



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

RODRIGO FERREIRA DA SILVA

**ÁGUA DE CONDENSAÇÃO PROVENIENTE DE APARELHOS
CONDICIONADORES DE AR: ANÁLISE DA QUALIDADE PARA FINS DE REUSO
NÃO POTÁVEL**

JOÃO PESSOA

2024

RODRIGO FERREIRA DA SILVA

**ÁGUA DE CONDENSAÇÃO PROVENIENTE DE APARELHOS
CONDICIONADORES DE AR: ANÁLISE DA QUALIDADE PARA FINS DE REUSO
NÃO POTÁVEL**

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

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde
Junior

JOÃO PESSOA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586á Silva, Rodrigo Ferreira da.

Água de condensação proveniente de aparelhos condicionadores de ar: análise da qualidade para fins de reuso não potável / Rodrigo Ferreira da Silva. - João Pessoa, 2024.

52 f. : il.

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

1. Água. 2. Reuso. 3. Fontes alternativas. 4. Condicionador de ar. 5. Classes. 6. Qualidade. I. Athayde Júnior, Gilson Barbosa. II. Título.

UFPB/BSCT

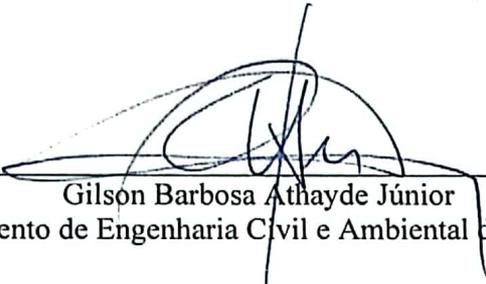
CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

RODRIGO FERREIRA DA SILVA

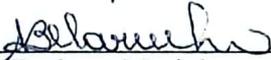
ÁGUA DE CONDENSAÇÃO PROVENIENTE DE APARELHOS CONDICIONADORES DE AR: ANÁLISE DA QUALIDADE PARA FINS DE REUSO NÃO POTÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso em 29/10/2024 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Gilson Barbosa Athayde Júnior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Albanise Barbosa Marinho
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Aline Flávia Nunes Remígio Antunes
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho, assim como todo o meu percurso até aqui, à Roseane Paz da Silva, minha mãe. Sempre reafirmei durante todos os anos da graduação, que a minha vitória sempre seria nossa, sem a senhora eu não teria chegado até aqui, muito obrigado por todo o apoio, ensinamentos, amor e cuidado, seja de perto ou separados por algumas centenas de quilômetros. Nós conseguimos!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, o Senhor de todas as coisas, pois sem Ele nada disso seria possível.

A dona Roseane, minha mãe, por ser sempre o meu porto seguro, me apoiar e acreditar em mim muito mais do que eu mesmo, me proporcionar meios para estar aqui hoje. Eu poderia usar todo o espaço de agradecimento para expressar a minha gratidão por tudo que a senhora fez por mim, contudo, ainda não seria suficiente.

Ao meu pai, Ivanildo, pelo apoio e por me transmitir valores que certamente carregarei para toda a vida, o senhor sempre foi um exemplo de força e perseverança para mim.

As minhas irmãs, Rayanne e Rafaely, por todo o suporte durante os anos de graduação, mesmo com a distância, vocês sempre se fizeram presentes e me incentivaram a continuar.

Ao meu primo Jeferson, que me recebeu em sua casa e me permitiu vencer o início do meu curso até conseguir a residência universitária, se não fosse por isso, eu não teria continuado, talvez nem iniciado a graduação, serei eternamente grato.

A dona Rosa e a minha prima Jéssica, por toda a ajuda na minha adaptação em João Pessoa, tudo que vocês fizeram por mim foi fundamental para que eu chegasse aonde estou hoje.

A dona Sebastiana, Guiomar, Cosma, Elileide, Elisângela, Jucélia, Cleonice, e a todos os demais da minha família, que me ajudaram, seja financeiramente ou com palavras de incentivo/conforto, sei que torceram por mim, e por isso, sou muito grato a todos vocês.

As minhas parceiras de todas as horas, Maiara e Alana, seria impossível falar dessa longa trajetória na UFPB e não mencionar vocês duas, nas vitórias e principalmente nas derrotas, vocês sempre estiveram lá, obrigado por serem minha família cujos laços não são sanguíneos, mas, são tão fortes quanto! Minha eterna gratidão por tudo que fizeram por mim, meu barolena <3.

Aos meus amigos da residência, em especial: Gabriel, Filipe, Joice e Tayane. Com vocês vivi os melhores e os piores momentos dessa montanha russa, obrigado por todo o apoio.

Aos meus amigos do curso, em especial: Raffael, Bruna, Rebeca, Marcelo, Cairo, Caio, Pedro, Walberg, Luis Felipe e Marina. Obrigado por passarem todos os perrengues do curso junto comigo, pelas risadas, ajudas nos trabalhos e provas, surtos coletivos e companhia em diversos momentos, dentro e fora da universidade, tudo teria sido muito mais difícil sem vocês.

A todos os mestres da universidade que tive a honra de receber um pouco do seu conhecimento e experiência, através de aulas, provas e até mesmo conversas, muito obrigado.

Ao meu orientador, professor Gilson, no momento que cursei a primeira disciplina com o senhor, sabia que não teria outra pessoa para me orientar no TCC, obrigado por ser um exemplo e inspiração para mim, e ainda, por ter aceitado o meu convite.

E a todos os meus demais amigos, que torceram por mim, apoiaram e incentivaram para que eu não desistisse e continuasse firme no meu objetivo, muito obrigado.

“Eu dei o meu sangue, suor e lágrimas por isso.”

(Taylor Swift)

RESUMO

A crise hídrica é uma realidade alarmante em todo o mundo. Com isso, surge a necessidade da adoção de fontes alternativas para suprir a demanda de recursos hídricos da população e amenizar a pressão sobre os sistemas de abastecimento convencionais. A água proveniente de aparelhos condicionadores de ar apresenta grande potencial para reuso em atividades em que não seja exigida a potabilidade. Foram utilizados 10 estudos de autores distintos e separados 13 parâmetros referentes à qualidade das águas de condensação, comparados com os valores de referência para as classes de reuso do Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações da Agência Nacional de Águas (ANA), sendo elas: classe 1, referente as atividades como descargas de bacias sanitárias; classe 2, são as atividades relacionadas à construção civil, como lavagem de agregados; classe 3, refere-se a irrigação e a classe 4, ao resfriamento de aparelhos. Essa comparação tem como objetivo classificar em quais classes de reuso a água gerada como subproduto pelos condicionadores de ar, seria adequada. Os resultados confirmaram a possibilidade de se empregar essas águas principalmente para as atividades da construção civil (classe 2) e resfriamento de aparelhos (classe 4). Por outro lado, para o uso em descargas e lavagem de pisos (classe 1) e irrigação de áreas verdes (classe 3), essas águas necessitariam de tratamento adicional para sua plena utilização, contudo, o seu emprego nessas duas classes não estaria descartado. Os resultados apontam que o reuso de águas provenientes de aparelhos condicionadores de ar possui potencial de reuso para todas as classes determinadas pelo manual da ANA, uma vez que 8 dos 13 parâmetros analisados apresentaram 100% de conformidade para as classes as quais fazem referência, e os outros 5 apontaram inconformidades pontuais, confirmando a água de condensação oriunda de aparelhos condicionadores de ar como uma fonte alternativa viável e que sua utilização traria benefícios tanto econômicos quanto ambientais.

Palavras-chaves: Água, Classes de Reuso, Condicionadores de Ar, Fontes Alternativas, Reuso, Qualidade.

ABSTRACT

The water crisis is an alarming reality worldwide. Consequently, there is a growing need to adopt alternative sources to meet the population's water demand and reduce pressure on conventional supply systems. Water from air conditioning units presents a strong potential for reuse in activities where potability is not required. Ten studies by different authors were analyzed, selecting 13 parameters regarding the quality of condensation water, and these were compared to the reference values for reuse classes in the Water Conservation and Reuse Manual for Buildings by the Agência Nacional de Águas (ANA). The reuse classes include: class 1, for activities such as toilet flushing; class 2, related to construction activities like aggregate washing; class 3, for irrigation; and class 4, for appliance cooling. The aim of this comparison is to classify which reuse classes the water generated as a byproduct of air conditioning could be suitable for. The results confirmed the potential use of this water primarily for construction activities (class 2) and appliance cooling (class 4). However, for use in toilet flushing and floor washing (class 1) and irrigation (class 3), additional treatment would be required for full utilization, though usage in these classes is not ruled out. The findings suggest that reuse of water from air conditioners has potential for all classes specified by ANA's manual, as 8 of the 13 analyzed parameters showed 100% compliance with the relevant classes, with the remaining 5 parameters presenting occasional inconsistencies. This confirms that condensation water from air conditioning units is a viable alternative source that would offer both economic and environmental benefits.

