água para lavagem de pisos e valor médio	68
Quadro 16 — Área de piso lavável para cada ambiente encontrado na literatura	69
Quadro 17 — Número de descargas por dia para cada volume de descarga	70
Quadro 18 — Número de lavagem externa de veículos (carros populares) por dia com a água clara gerada.....	72

LISTA DE FOTOS

Foto 1 — Material utilizado para captar a água do ar-condicionado	52
Foto 2 — Jardim localizado em frente ao Bloco 713	63
Foto 3 — Tipo de vegetação do jardim localizado em frente ao Bloco 713.....	63
Foto 4 — Plantas de maior porte localizadas próximo ao Bloco 713	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Aumento nas captações de água para diferentes setores	18
Gráfico 2 – Evolução da retirada de água no Brasil (1931 - 2030).....	18

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CLR	Cloro Residual Livre
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
COT	Carbono Orgânico Total
CT	Coliformes Totais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEHA	Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
GM	Gabinete do Ministério
IRdA	Instituto Reúso de Água
MS	Ministério da Saúde
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
UFC	Universidade Federal do Ceará
UH	Unidade de Hazer
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
VRF	Volume de Refrigerante Variável

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos	16
2.3 Justificativa	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Consumo de água	17
3.2 Classificação de águas residuárias/fontes alternativas de água.....	19
3.2.1 Águas claras	20
3.3 Qualidade da água	26
3.3.1 Parâmetros utilizados para águas claras	27
3.4 Reúso de água.....	29
3.4.1 Classificação do reúso.....	30
3.4.2 Modalidades de reúso	33
3.4.3 Legislação sobre o reúso de água	38
3.4.4 Reúso de água clara	41
3.4.5 Estudos de caso sobre o reúso de água proveniente de ar- condicionado.....	42
4 METODOLOGIA	45
4.1 Graphical Abstract.....	45
4.2 Caracterização da pesquisa	46
4.3 Caracterização da área de estudo	46
4.3.1 Ceará.....	47
4.3.2 Fortaleza	47
4.3.3 UFC campus do Pici	48
4.4 Coleta das amostras	49

4.5 Caracterização das análises	50
4.6 Análise dos dados	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1 Quantificação da água clara gerada.....	52
5.2 Qualidade da água clara gerada	54
5.2.1 Análise dos parâmetros	54
5.2.2 Comparação com normas vigentes	58
5.3 Estudo das restrições de reúso da água clara para fins não potáveis	61
5.3.1 Reúso para irrigação paisagística.....	63
5.3.2 Reúso para lavagem de pisos.....	67
5.3.3 Reúso para descarga de bacias sanitárias.....	70
5.3.4 Reúso para lavagem de veículos.....	71
6 CONCLUSÃO	72
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	74
REFERÊNCIAS.....	75

1 INTRODUÇÃO

A recente epidemia global e os conflitos entre os países enfatizam as condições sociopolíticas instáveis sob as quais a água é fornecida e gerenciada, traduzindo a necessidade de novas abordagens em todos os setores da sociedade, que vão desde os padrões alimentares até a gestão dos recursos naturais (ONU, 2024).

No Brasil, os eventos hidrológicos críticos, como secas e inundações, têm ocorrido com maior frequência e intensidade no território, causando impactos cada vez mais severos à população e manifestando um cenário condizente com o esperado das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos (ANA, 2024a).

Diante disso, o reúso de água faz parte da solução deste problema, já que é uma importante ferramenta para a gestão dos recursos hídricos, podendo ser utilizado como fonte alternativa de água em locais que apresentam estresse hídrico ou conflitos de usos da água (Santos e Mota Filho, 2022).

Em 1973, a Organização Mundial da Saúde (OMS) definiu o reúso de duas maneiras: a primeira como a reutilização de água a jusante, na sua forma diluída (reúso indireto); e a segunda como o reúso planejado do esgoto tratado para algum propósito benéfico como agricultura, recreação ou em indústrias (reúso direto) (OMS, 1973).

Gonçalves (2006) e Bazzarella et al. (2005) conceituam diferentes fontes alternativas de água a partir da sua composição ou local de retirada, como as águas azuis (chuva), águas cinzas (aparelhos hidrossanitários, exceto bacia sanitária e mictório), águas amarelas (urina) e águas negras ou marrons (material fecal).

Além disso, a Norma da ABNT nº 16.783 de 2019 (ABNT, 2019), que trata sobre o uso de fontes alternativas de água não potável em edificações, menciona a possível utilização de oito fontes alternativas, dentre elas a água clara, aquele efluente proveniente de sistemas de resfriamento, condensação e outros equipamentos, incluindo os aparelhos de ar-condicionado.

Os condicionadores de ar são responsáveis por climatizar o ambiente, promovendo o conforto térmico a partir do controle da temperatura (Araújo, 2011), além de gerarem um condensado, proveniente da umidade do ambiente interno, que pode ser utilizado em outras atividades, como a irrigação de jardins (Rigotti, 2014).

Sabendo disso, é preciso conhecer os parâmetros e as finalidades para qual a água de reúso será utilizada, a fim de definir a qualidade da água e a tecnologia de tratamento (caso seja necessário), com o intuito de evitar que águas de qualidade superior sejam direcionadas para usos menos nobres (USEPA, 2012).

Os parâmetros selecionados para enquadrar a água de reúso variam de acordo com as normas existentes. A NBR nº 16.783/2019 estabelece limites para pH, *E. Coli*, turbidez, DBO_{5,20}, cloro residual, condutividade elétrica ou sólidos dissolvidos totais e carbono orgânico total. Já a Resolução COEMA nº 02/2017, do estado do Ceará, define diferentes parâmetros, a depender da finalidade do reúso; por exemplo, para fins urbanos é preciso analisar coliformes termotolerantes, ovos de geohelmintos, condutividade elétrica e pH.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar o potencial de reúso de águas providas de ares-condicionados instalados em salas de pequeno porte no Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, *campus* do Pici.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar a água gerada por aparelho de ar-condicionado para o ambiente de uma sala de 10,75 m²;
- Avaliar a qualidade da água provida do ar-condicionado;
- Apresentar um estudo das restrições de reúso da água proveniente do ar-condicionado para fins não potáveis.

2.3 Justificativa

A água é um fator limitante para o desenvolvimento humano na sociedade atual devido ao aumento da demanda e à poluição dos mananciais (ANA, 2005). O Brasil é um país que possui grandes reservas de água; no entanto, a distribuição desigual no território, a variabilidade espaço-temporal das chuvas, a diferença da demanda pela água nas regiões brasileiras e a falta de infraestrutura hídrica adequada revelam os déficits de acesso à água e os seus riscos (ANA, 2024b).

Dessa forma, o reúso de água é um instrumento essencial para a gestão dos recursos hídricos e possui o objetivo de direcionar a água de qualidade inferior, seja esgoto sanitário ou efluente de outras fontes, para usos menos nobres (Fugita, 2018). A partir disso, a água proveniente de ar-condicionado é uma possível fonte para o reúso, principalmente devido à ampla utilização desses equipamentos em edificações residenciais, comerciais, públicas e na indústria (Santos, 2019), traduzindo a importância e necessidade do estudo desta prática.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Consumo de água

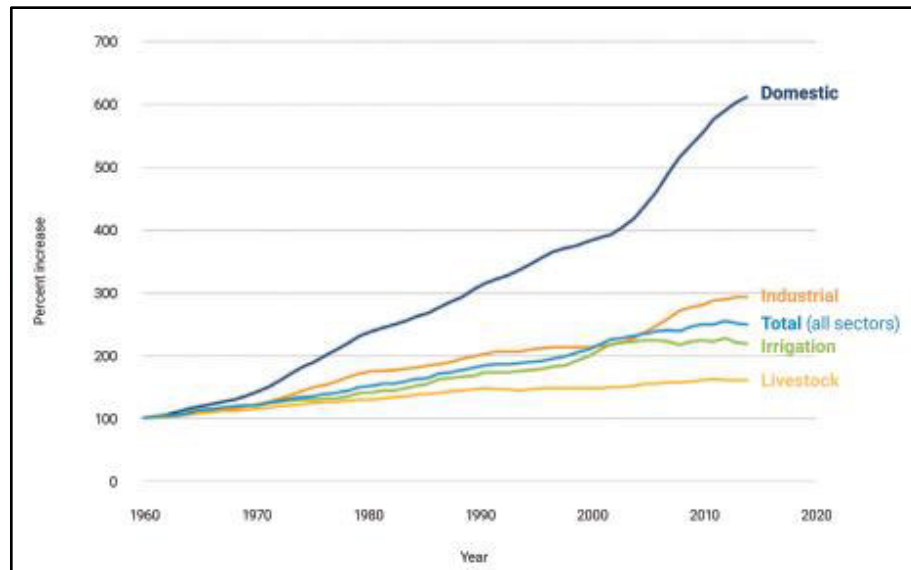
De acordo com a Divisão de População das Nações Unidas, as áreas urbanas dos países em desenvolvimento serão palco de um elevado crescimento populacional (ONU, 2002). A partir disso e do aumento das atividades humanas, como urbanização e expansão dos complexos agroindustriais, a demanda hídrica no mundo tende a alcançar níveis insustentáveis para o planeta, somando isso a uma má gestão dos recursos hídricos e à poluição de bacias hidrográficas, o mundo caminha para uma crise sem precedentes (Fugita, 2018).

O Relatório de Desenvolvimento Hídrico Mundial das Nações Unidas aponta que o consumo de água aumenta cerca de 1% ao ano, como consequência do desenvolvimento socioeconômico aliado a mudanças nos padrões de consumo da população mundial (ONU, 2024). O relatório explica que esse aumento se deve, principalmente, aos setores industrial e doméstico, visto que, à medida que os países se industrializam e as populações se urbanizam, a demanda por água aumenta.

O Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2023 (ANA, 2024a) confirma as transformações na demanda de água causadas pelo crescimento populacional, urbanização e desenvolvimento industrial, em especial o aumento observado no abastecimento das cidades, na indústria de transformação e na agricultura irrigada, que, juntos, somam cerca de 83% do total de água retirada.

A demanda de água por parte do setor doméstico, que representa o uso residencial, demonstrou um aumento considerável no âmbito global em relação a outros setores, como a indústria e a agricultura (ONU, 2024), conforme ilustra o Gráfico 1. Este aumento pode ser causado por diversos fatores relacionados à economia, ao ambiente ou às mudanças climáticas (ANA, 2024a).

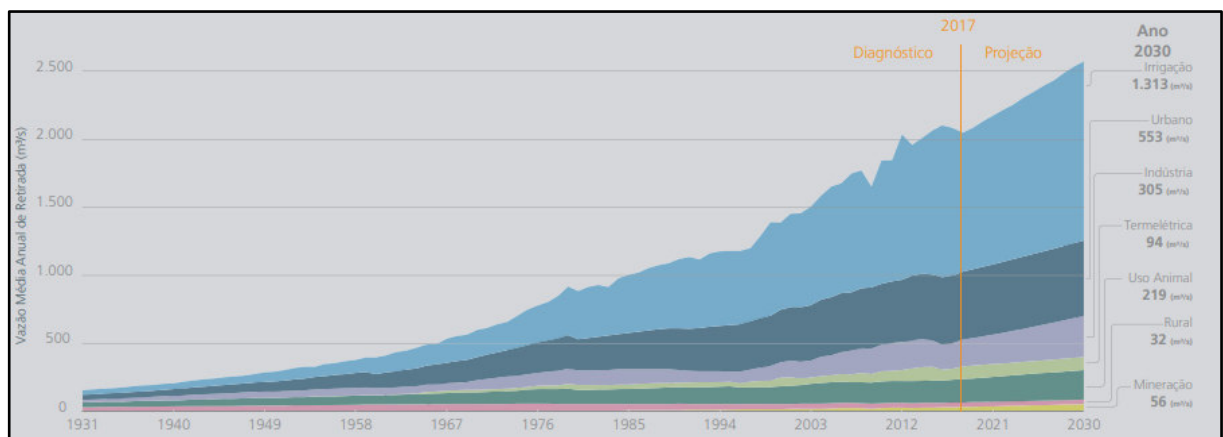
Gráfico 1 – Aumento nas captações de água para diferentes setores



Fonte: ONU et al. (2024).

O Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil, da Agência Nacional de Águas (ANA), aponta que, por mais que o Brasil seja um país que possua alta disponibilidade hídrica, a distribuição dessa água é desigual pelo território e ao longo do ano, assim como a demanda para seu uso e a infraestrutura adequada para seu aproveitamento. Além disso, o manual afirma que os usos que mais consomem água no país são: irrigação (52%), abastecimento urbano (23,8%), indústria de transformação (9,1%) e abastecimento animal (8%), com previsão de aumento na demanda por água de 24% até 2030 (ANA, 2019), conforme o Gráfico 2.

Gráfico 2 – Evolução da retirada de água no Brasil (1931 - 2030)



Fonte: ANA (2019).

As problemáticas relacionadas à baixa disponibilidade hídrica possuem consequências mais graves na região Nordeste do Brasil, visto que, de acordo com Hespanhol (2002), nas regiões áridas e semiáridas, a água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola.

Diante da importância desse recurso para o consumo humano e para o uso em processos industriais e na agricultura, sua falta acarreta impactos sociais e econômicos inimagináveis. Dessa forma, é preciso encontrar maneiras para contornar essa situação, a fim de garantir a manutenção desse recurso para as gerações futuras.

Para Hespanhol (2015), em um cenário de escassez hídrica, o tratamento e reúso de esgotos das áreas urbanas, a fim de complementar a demanda do abastecimento público, é uma solução sustentável que pode ser aplicada.

Mota (2007) cita que águas de qualidade inferior, tais como esgoto doméstico, águas de drenagem agrícola, águas salobras e águas provenientes de aparelhos de ar-condicionado, devem ser consideradas como fontes alternativas de água para usos não potáveis e menos restritivos, uma vez que o reúso é uma alternativa para o aumento da oferta hídrica em regiões que sofrem com escassez de água.

3.2 Classificação de águas residuárias/fontes alternativas de água

São consideradas fontes alternativas de água aquelas que não são ofertadas pela concessionária local, que não possuem cobrança pelo seu uso ou que apresentem composição diferente do padrão de potabilidade fornecido pelo órgão de abastecimento (ANA, 2005).

A Norma da ABNT nº 16.783 de 2019 (ABNT, 2019), que trata do uso de fontes alternativas de água não potável em edificações, menciona a utilização de oito fontes alternativas, sendo elas:

- água de chuva;
- água pluvial;
- água de rebaixamento de lençol freático;
- água clara;
- água cinza clara;
- água cinza escura;
- água negra e

- esgoto sanitário.

Alguns autores sugerem outras classificações para os efluentes gerados em áreas residenciais, que podem ser utilizados como fontes alternativas de água.

Bazzarella *et al.* (2005) traz que o esgoto sanitário residencial pode ser segregado em: águas negras, composta por material fecal, urina e papel higiênico, águas cinzas compostas pelos efluentes de todos os aparelhos hidrossanitários da casa, exceto dos vasos sanitários, água amarela composta somente pela urina e água marrom composta somente por material fecal.

Para Gonçalves (2006), as fontes alternativas de água podem ser separadas em: águas azuis (provenientes das chuvas), águas cinzas (provenientes de pias, chuveiros etc.), águas amarelas (aquelas que possuem maior composição de urina) e águas marrons ou negras (aquelas que possuem maior composição de material fecal).

A Agência Nacional de Águas, através do Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações, considera as seguintes fontes adequadas para o reúso: água cinza, água pluvial, águas de drenagem de terrenos, água de reúso da concessionária, água de captação direta e águas subterrâneas (ANA, 2005).

Assim, é possível observar que a água proveniente de sistemas refrigeradores, como o ar-condicionado, não é classificada em grande parte da literatura existente sobre o assunto. Dessa forma, para este trabalho, será utilizada a classificação presente na NBR nº 16.783 de 2019, a qual enquadra as águas provenientes de aparelhos de ar-condicionado como águas claras, sendo “o efluente gerado de sistemas de resfriamento, sistema de vapor e condensado, sistema de destilação e outros equipamentos” (Brasil, 2019).

3.2.1 Águas claras

Para discutir a respeito das águas providas dos aparelhos de ar-condicionado, é necessário compreender o funcionamento do equipamento e o que ocorre dentro da máquina para que seja gerada a água clara.

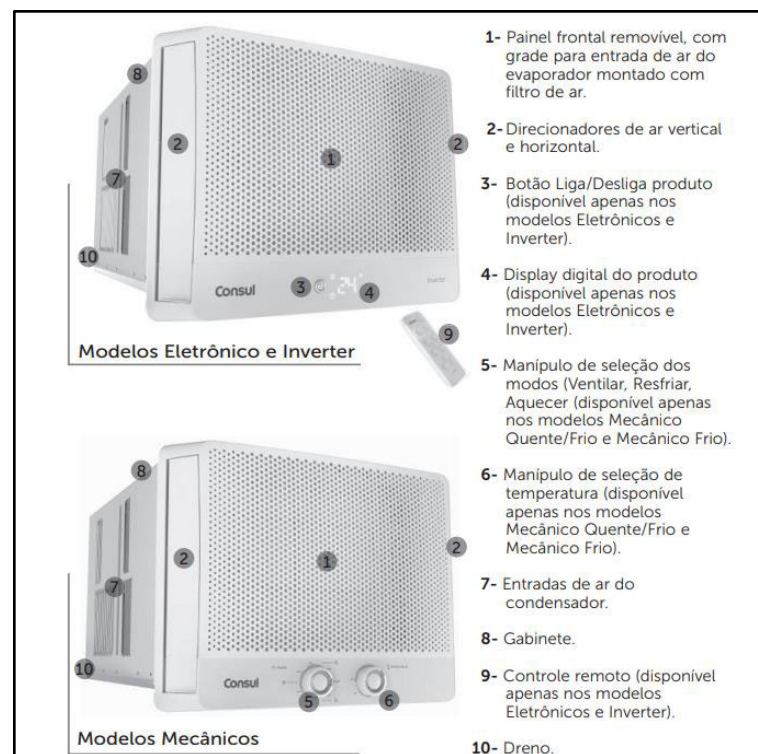
O equipamento de ar-condicionado possui a função de climatizar ambientes fechados, mantendo sua temperatura controlada, a fim de gerar uma sensação de conforto térmico, sendo amplamente utilizado em edifícios residenciais, hospitais,

universidades, escolas, *shopping centers*, prédios comerciais, repartições públicas e outras edificações (Araújo, 2011).

De acordo com Soares et al. (2022), os ares-condicionados mais comuns possuem 4 componentes básicos (compressor, condensador, evaporador e motor ventilador) e podem ser classificados em 4 tipos:

- Tipo janela: equipamento mais compacto, indicado para uso residencial, possui condensador e evaporador no mesmo gabinete. A Figura 1 mostra dois modelos da marca Consul.

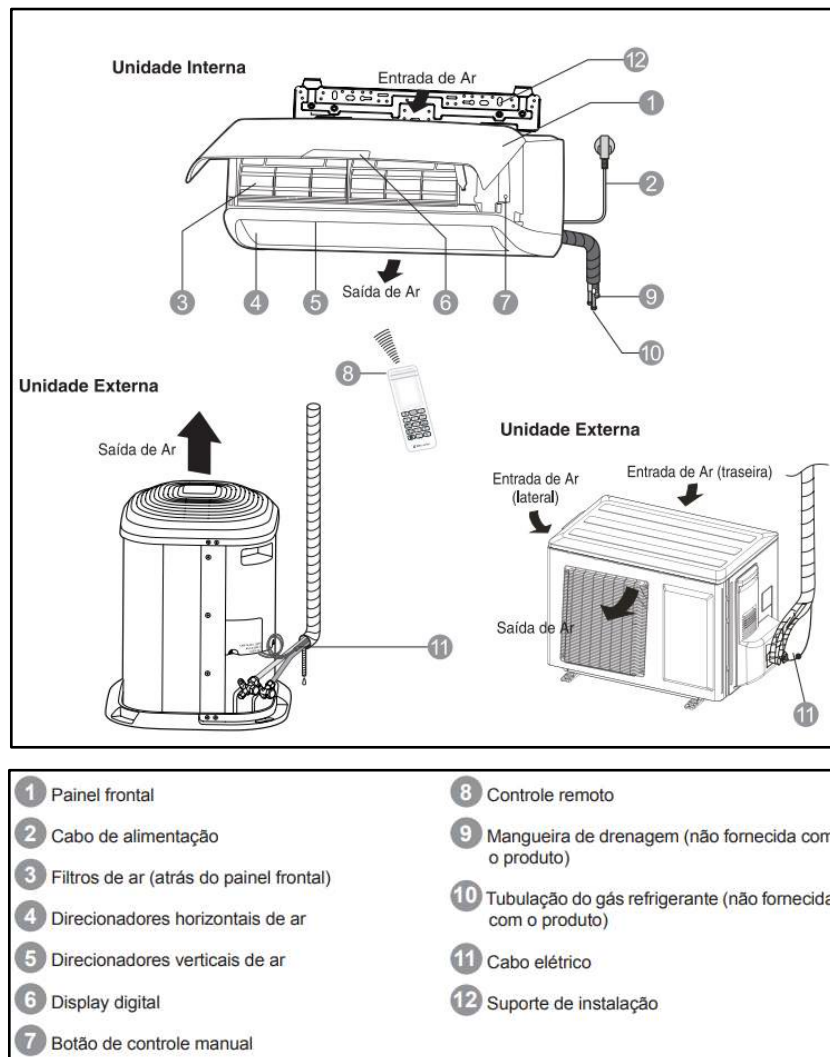
Figura 1 — Modelos de Condicionadores de Ar tipo Janela



Fonte: Consul (2020).

- *Split*: o evaporador é instalado no ambiente interno e a condensadora no ambiente externo. A Figura 2 apresenta um modelo da marca Electrolux.

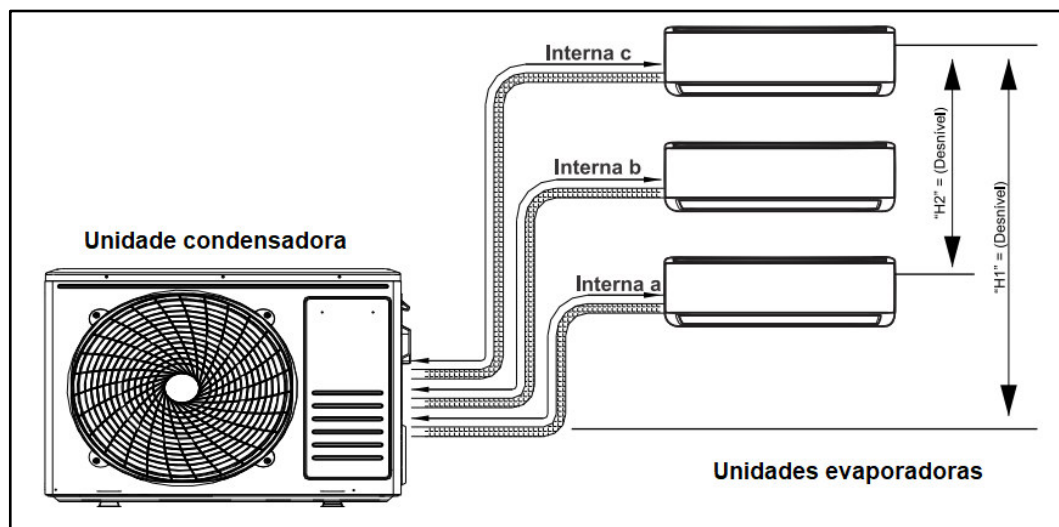
Figura 2 — Modelos de Condicionadores de Ar Split



Fonte: Electrolux (2017).

- *Muti Split*: as unidades (condensadora e evaporadora) seguem separadas por ambiente; no entanto, pode haver dois ou mais evaporadores para um único condensador. A Figura 3 mostra um modelo da marca Elgin.

Figura 3 — Modelo de Ar-condicionado Multi Split High Wall Total Inverter Plus



Fonte: Adaptado de Elgin (2024).

- *Self Contained*: pode ser instalado fora do ambiente interno, onde é realizado o condicionamento do ar e, posteriormente, o ar resfriado é transportado ao recinto através de dutos. A Figura 4 mostra um modelo da marca Carrier.

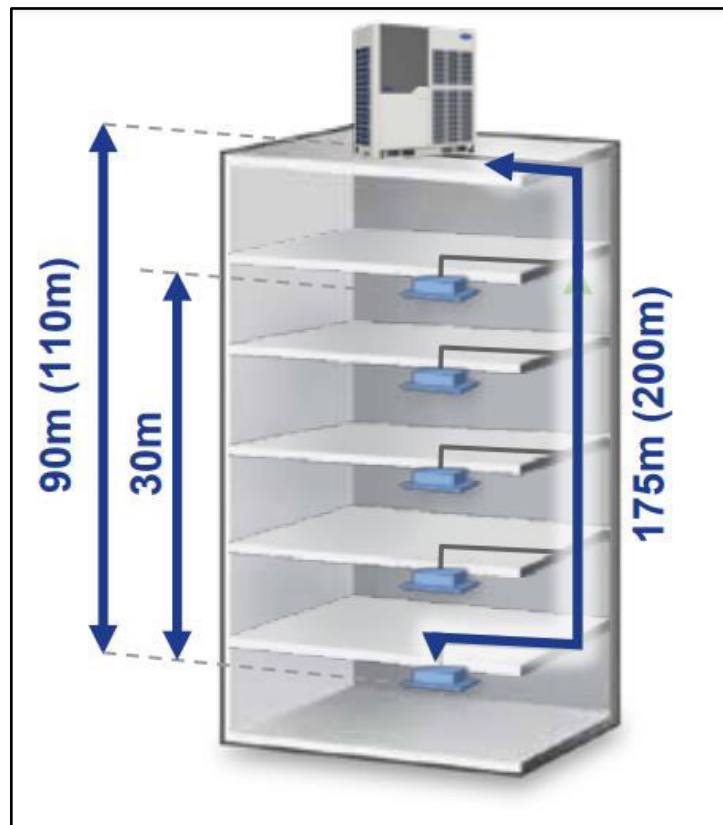
Figura 4 — Modelo de Ar-condicionado do tipo Self Contained



Fonte: Carrier (2017).

- Sistema Volume de Refrigerante Variável (VRF): sistema composto por vários *Multi splits*, sendo apenas uma unidade condensadora e várias evaporadoras, indicado para prédios comerciais de médio e grande porte. A Figura 5 mostra um modelo da marca Carrier.

Figura 5 — Modelo VRF XPower New Generation da Carrier



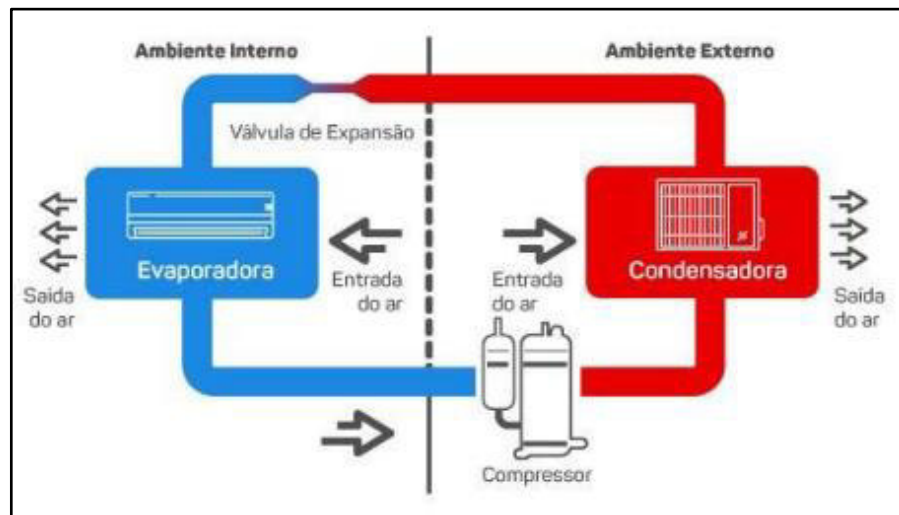
Fonte: Carrier (2022).

O processo de climatização do ambiente interno ocorre por meio de trocas de calor entre o ambiente interno, externo e a substância refrigerante, através do contato do ar com as serpentinas internas do condensador ou do evaporador (Maia *et al.*, 2023).

O resfriamento ocorre a partir da troca de calor entre o ar do ambiente interno e a substância presente na serpentina do evaporador, nesse processo, o ar do ambiente interno é sugado pelo motor ventilador, passa pela serpentina, que contém uma substância refrigeradora inicialmente no estado líquido, e ao contato com a serpentina gelada, o ar perde calor e retorna frio para o ambiente interno (Fortes, 2015).

A substância refrigeradora, ao absorver o calor, passa para o estado gasoso e entra no compressor, onde o gás será comprimido sob alta pressão, elevando sua temperatura. Posteriormente, o gás quente é encaminhado pela serpentina do condensador, localizado no ambiente externo com temperaturas mais baixas, é resfriado e passa ao estado líquido. Por fim, o líquido entra na válvula de expansão, diminuindo a pressão e resfriando mais ainda, voltando à serpentina do evaporador e reiniciando o ciclo (Araújo, 2011). A Figura 6 representa o processo de resfriamento que ocorre nos ares-condicionados.

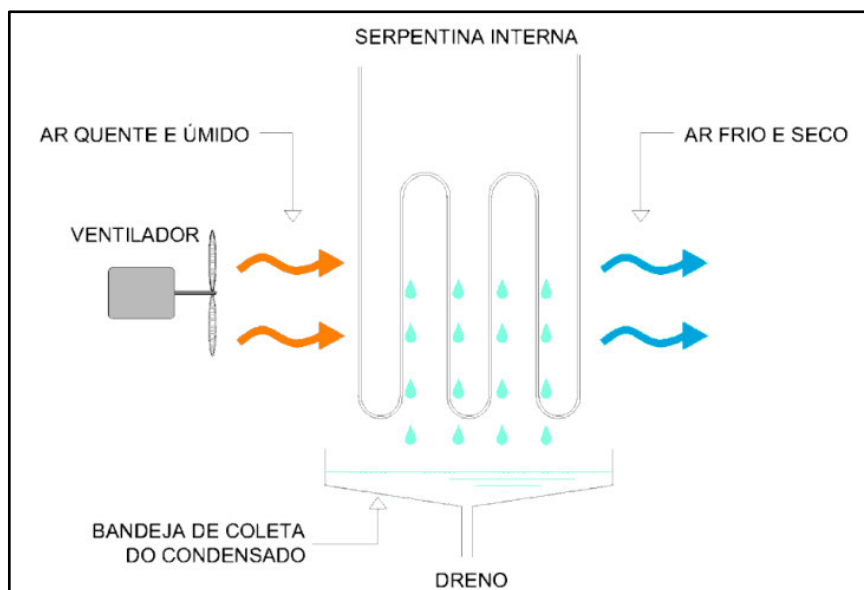
Figura 6 — Funcionamento do ar-condicionado



Fonte: Fernandes (2023).

De acordo com Rigotti (2014), a umidade do ar interno é condensada e ejetada para o ambiente externo, podendo ser canalizada e armazenada para posterior utilização não potável na irrigação de áreas verdes, jardinagem, lavagem de pisos e veículos, dentre outras finalidades. A Figura 7 traz uma representação da condensação do vapor de água que é capturada pelo dreno.

Figura 7 — Formação do condensado no ar-condicionado



Fonte: Bastos e Calmon (2013).

A NBR nº 16.783 de 2019 traz a água clara como uma fonte alternativa para edificações, desde que seus parâmetros estejam dentro dos limites estabelecidos pela norma, corroborando com a difusão desta prática. Além disso, diversos autores como Melo (2022), Soares (2022), Cosmo (2021), Rodrigues (2020), Santos (2019), Silva (2019) e Rodrigues (2019) demonstraram a viabilidade do reúso da água proveniente de aparelhos de ar-condicionado para fins não potáveis em múltiplos cenários.

No entanto, é sabido que as substâncias presentes no condensado dos aparelhos de ar-condicionado revelam a qualidade do ar atmosférico do ambiente em que está instalado (Valentini, 2019).

Sendo assim, ainda que o condensado desses aparelhos seja aparentemente “puro”, a qualidade desta água depende do ambiente, visto que poluentes presentes no ar úmido podem ser transmitidos ao líquido no processo de condensação (Rodrigues, 2019).

3.3 Qualidade da água

No Brasil, a Portaria nº 888 de 2021 do Ministério da Saúde, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Brasil, 2021). Essa normativa define o padrão de potabilidade como o conjunto de valores permitidos para os parâmetros de

qualidade da água para consumo humano, dentre eles: amônia, cor aparente, dureza total, ferro, manganês, sódio, sólidos dissolvidos totais, turbidez, cianotoxinas, coliformes totais, *Escherichia coli*, dentre outros.

3.3.1 Parâmetros utilizados para águas claras

Segundo a NBR 16.783, que trata sobre o uso de fontes alternativas de água não potável em edificações, com exceção dos sistemas de aproveitamento de água da chuva que possuem uma Norma própria, os parâmetros indicados na Quadro 1 deverão ser considerados para definir fontes de água como aptas para os usos previstos na norma (Brasil, 2019).

Quadro 1 – Descrição dos parâmetros de qualidade para uso da água não potável - NBR nº 16.783 de 2019

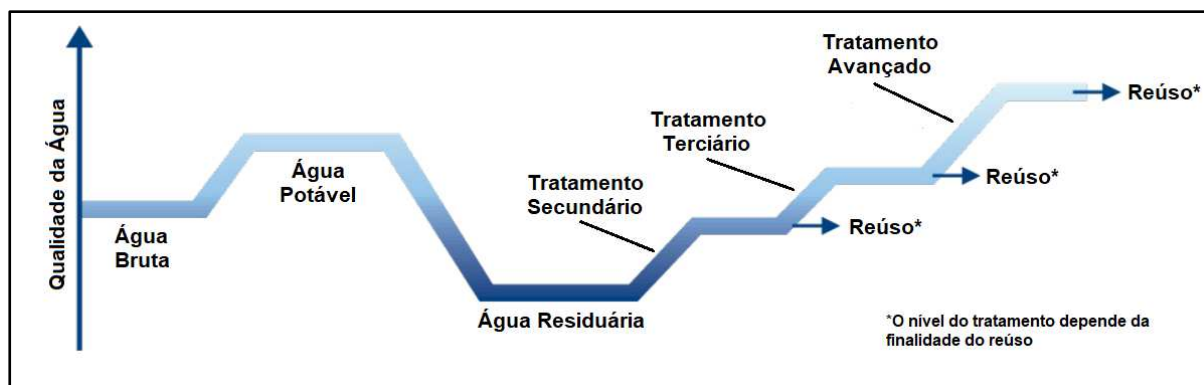
Parâmetro	Descrição
Físico	
Turbidez	<ul style="list-style-type: none"> • Representa o grau de interferência com a passagem de luz pela água; • Está relacionada à presença dos sólidos em suspensão.
Químico	
ph	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial hidrogeniônico; • Indica a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água; e • Está relacionada aos sólidos/gases dissolvidos.
DBO _{5,20}	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda Bioquímica de Oxigênio medida a 5 dias e 20 °C; • Está associada à quantidade de oxigênio dissolvido necessária aos microrganismos para estabilização da matéria orgânica sob condições aeróbias.
Cloro residual livre	<ul style="list-style-type: none"> • Cloro presente na água na forma de ácido hipocloroso e íon hipoclorito; • Possui uma relação com o pH do meio, relevante para a sua eficiência desinfetante.
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	<ul style="list-style-type: none"> • São moléculas orgânicas, inorgânicas ou íons que não são retidos em membrana com porosidade

Parâmetro	Descrição
	<p>predeterminada;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equivale à diferença entre Sólidos Totais e Sólidos Suspensos; • Possui relação com a Condutividade elétrica.
Condutividade elétrica	<ul style="list-style-type: none"> • Medida da habilidade de uma solução aquosa de veicular corrente elétrica; • Possui relação que permite estimar a concentração de Sólidos Dissolvidos Totais.
Carbono Orgânico Total (COT)	<ul style="list-style-type: none"> • Medida da quantidade de matéria orgânica carbonada; • Utilizado para determinação global da poluição orgânica em água e efluentes.
<i>Biológico</i>	
E. coli	<ul style="list-style-type: none"> • Principal bactéria do grupo de coliformes termotolerantes; • Encontradas em esgotos, efluentes tratados e águas naturais sujeitas a contaminação recente por seres humanos.