Palavras-chaves: Water, Classes of Reuse, Air Conditioning Units, Alternative Sources, Reuse, Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cisterna para armazenamento de água da chuva	17
Figura 2 - Rebaixamento de lençol freático utilizando bomba	18
Figura 3 - Biodigestor utilizado em motor home	21
Figura 4 - Funcionamento de um aparelho condicionador de ar	23
Figura 5 - Funcionamento da serpentina interna de um aparelho condicionador de ar.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade para uso da água não potável-----	25
Tabela 2 - Parâmetros característicos para água de reuso classe 1 -----	32
Tabela 3 - Parâmetros básicos para água de reuso da classe 2-----	32
Tabela 4 - Parâmetros básicos para água de reuso da classe 3-----	33
Tabela 5 - Parâmetros básicos para água de reuso da classe 4-----	34
Tabela 6 - Referências selecionadas -----	37
Tabela 7 – Parâmetro 1 – Alcalinidade-----	38
Tabela 8 – Parâmetro 2 - Cálcio-----	38
Tabela 9 – Parâmetro 3 – Cloretos -----	39
Tabela 10 - Parâmetro 4 – Coliformes Termotolerantes-----	40
Tabela 11 - Parâmetro 5 – Cor -----	40
Tabela 12 - Parâmetro 6 - Dureza-----	41
Tabela 13 - Parâmetro 7 - Ferro -----	41
Tabela 14 - Parâmetro 8 – Magnésio -----	41
Tabela 15 - Parâmetro 9 - pH-----	42
Tabela 16 – Parâmetro 10 - SDT-----	42
Tabela 17 – Parâmetro 11 - Sódio -----	43
Tabela 18 - Parâmetro 12 - Sulfato -----	43
Tabela 19 - Parâmetro 13 - Turbidez -----	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	FONTES ALTERNATIVAS	16
2.1.1	Água de Chuva	16
2.1.2	Água de Rebaixamento de Lençol Freático	18
2.1.3	Água Clara	19
2.1.4	Água Cinza Clara	19
2.1.5	Água Cinza Escura	20
2.1.6	Água Escura	21
2.1.7	Esgoto Sanitário	22
2.2	OBTENÇÃO E REUSO DE ÁGUA PROVENIENTE DE APARELHOS CONDICIONADORES DE AR	22
2.2.1	Água de condensação	22
2.2.2	Processo de obtenção da água de condensação	23
2.2.3	Aplicações para reuso	24
2.3	QUALIDADE DE ÁGUA	24
2.3.1	Parâmetros de qualidade para usos não potáveis da água proveniente de aparelhos condicionadores de ar	26
2.4	CLASSES DE ÁGUA PARA REUSO	30
2.4.1	Classe 1	31
2.4.2	Classe 2	32
2.4.3	Classe 3	33
2.4.4	Classe 4	33
3	METODOLOGIA.....	35
3.1	SELEÇÃO DOS ESTUDOS	35
3.2	EXTRAÇÃO E COMPILAÇÃO DE DADOS.....	35
3.3	ANÁLISE COMPARATIVA E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	ESTUDOS SELECIONADOS.....	37

4.2	COMPARAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS COM OS PADRÕES DE QUALIDADE REFERENCIADOS EM ANA (2005)	37
5	CONCLUSÕES	45
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

A água é o bem mais precioso da humanidade, sendo essencial à vida (BRUNI, 1993, p55.). Além disso, quando rebuscamos o surgimento das primeiras civilizações, observamos que elas sempre surgiam em volta de cursos d'água importantes, como o Rio Nilo, o que corrobora com a importância desse fluido para a sobrevivência.

Atualmente, o crescimento exponencial da demanda por água potável a nível mundial, aliado aos impactos das mudanças climáticas cada vez mais aceleradas, tem levado a uma crise hídrica global. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), pelo menos 2,2 bilhões de pessoas em todo o globo terrestre não têm acesso a serviços básicos de água potável de maneira segura (ONU, 2021). A escassez de água evidencia a necessidade de buscar fontes alternativas para uma melhor gestão hídrica que contem com práticas sustentáveis de consumo e reaproveitamento da água.

Dentre as fontes alternativas, a mais popular, principalmente entre as regiões semiáridas do Brasil, é a água da chuva, que possui uma qualidade relativamente boa em comparação com outras fontes como águas cinzas e escuras, além de necessitar de baixo nível de tratamento para fins não potáveis. Contudo, uma outra fonte, que ainda não é tão explorada e talvez possua índices físicos, químicos e microbiológicos até melhores que o das águas pluviais, é a água proveniente da condensação dos aparelhos de ar-condicionado, chamada também de água clara (NBR 16783/2019). Esses equipamentos, ao resfriarem o ar em seus interiores, geram água como subproduto, que normalmente é descartada. Essas águas podem ser coletadas e reutilizadas para diversas finalidades não potáveis, como irrigação de jardins, limpeza de ambientes e descargas sanitárias (FERREIRA; TOSE, 2016). A reutilização dessa água pode contribuir significativamente para a redução do consumo de água potável, especialmente em edifícios comerciais e residenciais que possuem um grande número de aparelhos de ar-condicionado.

No entanto, para que essa água seja reutilizada de forma segura e eficiente, faz-se necessário avaliar a sua qualidade, e para isso, utiliza-se de alguns índices físicos, químicos e microbiológicos. Diversos parâmetros, como pH, turbidez, presença de metais pesados e microrganismos, devem ser analisados para garantir que a água condensada atenda aos padrões de qualidade necessários para seu uso pretendido (ANA, 2005). Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo comparar, através de revisão bibliográfica, a qualidade da água de

reaproveitamento de aparelhos de ar-condicionado, com padrões de qualidade conforme os usos pretendidos, contribuindo para a discussão sobre a viabilidade e segurança do uso dessa fonte alternativa de água.

A relevância desse estudo se insere no cenário atual de escassez de recursos hídricos, onde práticas de conservação e reaproveitamento de água são cada vez mais essenciais para garantir a sustentabilidade dos recursos naturais. Além disso, a reutilização da água de ar-condicionado pode representar uma alternativa viável e economicamente vantajosa para a gestão hídrica em áreas urbanas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 *Objetivo Geral*

O presente trabalho tem como objetivo comparar a qualidade das águas de condensação provenientes de aparelhos de ar-condicionado com padrões de qualidade conforme as classes de uso.

1.1.2 *Objetivos Específicos*

- Buscar na literatura, parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que caracterizem as águas claras;
- Determinar, a partir dos valores obtidos, qual a classificação da água produzida pelos aparelhos de ar-condicionado, no que diz respeito as classes de reutilização;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FONTES ALTERNATIVAS

Considera-se como fontes alternativas de água aquelas que não sofrem cobrança pelo uso ou estão sob o controle de nenhum órgão público ou, ainda, que possui composição distinta da água potável fornecida pelas concessionárias (ANA, 2005).

Outro ponto importante a ser destacado, é quanto a segurança e qualidade dessas águas. Recomenda-se que o sistema hidráulico para esse efluente deve ser independente e identificado, com reservatório específico, suas torneiras devem ter acesso restrito, além da necessidade de capacitação das pessoas/equipes que farão o manejo desse fluido, entre outras ações (ANA, 2005).

A NBR 16783/2019 elenca como fontes alternativas de água não potável as seguintes:

- 1- Água de chuva;
- 2- Água pluvial;
- 3- Água de rebaixamento de lençol freático;
- 4- Água clara;
- 5- Água cinza clara;
- 6- Água cinza escura;
- 7- Água escuras (nomenclatura adaptada);
- 8- Esgoto sanitário.

É válido ressaltar, que essa norma não engloba todos os tipos existentes de fontes alternativas de água para reuso, ela apenas reúne instruções e procedimentos acerca das mencionadas acima, e ressalta que em caso da utilização de outras fontes, seria necessário estudos específicos para tal, ou basear-se em outras normas.

2.1.1 *Água de Chuva*

A utilização da água de chuva é uma prática sustentável amplamente difundida e que existe desde a época da Pedra Moabita, datada de 850 a.C. (TOMAZ, 2003), e é adotada principalmente nas regiões com menor disponibilidade hídrica, como é o caso das regiões semiáridas, ou ainda quando os custos com água tratada são muito elevados, o que direciona a

população para essa outra via: a captação de águas pluviais para uso doméstico sendo ele potável ou não potável (JULIANA et al., 2017).

Essa água é obtida diretamente das coberturas dos edifícios ou residências e passa por um processo de armazenamento, que pode ser cisternas (Figura 1) ou reservatórios menores.

Figura 1 - Cisterna para armazenamento de água da chuva



Fonte: CBIC (2019)

A depender das finalidades as quais objetiva-se a utilização da água de chuva, ela pode necessitar ou não de um tratamento mais intenso, porém, para usos como irrigação de jardins, descargas de bacias sanitárias ou até mesmo lavagem de veículos e calçadas (TOMAZ, 2019), essa água pode passar por tratamentos mais simples e diretos, como a filtragem e desinfecção para remover contaminantes como folhas, poeiras e agentes patogênicos transportados pelo ar. Um dos maiores desafios da água pluvial é o manejo adequado para evitar a proliferação de vetores, como mosquitos, e garantir a segurança no armazenamento (TOMAZ, 2019).

Além disso, estudos apontam que a qualidade da água de chuva, em regiões tropicais, pode apresentar uma variação significativa a depender da época do ano e características ambientais do local onde é feita a captação, o que reforça a necessidade de monitoramento contínuo e de cuidados no tratamento e dimensionamento dos sistemas de captação (GAITÁN; TEIXEIRA, 2020).

2.1.2 Água de Rebaixamento de Lençol Freático

Esse tipo de fonte alternativa, embora pouco utilizado é um dos mais interessantes no ponto de vista da construção civil, especialmente em grandes obras como túneis e edifícios que contenham subsolo, o rebaixamento de lençol freático é uma técnica empregada para evitar o alagamento da obra, bem como reduzir as pressões neutras no subsolo. O processo é simples, como mostra a Figura 2, consiste na retirada do excesso de água subterrânea através de ponteiros de rebaixamento/bombas, para garantir a estabilidade do solo e a segurança das estruturas.

Figura 2 - Rebaixamento de lençol freático utilizando bomba



Fonte: MM Equipamentos

Embora essa água seja normalmente descartada, é válido ressaltar que sua reutilização surge como uma solução viável em projetos sustentáveis. Desde que passe por devido tratamento para remoção de sólidos suspensos e possíveis contaminantes químicos e biológicos, essa água possui potencial de emprego em diversas aplicações, como irrigação de áreas verdes (paisagísticas) ou até mesmo em processos industriais (FERREIRA, 2011).

Em contraponto, a qualidade da água proveniente do rebaixamento de lençol freático pode variar dependendo das características geográficas da região em que ela está inserida, visto que, é possível que exista a presença de contaminantes como metais pesados ou compostos orgânicos, o que comprometeriam diretamente a qualidade desse recurso. Diante disso, é

importante um tratamento adequado e a verificação periódica de sua composição química, principalmente em áreas urbanas onde há maior risco de contaminação do solo (HABERMANN; GOUVEIA, 2014).

2.1.3 *Água Clara*

A fonte de água residual conhecida como “água clara” é uma das que, embora não potável, apresenta uma baixa carga poluente, sendo uma opção muito promissora para a reutilização. Normalmente essa água é obtida a partir de processos industriais, como sistemas de resfriamento e de vapor, ou por meio de filtração natural, como é o caso da infiltração em solos arenosos, que atuam como um pré-filtro natural ao remover os sólidos em suspensão e até algumas substâncias químicas que possam existir. Contudo, para usos mais exigentes, como a lavagem de áreas internas ou o resfriamento de máquinas, pode fazer-se necessário um tratamento adicional (Mancuso & Santos, 2003).

Devido a água clara ser relativamente pura, ela apresenta-se como uma fonte muito interessante para sistemas de reuso, uma vez que, exige menos tratamento quando comparada a outras. Além disso, a baixa concentração de contaminantes reduz os custos operacionais dos sistemas de reutilização, tornando-a uma alternativa economicamente viável para diversas atividades em edificações (Mancuso & Santos, 2003).

2.1.4 *Água Cinza Clara*

As águas cinzas são aquelas originárias de atividades domésticas e são subdivididas pela NBR 16783/2019 em “clara” e “escura”. A água cinza clara é aquela proveniente de chuveiros, banheiras, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupa, e possui grande potencial de reaproveitamento para fins não potáveis. Como essa é uma água que não tem contato direto com o esgoto sanitário, sua carga orgânica é consideravelmente menor que a de outras fontes, o que torna o seu tratamento mais fácil e menos oneroso. No entanto, por conter resíduos de

produtos de higiene pessoal, óleos e sabões, ainda é necessário que passe por decantação, filtração e, em alguns casos, desinfecção (SANT'ANA; MEDEIROS, 2017).

O reuso de águas cinzas claras para fins não potáveis em residências, pode reduzir em até 40% o consumo de água potável das mesmas, pois essa fonte pode ser utilizada para descargas sanitárias ou irrigação, por exemplo (MAY, 2009). Diversos estudos apontam que a implementação do reuso de águas cinzas claras pode representar um grande avanço na direção de edificações cada vez mais sustentáveis, o que resultaria em uma diminuição na demanda sobre os sistemas de abastecimento público e contribuiria para a conservação dos recursos hídricos (SANT'ANA; MEDEIROS, 2017).

2.1.5 *Água Cinza Escura*

Diferente da água cinza clara mencionada anteriormente, a água cinza escura é proveniente de lavadoras de louça e pias de cozinha, e por conta disso possuem maior carga de poluente, como resíduos alimentares, graxas e óleos de cozinha. Dito isso, o tratamento para a reutilização dessa fonte é mais elaborado, devido a sua composição mais complexa, e muitas vezes envolve processos biológicos ou físico-químicos para remoção de matéria orgânica e gorduras (MAY, 2009).

Contudo, embora seja mais desafiadora, a reutilização dessa fonte alternativa pode ser um importante recurso em edificações sustentáveis, contribuindo para a redução da demanda por água potável, que seria destinada para fins onde não é necessária a potabilidade. Seu uso é comum em sistemas de descargas sanitárias ou lavagem de pisos, reforçando a necessidade do tratamento adequado antes disso, para garantir a segurança e evitar obstruções no sistema hidráulico (MAY, 2009).

2.1.6 Água Escura

A água escura é aquela proveniente de vasos sanitários e mictórios, ou seja, possui o maior nível de contaminação das fontes alternativas descritas até o momento. Rica em matéria orgânica e patógenos proveniente de excretas e fezes humanas, seu tratamento requer processos bem mais avançados que os mencionados anteriormente, como biodigestores, mostrado na Figura 3, processos anaeróbios e, em alguns casos, tratamento terceirizado em estações de tratamento de esgoto (ETE). O reuso direto dessa fonte alternativa é muito restrito, principalmente considerando o risco sanitário envolvido (ALMEIDA, 2007).

Figura 3 - Biodigestor utilizado em motor home



Fonte: MACAMP (2023)

No entanto, graças aos avanços tecnológicos na área de tratamento de esgoto, existe a possibilidade após o tratamento completo, da água escura ser reutilizada para fins como recarga de aquíferos, irrigação de áreas agrícolas e até mesmo para a produção de água de reuso potável em países com regulamentações mais avançadas (MONTEIRO, 2014).

2.1.7 Esgoto Sanitário

A última das fontes alternativas mencionadas pela NBR 16783/2019, o esgoto sanitário, é uma mistura de águas cinzas (tanto claras quanto escuras) e águas escuras, e por isso, possui alta concentração de matéria orgânica, patógenos, óleos, graxas e substâncias químicas, o que torna o seu tratamento vital antes de qualquer forma de reutilização. Geralmente esse fluido é tratado em estações de tratamento de esgoto (ETE), o efluente final pode ser empregado em diversas atividades, como a irrigação de áreas verdes, recargas de aquíferos e processos industriais, de acordo com a qualidade alcançada pelo tratamento, pois cada atividade possui suas exigências quanto aos parâmetros necessários (ANA, 2005).

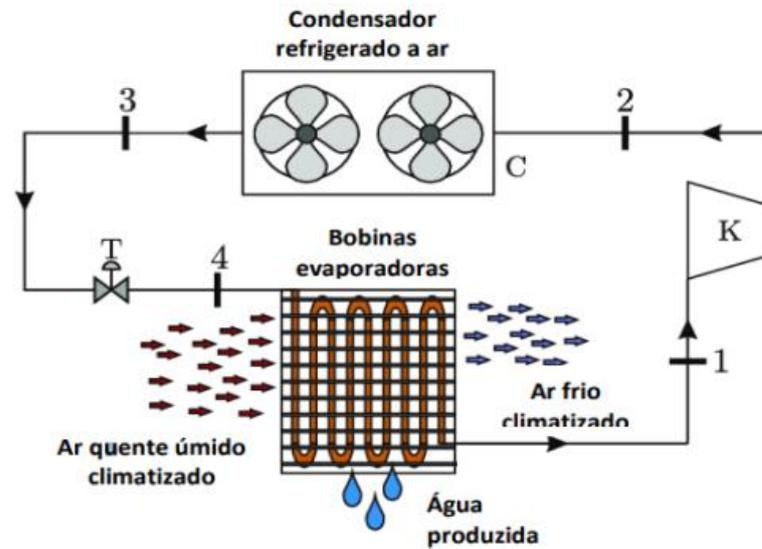
O reuso de esgoto tratado representa uma alternativa interessante para a gestão dos recursos hídricos, especialmente em regiões áridas ou com escassez de água potável. Ao invés de ser descartado nos corpos hídricos, como é comumente feito, o esgoto tratado pode ser reutilizado, diminuindo a pressão sobre os mananciais de água doce ((Mancuso & Santos, 2003).

2.2 OBTENÇÃO E REUSO DE ÁGUA PROVENIENTE DE APARELHOS CONDICIONADORES DE AR

2.2.1 Água de condensação

Os aparelhos condicionadores de ar funcionam por meio da remoção de calor do ambiente, provocando a condensação da umidade do ar na forma de água como é mostrado na Figura 4. Esse processo gera um volume significativo de água, especialmente em regiões de alta umidade.

Figura 4 - Funcionamento de um aparelho condicionador de ar



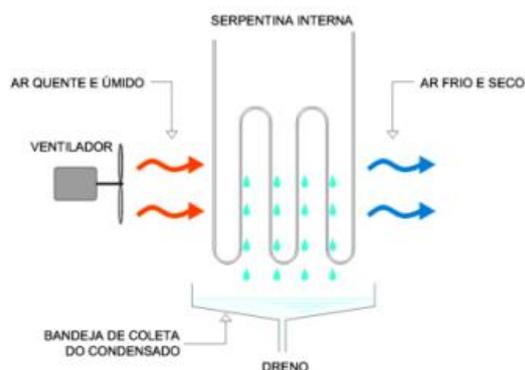
Fonte: Solís-Chaves *et al.* (2017) *apud* Rodrigues (2020).

Estudos recentes apontam que essa água, quando coletada e tratada adequadamente, pode ser reutilizada para fins não potáveis, como irrigação, lavagem de pisos e descargas sanitárias, contribuindo para a redução do consumo de água potável (VIANA; ALVES; MARQUES, 2023).

2.2.2 Processo de obtenção da água de condensação

A água proveniente de aparelhos de ar-condicionado é gerada quando o ar úmido entra em contato com a serpentina refrigerada do sistema conforme Figura 5.