Fonte: Adaptado de Piveli e Kato (2006), Santos (2007), Di Bernardo (2017), Von Sperling et al. (2005), Nuvolari (2021) e CETESB (2024).

Sendo assim, a depender dos parâmetros encontrados no efluente e da finalidade a qual se destina a água de reúso, existe uma série de tecnologias de tratamento que permite a escolha do nível da qualidade necessária para determinado uso, como mostrado na Figura 8, alcançando a eficiência econômica e sustentabilidade ambiental (USEPA, 2012).

Figura 8 — Tecnologias de tratamento são capazes de atingir o nível de qualidade da água desejado



Fonte: Adaptado de USEPA (2012).

3.4 Reúso de água

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (1973), o reúso de água é uma prática já conhecida pela humanidade há algum tempo, seja através do ciclo hidrológico natural ou por meio da dinâmica das cidades e indústrias que extraem água bruta de corpos hídricos superficiais e descarregam seus efluentes nos mesmos corpos, que, por sua vez, tornam-se fonte de abastecimento de água para os usuários a jusante.

A partir disso, diversos autores passaram a discutir sobre a importância dessa prática e a conceituar o termo “reúso de água” em seus trabalhos.

Para Lavrador Filho (1987) *apud* Brega Filho e Mancuso (2003), o reúso de água se trata do aproveitamento das águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana para suprir as necessidades de outros usos ou do seu uso original.

O Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações da Agência Nacional de Águas (ANA) traz uma definição mais abrangente sobre o reúso como sendo o uso de água residuária ou água de qualidade inferior tratada ou não. Além disso, o Manual também define a água de reúso como sendo a água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para a sua utilização (ANA, 2005).

Já Gonçalves (2006) define o reúso de água como o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim.

Diante disso, é possível perceber como o conceito de reúso de água é definido pela literatura existente; no entanto, não é observado um consenso entre os

autores, o que motiva a classificação dessa prática em diferentes categorias (Brega Filho e Mancuso, 2003) discutidas a seguir.

3.4.1 Classificação do reúso

Um aspecto relevante a ser considerado no reúso de água é o alinhamento entre a classificação e o tipo de reúso, a qualidade da água requerida e a tecnologia de tratamento utilizada (nos casos em que o tratamento é necessário), devido aos riscos à saúde e à qualidade ambiental inerentes à prática do reúso de água (Santos e Lima, 2022).

3.4.1.1 Reúso direto e indireto

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 1973) definiu o reúso em direto e indireto da seguinte forma:

reúso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para algum propósito benéfico como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero ou água potável;

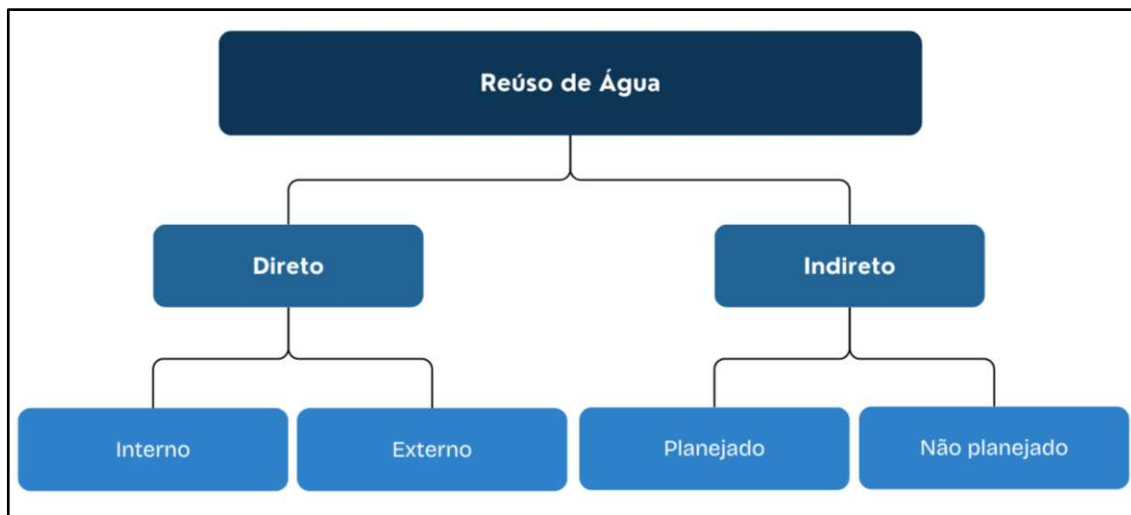
reúso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e reutilizada na sua forma diluída.

No Brasil, a Agência Nacional de Águas (2005), através do Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações, define o reúso direto de água como o uso planejado da água de reúso conduzido diretamente ao local de sua utilização, sem lançamento ou diluição em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos. Por outro lado, o reúso indireto de água é considerado o uso de água residuária ou de qualidade inferior, em sua forma diluída, ou seja, após lançamento em corpos hídricos sejam eles superficiais ou subterrâneos. Vale ressaltar que a ANA considera água de reúso como aquela água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização.

Para Mota (2012) o reúso é direto quando, visando especificamente a sua utilização, o esgoto passa por processos de tratamento, acondicionamento e distribuição, enquanto o reúso é indireto quando o esgoto é lançado em águas superficiais ou subterrâneas, sofre diluição, dispersão e depuração, sendo utilizado a

jusante. Além disso, o autor considera que o reúso direto é classificado em interno e externo e o reúso indireto é classificado em planejado e não planejado. Essa representação é mostrada na Figura 9.

Figura 9 — Formas de reúso de água



Fonte: Adaptado de Mota (2007).

3.4.1.2 Reúso planejado e não planejado

Em 1973, a Organização Mundial da Saúde utilizou os termos “intencional” e “não intencional” para definir as descargas planejadas a montante ou recargas planejadas nos aquíferos como reúso indireto intencional. A partir disso, de acordo com Brega Filho e Mancuso (2003), a empresa norte-americana *James M. Montgomery Consulting Engineers Inc.* publicou o livro *Water Treatment Principles & Design* que substituiu o termo “intencional” por “planejado” e “não intencional” por “não planejado”, os quais foram adotados pelos autores desde então.

A Agência Nacional de Águas (2005) conceitua o reúso de água planejado como aquele uso adequadamente concebido e disciplinado, direto ou indireto, dos esgotos tratados, onde é mantido o controle da qualidade da água permanentemente. Em contrapartida, o reúso não planejado se resume ao uso não deliberado, inconsciente ou incidental, direto ou indireto, de águas residuárias, tratadas ou não, sem nenhum controle de qualidade associado ao seu uso.

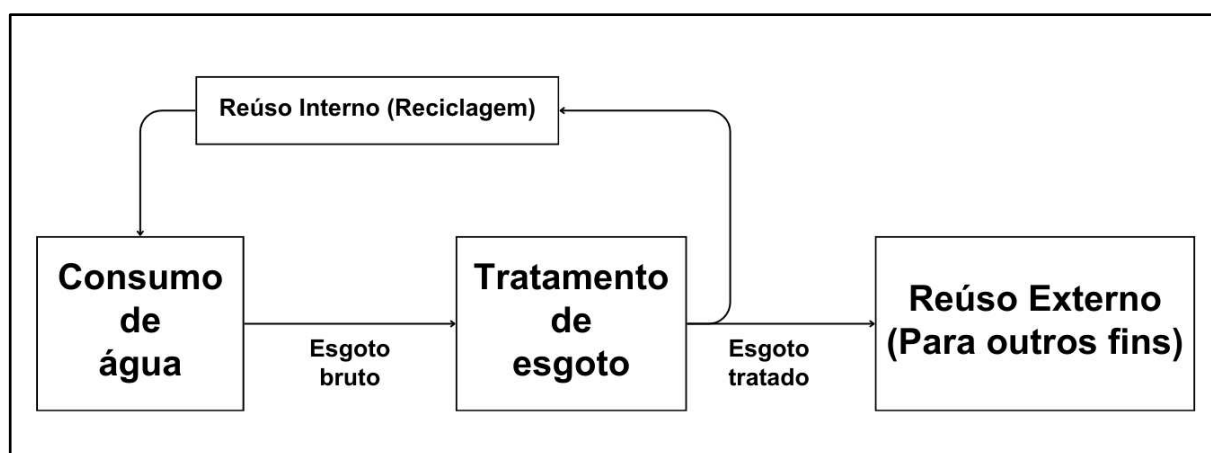
Para Mota *et al.* (2007) o reúso indireto pode ser planejado, reutilizado de maneira controlada em algum uso benéfico, ou não planejado, reutilizado de maneira não controlada e não intencional.

3.4.1.3 Reúso interno e externo

Inicialmente, em 1973, a Organização Mundial da Saúde definiu o termo “reciclagem interna” como o reúso da água interna de indústrias a fim de economizar esse recurso e controlar sua poluição.

Por outro lado, Mota *et al.* (2007) afirma que o reúso de água direto pode ser classificado como interno (reciclagem) ou externo ao local onde foi produzido. Como indicado no fluxograma da Figura 10, o consumo inicial de água gera o esgoto bruto que, após tratamento, pode ser utilizado externamente para outros fins ou ser reciclado para reúso interno na mesma atividade inicial.

Figura 10 — Reúso direto planejado de água



Fonte: Mota (2012).

3.4.1.4 Reúso potável e não potável

Devido a sua facilidade e praticidade, Westerhoff (1984) *apud* Brega Filho e Mancuso (2003), classifica o reúso de água em duas grandes categorias: potável e não potável.

Hespanhol (2002) afirma que o reúso potável, principalmente de estações de tratamento de esgoto de grandes metrópoles com polos industriais expressivos, representa uma alternativa com altos riscos associados, sendo praticamente

inaceitável, devido à presença de organismos patogênicos e compostos orgânicos sintéticos. Ainda assim, o autor propõe critérios básicos para o reúso potável nos casos em que seja imprescindível a sua adoção:

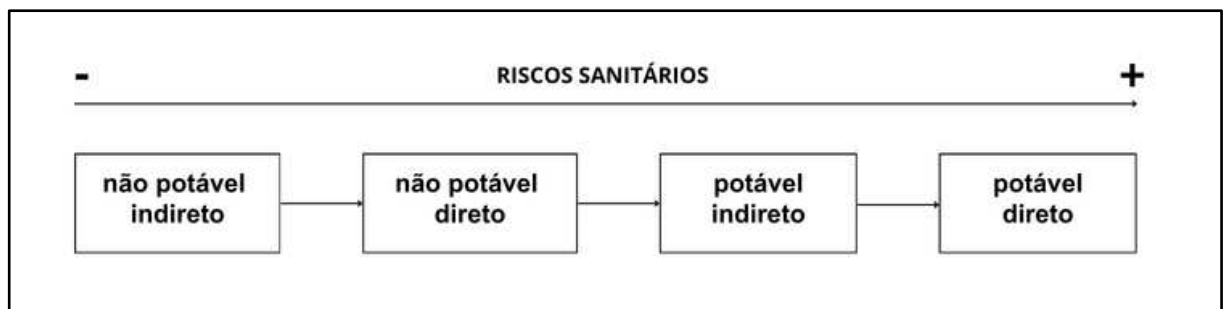
- Utilizar apenas sistemas de reúso indireto;
- Utilizar somente esgotos domésticos;
- Empregar barreiras múltiplas nos sistemas de tratamento; e
- Adquirir aceitação pública e assumir responsabilidades pelo empreendimento.

Para Blum (2003) são adotados dois princípios para a avaliação do risco sanitário do reúso de água, sendo eles:

1. reúso não potável é mais seguro que o reúso potável;
2. reúso indireto é mais seguro que o reúso direto.

A partir disso, o autor propõe um fluxograma com os tipos de reúso, organizados por ordem crescente de risco sanitário, apresentado na Figura 11.

Figura 11 — Fluxograma de riscos sanitários das modalidades de reúso

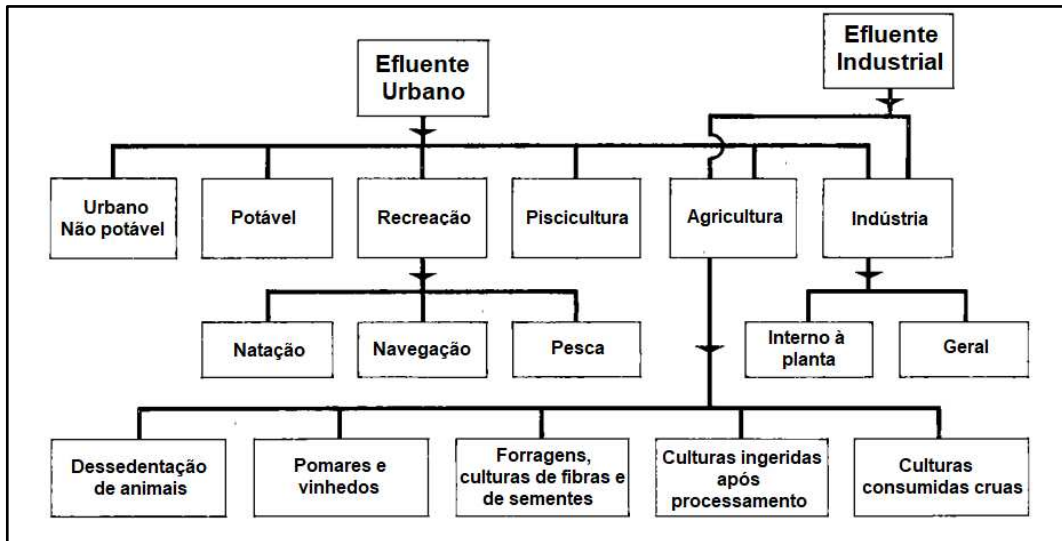


Fonte: Adaptado de Blum (2003).

3.4.2 Modalidades de reúso

Em 1973, a Organização Mundial da Saúde publicou um relatório tratando sobre o reúso intencional de efluentes, no qual são descritos 5 propósitos para o reúso de esgoto tratado de forma deliberada, ilustrado na Figura 12, sendo eles: agricultura, indústria, recreação, reutilização municipal e piscicultura.

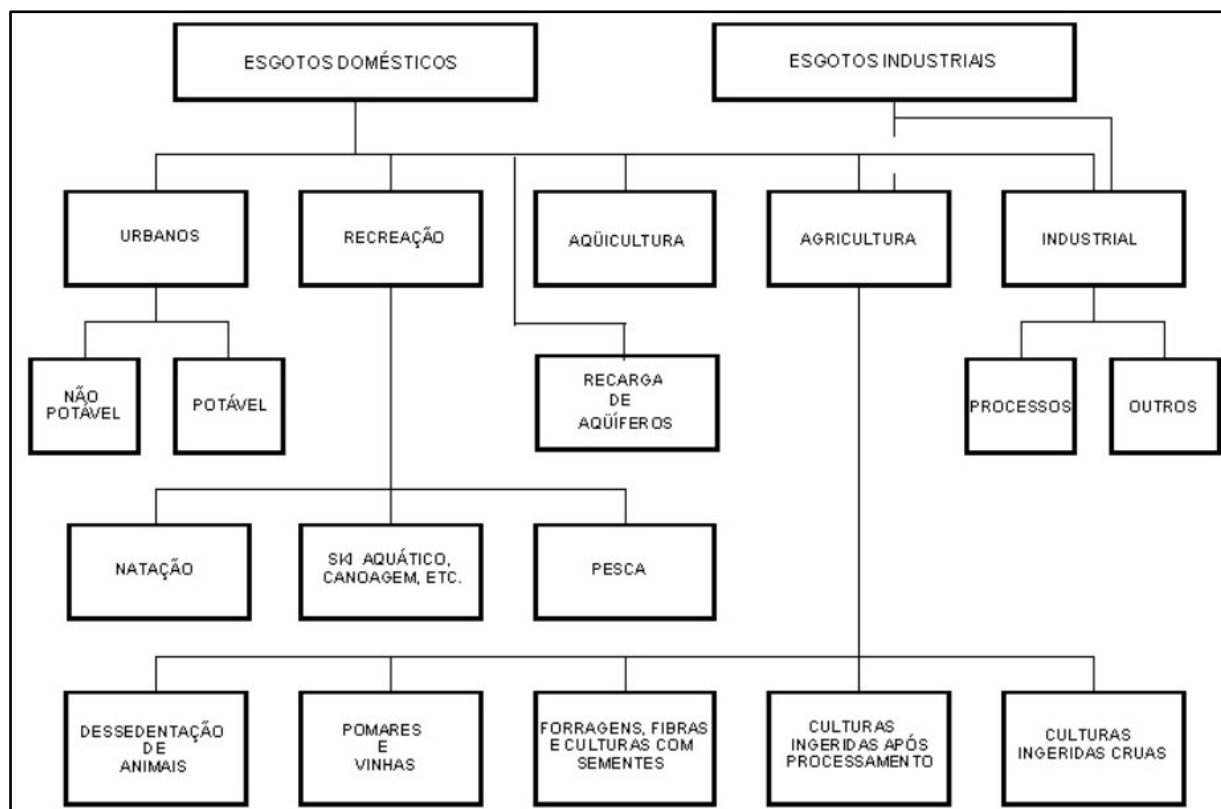
Figura 12 — Reúso intencional de efluentes



Fonte: Adaptado da OMS (1973).