Figura 5 - Funcionamento da serpentina interna de um aparelho condicionador de ar



Fonte: Rodrigues (2018).

O resfriamento do ar faz com que a umidade presente nele se condense, formando gotículas de água através do processo de condensação (CALDAS; CAMBOIM, 2017). Este processo é contínuo, enquanto o equipamento de resfriamento estiver ligado, especialmente em ambientes de grande fluxo de pessoas, como escritórios e escolas, onde a demanda por ar-condicionado é alta.

Segundo Nenganga (2014), a quantidade de água gerada pode variar dependendo das condições climáticas e da eficiência do aparelho, podendo alcançar volumes diários consideráveis em climas quentes e úmidos. Em geral, estima-se que a produção de água de condensação seja de cerca de 0,5 a 2 litros por hora por aparelho de tamanho médio.

2.2.3 Aplicações para reuso

A água obtida de aparelhos condicionadores de ar tem diversas aplicações potenciais, desde que respeitadas as restrições para o reuso. Conforme Bolina *et al* (2017), os usos mais comuns incluem a irrigação de áreas verdes, limpeza de pisos e calçadas, além de ser utilizada em sistemas de descarga sanitária. Além disso, essa prática contribui para a economia de água potável, tornando-se uma estratégia eficaz em edifícios comerciais e residenciais que buscam reduzir o impacto ambiental.

Estudos indicam que o reuso da água de condensação pode gerar economias significativas, especialmente em edifícios com grande demanda de refrigeração, onde o volume de água gerada diariamente pode atender parte das necessidades de atividades não potáveis (MORAES; FERREIRA, 2020).

2.3 QUALIDADE DE ÁGUA

De maneira geral, a qualidade das águas provenientes de fontes alternativas deve atender alguns parâmetros mínimos para o emprego em usos não potáveis, como preconiza a NBR 16783/2019, mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade para uso da água não potável

Parâmetros	Limites
pH	6,0 a 9,0
E. Coli	≤ 200 NMP/100mL
Turbidez	≤ 5 UT
DBO _{5,20}	≤ 20 mgO ₂ /L
CRL (cloro residual livre)	Mínimo 0,5mg/L - Máximo de 5,0mg/L Recomendável 0,5mg/L - Máximo de 2,0mg/L
Sólidos dissolvidos totais (SDT) ou condutividade elétrica (a)	≤ 2000 mg/L ou ≤ 3200 µS/cm
Carbono orgânico total (COT) (b)	< 4 mg/L
a Os valores de condutividade apresentam correlação com os sólidos dissolvidos totais. Uma outra opção é realizar a análise dos sólidos dissolvidos totais. b Somente para água de rebaixamento de lençol freático.	

Fonte: NBR 16783 (2019)

É importante salientar que, existem outros parâmetros que podem ser considerados, a depender das especificações ou exigências para o uso do efluente final, além disso, a NBR 16783 não considera todas as fontes alternativas existentes, apenas as mencionadas no tópico 2.1 do presente trabalho.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), o reuso de água é uma estratégia importante para a gestão sustentável dos recursos hídricos, e a água condensada de aparelhos condicionadores de ar representa uma fonte com potencial para diferentes aplicações, desde que sejam respeitados os parâmetros de qualidade exigidos para cada uso (ANA, 2019). Essa prática é especialmente vantajosa em regiões com escassez de água, ajudando a reduzir o consumo de água potável e a pressão sobre os recursos hídricos naturais e possui grande potencial principalmente em edifícios comerciais, por possuírem grande quantidade de aparelhos condicionadores de ar.

Segundo Ribas (2017), a água condensada desses aparelhos apresenta características físico-químicas que podem torná-la adequada para diversos fins, como a irrigação de jardins, a limpeza de pisos e descargas sanitárias, após a devida análise e tratamento. Ribas (2017). também ressalta que a adoção de práticas sustentáveis, como o aproveitamento da água de condensação, pode trazer benefícios significativos para a economia de água em edificações, uma vez que reduziria os custos com abastecimento de água proveniente da rede de distribuição pública.

Paralelamente, Soares *et al* (2022) mostrou que a água coletada dos sistemas de condicionadores de ar em uma edificação apresentou baixos níveis de sólidos dissolvidos e cloretos, tornando-a potencialmente adequada para fins não potáveis. Isso evidencia a importância de considerar essa fonte alternativa de água como uma estratégia eficaz de reutilização, principalmente em locais com baixa ou difícil disponibilidade de recursos hídricos.

Por outro lado, é importante ressaltar que a qualidade da água proveniente de condicionadores de ar, pode ser influenciada por fatores externos, como a presença de vegetação próxima aos drenos, pássaros, insetos ou alguma outra fonte que possa comprometer a pureza da água coletada, além disso, também é necessário observar as condições do aparelho condicionador de ar, principalmente no que diz respeito a sua manutenção e limpeza.

2.3.1 Parâmetros de qualidade para usos não potáveis da água proveniente de aparelhos condicionadores de ar

2.3.1.1 pH

O pH é um parâmetro que está associado a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um fluido, e sua escala vai de 0 a 14, sendo ácido < 7 , neutro $= 7$ e alcalino ou básico > 7 (NOVAIS, 2024). A água que é subproduto dos aparelhos condicionadores de ar, geralmente possui um pH levemente ácido, isso ocorre devido à dissolução de dióxido de carbono atmosférico que acontece no processo de condensação. A água obtida deve ter o seu pH monitorado para garantir que esteja em uma faixa adequada em conformidade com o reuso pretendido.

Para fins onde a potabilidade não é exigida, como irrigação e descarga de sanitários, o pH deve estar entre 6,0 e 9,0 para ser considerado aceitável (NBR 16783/2019). O motivo para determinar essa faixa limite, é que um pH fora dela pode causar corrosão em tubulações e equipamentos, ou mesmo afetar a qualidade do solo em aplicações agrícolas (Von Sperling, 2014).

2.3.1.2 *Cor*

A cor é um parâmetro mais ligado a estética da água como indicativo de qualidade, ou seja, uma água de coloração mais escura é considerada menos pura do que uma água mais cristalina. Portanto, a depender do reuso pretendido, a exigência quanto a cor pode ser mais flexível. A água proveniente de aparelhos condicionadores de ar é, na maioria das vezes, praticamente incolor. Contudo, a presença de partículas suspensas, poeira, impurezas provenientes do meio ambiente ou até mesmo insetos próximos aos drenos, pode afetar a cor resultante da água condensada. Segundo a NBR 16783/2019, a cor das águas de reuso deve possuir aparência que não interfira na sua aplicação, por exemplo, não causar rejeição estética ou deixar manchas em superfícies lavadas. A cor elevada também pode ser um indicador de presença de substâncias que podem promover entupimento de sistemas de irrigação por gotejamento, reduzindo assim a eficiência dos mesmos.

2.3.1.3 *Turbidez*

Outro parâmetro importante para a água de condensação é a turbidez, pois ela indica a presença de partículas em suspensão que podem comprometer a sua qualidade e o funcionamento dos sistemas nos quais o fluido será empregado. Para usos onde não é exigida a potabilidade, como em sistemas de irrigação por gotejamento ou lavagem de superfícies, a NBR 16783/2019 recomenda que a turbidez seja mantida abaixo de 5 UNT (unidades de turbidez). Uma turbidez elevada pode prejudicar processos de filtração e desinfecção, bem como causar entupimentos nos sistemas de distribuição. Além disso, se elevada, esse parâmetro pode comprometer a eficiência dos processos de desinfecção.

2.3.1.4 *Condutividade Elétrica*

A condutividade elétrica da água de condensação reflete a presença de íons dissolvidos, como sais minerais, o que influencia diretamente na sua capacidade de conduzir corrente elétrica. De maneira geral, a água condensada de ar-condicionado possui baixa condutividade, o que a torna adequada para diversos usos não potáveis, como irrigação e resfriamento de

sistemas industriais. Contudo, ainda que geralmente apresente valores baixos, é necessário monitorar esse parâmetro para evitar a salinização em aplicações agrícolas ou corrosão de sistemas metálicos (ANA, 2019). Em processos industriais, a água com alta salinidade pode levar a redução da eficiência operacional e corrosão de equipamentos.

2.3.1.5 Dureza

De acordo com Baccan (2004), a dureza da água é uma propriedade que faz referência ao agrupamento de determinados cátions em solução, com destaque para o magnésio e cálcio. A dureza da água de condensação geralmente apresenta valores baixos, uma vez que essa água é essencialmente destilada, tendo se formado a partir da condensação de vapor de água do ar, o que justificaria a baixa concentração de cátions. Isso significa que ela tem uma baixa concentração de íons de cálcio e magnésio.

Segundo a NBR 16783/2019, uma dureza baixa é vantajosa para o reuso, pois minimiza o risco de incrustações em tubulações e equipamentos, fator que pode ser um limitante para os usos de fontes alternativas. Segundo Ribeiro et al. (2005), é recomendável manter a dureza da água em níveis que não comprometam o funcionamento e a vida útil dos equipamentos e não interfiram negativamente nas atividades industriais ou agrícolas, abaixo de 300 mg/L.

2.3.1.6 Cloretos

Devido a formação da água condensada dar-se através da condensação da umidade do ar, ela apresenta níveis mínimos de cloretos, pois o ar condensado contém poucos sólidos dissolvidos. No entanto, a água pode ser contaminada por cloretos se estiver em contato com materiais presentes no ambiente de instalação do condensador de ar ou com superfícies corroídas.

Para usos não potáveis, como lavagem de superfícies e irrigação a presença de cloretos deve ser monitorada para evitar corrosão e salinização (ANA, 2019). Para fins industriais, altos níveis de cloretos na água podem causar corrosão em equipamentos metálicos (Jordão & Pessoa, 1995).

2.3.1.7 *Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)*

A água de condensação de ar-condicionado geralmente apresenta baixos níveis de sólidos totais dissolvidos (SDT), isso ocorre pois o processo de condensação envolve a transformação do vapor de água em líquido, abandonando a maioria dos sais e partículas suspensas presentes no ar. Conforme a NBR 16783/2019, níveis baixos de SDT são almejavéis para evitar impacto negativo em aplicações de reuso, como irrigação e resfriamento, bem como incrustações em equipamentos. Na agricultura, níveis elevados de SDT podem intervir na qualidade do solo e das plantas, afetando a sua produtividade, é recomendado que esse parâmetro apresente valores abaixo de 2000 mg/L (NBR 16783/2019).

2.3.1.8 *Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)*

Seguindo a mesma premissa dos parâmetros anteriores, devido a água de condensação ser formada a partir do vapor de água no ar, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) dela é tipicamente baixa. Contudo, é possível que haja contaminação dessa água por matéria orgânica proveniente de sujeira acumulada nos sistemas de ar-condicionado, presença de insetos próximos que possam adentrar nas instalações ou partículas em suspensão no ar.

A fim de garantir a segurança no reuso, a NBR 16783/2019 estabelece limites para a DBO, recomendando que a água apresente DBO inferior a 20 mg/L para usos não potáveis. Altos níveis de DBO em água de reuso podem apontar a necessidade de tratamentos adicionais para adequá-la ao uso desejado (Mancuso & Santos, 2003).

2.3.1.9 *Nitrato*

A presença de nitrato pode indicar contaminação através de compostos nitrogenados presentes nos sistemas de drenagem do aparelho condicionador de ar, ou mesmo no próprio ar. No entanto, os níveis de nitrato encontrados nas águas provenientes da condensação de ar-condicionado são normalmente baixos. A NBR 16783/2019 recomenda o monitoramento do

nitrato para garantir que a água seja adequada para o reuso pretendido, especialmente quando imagina aplicações como irrigação e sistemas de resfriamento. Na agricultura, o controle desse composto presente na água é essencial, visto que, níveis baixos ou moderados de nitrato podem ser benéficos como fonte de nitrogênio para as plantas, mas em concentrações excessivas podem influenciar negativamente, como a contaminação do lençol freático (Silva *et al*, 2011).

2.3.1.10 Coliformes totais e termotolerantes

O principal parâmetro que determina a aptidão para os usos de águas provenientes de fontes alternativas são os coliformes totais e termotolerantes, sua presença na água é um indicador de contaminação fecal, uma vez que, pode sugerir a existência de patógenos prejudiciais à saúde, como é o caso da bactéria *Escherichia Coli* (E. Coli), que por sua vez é resistente a altas temperaturas, e principal representante do grupo das termotolerantes (SANTOS; SILVA; REZENDE, 2014).

A água proveniente da condensação de aparelhos de ar-condicionado pode ser suscetível à contaminação microbiológica devido a fungos, bactérias e acúmulo de poeira nos sistemas de condensação. A NBR 16783/2019 estabelece limites para a presença de coliformes totais e termotolerantes na água de reuso, indicando que ela deve estar livre desses micro-organismos para diversos usos, como irrigação de jardins, lavagem de áreas públicas e sistemas de descarga, pois a presença desses organismos poderia colocar em risco a saúde dos usuários do sistema.

De acordo com o Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2019), é essencial que a água destinada ao reuso seja submetida a um tratamento adequado para reduzir os riscos microbiológicos à saúde humana. Além disso, a legislação brasileira também estabelece limites para coliformes em água de reuso, com valores distintos conforme o tipo de uso final (Brasil, 2005).

2.4 CLASSES DE ÁGUA PARA REUSO

De acordo com o manual de Conservação e Reuso da Água em edificações da ANA (2005), as águas para reuso podem ser agrupadas e subdivididas em 4 classes, que são estabelecidas levando em consideração tanto o nível de tratamento necessário para torná-la adequada aos diferentes fins não potáveis, quanto a origem dessas águas. O objetivo é garantir

a segurança no reuso da água, promovendo a economia de recursos hídricos, ao mesmo tempo em que se minimizam os riscos à saúde pública e ao meio ambiente (ANA, 2005).

É válido ressaltar que o manual mencionado apresenta em sua maioria valores mínimos para atender os padrões de qualidade necessários para o uso em determinada atividade.

2.4.1 Classe 1

A primeira classe reúne os usos que possuem como restrição comum a exposição do público, usuários e operários que operam os sistemas de distribuição das águas após o devido tratamento, pois apresentam risco à saúde e segurança humana.

Como atividades em que podem ser empregadas as águas de classe 1, a ANA (2005) menciona:

- Descargas de bacias sanitárias;
- Lavagem de pisos;
- Fins ornamentais (espelhos d'água, chafarizes etc.);
- Lavagem de roupas e de veículos.

Por se tratar de atividades que embora tenham valores próximos, apresentam diferenças, os parâmetros característicos considerados foram para o uso mais restritivo dos mencionados (Tabela 2), a fim de garantir o atendimento de todos os usos mencionados.

Tabela 2 - Parâmetros característicos para água de reuso classe 1

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais ¹	Não detectáveis
pH	Entre 6,0 e 9,0
Cor (UH)	≤ 10 UH
Turbidez (UT)	≤ 2 UT
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L
DBO (mg/L) ²	≤ 10 mg/L
Compostos orgânicos voláteis ³	Ausentes
Nitrato (mg/L)	< 10 mg/L
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L
Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L
Fósforo total ⁴ (mg/L)	≤ 0,1 mg/L
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólido dissolvido total ⁵ (SDT) (mg/L)	≤ 500 mg/L

1. Esse parâmetro é prioritário para os usos considerados.
2. O controle da carga orgânica biodegradável evita a proliferação de microorganismos e cheiro desagradável, em função do processo de decomposição, que podem ocorrer em linhas e reservatórios de decomposição.
3. O controle deste composto visa evitar odores desagradáveis, principalmente em aplicações externas em dias quentes.
4. O controle de formas de nitrogênio e fósforo visa evitar a proliferação de algas e filmes biológicos, que podem formar depósitos em tubulações, peças sanitárias, reservatórios, tanques, etc.
5. Valor recomendado para lavagem de roupas e veículos

Fonte: ANA (2005)

2.4.2 Classe 2

A classe 2 reúne os usos referentes aos processos da construção civil, que possuem parâmetros menos exigentes que os da classe anterior, como pode ser visto na Tabela 3. As atividades mencionadas pela ANA (2005) são as seguintes:

- Lavagem de agregados;
- Compactação do solo;
- Controle de poeira e;
- Preparação de concreto.

Tabela 3 - Parâmetros básicos para água de reuso da classe 2

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais	≤ 1000/mL
pH	Entre 6,0 e 9,0
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1,0 mg/L
DBO (mg/L)	≤ 30 mg/L
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes
Sólidos suspensos totais (mg/L)	30 mg/L

Fonte: ANA (2005)

2.4.3 Classe 3

Nessa classe, o uso predominante é para a irrigação de áreas verdes e jardins, portanto, a maior preocupação e fator limitante de qualidade para tal finalidade, é a concentração de contaminantes biológicos e químicos, que podem oferecer riscos a saúde e meio ambiente (ANA, 2005).

Os principais parâmetros a serem considerados para o uso da água em irrigação estão listados na Tabela 4.

Tabela 4 - Parâmetros básicos para água de reuso da classe 3

Parâmetros		Concentrações	
pH		Entre 6,0 e 9,0	
Salinidade		0,7 < EC (dS/m) < 3,0 450 < SDT (mg/L) < 1500	
Toxicidade por íons específicos	Para irrigação superficial	Sódio (SAR)	Entre 3 e 9
		Cloretos (mg/L)	< 350 mg/L
		Cloro residual (mg/L)	Máxima de 1 mg/L
	Para irrigação com aspersores	Sódio (SAR)	> ou = 3,0
		Cloretos (mg/L)	< 100 mg/L
		Cloro residual (mg/L)	< 1,0 mg/L
Boro (mg/L)	Irrigação para cultura alimentícias	0,7 mg/L	
	Regas de jardins e similares	3,0 mg/L	
Nitrogênio total (mg/L)		5 - 30 mg/L	
DBO (mg/L)		< 20 mg/L	
Sólidos suspensos totais (mg/L)		< 20 mg/L	
Turbidez (UT)		< 5 UT	
Cor aparente (UH)		< 30 UH	
Coliformes fecais (mL)		≤ 200/ 100 mL	

Fonte: ANA (2005)

2.4.4 Classe 4

E por fim, a classe 4 reúne os usos para resfriamento de equipamentos condicionadores de ar como é o caso de torres de resfriamento. Os parâmetros para essa classe de uso estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros básicos para água de reuso da classe 4

Variável (*)	Sem recirculação	Com recirculação
Sílica	50	50
Alumínio	SR	0,1
Ferro		0,5
Manganês		0,5
Amônia		1,0
Sólidos Dissolvidos Totais		1000
Cloretos	600	500
Dureza	850	650
Alcalinidade	500	350
Sólidos em Suspensão Totais	5000	100
pH	5,0 - 8,3	6,8 - 7,2
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	SR	2,2
Bicarbonato	600	24
Sulfato	680	200
Fósforo	SR	1,0
Cálcio	200	50
Magnésio	SR	30
O ₂ dissolvido	Presente	SR
DQO	75	75

(*) Unidade de referência: mg/L, a menos que indicado.