No fluxograma apresentado na Figura 13, Hespanhol (2002) aborda a possibilidade de reúso dos esgotos domésticos e industriais para algumas finalidades, basicamente as mesmas citadas pela OMS (1973), entretanto, acrescenta a recarga de aquíferos e reúne os usos urbanos em potável e não potável, além da limitação do reúso industrial, no qual seus efluentes só devem ser aproveitados dentro do ambiente industrial, respeitando os limites dos parâmetros estabelecidos, diferente da Figura 12, onde é possível observar o reúso de efluente industrial na agricultura.

Figura 13 — Tipos de reúso



Fonte: Hespanhol (1997) *apud* Hespanhol (2002).

Vale ressaltar que para cada modalidade de reúso devem ser exigidos padrões de qualidade específicos, alcançados por meio de tecnologias de tratamento eficientes, que considerem as características físico-químicas e microbiológicas do efluente original no alcance dos valores necessários para cada modalidade (USEPA, 2012).

A partir das informações abordadas neste subtópico e alinhado aos objetivos do presente trabalho, as modalidades de reúso de água tratadas a seguir serão exclusivamente para reúso não potável.

3.4.2.1 Urbano

O reúso de água para fins urbanos abrange atividades como irrigação de parques, jardins e espaços públicos, descarga de aparelhos sanitários, lavagem de ruas, praças, pátios e veículos, desobstrução de tubulações e nas atividades relacionadas à construção civil como controle de poeira, preparo do concreto e compactação do solo (Mota, 2007).

Os usos urbanos não potáveis devem ser considerados como primeira opção para o reúso, visto que envolvem menores riscos sanitários, entretanto, devem ser tomados cuidados especiais quando há contato direto das pessoas com as áreas irrigadas nesta modalidade, como praças, parques, jardins e campos esportivos (Hespanhol, 2002; ANA, 2005).

3.4.2.2 Industrial

Os efluentes tratados aproveitados no âmbito industrial podem ser provenientes de processos industriais ou procedentes de outras fontes, como o esgoto doméstico. Além disso, seu reúso é direcionado para sistemas de lavagem de pisos ou peças, irrigação de jardins ou processamento de produtos (Mota, 2012).

Os altos custos da água, associados ao uso industrial e à demanda crescente, têm atraído a atenção de indústrias, levando-as a avaliar as possibilidades de utilização da água de reúso em detrimento da água potável, ofertada pelos sistemas de abastecimento público, para utilização em torres de resfriamento, caldeiras, irrigação de áreas verdes dentro da indústria, lavagem de pisos e alguns tipos de peças, além de processos industriais (Hespanhol, 2002).

3.4.2.3 Agrícola

No Brasil, a demanda de água para a agricultura representa 70% do uso consuntivo total, sendo de extrema importância a substituição de parte dessa vazão, compreendidas hoje por água potável, por esgotos domésticos (Hespanhol, 2002).

De acordo com Mota et al. (2007), no caso da irrigação de culturas, os efluentes representam uma fonte de água disponível o ano inteiro e que contém os nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Além disso, existem outros consumos que necessitam do reúso agrícola como a dessedentação de animais e o cultivo de florestas plantadas para reflorestamento.

A partir disso, o sucesso na implantação de sistemas de reúso de águas na agricultura, principalmente na irrigação, precisa levar em conta fatores como a qualidade do efluente usado, os níveis de restrição, a cultura a ser irrigada, a forma de aplicação e o manejo do sistema a fim de garantir a segurança dos usuários (Marques, 2022).

3.4.2.4 Outras modalidades

Os efluentes tratados também podem ser utilizados na aquicultura, que se refere ao cultivo de organismos, sejam eles animais ou vegetais, em meio aquático para o consumo humano (Aquino et al., 2007), principalmente na piscicultura, constituindo uma alternativa para a produção de fonte de proteína a baixo custo, além da oportunidade de reciclagem dos nutrientes presentes nos esgotos domésticos (Mota et al., 2012).

Em relação à recarga de aquíferos, a hidrogeologia, em conjunto com a engenharia de recursos hídricos, potencializou a aplicação do reúso de água, desenvolvendo a tecnologia de recarga de aquíferos com águas de fontes alternativas ou esgotos tratados a fim de aumentar a disponibilidade hídrica e resolver problemas específicos (Hespanhol, 2002) sendo eles, a prevenção da subsidência do solo, tratamento adicional de esgotos ou controle da intrusão de água salina (Mota, 2007).

Outro uso também mencionado na literatura é o recreativo, que envolve a formação de lagoas para navegação (OMS, 1973), a pesca e natação recreativas (Hespanhol, 1997) e a realização de esportes aquáticos (Mota, 2007).

3.4.2.5 Modalidades definidas pela legislação

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 54 de 28 de novembro de 2005 (Brasil, 2006), que estabelece as diretrizes e critérios gerais para a prática do reúso direto não potável de água, abrange as seguintes modalidades:

reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e,

reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

No estado do Ceará, a Lei nº 16.033, de 20 de junho de 2016, dispõe sobre o reúso de água não potável nos limites do território estadual, tratando sobre os mesmos usos citados na Resolução nº 54 do CNRH, reúso para fins urbanos, agrícolas e florestais, fins ambientais, fins industriais e reúso na aquicultura (Ceará, 2016).

3.4.3 Legislação sobre o reúso de água

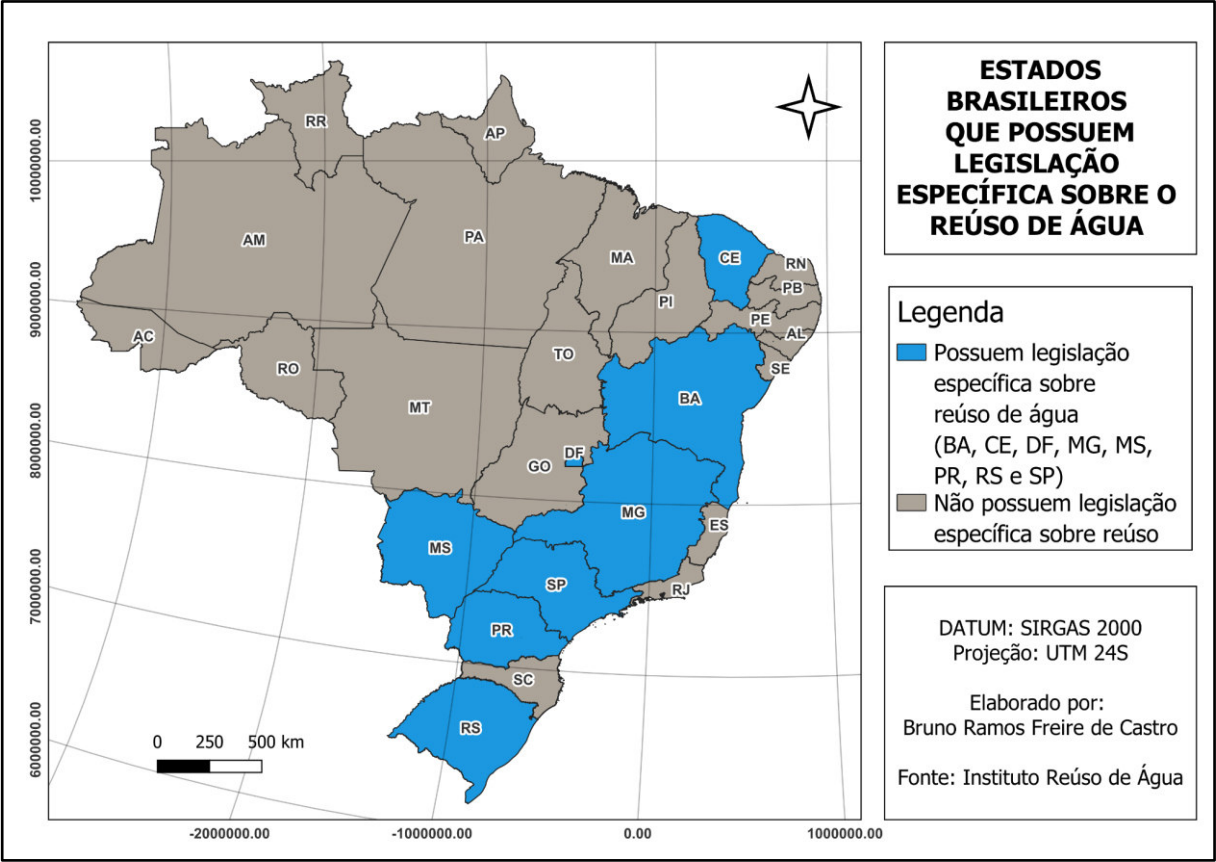
O bom aproveitamento do potencial do reúso depende de características, condições e fatores, como decisões políticas, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (Hespanhol, 2002).

No Brasil, a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 54, de 28 de novembro de 2005, estabelece as diretrizes e critérios gerais para a prática do reúso direto não potável de água, no entanto, transfere a responsabilidade do estabelecimento de diretrizes, critérios e parâmetros específicos para os órgãos competentes. Do mesmo modo, a Resolução do CNRH nº 121, de 16 de dezembro de 2010, estabelece as diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água para a modalidade agrícola e florestal, todavia também não trata dos parâmetros necessários para o uso nesta modalidade (Brasil, 2005).

No Ceará, a Lei nº 16.033, de 20 de junho de 2016, define o reúso de água e as águas residuárias como a resolução federal supracitada, porém, neste caso, a normativa estabelece a Política de Reúso de Água Não Potável no âmbito do estado. Ainda a nível estadual, foi promulgada a Resolução nº 02 de 2017, do Conselho Estadual de Meio Ambiente, que estabelece os padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos no estado do Ceará, definindo os parâmetros e seus limites para o reúso seguro em cada uma das modalidades estabelecidas (Ceará, 2016).

De acordo com o Quadro Regulatório disponível no *site* do Instituto Reúso de Água (IRdA), apenas os estados da Bahia, Ceará, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo e o Distrito Federal possuem legislações que não só tratam sobre o lançamento de efluentes, como também estabelecem padrões e limites para determinadas modalidades de reúso, como mostra a Figura 14, incentivando a prática em seus respectivos territórios.

Figura 14 — Mapa da situação regulatória do reúso de água no Brasil



Fonte: IRdA (2023).

Em contrapartida ao caso do Brasil, que ainda não possui legislação federal específica que regule o reúso de águas no país (Moura, 2022), os Estados Unidos possuem uma normativa que trata das diretrizes para a reutilização de águas, na qual é discutido desde o financiamento de sistemas de reúso de água, com divulgação, consulta e participação pública até as tecnologias de tratamento e sugestão de parâmetros de acordo com a finalidade do reúso (USEPA, 2012). O Quadro 2 apresenta parte dos padrões tratados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

Quadro 2 – Padrões indicados para o reúso de águas nos EUA

Tipo de reúso	Padrões				
	Colif. f.	Turbidez	CRL	DBO	SS
Urbano	ausentes	máx. 2 UNT	mín. 1 mg/L	máx. 10 mg/L	-

Tipo de reúso	Padrões				
	Colif. f.	Turbidez	CRL	DBO	SS
Agrícola, irrigação para consumo cru	ausentes	máx. 2 UNT	mín. 1 mg/L	máx. 10 mg/L	-
Agrícola, irrigação para consumo cozida	máx. 200/100 mL	-	mín. 1 mg/L	máx. 30 mg/L	máx. 30 mg/L
Industrial, para resfriamento sem recirculação	máx. 200/100 mL	-	mín. 1 mg/L	máx. 30 mg/L	máx. 30 mg/L
Industrial, para resfriamento com recirculação	Dependem da taxa de recirculação				
Melhoria ambiental	máx. 200/100 mL	-	-	máx. 30 mg/L	máx. 30 mg/L

Fonte: USEPA (1992).

A partir disto, é possível compreender que a regulação da prática do reúso de água no Brasil é de extrema importância para orientar a instituição de legislações estaduais, a fim de uniformizar os parâmetros e padrões exigidos, assegurando a singularidade de cada território bem como garantindo a qualidade físico-química e microbiológica da água de reúso (Morais, 2019).

No ano de 2022, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos enviou para consulta pública uma minuta da resolução que prevê a revogação das resoluções anteriores (nº 54/2005 e nº 121/2010) e o estabelecimento de modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, visando uma maior segurança, tanto jurídica quanto ambiental, a fim de criar um ambiente propício a investimentos em inovação e implementação das práticas de reúso não potável no país (Brasil, 2022). Vale ressaltar que, mesmo diante desta iniciativa, o Brasil segue sem uma legislação vigente específica para o reúso de água.

Diante de todas essas informações, autores, obras, conceitos e legislações que tratam sobre o tema, é possível observar que o reúso de água já é visto por muitos como uma necessidade do presente e não mais como uma possibilidade para o futuro (CAIXETA, 2010).

3.4.4 Reúso de água clara

3.4.4.1 Parâmetros físico-químicos e microbiológicos

Haja vista que o foco deste trabalho é o reúso da água proveniente de aparelhos de ar-condicionado para fins não potáveis, serão utilizados parâmetros determinados pela NBR 16.783 de 2019 que trata do uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis, sendo eles: pH, *E. Coli*, turbidez, DBO_{5,20}, cloro residual, condutividade elétrica ou sólidos dissolvidos totais e carbono orgânico total. Ainda de acordo com a Norma, a análise de COT é necessária apenas para água de rebaixamento de lençol freático, não sendo necessário para o presente estudo. Os parâmetros e limites definidos para análise de água clara pela Norma estão definidos no Quadro 3.

Quadro 3 – Parâmetros de qualidade para uso da água não potável

Parâmetros	Limite
pH	6,0 a 9,0
E. Coli	<= 200 NMP/100 mL
Turbidez	<= 5 UT
DBO _{5,20}	<= 20 mgO ₂ /L
Cloro residual livre	0,5mg/L até 2,0mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	<= 2000 mg/L
Condutividade elétrica	<= 3200 µS/cm
Carbono Orgânico Total (COT)	< 4 mg/L

Fonte: ABNT (2019).

3.4.3.2 Legislação no Ceará

No Ceará foi promulgada a Lei nº 16.603 de 2018 que institui a obrigatoriedade do reúso de água proveniente de aparelhos de ar-condicionado nos projetos de edificações residenciais, multifamiliares, comerciais e industriais a serem construídos no estado a fim de contribuir com o uso racional da água.

A normativa ainda limita o reúso apenas para fins não potáveis, como rega de plantas, lavagem de carros, pisos ou áreas externas e alimentação de bacias

sanitárias, em concordância com a literatura existente que indica os riscos do reúso de água para fins potáveis como (Hespanhol, 2002; Blum, 2003).

3.4.5 Estudos de caso sobre o reúso de água proveniente de ar-condicionado

O uso da água proveniente de aparelhos de ar-condicionado é um tema bastante relevante no cenário atual e discutido por diversos autores. Melo (2022) realizou um ensaio com equipamentos de ar-condicionado de um edifício hospitalar, em Recife/PE, onde a água proveniente dos aparelhos apresentou grande parte dos seus padrões físico-químicos e microbiológicos dentro dos limites estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que trata do padrão de potabilidade da água para consumo humano no Brasil. Ainda que não tenha atingindo o padrão necessário para classificá-la como água potável, o autor aponta que as demandas para usos menos nobres como rega de jardim, torres de resfriamento e lavagem de pisos são facilmente atendidas.

Soares (2022) realizou um estudo semelhante com foco em um *shopping center* na cidade de Recife/PE, no qual constatou que a água proveniente dos aparelhos de ar-condicionado atendia aos padrões físico-químicos da Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, logo seria capaz de suprir as demandas não potáveis do empreendimento como rega de jardim e lavagem de piso. A autora ainda realizou um estudo de viabilidade financeira de um possível sistema de reúso da água de ar-condicionado e constatou que o *shopping* poderia economizar R\$ 3087,76 mensais, visto que o volume coletado seria equivalente a 72,46% da demanda hídrica necessária para a rega de jardim e 100% para a lavagem de pisos.

Cosmo (2021) trouxe em sua análise a viabilidade do aproveitamento da água de sistemas de ar-condicionado da Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús. Através de sua pesquisa, constatou que o sistema é capaz de atender 17% da demanda necessária para a irrigação das áreas verdes e 57,61% da demanda relacionada à limpeza da Universidade. A autora evidenciou essa prática como segura para usos não potáveis, visto que as análises físico-químicas indicaram a água como uma fonte viável; no entanto, vale ressaltar que foram utilizados como parâmetros os limites estabelecidos pela NBR 16.783 (ABNT, 2019) e a Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde, além de que alguns parâmetros como E. coli, Turbidez e Demanda Bioquímica de Oxigênio não foram realizadas.