SR - Sem recomendação

Fonte: ANA (2005)

3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata de uma revisão bibliográfica com o intuito de comparar a qualidade de água proveniente de aparelhos condicionadores de ar com os padrões de qualidade para diferentes classes de uso conforme ANA (2005). A metodologia dividiu-se em três etapas, sendo elas: seleção dos estudos, extração de dados, e por fim, análise comparativa dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos.

3.1 SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Inicialmente foi realizada uma ampla pesquisa em bases como o Google Acadêmico, Repositório Institucional da UFPB e SciELO Brasil, entre outras, buscando artigos científicos, dissertações e teses que tratassem da qualidade da água proveniente de aparelhos de ar-condicionado. Para garantir a qualidade e relevância das informações, algumas considerações foram feitas:

- Estudos publicados nos últimos 20 anos (2004-2024);
- Estudos que apresentassem em seu escopo a análise dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos;
- Estudos que mencionassem a caracterização físico-química ou microbiológica dessa fonte alternativa.

3.2 EXTRAÇÃO E COMPILAÇÃO DE DADOS

Após a seleção dos estudos, foram extraídos deles os parâmetros físicos (como cor e turbidez), químicos (como pH, nitrato e dureza) e microbiológicos (coliformes totais e termotolerantes). Esses parâmetros foram organizados em tabelas para cada um deles, para facilitar a comparação entre os estudos, além disso, considerou-se apenas os parâmetros que possuíam maior ocorrência (> 3 repetições), pois alguns apareciam em apenas 1 ou 2 estudos, o que deixaria a informação um pouco vaga. Quanto aos valores, considerou-se o mínimo, médio e máximo, pois alguns estudos apresentam análise de mais de uma amostra, o que resulta em mais de um valor para os parâmetros, para as referências onde contém apenas um valor para o parâmetro, considerou o mesmo para os 3 casos (mínimo, médio e máximo).

Também foi feito um levantamento sobre as normas nacionais e internacionais que discorressem sobre os padrões de qualidade para o reuso de água, e por fim determinou-se como principais balizadoras a NBR 16783/2019 e o Manual de Conservação e Reuso de Águas em Edificações da Agência Nacional de Águas (ANA, 2005).

3.3 ANÁLISE COMPARATIVA E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Em posse dos dados mencionados no tópico anterior, foi realizada uma análise comparativa entre os parâmetros encontrados nos diferentes estudos e os requisitos de qualidade definidos pela ANA (2005) para as quatro classes de reuso (Classe 1, 2, 3 e 4). A partir dessa comparação, foi possível determinar em qual classe a água proveniente de aparelhos condicionadores de ar possui maior potencial de aplicação, considerando suas características e possíveis tratamentos necessários para adequação ao uso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESTUDOS SELECIONADOS

O primeiro passo para a determinação da qualidade da água proveniente de aparelhos condicionadores de ar e posterior comparação com os valores do Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações da ANA (2005), foi a seleção do catálogo que seria objeto de estudo do presente trabalho. Ao todo, foram selecionados 10 estudos, e embora inicialmente tenha sido estabelecido período de 20 anos, o estudo mais antigo é do ano de 2012 e o mais atual 2023.

Outro critério considerado para a seleção dos estudos foi a necessidade de eles incluírem dados quanto a qualidade da água de condensadores de ar, uma vez que, é o foco principal deste trabalho.

A Tabela 6 reúne os estudos selecionados, contendo ano de publicação e autoria, organizados por ordem cronológica crescente.

Tabela 6 - Referências selecionadas

REFERÊNCIA	TÍTULO
CARVALHO et al (2012)	CARACTERIZAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DA ÁGUA DA CONDENSADORA DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO
LIMA et al (2015)	ÁGUA DE AR CONDICIONADO: UMA FONTE ALTERNATIVA DE ÁGUA POTÁVEL?
CUNHA et al (2016)	REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CONDENSAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO
BOLINA et al (2017)	APROVEITAMENTO DA ÁGUA PROVENIENTE DO PROCESSO DE CONDENSAÇÃO DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO EM PRÉDIO PÚBLICO
PEREIRA JUNIOR (2017)	QUANTIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA DOS APARELHOS CONDICIONADORES DE AR NO IFPB CAMPUS SOUSA, PB
ROCHA (2017)	SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA PROVENIENTE DE APARELHOS DE AR CONDICIONADOS PARA FINS NÃO POTÁVEIS: ESTUDO DE CASO APLICADO AO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UFRN
RODRIGUES et al (2019)	ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DA ÁGUA CONDENSADA GERADA POR APARELHOS DE AR CONDICIONADO
SILVA (2019)	ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DA ÁGUA DE CONDENSAÇÃO PROVENIENTE DOS APARELHOS DE AR CONDICIONADO: ESTUDO DE CASO EM UM COLÉGIO DO AGRESTE PERNAMBUCANO
SOARES et al (2022)	QUALIDADE DA ÁGUA GERADA POR EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO PARA FINS NÃO POTÁVEIS
VIANA et al (2023)	AValiação FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE CONDENSAÇÃO PARA FINS DE REAPROVEITAMENTO: UM ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Fonte: Autor, 2024

4.2 COMPARAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS COM OS PADRÕES DE QUALIDADE REFERENCIADOS EM ANA (2005)

A análise dos resultados ocorreu através do cruzamento dos dados dos estudos utilizados com os dispostos no Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações (ANA, 2005),

levando em consideração as 4 classes expostas anteriormente através das Tabelas 2, 3, 4 e 5, e com isso, a conformidade ou não de cada parâmetro para determinar se aquela água analisada é recomendável/pode ser usada para os fins da respectiva classe. Após a separação de todos os dados, foi feita a triagem deles, resultando em 13 parâmetros que possuíam maior ocorrência, e por isso, foram os considerados pelo presente estudo, sendo eles: alcalinidade, cálcio, cloretos, coliformes, cor, dureza, ferro, magnésio, pH, sólidos dissolvidos totais (SDT), sódio, sulfato e turbidez.

O primeiro parâmetro analisado foi a alcalinidade, ele aparece em 6 dos 10 estudos, e apresentou conformidade com a única classe de reuso em que é mencionado, a 4 da ANA (2005), como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetro 1 – Alcalinidade

PARÂMETRO 1 - ALCALINIDADE					CONFORMIDADE COM AS CLASSES DE USO DO MANUAL DA ANA (2005)			
REFERÊNCIA	UND	VALOR MÍN	VALOR MÉD	VALOR MÁX	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
CARVALHO et al (2012)	mg/L	1,08	1,08	1,08	-	-	-	SIM
LIMA et al (2015)	mg/L	0,10	0,10	0,10	-	-	-	SIM
BOLINA et al (2017)	mg/L	14,50	14,50	14,50	-	-	-	SIM
SILVA (2019)	mg/L	4,33	4,33	4,33	-	-	-	SIM
SOARES et al (2022)	mg/L	0,00	8,27	15,90	-	-	-	SIM
VIANA et al (2023)	mg/L	14,50	14,50	14,50	-	-	-	SIM

Fonte: Autor, 2024

O segundo parâmetro analisado foi o cálcio, com 4 ocorrências de 10, e assim como o anterior, ele só é considerado em uma das 4 classes, sendo a referente ao resfriamento de equipamentos condicionadores de ar (classe 4) da ANA (2005), o resultado foi de 100% de conformidade com a classe de reuso mencionada, como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 – Parâmetro 2 - Cálcio

PARÂMETRO 2 - CÁLCIO					CONFORMIDADE COM AS CLASSES DE USO DO MANUAL DA ANA (2005)			
REFERÊNCIA	UND	VALOR MÍN	VALOR MÉD	VALOR MÁX	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
LIMA et al (2015)	mg/L	4,00	6,00	8,00	-	-	-	SIM
PEREIRA JUNIOR (2017)	mg/L	0,00	0,005	0,01	-	-	-	SIM
SILVA (2019)	mg/L	N/D	N/D	N/D	-	-	-	SIM
SOARES et al (2022)	mg/L	<1	1,46	2,49	-	-	-	SIM

Fonte: Autor, 2024

A Tabela 9 apresenta o terceiro parâmetro analisado, os cloretos, que apresentou conformidade de 100% com as classes 3 e 4 da ANA (2005), por se tratar de uma água proveniente de aparelhos condicionadores de ar, ela tem um grau elevado de pureza, o que justifica os valores baixos de cloreto, que sequer aproximam-se dos valores de referência de suas respectivas classes, sendo o menor deles de 100mg/L na classe 3, enquanto o maior encontrado nos estudos foi de 19,10 mg/L. Essa conformidade torna a água analisada apta para o reuso em irrigação e resfriamento, por exemplo.