Rodrigues (2020) realizou um estudo bastante complexo avaliando a viabilidade e aceitação social do uso da água proveniente de ar-condicionado na Universidade Federal da Paraíba, em João Pessoa, no qual verificou que a utilização da água clara gerada pelos condicionadores de ar é uma solução viável e atrativa, principalmente, para usos não potáveis, visto que as análises microbiológicas não estavam dentro do padrão para potabilidade permitido. A autora utilizou os padrões estabelecidos pela NBR 16.783 (ABNT, 2019), Manual de Conservação e reúso da Água em Edificações da Agência Nacional de Águas (ANA, 2005) e a Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde, os quais classificam a água como própria para usos como irrigação de áreas verdes, rega de jardins, construção civil (lavagem de agregados e preparação de concreto), descarga de bacias sanitárias, lavagem de veículos, pisos e áreas externas e até usos ornamentais.

Santos (2019) avaliou a eficiência de um sistema de coleta e aproveitamento da água proveniente do ar-condicionado implantado no ano de 2015 no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás (CREA-GO). O autor ressalta que, além de simples e de fácil aplicação, o sistema apresentou grande eficiência, já que foi capaz de suprir a demanda para a limpeza do edifício durante 3 anos consecutivos em diferentes situações climáticas.

Silva (2019) realizou uma análise qualiquantitativa da água proveniente de ares-condicionados do Colégio Batista, em Caruaru/PE e constatou que a água possui padrões de qualidade superiores aos da água tratada e disponibilizada na cidade, porém não atendeu aos padrões de potabilidade da Portaria nº 2914/2011, a qual estava em vigência na época. A autora ainda definiu que, para os usos que não exigem padrões mais elevados de qualidade da água, como em caixas de descarga, lavagem de pisos e rega de jardins, não há parâmetros que impeçam a utilização dessa fonte de água.

Rodrigues (2019) avaliou a qualidade das águas descartadas de 8 ares-condicionados (distribuídos em 4 residências, 3 escolas e 1 de clínica protética), a fim de selecionar o reúso mais adequado de acordo com os parâmetros físico-químicos de cada amostra. A autora, a partir dos parâmetros da Resolução nº 54 de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e da Resolução nº 2 de 2017, do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA), indica que esta água é uma fonte segura e viável de reúso direto para fins não potáveis como irrigação e lavagens. É importante salientar, ainda, que, no trabalho, foi realizado um comparativo entre os

ambientes onde o ar-condicionado estava instalado, além de ressaltada a importância da conservação e limpeza para minimizar as contaminações inorgânicas, orgânicas ou microbiológicas.

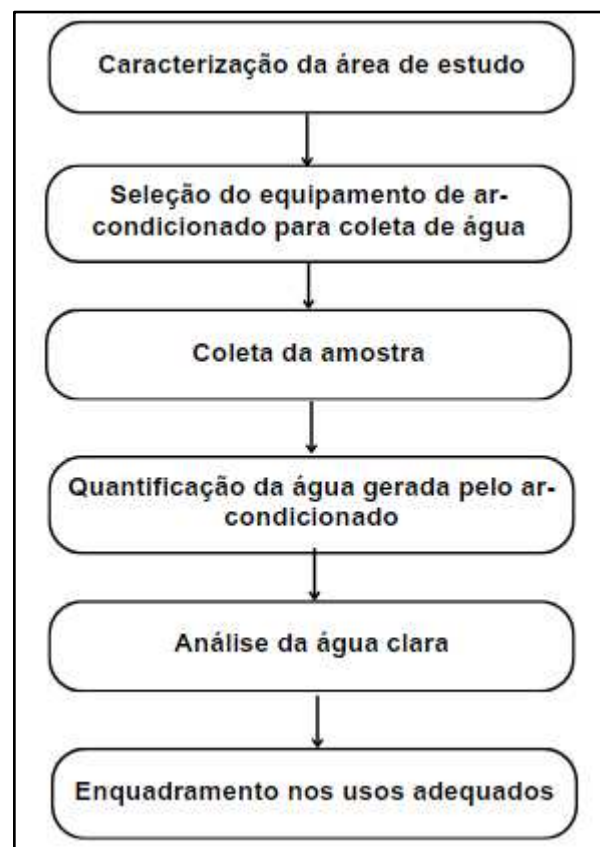
4 METODOLOGIA

4.1 *Graphical Abstract*

Para a execução do presente trabalho foi realizada uma coleta no dia 29 de outubro de 2024, das 8h às 17h, em uma sala do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (Bloco 713) da Universidade Federal do Ceará, campus do Pici, em Fortaleza/CE.

A coleta iniciou às 8h e foi finalizada às 17h. Durante esse período, a água clara drenada pelo aparelho de ar-condicionado foi armazenada para posterior quantificação da vazão produzida por dia, análise dos parâmetros estabelecidos pela Norma 16.783/2019 e Resolução COEMA nº02/2017, além do enquadramento nos possíveis usos internos da Universidade. A Figura 15 apresenta um fluxograma da metodologia realizada para este trabalho.

Figura 15 — Fluxograma da metodologia



Fonte: Autor (2025).

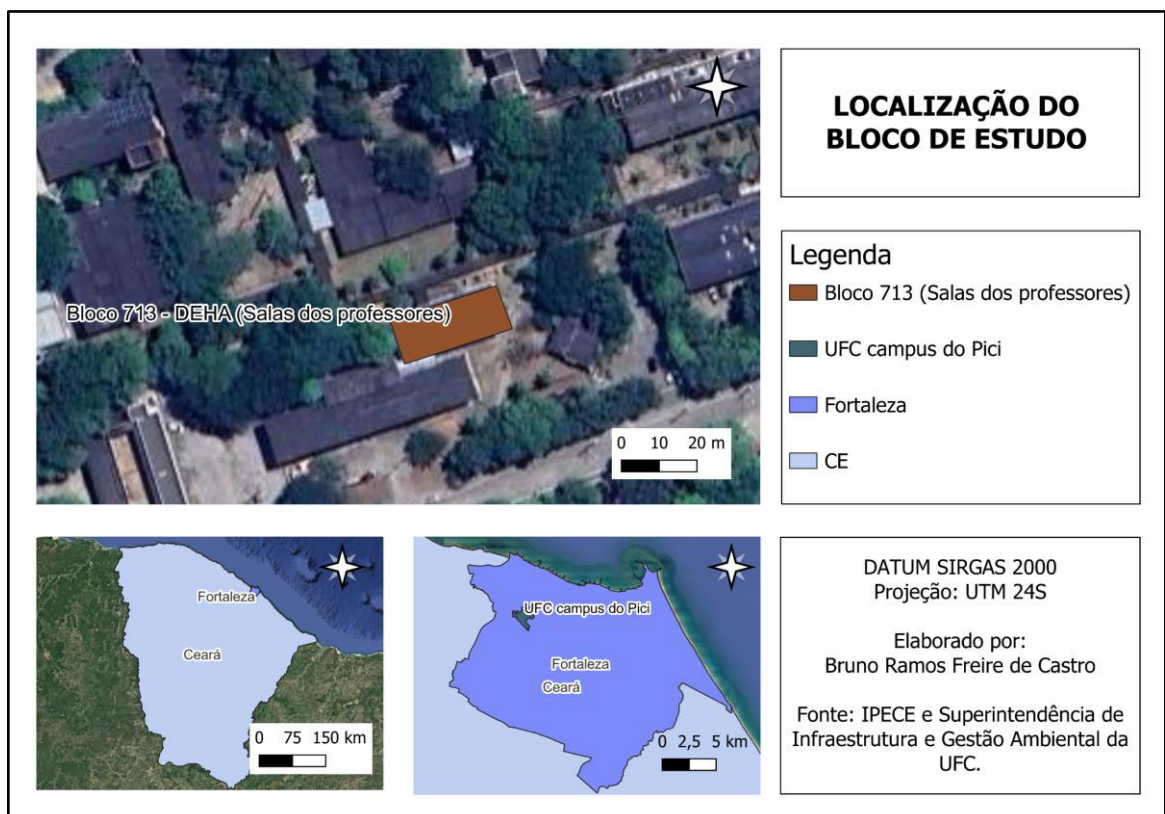
4.2 Caracterização da pesquisa

O presente trabalho possui natureza qualitativa. De acordo com Godoy (1995), na abordagem qualitativa existem três formas de realizar uma pesquisa, sendo o estudo de caso a escolhida para o trabalho. O estudo de caso possui o objetivo de investigar um determinado ambiente e aprofundar a descrição de um fenômeno através de situações típicas, aquelas similares a várias outras do mesmo tipo, como a análise do aparelho de ar-condicionado de uma sala localizada em um bloco que possui diversas outras salas parecidas, ou situações de casos excepcionais.

4.3 Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido no Bloco 713, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), da Universidade Federal do Ceará, campus do Pici, localizado na cidade de Fortaleza/CE, como mostra a Figura 16.

Figura 16 — Localização da área de estudo



Fonte: Autor (2025).

4.3.1 Ceará

De acordo com o Caderno de Caracterização do estado do Ceará (2022), o estado abrange dois tipos climáticos pela classificação de Köppen-Geiger, tropical úmido (Aw) e semiárido (BSh), sendo este último o predominante no território. A temperatura média anual no estado é 27°C com amplitude térmica de 5°C. O estado faz parte da região semiárida brasileira, caracterizada por temperaturas médias elevadas, acima de 26 °C, e estações do ano bem definidas: uma seca e uma úmida, sendo esta última com precipitações irregulares que vão de 300 mm a 800 mm (IPECE, 2009).

De acordo com FUNCEME (2024a), o mês de outubro de 2024 apresentou uma climatologia de pouca chuva, com média mensal de 3,9 mm de precipitação. Em relação à temperatura, no mês de outubro de 2024, o estado do Ceará demonstrou valores máximos de 30,5°C a 40,9°C e umidade do ar variando de 20,9% a 60% (FUNCEME, 2024b).

4.3.2 Fortaleza

Fortaleza apresenta tipo climático Aw, de acordo com a classificação de Köppen (Aguiar, 2003), clima tropical quente subúmido com pluviosidade anual de 1338 mm, com precipitações distribuídas durante os meses de janeiro a maio, além de temperaturas médias de 26 a 28 °C (IPECE, 2018). Além disso, sua localização mais próxima à linha do Equador favorece as temperaturas mais elevadas e baixa amplitude térmica devido à intensa insolação durante o ano (Magalhães, 2011).

A partir dos Dados detalhados de Qualidade do Ar, disponibilizados pela Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo de Fortaleza (SEUMA), referentes aos meses de outubro dos anos de 2020, 2022 e 2023, foi calculada uma média dos parâmetros apresentados, a fim de caracterizar o comportamento climático da cidade.

A temperatura média mensal do mês de outubro foi de 27,8°C, com mínima de 24.1°C e máxima de 31.6°C. Em relação à precipitação pluviométrica do mesmo período, foram observados valores baixíssimos, com mínima horária de 0,2 mm e máxima horária de 4,3 mm, além do valor médio acumulado mensal de 10.3 mm, demonstrando a baixa precipitação na cidade durante essa época do ano. Por fim, a umidade relativa do ar de Fortaleza apresentou média mensal de 70,1%, com mínima

de 39,9% e máxima de 89,5% (SEUMA, 2024). Todas as informações foram retiradas do banco de dados da SEUMA e seus valores estão representados no Quadro 4.

Quadro 4 — Valores médios de temperatura, precipitação e umidade relativa referentes ao mês de outubro

	Temperatura (°C)			Precipitação Pluviométrica (mm)			Umidade relativa (%)		
	2020			2022			2023		
Média / Acumulado mensal	28,1	28,0	27,3	19,2	8,6	3,1	68,3	71,0	70,9
Mínima	24,0	24,6	23,7	0,2	0,3	0,2	42,2	38,8	38,6
Máxima	31,3	32,9	30,7	7,2	4,5	1,1	87,7	92,1	88,7
	Temperatura (°C)			Precipitação Pluviométrica (mm)			Umidade relativa (%)		
	Valores médios								
Média	27,8			10,3			70,1		
Mínima	24,1			0,2			39,9		
Máxima	31,6			4,3			89,5		

Fonte: Autor (2025).

A escolha dos relatórios referentes ao mês de outubro de 2020, 2022 e 2023 se deu pela indisponibilidade do documento correspondente ao ano de realização da coleta (2024) e de anos anteriores para composição da média, sendo escolhidos os relatórios que possuem os dados mais adequados para a caracterização da área de estudo.

4.3.3 UFC campus do Pici

Em 1955, a Universidade Federal do Ceará iniciou suas atividades na cidade de Fortaleza, integrando as antigas Escola de Agronomia, Faculdade de

Direito, Faculdade de Medicina e Faculdade de Farmácia e Odontologia. O campus do Pici, onde está localizada a antiga Escola de Agronomia, atualmente, já comporta diversos cursos da UFC, dentre os inclusos no Centro de Ciências, Centro de Ciências Agrárias, Instituto de Cultura e Arte (ICA), Instituto de Educação Física e Esportes (IEFES) e Centro de Tecnologia, além de diversos blocos administrativos que compõem a Universidade (UFC, 2024).

A amostra foi coletada de um aparelho ar-condicionado do tipo *Split Hi-Wall* da marca Agratto com potência de 9000 BTU/h, instalado na sala de um dos professores do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, a qual possui 4,30 metros de comprimento por 2,50 metros de largura, resultando em uma área de 10,75 m². O equipamento foi mantido em 24 °C durante todo o período que permaneceu ligado, das 8h às 17h. O local foi escolhido a partir de uma análise de viabilidade técnica e locacional das melhores opções disponíveis.

O Bloco 713, de onde foi retirada a amostra, possui 30 salas, sendo algumas com proporções diferentes à da escolhida, além de diversos outros compartimentos que não se enquadram nesta pesquisa, mas possuem seu potencial de estudo para aproveitamento do efluente gerado por seus ares-condicionados.

4.4 Coleta das amostras

Os condicionadores de ar geram a água clara a partir da condensação da umidade interna do ambiente no processo de troca de calor com o ambiente externo, a fim de atingir o conforto térmico desejado. Com o funcionamento do aparelho, o vapor de água é condensado e drenado através de uma mangueira para fora do ambiente interno, sendo muitas vezes descartado.

No dia 29 de outubro de 2024, foi anexada uma mangueira de 1 polegada na ponta de saída do dreno do ar-condicionado localizado em uma das salas, a fim de armazenar o líquido gerado durante o período programado. Foi utilizado um garrafão de 10 L para coletar a água gerada do início da manhã, às 8h, até o final da tarde, por volta das 17h.

A escolha do período de coleta se deu a partir do horário de funcionamento das atividades no bloco que funciona tanto pela manhã como pela tarde, em período integral, com a presença de pelo menos 1 pessoa no interior da sala durante o período

de coleta. A sala foi escolhida baseada em critérios como funcionamento contínuo do ar-condicionado e acesso fácil e rápido ao dreno do aparelho.

4.5 Caracterização das análises

As análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LABOSAN) da UFC, no dia 30 de outubro de 2024. As metodologias utilizadas para a determinação dos seguintes parâmetros: pH, turbidez, DBO, condutividade elétrica e *E. coli*, escolhidos para enquadrar a água clara foram retiradas do *Standard Methods for Analysis of Water and Wastewater* de acordo com o Quadro 5.

Quadro 5 — Metodologias utilizadas para análise dos parâmetros escolhidos

Parâmetro	Análise	Metodologia
pH	Método Eletrométrico	4500-H+B
Cor	Método de Comparação Visual	2120 B.
Turbidez	Método Nefelométrico	2130 B.
DBO	Método Respirométrico	5210 B.
Condutividade elétrica	Método Laboratorial	2510 B.
Cloro residual livre	Não realizada	
<i>E. coli</i>	Procedimento para Escherichia coli usando substrato fluorogênico	9221 F.

Fonte: Autor (2025).

A análise de cloro residual livre (CRL), mesmo sendo listada na NBR 16.783/19, não foi realizada por falta de reagentes e dificuldade para o acesso dentro dos prazos estabelecidos para este trabalho. Na literatura, autores como Cosmo (2021), Rocha (2017), Silva (2019), Melo (2022), Santos (2019), Fortes (2015), Rodrigues (2020) e Soares (2022) não realizaram a determinação de CRL em seus trabalhos, já Costa (2016) e Campos (2019) verificaram a concentração de cloro residual livre e ambos encontraram valores nulos. Ademais, a análise de cor foi adicionada ao escopo devido a sua fácil realização e para enriquecimento da

discussão. Por fim, a análise de coliformes totais também foi realizada visto que fazia parte da metodologia para determinação da presença de *Escherichia coli* na amostra.

4.6 Análise dos dados

Para a quantificação da água gerada, após a coleta da água clara será realizada a medição do volume total produzido por dia, além das estimativas de produção por hora, semana e mês. Como mencionado anteriormente, o bloco possui um total de 30 salas, sendo assim, também serão realizadas estimativas considerando a água clara produzida por todas as salas.

A partir dos parâmetros analisados no laboratório, serão verificados os possíveis usos, mais ou menos nobres, para a amostra. Esse enquadramento foi realizado, principalmente, a partir dos limites apresentados na norma técnica da NBR nº 16.783/19 que trata sobre as fontes alternativas de água. De forma suplementar, foram utilizados os valores mínimos e máximos estabelecidos pela Resolução nº 02/17 do COEMA, que regulamenta a Lei nº 16.033/16, a qual visa estabelecer as condições e padrões para o reúso de água no âmbito do estado do Ceará.