Tabela 9 – Parâmetro 3 – Cloretos

PARÂMETRO 3 - CLORETO					CONFORMIDADE COM AS CLASSES DE USO DO MANUAL DA ANA (2005)			
REFERÊNCIA	UND	VALOR MÍN	VALOR MÉD	VALOR MÁX	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
CARVALHO et al (2012)	mg/L	0,00	0,00	0,00	-	-	SIM	SIM
LIMA et al (2015)	mg/L	5,00	5,75	7,00	-	-	SIM	SIM
BOLINA et al (2017)	mg/L	<0,50	<0,50	<0,50	-	-	SIM	SIM
PEREIRA JUNIOR (2017)	mg/L	11,78	12,95	14,11	-	-	SIM	SIM
SOARES et al (2022)	mg/L	0,70	7,60	19,10	-	-	SIM	SIM

Fonte: Autor, 2024

Dentre todos os parâmetros analisados, o principal a ser considerado é o de coliformes termotolerantes, pois, a sua ocorrência nas águas de reuso, oferece risco à saúde e segurança dos usuários dos sistemas que aportem as mesmas. A Tabela 10 mostra os resultados obtidos para esse parâmetro, que aparece em 6 dos 10 estudos, para Rodrigues et al (2019) houve inconformidade com as classes de reuso 1 e 4, embora o menor valor encontrado tenha sido 0, o maior foi de 132mg/L e para a classe 1 é necessária ausência desse parâmetro na amostra, a 4 limita o valor à 2,2 mg/L, o que também resultou em inconformidade, esse valor elevado de coliformes é justificado pelo próprio estudo, pois, o dreno em que foi coletada a água, possuía uma parte exposta ao ar livre e provavelmente era bebedouro de pássaros. Para Cunha et al (2016), houve inconformidade com a classe 1, pois embora tenha sido encontrado um valor muito baixo, para ter conformidade com essa classe de reuso é necessária ausência total de coliformes.

Tabela 10 - Parâmetro 4 – Coliformes Termotolerantes

PARÂMETRO 4 - COLIFORMES (E. COLI)					CONFORMIDADE COM AS CLASSES DE USO DO MANUAL DA ANA (2005)			
REFERÊNCIA	UND	VALOR MÍN	VALOR MÊD	VALOR MÁX	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
LIMA et al (2015)	NPM/100mL	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	SIM	SIM	SIM	SIM
CUNHA et al (2016)	NPM/100mL	<1,80	<1,80	<1,80	NÃO	SIM	SIM	SIM
PEREIRA JUNIOR (2017)	NPM/100mL	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	SIM	SIM	SIM	SIM
ROCHA (2017)	NPM/100mL	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	SIM	SIM	SIM	SIM
RODRIGUES et al (2019)	NPM/100mL	0,00	42,11	132,00	NÃO	SIM	SIM	NÃO
SOARES et al (2022)	NPM/100mL	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: Autor, 2024

A Tabela 11 traz os dados da cor, que é um parâmetro de caráter visual, porém, a classe 1 e 3 estabelecem os valores limites em Unidades *Hazen* de ≤ 10 UH e < 30 UH respectivamente, o estudo de Silva (2019) foi o único dos 5 em que a cor foi analisada que apresentou inconformidade para a classe 1, os demais estudos apresentaram 100% de conformidade com as 2 classes nas quais a cor é considerada.

Tabela 11 - Parâmetro 5 – Cor

PARÂMETRO 5 - COR					CONFORMIDADE COM AS CLASSES DE USO DO MANUAL DA ANA (2005)			
REFERÊNCIA	UND	VALOR MÍN	VALOR MÊD	VALOR MÁX	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
LIMA et al (2015)	UH	0,00	0,00	0,00	SIM	-	SIM	-
BOLINA et al (2017)	UH	<1	<1	<1	SIM	-	SIM	-
RODRIGUES et al (2019)	UH	3,00	7,00	9,00	SIM	-	SIM	-
SILVA (2019)	UH	12,00	12,00	12,00	NÃO	-	SIM	-
SOARES et al (2022)	UH	<5	7,47	12,50	SIM	-	SIM	-

Fonte: Autor, 2024

A Tabela 12 apresenta os resultados referentes a dureza, parâmetro presente apenas na classe de 4 de reuso da ANA (2005), apresentou conformidade com os 6 estudos que tiveram ocorrência do parâmetro.

Tabela 12 - Parâmetro 6 - Dureza

PARÂMETRO 6 - DUREZA					CONFORMIDADE COM AS CLASSES DE USO DO MANUAL DA ANA (2005)			
REFERÊNCIA	UND	VALOR MÍN	VALOR MÉD	VALOR MÁX	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
CARVALHO et al (2012)	mg/L	0,85	5,09	9,33	-	-	-	SIM
LIMA et al (2015)	mg/L	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	-	-	-	SIM
BOLINA et al (2017)	mg/L	9,00	9,00	9,00	-	-	-	SIM
SILVA (2019)	mg/L	7,90	7,90	7,90	-	-	-	SIM
SOARES et al (2022)	mg/L	2,59	6,06	11,90	-	-	-	SIM
VIANA et al (2023)	mg/L	2,33	2,33	2,33	-	-	-	SIM

Fonte: Autor, 2024

O ferro foi considerado em apenas 3 dos 10 estudos, contudo, apresentou conformidade em todos eles como mostra a Tabela 13. Esse parâmetro aparece na classe 4 de reuso da ANA (2005).

Tabela 13 - Parâmetro 7 - Ferro

PARÂMETRO 7 - FERRO					CONFORMIDADE COM AS CLASSES DE USO DO MANUAL DA ANA (2005)			
REFERÊNCIA	UND	VALOR MÍN	VALOR MÉD	VALOR MÁX	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
LIMA et al (2015)	mg/L	0,04	0,15	0,33	-	-	-	SIM
BOLINA et al (2017)	mg/L	0,07	0,07	0,07	-	-	-	SIM
SOARES et al (2022)	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-	SIM

Fonte: Autor, 2024

Não muito diferente do parâmetro anterior, o magnésio também teve uma baixa ocorrência nos estudos, aparecendo em 4 dos 10, contudo, também apresentou conformidade de 100% para eles, no que diz respeito a classe em que está contemplado (classe 4), os resultados estão expostos na Tabela 14.

Tabela 14 - Parâmetro 8 – Magnésio

PARÂMETRO 8 - MAGNÉSIO					CONFORMIDADE COM AS CLASSES DE USO DO MANUAL DA ANA (2005)			
REFERÊNCIA	UND	VALOR MÍN	VALOR MÉD	VALOR MÁX	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
LIMA et al (2015)	mg/L	1,48	3,04	5,83	-	-	-	SIM
PEREIRA JUNIOR (2017)	mg/L	0,00	0,05	0,10	-	-	-	SIM
SILVA (2019)	mg/L	0,00	0,00	0,00	-	-	-	SIM
SOARES et al (2022)	mg/L	0,30	0,84	1,38	-	-	-	SIM

Fonte: Autor, 2024

Assim como os coliformes, outro fator de grande importância para a análise das águas de reuso é o pH, isso ocorre, pois, dependendo do nível de acidez/basicidade, a utilização dessa

água pode vir a trazer danos, como na irrigação, por exemplo, onde uma água muito ácida pode vir a prejudicar algumas culturas. A Tabela 15 mostra os resultados obtidos para esse parâmetro, que foi o único com ocorrência nos 10 estudos, e é mencionado nas 4 classes de reuso da ANA (2005), já quanto à conformidade, apenas o estudo de Silva (2019) apresentou inconformidade para todas as classes, com um valor de 5,2 de pH, fica abaixo do mínimo que de 6,0, de acordo com o manual de referência. Já para Soares et al (2022), houve inconformidade com a classe 4 de reuso.

Tabela 15 - Parâmetro 9 - pH

PARÂMETRO 9 - pH					CONFORMIDADE COM AS CLASSES DE USO DO MANUAL DA ANA (2005)			
REFERÊNCIA	UND	VALOR MÍN	VALOR MÉD	VALOR MÁX	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
CARVALHO et al (2012)	-	7,03	7,23	7,43	SIM	SIM	SIM	SIM
LIMA et al (2015)	-	6,70	6,98	7,40	SIM	SIM	SIM	SIM
CUNHA et al (2016)	-	7,22	7,22	7,22	SIM	SIM	SIM	SIM
BOLINA et al (2017)	-	7,60	7,60	7,60	SIM	SIM	SIM	SIM
PEREIRA JUNIOR (2017)	-	7,10	7,10	7,10	SIM	SIM	SIM	SIM
ROCHA (2017)	-	6,27	6,27	6,27	SIM	SIM	SIM	SIM
RODRIGUES et al (2019)	-	6,73	6,73	6,73	SIM	SIM	SIM	SIM
SILVA (2019)	-	5,20	5,20	5,20	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
SOARES et al (2022)	-	5,60	6,33	7,40	SIM	SIM	SIM	NÃO
VIANA et al (2023)	-	6,82	6,82	6,82	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: Autor, 2024

A Tabela 16 apresenta os dados encontrados de sólidos dissolvidos totais (SDT), que embora teve ocorrência apenas em Bolina et al (2017), Rodrigues et al (2019) e Soares et al (2022), é um parâmetro que está presente em 3 das 4 classes de reuso da ANA (2005), e apresentou inconformidade nos 3 casos analisados somente para a classe 3, que é responsável pelo reuso em irrigação e atividades afins, contudo, é importante destacar que para outras normas/manuais, como é o caso da NBR 16783/2019, os valores encontrados apresentam conformidade para todas as classes.