Em relação ao consumo de água para os usos selecionados, serão utilizados trabalhos e estudos que tratem sobre a demanda de água para determinadas atividades, além da coleta de informações com a equipe de limpeza do Bloco 713 e o profissional autônomo que realiza lavagem externa de carros na Universidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da coleta da água clara gerada pelo ar-condicionado da sala de um dos professores do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), no dia 29 de outubro de 2024, e da obtenção dos resultados das análises realizadas em laboratório, no dia 30 de outubro de 2024, foram encontrados os resultados que serão discutidos a seguir, como a quantificação do volume de água clara gerada pelo ar-condicionado, a qualidade deste drenado e, a partir disso, seus reúsos possíveis.

5.1 Quantificação da água clara gerada

Para a coleta e quantificação da água gerada foram utilizados: 1 (uma) mangueira de 1 polegada, 1 (um) garrafão de água de 10 L e 1 (uma) abraçadeira, representados na Foto 1.

Foto 1 — Material utilizado para captar a água do ar-condicionado



Fonte: Autor (2025).

A mangueira foi acoplada na saída do dreno do ar-condicionado selecionado para a coleta e no garrafão, para o armazenamento que ocorreu durante um dia. A coleta teve início às 8 horas e finalizou às 17h, o equivalente a 9 horas de

funcionamento do ar-condicionado, que gerou um volume total de 3,72 L de água clara.

Considerando que a condensação ocorre de forma constante durante o tempo de funcionamento, podemos estimar a produção por hora de água a partir da divisão do volume total, equivalente a 3,72 L, pela quantidade de horas em que o ar-condicionado ficou em funcionamento, 9 horas. Sendo assim, tem-se aproximadamente, 413 mL de água clara por hora de funcionamento do aparelho. Com base nisso, pode-se inferir o volume de água produzido pelo ar-condicionado em uma semana, equivalente aos 5 dias de funcionamento da Universidade, e em um mês, considerando apenas os 22 dias úteis. Os valores estimados são descritos no Quadro 6.

Quadro 6 — Estimativa do volume de água clara gerada pelo ar-condicionado

Volume estimado (L)			
Por hora	Diário	Semanal	Mensal
0,413	3,72	18,6	81,2

Fonte: Autor (2025).

A sala onde a coleta foi conduzida possui 4,30 metros de comprimento por 2,50 metros de largura, o que representa uma área de 10,75 m², climatizada por um equipamento de ar-condicionado de 9000 BTU/h mantido a 24° C. Além disso, é sabido que no Bloco 713, onde foi realizada a coleta, ainda existem outras 29 salas em funcionamento com as dimensões próximas à sala do presente estudo, demonstrando o potencial volumétrico para o reúso desta água.

Considerando que todos os ares-condicionados geram o mesmo volume de água por dia, 3,72 L, e que cada sala possui apenas um equipamento, as 30 salas juntas renderiam 111,6 L de água clara por dia, o equivalente a 558 L em uma semana de 5 dias e 2.455,2 L de água em um mês (22 dias), considerando apenas os dias úteis. Além disso, o valor estimado de produção por hora de água seria em torno de 12,4 L. O Quadro 7 menciona as estimativas citadas.

Quadro 7 — Estimativa do volume de água clara gerada pelas 30 salas

Volume estimado (L)			
Por hora	Diário	Semanal	Mensal
12,4	111,6	558	2.455,2

Fonte: Autor (2025).

Nesse sentido, existe um grande potencial para o reúso da água gerada pelos ares-condicionados no Bloco 713 considerando apenas as salas dos professores, com capacidade de atingir patamares ainda maiores com a expansão para outros compartimentos e até outros blocos da Universidade.

5.2 Qualidade da água clara gerada

5.2.1 Análise dos parâmetros

Os parâmetros selecionados para analisar a qualidade da água clara gerada pelo ar-condicionado foram escolhidos a partir da NBR 16.783/19 e dentro dos limites de viabilidade técnica do Laboratório de Saneamento Ambiental (LABOSAN) da UFC, onde as análises foram realizadas no dia 30 de outubro de 2024. Estas, juntamente com os valores encontrados, estão presentes no Quadro 8.

Quadro 8 — Comparativo entre os padrões estabelecidos

Parâmetros analisados	Valores encontrados	Padrões estabelecidos		
		NBR 16.783/19	Resolução Coema nº 02/17*	Portaria GM/MS nº 888/21
Turbidez	2,08	≤ 5 NTU	-	≤ 5 NTU
Cor	5,3 UH	-	-	≤ 15 UH
pH	7,02	entre 6 e 9	entre 6 e 8,5	entre 6 e 9
DBO	~0	≤ 20 mg O ₂ /L	-	-
Condutividade elétrica	34,2 µS/cm	≤ 3200 µS/cm	≤ 3000 µS/cm	-

Parâmetros analisados	Valores encontrados	Padrões estabelecidos		
		NBR 16.783/19	Resolução Coema nº 02/17*	Portaria GM/MS nº 888/21
Coliformes totais	Ausente	-	-	Ausente em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Ausente	-	≤ 5000 CT/100 mL	-
E. coli	Ausente	≤ 200 NMP/100mL	-	Ausente em 100 mL

Fonte: Adaptado de ABNT (2019), Ceará (2016) e Brasil (2021).

*reúso para fins urbanos

A partir disso, pode-se observar que todos os parâmetros analisados estão dentro dos limites estabelecidos pelos padrões das 3 normativas selecionadas. A NBR 16.783/19 é específica para fontes alternativas de água e reúso não potável, assim como a Resolução COEMA nº 02/2017 que na sua íntegra também trata somente de padrões para reúso não potável. Ainda que o reúso para fins potáveis não seja o objetivo deste estudo, os valores encontrados para as análises da água clara condizem com os padrões estabelecidos pela portaria GM/MS nº 888/21, a qual dispõe sobre os padrões de potabilidade da água.

● Turbidez

É causada pela presença de sólidos em suspensão como argila, silte, pequenas partículas de matéria orgânica e inorgânica, além de alguns microrganismos e está relacionada com o comportamento da luz ao atravessar uma amostra (APHA, 2017). O valor encontrado foi de 2,08 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez), que corresponde com as expectativas de resultados baixos para a turbidez devido à fonte da água clara. A turbidez de 2,08 NTU está dentro dos limites estabelecidos apenas pela NBR 16.783/19 e pela Portaria de Potabilidade, visto que a Resolução Coema nº 02/17 não apresenta padrão para este parâmetro. Esse resultado demonstra a baixa concentração de sólidos em suspensão na amostra coletada de água clara.

- **Cor**

O parâmetro de cor se assemelha à turbidez, já que ambos possuem relação com o aspecto estético da amostra; no entanto, a cor é causada pela presença de matéria solúvel na água (Jordão e Pessoa, 2006). Como já mencionado, esta análise não está prevista na NBR 16.783/19, mas foi realizada pela semelhança do processo com a análise de turbidez e oportunidade de enriquecimento do trabalho. O valor encontrado foi de 5,3 uH (Unidade de Hazer).

Em relação à cor, a norma para fontes alternativas de água em usos não potáveis e a resolução do estado do Ceará não apresentam limitação para reúso utilizando esse parâmetro, que aparece apenas na portaria de potabilidade. O valor de 5,3 uH encontrado respeita o limite definido para o consumo humano, mesmo que o objetivo deste trabalho não seja o uso potável. Sendo assim, é possível confirmar a hipótese de baixa concentração de sólidos na amostra determinada pela análise da turbidez, porém, no caso da cor, de sólidos solúveis.

- **pH**

O pH é utilizado para determinar a intensidade da acidez ou alcalinidade de uma solução, abrange valores de 0 a 14 e sua concentração é medida a partir do íon hidrogênio, sendo assim, é possível definir se a água é ácida (pH entre 0 e 7), neutra (pH = 7) ou alcalina (pH entre 7 e 14) (Ritcher, 1991). O valor encontrado para o pH da água clara foi equivalente a 7,02, considerado neutro.

O pH da amostra analisada está dentro do estabelecido pelas 3 normativas escolhidas para a comparação. É possível observar a semelhança de valores entre as faixas de pH estimadas, mesmo para usos bastante distintos e que exigem níveis de qualidade da água diferentes, como o reúso para fins urbanos e o uso potável.

- **DBO**

A Demanda Bioquímica de Oxigênio refere-se à quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica presente na amostra (Jordão e Pessoa, 2006), seu teste é realizado sob condições padrões de temperatura (20 °C) e tempo de desincubação de 5 dias (Santos, 2007). A concentração encontrada na DBO_{5,20} da

água clara foi, aproximadamente, 0 mg O₂/L. Tendo em vista as características da amostra e a fonte selecionada, o resultado se demonstrou plausível.

No caso da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), apenas a Norma 16.783/19 apresenta um limite de concentração, equivalente a valores abaixo de 20 mg de oxigênio por litro. Como a DBO encontrada para a água clara foi de aproximadamente zero, o parâmetro se enquadra para os usos não potáveis definidos na norma, como lavagem de pisos e veículos.

Dentre a literatura utilizada, poucos são os trabalhos que realizam a análise de DBO para águas provenientes de ar-condicionado. Teixeira (2024) encontrou um valor menor que 1 mg de O₂/L para a sua análise de DBO utilizando o método respirométrico para equipamentos do Complexo Laboratorial da Universidade Federal do Tocantins (UFT), enquanto Bezerra (2020) estimou valores em torno de 2,12 a 2,73 mg de O₂/L realizando a limpeza do dreno antes da coleta das amostras nos ar-condicionados da Biblioteca Universitária da Universidade Federal Rural do Semiárido *campus* Pau dos Ferros. Bastos et al. (2015) utilizou amostras retiradas de aparelhos instalados em uma clínica odontológica em Vitória/ES e deparou-se com um valor de DQO equivalente a 0,019 mg/L, sabendo da relação entre este parâmetro e a DBO, pode-se constatar que o valor da demanda bioquímica de oxigênio também se aproximou de zero. Entretanto, existem casos na literatura em que são encontrados valores de DBO para águas provenientes de equipamentos de ar-condicionado acima dos mencionados anteriormente, como Cunha (2016) que determinou 10,2 mg O₂/L a partir da água clara de um prédio administrativo de uma indústria.

- **Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica está relacionada com a quantidade de sais dissolvidos na amostra e sua determinação permite estimar o conteúdo de sólidos (Ritcher, 1991). O valor encontrado para a condutividade elétrica da água clara foi de 34,2 µS/cm. Em relação à condutividade elétrica, o valor de 34,2 µS/cm está dentro do permitido pela NBR 16.789/19 e a Resolução COEMA nº 02/17, não sendo este padrão mencionado na Portaria GM/MS nº 888/21. No entanto, é válido ressaltar que a portaria de potabilidade estabelece o limite de 500 mg/L para sólidos dissolvidos totais, índice que possui grande relação com a condutividade elétrica.

- **Coliformes totais e *Escherichia coli***

Os coliformes totais são um grupo de bactérias utilizadas como indicadores de uma poluição qualquer, sendo a *Escherichia coli*, o microrganismo presente no intestino de animais de sangue quente, e, conseqüentemente o indicador exclusivo de poluição fecal em amostras de água e esgoto (Jordão e Pessoa, 2006). Tanto para o teste de coliformes totais como o de *E. coli* o resultado foi ausente para a água clara analisada.

Já no caso dos coliformes totais, a norma para uso de fontes de água alternativas para usos não potáveis não determina padrões, porém visto que o resultado demonstrou ausência destes microrganismos na amostra, seu reúso é permitido para fins urbanos e está dentro do estabelecido para o consumo humano no Brasil.

Por fim, em relação à *Escherichia coli*, bactéria que faz parte do grupo dos coliformes, apenas a resolução que trata sobre o reúso no estado do Ceará não apresenta padrões para controle deste microrganismo em específico. Dessa maneira, tendo em vista que a amostra demonstrou ausência de *E. coli*, a água clara está dentro do que é estabelecido pela NBR 16.789/19 e pela Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde.

5.2.2 Comparação com normas vigentes

A partir disto, serão utilizados, para comparação dos resultados experimentais desta pesquisa, os padrões estabelecidos por 3 regulamentações: a NBR 16.783/19 que trata sobre o uso de fontes alternativas de água não potável em edificações, a Resolução Coema nº 02/17 que trata sobre as condições e padrões para reúso no estado do Ceará e a Portaria GM/MS nº 888/21. O intuito é utilizar diferentes fontes que estabeleceram padrões de qualidade de água a fim de avaliar os parâmetros encontrados para a água clara, de acordo com o Quadro 8.

A NBR 16.783/19 possui, como diferencial das outras normas, a definição da água proveniente de aparelhos de ar-condicionado como água clara, além de estabelecer a possibilidade de seu reúso, visando a melhora do panorama hídrico dos centros urbanos através da diversificação da matriz de abastecimento de água (NBR, 2019).

Vale ressaltar que a norma trata apenas de usos não potáveis a saber: descarga de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de logradouros, pátios, garagens e áreas externas, lavagem de veículos, irrigação para fins paisagísticos, uso ornamental, sistemas de resfriamento de água e arrefecimento de telhados.

Já a Resolução COEMA nº 02/17 trata sobre as condições e padrões para o reúso no âmbito do estado do Ceará, sendo um dos poucos estados brasileiros a possuir uma legislação específica para regularização desta prática. A norma citada estabelece as finalidades permitidas para o reúso, além de apontar quais os parâmetros e limites devem ser obedecidos (Ceará, 2017). Na resolução são mencionados os reúsos para fins urbanos (irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, entre outros), para fins agrícolas e florestais (produção agrícola e cultivo de florestas plantadas), para fins ambientais (projetos de recuperação do meio ambiente), para fins industriais (processos industriais) e na aquicultura (criação de animais e cultivo de vegetação aquática).

Por fim, a Portaria GM/MS nº 888/21 dispõe sobre o padrão de potabilidade adequado para a água destinada ao consumo humano (Brasil, 2021). Ainda que o objetivo deste trabalho não seja utilizar a água clara proveniente de ar-condicionado para fins potáveis, tal Portaria foi incluída na análise como referencial de alto padrão da qualidade da água, visto que sua finalidade se dá para usos mais nobres.

Diante do exposto, por muitos anos foram utilizados os parâmetros da NBR 13.969/97 que trata sobre o dimensionamento de tanques sépticos, para o reúso de água em determinadas aplicações. Atualmente, a norma citada foi substituída pela NBR 17.076/24 que aborda o projeto de sistemas de tratamento de esgoto de pequeno porte. No entanto, esta não traz em seu texto menções à prática do reúso de esgotos ou águas residuárias, sendo por este motivo, que será utilizada a classificação e valores dos parâmetros presentes na NBR 13.969/97, mostrados no Quadro 9, para a discussão a seguir.

Quadro 9 — Classificação e parâmetros para o reúso no Brasil - NBR 13.696/97

Classe	Usos	Parâmetros
1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato	Turbidez: < 5 NTU Coliformes fecais: < 200 NMP/100 mL

Classe	Usos	Parâmetros
	direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador.	Sólidos Dissolvidos Totais: < 200 mg/L Cloro residual: 0,5 – 1,5 mg/L pH: 6 – 8
2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos.	Turbidez: < 5 NTU Coliformes fecais: < 500 NMP/100 mL Cloro residual: 0,5 mg/L
3	Reúso nas descargas de vasos sanitários.	Turbidez: < 10 NTU Coliformes fecais: < 500 NMP/100 mL Sólidos Dissolvidos Totais: < 200 mg/L Cloro residual
4	Reúso em pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Coliformes fecais: < 5.000 NMP/100 mL Oxigênio dissolvido: > 2 mg/L

Fonte: Adaptado da NBR 13.696 (1997).

É possível observar que a água clara do presente estudo se enquadra nas classes de uso 3 e 4, visto que o valor de turbidez (2,08 NTU) se encontra dentro do limite estabelecido e os coliformes totais são ausentes na amostra, consequentemente, não há presença de coliformes fecais.

Em relação aos Sólidos Totais Dissolvidos, Metcalf e Eddy (1991) propuseram a Equação 1 para determinação de SDT a partir dos valores de condutividade elétrica.

$$\text{SDT} = 0,640 * \text{CE} \quad (1)$$

Onde:

SDT = Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L); e

CE = Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

A partir disso, considerando que o valor de condutividade elétrica encontrado para a água clara foi de 34,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, aplicando a Equação 1 temos que a concentração de sólidos dissolvidos totais é aproximadamente 21,9 mg/L. Este valor

se encontra abaixo do estabelecido pela NBR 13.696/97, permitindo seu enquadramento na classe 3 para reúso em descargas sanitárias.

Já se tratando das classes 1 e 2, seria necessário realizar a análise de cloro residual livre para determinação da concentração presente na amostra, a fim de definir a necessidade de se realizar cloração da água ou não, para que seu uso seja seguro nas atividades de lavagem de veículos, pisos, calçadas, irrigação de jardins e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água.

5.3 Estudo das restrições de reúso da água clara para fins não potáveis

No caso do reúso de água clara proveniente de aparelhos de ar-condicionado, poucas são as normativas que tratam, especificamente, sobre este assunto. Dentre elas, a NBR 16.783/97, que trata sobre fontes alternativas de água não potável, abrange o uso da água clara dentro do seu escopo para os seguintes usos: descargas de bacias sanitárias, lavagem de logradouros, pátios e garagens, lavagem de veículos, irrigação paisagística, uso ornamental, sistemas de resfriamento de água e arrefecimento de telhados.

Além da norma supracitada, no estado do Ceará, foi promulgada a Lei nº 16.603, de 9 de julho de 2018, a qual institui a obrigatoriedade do reúso da água proveniente de aparelhos de ar-condicionado nos novos projetos de edificações tanto residenciais, como comerciais e industriais, limitando os usos desta água para: rega de plantas, lavagem de carros, alimentação de bacias sanitárias e lavagem de pisos ou áreas externas. O dispositivo ainda reforça que a água proveniente do ar-condicionado não pode ser utilizada para consumo humano.

Ademais, o fato de a Resolução COEMA nº 02/17, que trata sobre os padrões para reúso no estado do Ceará, ter sido promulgada um ano antes da Lei que instituiu a obrigatoriedade do reúso da água de equipamentos de ar-condicionado, fez com que os padrões para essa finalidade específica não fossem definidos. No entanto, parte dos usos mencionados para a água clara na Lei se encaixam dentro das definições estabelecidas pela Resolução como reúso para fins urbanos, industriais, ambientais, agrícolas e florestais e na aquicultura.

Sendo assim, a partir do disposto e de acordo com os usos possíveis na Universidade Federal do Ceará *campus* do Pici, o Quadro 10 reúne os principais usos para a água clara e como estão descritos em cada uma das fontes.

Quadro 10 — Classificação dos usos previstos

Usos previstos	NBR 16.783/97	Lei nº 16.603/18	COEMA nº 02/17
Irrigação paisagística	Irrigação para fins paisagísticos	Rega de plantas	Irrigação paisagística (fins urbanos)
Lavagem de pisos	Lavagem de logradouros, pátios, garagens e áreas externas;	Lavagem de pisos ou de áreas externas	Lavagem de logradouros públicos (fins urbanos)
Descarga de bacias sanitárias	Descarga de bacias sanitárias e mictórios, independentemente do sistema de acionamento	Alimentação de bacias sanitárias	Edificações (fins urbanos)
Lavagem de veículos	Lavagem de veículos	Lavagem de carros	Lavagem de veículos (fins urbanos)

Fonte: Autor (2025).

Visto que as normas não trazem uma uniformidade na classificação dos reúsos possíveis para a água clara, o Quadro 10 apresenta os termos que serão utilizados para discutir sobre os usos no presente trabalho e quais as finalidades correspondentes na legislação mencionada.

O reúso para descarga de bacias sanitárias não é mencionado pela Resolução COEMA nº 02/17, porém, dentro da modalidade de reúso para fins urbanos é citado o uso em edificações, o qual pode incluir a alimentação de bacias sanitárias e a Lei nº 16.603/18 menciona apenas o reúso para rega de plantas, não especificando quais espécies podem ser regadas ou para quais finalidades, como por exemplo, plantas para fins alimentícios. No entanto, uma vez que o foco da prática discutida é o reúso não potável e os parâmetros para irrigação de plantas comestíveis tende a necessitar de um maior controle, considerou-se a rega de plantas para fins paisagísticos.

5.3.1 Reúso para irrigação paisagística

Dentre os diversos usos possíveis para a água clara, a irrigação paisagística torna-se uma opção viável devido à quantidade de área de jardins existentes na Universidade e, principalmente, nas proximidades do Bloco 713, onde foi realizado o estudo, como mostrado nas Fotos 2 a 4.

Foto 2 — Jardim localizado em frente ao Bloco 713



Fonte: Autor (2025).

Foto 3 — Tipo de vegetação do jardim localizado em frente ao Bloco 713



Fonte: Autor (2025).

Foto 4 — Plantas de maior porte localizadas próximo ao Bloco 713



Fonte: Autor (2025).

De acordo com Rosa (2023), a quantidade de dados, precisos e rigorosos, sobre o volume de água necessário para plantas de jardim ainda é escassa devido à pouca quantidade de estudos desenvolvidos nesta área. No entanto, o autor propõe alguns valores para determinados grupos de plantas como é possível visualizar no Quadro 11.

Quadro 11 — Quantidade de água a aplicar com rega localizada

Árvores e arbustos de folhas perene (L/planta/dia)			
Fase de desenvolvimento	Outono/Inverno	Inverno/Primavera	Verão
Árvores pequenas ou arbustos	30 - 15	20 - 50	55 - 75
Árvores grandes	50 - 20	25 - 70	75 - 100
Árvores de folha caduca (L/árvore/dia)			
Fase de desenvolvimento	Primavera	Verão	Outono
Árvores pequenas	25 - 50	60 - 70	45 - 40
Árvores grandes	30 - 75	90 - 100	70 - 50

Arbustos de folha caduca (L/planta/dia)			
Fase de desenvolvimento	Primavera	Verão	Outono
Arbustos pequenos	20 - 45	50 - 70	40 - 30
Arbustos grandes	25 - 60	75 - 90	55 - 40
Plantas herbáceas e pequenos arbustos semilenhosos (L/m²/dia)			
Fase de desenvolvimento	Outono/Inverno	Inverno/Primavera	Verão
Plantas pequenas	1,50 - 0,60	0,75 - 2,00	2,50 - 3,00
Plantas médias	2,50 - 1,00	1,75 - 3,50	4,00 - 5,00
Plantas grandes	3,00 - 1,20	2,00 - 4,00	5,00 - 6,00

Fonte: Rosa (2023).

Sendo assim, ainda que existam plantas de portes maiores próximo ao bloco, como mostrado na Foto 4, estes exemplares não foram escolhidos como parâmetro para esta pesquisa devido ao alto volume de água necessário para irrigar apenas um indivíduo tornando este uso específico incompatível com a quantidade de água clara gerada.

Visto que as plantas utilizadas para a ornamentação dos jardins próximos ao Bloco 713 se encaixam na classificação de arbustos pequenos semilenhosos e as características climáticas de Fortaleza são mais bem traduzidas pelo clima do verão, devido às temperaturas médias mais elevadas, utilizaremos os valores referentes a essas características, apresentados no Quadro 12.

Quadro 12 — Volume de água necessário para irrigação de plantas herbáceas e pequenos arbustos semilenhosos no verão

Plantas herbáceas e pequenos arbustos semilenhosos (L/m²/dia)	
Fase de desenvolvimento	Verão
Plantas pequenas	2,50 - 3,00
Plantas médias	4,00 - 5,00

Plantas herbáceas e pequenos arbustos semilenhosos (L/m²/dia)	
Fase de desenvolvimento	Verão
Plantas grandes	5,00 - 6,00

Fonte: Rosa (2023).

Pensando no volume de água produzido pelos 30 ares-condicionados e a quantidade de água necessária para a irrigação paisagística, é possível estimar a área de jardim que pode ser irrigada pela água clara produzida pelos ares-condicionados mencionados no estudo. Como são apresentadas faixas de valores diferentes a depender do tamanho das plantas, utilizaremos o valor médio para quantificar a área possivelmente irrigada. A partir disso, o Quadro 13 traz os resultados desta estimativa.

Quadro 13 — Área irrigada de plantas herbáceas e pequenos arbustos semilenhosos com água clara produzida

Fase de desenvolvimento	Volume (L/m²/dia)	Média	Volume de água clara produzida (L/dia)	Área irrigada (m²/dia)
Plantas pequenas	2,50 - 3,00	2,75	111,6	40,6
Plantas médias	4,00 - 5,00	4,5		24,8
Plantas grandes	5,00 - 6,00	5,5		20,3

Fonte: Autor (2025).

Para plantas pequenas seria possível irrigar 40,6 m², já para plantas médias seria possível irrigar 24,8 m² e, por fim, para plantas grandes que necessitam de mais água, 20,3 m². Como já visto no Quadro 11, é mencionado também o consumo para árvores, estruturas vegetais de maior porte que os arbustos, as quais necessitam de maiores volumes de água para a irrigação de apenas um indivíduo. Dessa forma, o foco para este trabalho serão as plantas herbáceas e pequenos arbustos característicos de jardins.

5.3.2 Reúso para lavagem de pisos

Outra alternativa para o reúso da água clara produzida é a utilização na lavagem de pisos, pátios, logradouros públicos e outras superfícies, como indicado em grande parte das legislações e normas que regulamentam a prática do reúso.

De acordo com as responsáveis pelos serviços gerais, a limpeza do Bloco 713 é realizada com uma frequência diária nas áreas públicas, como corredores e ambientes compartilhados, e com frequência semanal em ambientes mais privados como as salas dos professores, sendo uma demanda de água frequente no bloco.

Visto que não existem normas que preveem o consumo de água necessário para a lavagem de pisos, serão utilizados padrões estimados pela literatura que serão discutidos a seguir.

Santos (2018) estimou o volume de água necessário para a lavagem de pisos por meio de baldes na Rodoviária do Plano Piloto de Brasília, das áreas do mezanino, do térreo e do pavimento superior que juntas possuem uma área de 24.036 m². De acordo com o autor, são utilizados ao todo 1.740 litros de água por lavagem por dia, o que acarreta um valor de 0,06 L/m² para a lavagem dos pisos.

Já Nascimento (2015) caracterizou os usos finais do setor hoteleiro de Brasília e, diferentemente de Santos (2018), a autora estimou os indicadores de consumo de água para lavagem de pisos de diferentes áreas das edificações, as quais usam equipamentos distintos, revelando valores diferentes a depender do aparelho utilizado dentre eles: baldes, ducha higiênica e lavadora de alta pressão. Visto que na Universidade são utilizados apenas baldes pela equipe de limpeza, foram selecionados apenas aqueles que correspondiam a este equipamento.

Quadro 14 — Frequência e indicador de consumo de água em ambientes do setor hoteleiro de Brasília

Ambiente	Frequência da limpeza	Indicador de Consumo
Recepção	2/semana	0,2 (L/m ² /dia)
Corredores dos Apartamentos	1/semana	0,003 (L/m ² /dia)
Subsolo Funcionários	Todos os dias	10,1 (L/m ² /dia)
Cozinha (Tipologia A*)	2/dia	1,3 (L/m ² /dia)

Ambiente	Frequência da limpeza	Indicador de Consumo
Circulação Térreo	2/semana	0,7 (L/m ² /dia)
Garagem Subsolo	Todos os dias	0,02 (L/m ² /dia)
Fachada	2/dia	0,1 (L/m ² /dia)
Cozinha (Tipologia B*)	Todos os dias	1,1 (L/m ² /dia)

Fonte: Adaptado de Nascimento (2015).

*Tipologia A e B é a maneira como a autora separou edifícios com apenas 3 pavimentos (A) e edifícios em altura (B).

Dentre todos os usos, os marcados no Quadro 14 são aqueles que mais correspondem aos usos previstos para a Universidade, como a limpeza dos corredores, áreas de circulação comum e ambientes internos. Realizando a média dos seus valores encontramos o indicador de consumo de 0,9 L/m²/dia.

Por fim, Barbosa (2018) identificou os indicadores de consumo de edificações de ensino na Universidade de Brasília *campus* Darcy Ribeiro. Dentre os diversos usos que foram estudados, a lavagem de pisos foi dividida em Lavagem do Tipo 1, 2 e 3 que correspondem, respectivamente, à lavagem de ambientes internos, de corredores de circulação interna e de corredores de circulação externa. Visto que no presente estudo não é feita distinção entre os tipos de limpeza de pisos, o Quadro 15 traz a média do somatório dos valores encontrados para as lavagens tipo 1,2 e 3, a fim de encontrar um valor médio que represente a lavagem de piso no geral.

Quadro 15 — Indicadores de consumo de água para lavagem de pisos e valor médio

Edifício	Lavagem de pisos (L/m ² /dia)			
	Lavagem Tipo 1	Lavagem Tipo 2	Lavagem Tipo 3	Somatório
Bloco de Salas de Aula Sul	0,36	0,31	2,07	2,74
Faculdade de Direito	0,03	0,06	0,29	0,38
Faculdade de Educação 5	0,31	0,08	1,76	2,15
Faculdade de Tecnologia	0,11	0,03	0,78	0,92

Edifício	Lavagem de pisos (L/m ² /dia)			
	Lavagem Tipo 1	Lavagem Tipo 2	Lavagem Tipo 3	Somatório
Instituto de Biologia	0,18	0,05	0,26	0,49
Instituto Central de Ciências	0,12	0,12	0,19	0,43
Instituto de Artes	0,08	0,01	0,63	0,72
Instituto de Ciências Políticas e Relações Internacionais	0,09	0,03	0,28	0,40
Pavilhão João Calmon	0,08	0,08	0,66	0,82
Serviços Gerais 12	0,02	0,04	1,16	1,22
Média	-	-	-	1,03

Fonte: Adaptado de Barbosa (2018).

No Quadro 16, estão descritas as médias de consumo de água para lavagem de pisos das seguintes referências, juntamente com seu valor de área lavável.

Quadro 16 — Área de piso lavável para cada ambiente encontrado na literatura

Referência	Ambiente	Consumo para Lavagem de Pisos (L/m ² /dia)	Volume de água clara produzida (L/dia)	Área de piso lavável (m ²)
Santos (2018)	Rodoviária	0,06	111,6	1.860
Nascimento (2015)	Hotéis	0,90		124
Barbosa (2018)	Instituição de Ensino	1,03		108

Fonte: Autor (2025).

O valor encontrado a partir dos dados disponibilizados por Barbosa (2018) acaba por ser mais representativo para o presente estudo, visto que se trata de uma instituição de ensino superior, ambiente semelhante ao estudado. A partir da medição

das dimensões dos corredores e áreas comuns do andar das salas dos professores do bloco 713, encontrou-se o valor de 187 m². Optou-se por excluir as salas e demais cômodos, já que a manutenção e limpeza diária ocorrem apenas nos ambientes compartilhados.

Dessa forma, ainda que o volume de água clara gerada pelos ar-condicionados não seja suficiente para realizar a limpeza integral do piso do andar, contribui com 60% do necessário, diminuindo o consumo de água da concessionária.

Para além disso, é possível observar uma discrepância entre o consumo de água por metro quadrado a depender do ambiente. É possível que a diferença dos consumos de água, para esse uso específico, esteja relacionada ao parâmetro de limpeza utilizado em cada ambiente. É de se concordar que o parâmetro de limpeza de uma rodoviária não é o mesmo que de um hotel, o qual exige maior manutenção do ambiente e consequentemente maior consumo de água.

5.3.3 Reúso para descarga de bacias sanitárias

Comercialmente, as descargas sanitárias podem utilizar de 3 a 9 litros de água a depender do modelo de caixa de descarga instalada, incluindo os modelos de *dual flush* onde é possível o acionamento parcial (3 a 4,5 L) indicado para descarga de líquidos e o acionamento total (6 a 9 L) indicado para descarga de sólidos. O número de descargas estimadas por dia para cada volume de descarga está descrito no Quadro 17.

Quadro 17 — Número de descargas por dia para cada volume de descarga

Volume de descarga (L)	Volume de água clara produzida (L/dia)	Número de descargas por dia
3	111,6	37
4,5		24
6		18
9		12

Fonte: Autor (2025).

5.3.4 Reúso para lavagem de veículos

A lavagem de veículos é uma atividade observada no Bloco 713 devido à presença do estacionamento que possui uma grande rotatividade de veículos (em sua maioria carros e motos) e de um indivíduo que presta esse serviço de maneira autônoma nas imediações do bloco. Além destes veículos pertencentes aos alunos, professores e funcionários da Universidade, pode-se considerar também, os ônibus institucionais utilizados para visitas técnicas e viagens de campo, como objetos-alvo para o reúso da água clara.

De acordo com um estudo realizado por Morelli (2005), são necessários de 150 a 250 L de água para a lavagem de veículos leves como carros e de 400 a 600 L para a lavagem de veículos pesados como ônibus, no entanto, o autor trata de lavagem automática realizada por estabelecimento comercial como Tipo Túnel, *Rollover* e lavagem a jato manual.

Já Brown (2002) determinou que é possível a lavagem manual de veículos utilizando 45 litros de água por veículo lavado, no entanto, o autor não especifica qual o tipo de lavagem manual. Como o texto está incluso no trabalho intitulado *Water Use and Conservation in the Professional Car Wash* (tradução: Uso e Conservação da Água em Lavagem de Carro Profissional), entende-se que a lavagem manual citada diz respeito ao uso de lavadora de alta pressão, muito utilizada nos estabelecimentos de lava a jato para lavagem profissional de veículos.

Este fenômeno se repete em grande parte da literatura consultada, não sendo encontrado valores de referência para a lavagem de veículos de forma manual e “doméstica” com balde ou mangueira. Ainda assim, foi questionado ao autônomo que presta este serviço nos estacionamentos próximos ao Bloco 713 e ele afirmou, assertivamente, que são utilizados 2 baldes de 20 litros, totalizando 40 litros por lavagem externa de um veículo (carro popular). Sendo assim, o Quadro 18 apresenta o número de lavagens externas de carros populares possíveis com a água clara gerada.

Quadro 18 — Número de lavagem externa de veículos (carros populares) por dia com a água clara gerada

Consumo de água por lavagem (L/veículo)	Volume de água clara produzida (L/dia)	Nº de lavagens por dia
40	111,6	2

Fonte: Autor (2025).

6 CONCLUSÃO

O estudo comprova que o reúso de água colabora para a diminuição da demanda de água para usos não potáveis na Universidade Federal do Ceará, visto que apenas um ar-condicionado gera 3,72 L por dia. Dessa forma, os equipamentos das 30 salas do Bloco 713 geram 2.343,6 L de água em um mês, considerando o funcionamento de 9 horas em 22 dias, demonstrando o potencial que esta prática tem de gerar economia de água e uma melhor gestão dos recursos hídricos.

De acordo com os padrões das normas NBR 16.783/2019 e COEMA nº02/2017, a água clara analisada neste estudo se enquadra nos padrões estabelecidos para o reúso. Para a NBR 16.783/2019, o reúso da água clara é permitido para as atividades de irrigação paisagística, lavagem de pisos, em descargas de bacias sanitárias e mictórios e lavagem de veículos.

No caso da COEMA nº 02/2017, foram utilizados os padrões do reúso para fins urbanos, abrangendo as atividades também de irrigação paisagística, lavagem de pisos e veículos, além de outras edificações, combate a incêndios e construção civil.

Além disso, os limites encontrados para os parâmetros analisados são inferiores aos limites máximos estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que trata sobre o padrão de potabilidade. Isso não significa que a água clara pode ser utilizada para consumo humano, visto que são necessárias análises complementares para chegar a esta conclusão.

Vale ressaltar, ainda, que a NBR 16.783/2019 propõe o padrão para cloro residual livre, análise que não pôde ser realizada neste trabalho. Sendo assim, é recomendado que estudos posteriores analisem esse parâmetro para resultados mais concretos.

Dentre os reúsos selecionados para avaliação, a irrigação paisagística demonstrou grande potencial no caso das plantas herbáceas e arbustos

semilenhosos, que necessitem de menos volume de água por dia para seu crescimento, diferente das árvores de grande porte que exigem grandes volumes de água tornando a prática insuficiente devido o volume gerado pelos ares-condicionados do bloco estudado.

Em decorrência da adoção dos parâmetros de limpeza em diferentes ambientes, foram encontrados diversos valores na literatura para o consumo de água para lavagem de pisos. Dessa forma, considerando o consumo de água para a área de piso lavado em m^2 para instituição de ensino superior, a quantidade de água gerada pelos ares-condicionados em 1 dia seria suficiente para lavar $108 m^2$ de piso o que é equivalente a 60% do volume de água necessário para a lavagem dos corredores internos e áreas comuns do bloco.

Para o uso em bacias sanitárias, a água de reúso também possui grande relevância e, a depender do volume de cada bacia instalada, pode suprir a demanda de 12 a 37 descargas por dia.

No caso da lavagem de veículos, é possível a lavagem externa de 2 veículos com a água produzida pelos ares-condicionados em um dia. É válido lembrar que a lavagem externa utiliza menores volumes de água e corresponde ao uso observado na área de estudo.

Dentre as limitações do presente estudo pode-se citar a coleta de uma única amostra que representa baixa amostragem e leva a menor exatidão quanto aos valores encontrados. Além disso, a frequência da coleta também acarreta limitação quanto ao período do ano, visto que foi realizada apenas na estação seca da região, não sendo possível assim considerar os resultados para a estação chuvosa. Por fim, também é preciso levar em consideração a necessidade de armazenamento e posterior tratamento da água, no caso da implementação de um sistema de reúso da água clara na Universidade.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Avaliar o resultado de outros modelos de ar-condicionado em outras condições e ambientes (outras cidades ou estados), inserindo a análise de cloro residual livre, a qual não pôde ser realizada neste trabalho.

Analisar a presença de metais ou outros possíveis contaminantes que podem estar presentes nos sistemas de ar-condicionado.

Buscar compreender o nível de aceitação dos usuários em relação ao uso da água clara nas diversas atividades propostas.

Realizar estimativa de geração de água clara para o reúso de unidades maiores como o Centro de Tecnologia da UFC e/ou o *campus* do Pici.

Avaliar a relação da qualidade do ar com a qualidade da água clara gerada pelos ares-condicionados.

REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16783: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações**. Rio de Janeiro, 2019.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023: relatório pleno**. Brasília: ANA, 2024a.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**/Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2024b.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. ANA, 2019.
- AGUIAR, M. de JN et al. **Dados climatológicos: Estação de Fortaleza, 2002**. 2003.
- APHA. **Standard Methods for the examination of water & wastewater**. 23nd edition. 2017.
- AQUINO, Marisete Dantas de; et al. **Reúso em Piscicultura**. In: Reúso de Águas em Irrigação e Piscicultura. 2007.
- ARAÚJO, Eliete de Pinho. **Apostila de ar condicionado e exaustão**. 2011.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.969: **Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação**. RJ. 1997.
- BARBOSA, G. G.; BEZERRA, S. P.; SANT'ANA, D. **Indicadores de consumo de água e análise comparativa entre o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edificações de ensino do Campus Darcy Ribeiro - UnB**. Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo, Brasília, n. 22, p. 1–15, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n22.2018.01>. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/25557>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- BASTOS, C.; TÚLIO, S.; FRANCI, R. **Gestão da água em edificações através do aproveitamento de condensação do sistema de ar-condicionado: um exemplo em Vitória, Brasil**. Euro Elecs, v. 1, p. 1197-1202, 2015.
- BASTOS, Celso Silva; CALMON, João Luiz. **Uso de água residual do ar condicionado e de água pluvial como gestão da oferta em uma edificação comercial: estudo de caso**. Hábitat Sustentable, p. 66-74, 2013.
- BAZZARELLA, Bianca Barcellos. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, p. 165, 2005.

BEZERRA, Maria Carina. **Diretrizes e cenários para aplicação da água condensada de centrais de ar em biblioteca universitária**. 2020. 42 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2020.

BLUM, J. R. C. **Critérios e padrões de qualidade da água**. In: Mancuso, P.C.S; Santos, H.F. Reúso de água. Barueri, São Paulo: Manoli, 2003.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Minuta de Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências**. CNRH, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/participamaisbrasil/resolucao-do-cnrh-reuso-nao-potavel>. Acesso em: 20 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria Nº 888, de 04 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>. Acesso em: 09 de jul. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**, v. 1, p. 360-360, 2017.

BREGA FILHO, Darcy; MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. **Conceito de reúso de água**. In: Reuso de água. 2003. p. 21-36.

BROWN, C., 2002. **Water use in the Professional Car Wash Industry**. Report for International Car Wash Association, Washington DC, USA.

CAIXETA, C. E. T. **Avaliação do atual potencial de reúso de água no Estado do Ceará e propostas para um sistema de gestão**. 2010. 324 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

CAMPOS, Jacqueline Gomes et al. **Sistema de captação para aproveitamento da água condensada de aparelhos ar condicionado**. Revista Uniaraguaia, p. 58-68, 2019.

CARRIER. **Linha Self Contained: Modelos 40BR, 40BZ, 40BX, 40BV e 50BW**. 2017.

CARRIER. **Manual de Projeto: Unidades Centrais VRF**. 2022.

CEARÁ. **Lei Estadual nº 16.033, de 20 de junho de 2016.** Dispõe sobre a Política de Reuso de água não Potável no Âmbito do Estado do Ceará. 2016. Disponível em: <http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2015/12/Lei-Estadual-n%C2%BA16.033-2016-Disp%C3%B5e-sobre-a-Pol%C3%ADtica-de-Re%C3%BAso-de-%C3%81guaN%C3%A3o-Pot%C3%A1vel-no-Estado-do-Cear%C3%A1.pdf>. Acesso em: 11 maio 2024.

CEARÁ. Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA). **Resolução nº 02, de 02 de fevereiro de 2017.** Dispõe sobre os padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Ceará, 2017.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Nota Técnica nº 0023863330 de 03 de abril de 2024. São Paulo, SP: CETESB, 2024. Assunto: **Relação entre Carbono Orgânico Total e Demanda Bioquímica de Oxigênio na Avaliação da Qualidade das Águas dos Corpos Hídricos do Estado de São Paulo.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2024/04/Relacao-entre-Carbono-Organico-Total-e-Demanda-Bioquimica-de-Oxigenio-na-Avaliacao-da-Qualidade-das-Aguas-dos-Corpos-Hidricos-do-Estado-de-Sao-Paulo.pdf>. Acesso em: 15 set. 2024.

CONSUL. **Manual do Produto: Condicionador de Ar.** 2020.

COSMO, Maria Nargila Sales. **Aproveitamento da água de sistemas de ar condicionado: estudo de caso em uma universidade do semiárido cearense.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Crateús, 2021.

COSTA, Isabely P. C.; COSTA, Alexandre P.; ALVES, Kaline S.; SANTOS, Janderson R. S.; SANTOS, Manoel J. S.; VILAR, Silvana B. O. **Aproveitamento da água condensada dos aparelhos de ar-condicionado como fonte de irrigação para espaços verdes no município de Batalha/AL.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA – UFOP, 7., 2016, Ouro Preto. Anais [...]. Ouro Preto: UFOP, 2016.

CUNHA, Kellen Teobaldi; KLUSENER FILHO, Luiz Carlos; SCHRÖDER, Nádía Teresinha. **Reaproveitamento da água de condensação de equipamentos de ar condicionado.** Revista de Iniciação Científica da ULBRA, n. 14, 2016.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** 3. ed. São Carlos, SP: LDiBe Editora, 2017.

ELECTROLUX. **Manual de Instruções: Condicionador de Ar Split.** 2017.

ELGIN. **Manual de Instalação: Multi Split High Wall Total Inverter Plus (MT).** 2024.

FERNANDES, Igor Lima. **Estudo do aproveitamento da água proveniente de equipamentos de ar condicionado em instituição pública de ensino no IFSertão Pernambucano.** 2023. Dissertação (Mestrado).

FORTES, Pedro Dattrino; JARDIM, P. C. F.; FERNANDES, Juliana Gonçalves. **Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar-condicionado**. In: XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT, Porto Alegre, 2015.

FUGITA, Sandra Ruri. **Fundamentos do controle de poluição das águas**. São Paulo: CETESB, 2018.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Boletim Semanal nº 38 – 10/10/2024**. Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=10324. Acesso em: 8 ago. 2024.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Monitor Hidrológico Mensal – Outubro/2024**. Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=10324. Acesso em: 9 ago. 2024.

GODOY, Arilda Schmidt. **Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais**. *Revista de Administração de Empresas*, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.

GONÇALVES, Ricardo Franci. **Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando à redução do consumo de água e da infraestrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas**. Espírito Santo: RiMa, 2006.

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.

HESPANHOL, Ivanildo. **A inexorabilidade do reúso potável direto**. *Revista DAE*, v. 63, n. 198, p. 63-82, 2015.

HESPANHOL, Ivanildo. **Reuso integrado à gestão de recursos hídricos: bases para planejamento**. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória, Espírito Santo, 1997.

INSTITUTO REÚSO DE ÁGUA. **Quadro regulatório**. IRdA, 2023. Disponível em: <https://reusodeagua.org/quadro-regulatorio/>. Acesso em: 20 out. 2024.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **A influência do clima no desempenho da economia cearense**. *Texto para Discussão*, nº 56, Fortaleza, 2009.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil municipal de Fortaleza – 2017**. Fortaleza, 2018.

JORDÃO, Eduardo P.; PESSÔA, Constantino A.; VON SPERLING, Marcos. **Tratamento de esgotos domésticos**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, 2006.

LAVRADOR FILHO, José; NUCCI, Nelson Luiz Rodrigues. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil.** 1987.

MAGALHÃES, Gledson Bezerra; ZANELLA, Maria Elisa. **Comportamento climático da Região Metropolitana de Fortaleza** (*Dynamics of climate of Metropolitan Region of Fortaleza*). *Mercator*, v. 10, n. 23, p. 129-145, 2011.

MAIA, Amanda C. et al. **Construção de um umidificador de ar para operar em conjunto com ar-condicionado.** *Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA*, Alegrete, 2018.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. **Reúso de água.** São Paulo: Editora Manole, 2003.

MARQUES, Marcus Vinicius Araújo et al. **Nota Técnica 3 - Uso agrícola: condições de aplicabilidade de efluente de estações de tratamento de esgoto.** *Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 2, n. 3, p. 29-41, 2022.

MELO, Allan Jayson Nunes de et al. **Quality of water produced by air conditioning equipment for non-potable purposes.** *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, [S. l.], v. 18, n. 3, 2022. DOI: <10.17271/1980082718320223360>. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/3360. Acesso em: 12 set. 2024.

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison P.; TCHOBANOGLOUS, Georg. **Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse.** New York: McGraw-Hill, 1991.

MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. dos. **Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil.** *Revista DAE*, São Paulo, v. 67, n. 215, p. 40-55, jan./mar. 2019.

MORELLI, Eduardo Bronzatti. **Reuso de água na lavagem de veículos.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. DOI: <10.11606/D.3.2005.tde-29072005-140604>. Acesso em: 13 fev. 2025.

MOTA, Suetônio. **Introdução à engenharia ambiental.** In: *Introdução à engenharia ambiental*. 2012.

MOTA, Suetônio; AQUINO, Marisete Dantas de; SANTOS, André Bezerra dos. **Reuso de águas em irrigação e piscicultura.** Fortaleza: UFC/Centro de Tecnologia, 2007.

MOURA, T. P. A. et al. **Principais dispositivos legais e institucionais disponíveis no Brasil para reúso não potável de águas cinzas.** *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 19, e25, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21168/reg.v19e25>.

NASCIMENTO, Eduarda Aun de Azevedo; SANT'ANA, Daniel. **Caracterização dos usos-finais do consumo de água em edificações do Setor Hoteleiro de Brasília.** *Revista de Arquitetura IMED*, Passo Fundo, v. 3, n. 2, p. 156-167, fev. 2015. DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109/argimed.v3n2p156-167>. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/argimed/article/view/733>. Acesso em: 26 nov. 2024.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** São Paulo: Editora Blucher, 2021.

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards.** Technical Report Series n. 517. Genebra: OMS, 1973.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **2003 - International Year of Freshwater. United Nations Department of Public Information (DPI), 2002.**

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento da Água 2024: água para a prosperidade e a paz.** Paris: Unesco, 2024.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Mario Takayuki. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos.** São Paulo: Editora Blucher, 2006.

RICHTER, Carlos A.; DE AZEVEDO NETTO, José Martiniano. **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** São Paulo: Editora Blucher, 1991.

RIGOTTI, Pac. **Projeto de aproveitamento de água condensada de sistema de condicionadores de ar.** 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) — Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2014.

ROCHA, Débora Patrícia Batista da. **Sistema de reuso de água proveniente de aparelhos de ar-condicionado para fins não potáveis: estudo de caso aplicado ao Centro de Tecnologia da UFRN.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

RODRIGUES, Guilhermina Moreira. **Aproveitamento das águas descartadas por aparelhos de ar-condicionado para fins de reúso não potável.** 2019. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

RODRIGUES, J. O. N. **Avaliação da viabilidade e aceitação social do uso da água clara oriunda de aparelhos de ar-condicionado.** 2020. 103 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) — Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

ROSA, Armindo. **Que quantidade de água suas plantas precisam?** Disponível em: <https://rbirrigacao.com.br/calculo-da-agua-necessaria-as-plantas-de-jardim/>. Acesso em: 05 nov. 2024.

SANTOS, Ana Silvia Pereira; LIMA, M. A. M. **Nota Técnica 2 - Aspectos legais relacionados ao reúso de águas como diretriz de institucionalização da prática no Brasil.** *Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 2, n. 3, p. 15-27, 2022.

SANTOS, André Bezerra dos. **Avaliação técnica de sistemas de tratamento de esgotos.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007.

SANTOS, André Bezerra dos; MOTA FILHO, C. R. **Nota Técnica 1 – Tópicos de interesse – Reúso não potável de água: aspectos legais, aproveitamento urbano e agrícola, e tecnologias emergentes para produção de água para reúso.** *Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 2, n. 3, p. 5-14, 2022.

SANTOS, E. B. dos; SOARES, S. S.; RODRIGUES, M. F. da S.; SCALIZE, P. S. **Coleta e aproveitamento de água de aparelhos de ar-condicionado / Water collection and use of air conditioning.** *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 9, p. 16356–16365, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n9-186>. Acesso em: 08 jul. 2024.

SANTOS, Susanna Almeida dos. **Análise comparativa do uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial e reúso de águas cinzas na Rodoviária do Plano Piloto, Brasília-DF.** 2018. 114 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SAUTCHUK, C. et al. **Conservação e reúso da água em edificações.** [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <inserir link caso haja>. Acesso em: 08 jul. 2024.

SEUMA. Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo de Fortaleza. **Dados detalhados de qualidade do ar (escala horária).** Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/urbanismo-e-meio-ambiente/1020>. Acesso em: 10 jul. 2024.

SILVA, Josielly Braz da. **Análise quali-quantitativa da água de condensação proveniente dos aparelhos de ar-condicionado: estudo de caso em um colégio do Agreste Pernambucano.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) — [Nome da Instituição], [Cidade], 2019.

SOARES, M. C. D. M. **Aproveitamento de água dos aparelhos de ar-condicionado para fins não potáveis em shopping center de grande porte.** 2022. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2022.

TEIXEIRA, Keila Cardoso et al. **Potential for reuse of sanitary sewage combined with air conditioning water disinfected by the SODIS process: a case study.** [S.l.: s.n.], 2024.

UFC. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Portal da UFC: A Universidade.** Fortaleza: UFC, 2024. Disponível em: <https://www.ufc.br/a-universidade>. Acesso em: 08 out. 2024.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse. Technical Report N° EPA/625/R-92/004.** Washington, DC: USEPA, 1992.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse 2012.** Washington, DC: USEPA, 2012.

VALENTINI, Carla Maria Abido et al. **Água de beber: um olhar sobre a possibilidade do reúso da água de ar-condicionado para fins potáveis.** *Biodiversidade*, v. 18, n. 3, 2019.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** In: _____. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. 3. ed. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005. v. 1, p. 1-452.

WESTERHOFF, G. P. **An update of research needs for water reuse.** In: *WATER REUSE SYMPOSIUM*, 1984. p. 1731-1742.