Tabela 16 – Parâmetro 10 - SDT

PARÂMETRO 10 - SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (SDT)					CONFORMIDADE COM AS CLASSES DE USO DO MANUAL DA ANA (2005)			
REFERÊNCIA	UND	VALOR MÍN	VALOR MÉD	VALOR MÁX	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
BOLINA et al (2017)	mg/L	21,00	21,00	21,00	SIM	-	NÃO	SIM
RODRIGUES et al (2019)	mg/L	11,33	11,33	11,33	SIM	-	NÃO	SIM
SOARES et al (2022)	mg/L	8,00	33,67	77,00	SIM	-	NÃO	SIM

Fonte: Autor, 2024

O sódio é mencionado pela classe 3 de reuso da ANA (2005) e teve ocorrência em 4 dos 10 estudos analisados no presente trabalho como mostra a Tabela 17, contudo, ele apresentou inconformidade em todos os estudos, o que já era esperado, pois a água proveniente dos aparelhos condicionadores de ar tem um grau de pureza elevado, apresentando pouca ou nenhuma ocorrência de sais e substâncias afins.

Tabela 17 – Parâmetro 11 - Sódio

PARÂMETRO 11 - SÓDIO					CONFORMIDADE COM AS CLASSES DE USO DO MANUAL DA ANA (2005)			
REFERÊNCIA	UND	VALOR MÍN	VALOR MÉD	VALOR MÁX	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
LIMA et al (2015)	mg/L	0,20	0,35	0,60	-	-	NÃO	-
PEREIRA JUNIOR (2017)	mg/L	0,00	0,00	0,00	-	-	NÃO	-
SILVA (2019)	mg/L	0,00	0,00	0,00	-	-	NÃO	-
SOARES et al (2022)	mg/L	1,20	1,20	1,20	-	-	NÃO	-

Fonte: Autor, 2024

O sulfato aparece em 3 dos 10 estudos e é considerado apenas pela classe 4 de reuso da ANA (2005), apresentou conformidade para todos os casos em que houve ocorrência, como pode ser observado na Tabela 18.

Tabela 18 - Parâmetro 12 - Sulfato

PARÂMETRO 12 - SULFATO					CONFORMIDADE COM AS CLASSES DE USO DO MANUAL DA ANA (2005)			
REFERÊNCIA	UND	VALOR MÍN	VALOR MÉD	VALOR MÁX	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
LIMA et al (2015)	mg/L	1,58	1,88	2,74	-	-	-	SIM
PEREIRA JUNIOR (2017)	mg/L	0,00	0,00	0,00	-	-	-	SIM
SOARES et al (2022)	mg/L	0,10	0,10	0,10	-	-	-	SIM

Fonte: Autor, 2024

E por fim, a Tabela 19 traz os dados referentes à turbidez, parâmetro presente nas classes de reuso 1 e 3 da ANA (2005) e com ocorrência em 50% dos estudos analisados, apresentou conformidade total para todos os estudos em que está presente.

Tabela 19 - Parâmetro 13 - Turbidez

PARÂMETRO 13 - TURBIDEZ					CONFORMIDADE COM AS CLASSES DE USO DO MANUAL DA ANA (2005)			
REFERÊNCIA	UND	VALOR MÍN	VALOR MÉD	VALOR MÁX	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
LIMA et al (2015)	UT	1,16	1,99	3,27	SIM	-	SIM	-
CUNHA et al (2016)	UT	0,29	0,29	0,29	SIM	-	SIM	-
BOLINA et al (2017)	UT	1,00	1,00	1,00	SIM	-	SIM	-
RODRIGUES et al (2019)	UT	0,64	0,64	0,64	SIM	-	SIM	-
SOARES et al (2022)	UT	<0,2	0,99	<2,5	SIM	-	SIM	-

Fonte: Autor, 2024

5 CONCLUSÕES

De acordo com os dados apresentados, o presente trabalho demonstrou que a água de condensação proveniente de aparelhos condicionadores de ar, possui características físicas, químicas e microbiológicas, que a incluem no grupo das fontes alternativas viáveis para o reuso em atividades onde a potabilidade não é exigida, como é o caso da lavagem de agregados na construção civil, irrigação e descargas sanitárias, desde que em conformidade com os valores de referência estabelecidos pelas normas reguladoras, como é o caso da NBR 16783/2019 e também do Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações da ANA (2005), objeto de estudo deste trabalho.

Através da análise dos dados obtidos nos 10 estudos da revisão bibliográfica, conclui-se que para a maioria dos parâmetros utilizados as águas analisadas apresentam conformidade para o reuso principalmente na classe 2 de reuso, que se refere as atividades da construção civil, tendo em vista que houve apenas uma ocorrência de inconformidade no pH de um dos estudos. A classe 4 apresentou inconformidade apenas em 2 parâmetros dos 13 analisados, já a classe 1 e 3 apresentaram inconformidade com 3 parâmetros cada, com isso, é evidente que embora necessitem de tratamento para adequação/correção de alguns parâmetros, as águas oriundas dos aparelhos condicionadores de ar apresentam boa qualidade e possuem potencial de reuso nas 4 classes estabelecidas pela ANA (2005). Também é válido ressaltar que as condições de coleta influenciam nos dados obtidos, como por exemplo, presença de vegetação próxima aos drenos, ocorrência de pássaros ou insetos, ou ainda falta de manutenção nos aparelhos condicionadores de ar, o que pode justificar as inconformidades, uma vez que elas foram pontuais.

Assim, fica evidente que, mesmo com o grande potencial da água de condensação originária e aparelhos condicionadores de ar, seu uso ainda está condicionado à tratamentos adicionais para atender aos diferentes fins de reuso, especialmente no que diz respeito ao controle microbiológico, por apresentarem risco a saúde e segurança dos usuários. Logo, desde que satisfeitas as exigências para o reuso, o emprego dessa fonte alternativa em atividades em que não seja exigida a potabilidade, pode contribuir significativamente para a economia de recursos hídricos, especialmente quando imaginamos ambientes urbanos, onde existe maior concentração de aparelhos de ar-condicionado, desde que sejam implementados sistemas de tratamento e distribuição apropriados.

Por fim, este estudo reforça a importância da adoção de práticas sustentáveis para a gestão hídrica, destacando o reuso de água de condensação como uma estratégia eficiente e de baixo custo, com benefícios tanto econômicos quanto ambientais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual de conservação e reuso de águas em edificações**. Brasília: ANA, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019.

ALMEIDA, G. S. **Metodologia para caracterização de efluentes domésticos para fins de reuso: estudo em Feira de Santana, Bahia**. 2007. 226 f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Salvador-BA, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16783:2019 - Aproveitamento de água de chuva e água condensada de ar-condicionado em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BACCAN, N.; ANDRADE, J. C. de; GODINHO, O. E. S.; BARONE, J. S. **Química analítica quantitativa elementar**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

BOLINA, C. C. *et al.* **Aproveitamento da água proveniente do processo de condensação de aparelhos de ar-condicionado em prédio público**. Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia, v. 12, p. 14-27, 2017.

BRUNI, J. C. **A água e a vida**. Tempo Social, v. 5, n. 1/2, p. 53-65, 1993. DOI: 10.1590/ts.v5i1/2.84942. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/ts/article/view/84942>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

CALDAS, J.; CAMBOIM, W. L. L. **Aproveitamento da água dos aparelhos condicionadores de ar para fins não potáveis: avaliação da viabilidade de implantação em um bloco do Unipê**. Revista InterScientia, João Pessoa, v.5, n.1, p. 166-188, 2017. Semestral. Disponível em: <<https://periodicos.unipe.br/index.php/interscientia/article/view/464>> Acesso em: 11 out. 2024.

CARVALHO, M. T. C.; CUNHA, S. O.; FARIA, R. A. P. G. **Caracterização quali-quantitativa da água da condensadora de aparelhos de ar-condicionado**. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 3., 2012, Goiânia. *Anais...* Goiânia: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2012. p. 1-4.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Programa Cisternas - Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água - Comissão de Meio Ambiente.** Disponível em: <<https://cbic.org.br/comissaomeioambiente/programa-cisternas/>>. Acesso em: 22 set. 2024.

CUNHA, K. T.; KLUSENER FILHO, L. C.; SCHRÖDER, N. T. **Reaproveitamento da água de condensação de equipamentos de ar-condicionado.** Revista de Iniciação Científica da ULBRA, n. 14, p. 166-176, 2016.

FERREIRA, W. B. **Proposta para aproveitamento das águas de drenagem de subsolo: o rebaixamento do lençol freático no bairro de Moema.** 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011.

FERREIRA, E. P.; TOSE, M. **Uso sustentável da água produzida por aparelhos de ar-condicionado – um estudo de caso.** Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 8, n. 3, p. 180-189, 2016.

GAITÁN, M.C.P.; TEIXEIRA, B.A.D.N. **Aproveitamento de água pluvial e sua relação com ações de conservação de água: estudo de caso em hospital universitário, São Carlos (SP).** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 25, n. 1, p. 133-144, 2020.

HABERMANN, M.; GOUVEIA, N. **Requalificação urbana em áreas contaminadas na cidade de São Paulo.** Estudos Avançados, v. 28, n. 82, p. 129-137, 2014.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 4ª Edição. Rio de Janeiro: ABES, 932p. 1995.

JULIANA, I. C. et al. **Performance of rainwater harvesting system based on roof 98 catchment area and storage tank capacity.** MATEC Web of Conferences, v. 101, p. 1–6, 2017.

LIMA, S. M. De; ZAQUE, R. A. M.; VALENTINI, C. M. A.; SOUZA, F. S. C. De; ALBANO, P. F. M. **Água de ar-condicionado: uma fonte alternativa de água potável?** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 6, 2015, Porto Alegre, Brasil. *Anais...* São Paulo: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais -IBEAS, 2015.

MaCamp. **BIODIGESTOR: Posso Despejar Esgoto de Motor Home?** Disponível em: <https://macamp.com.br/biodigestor-posso-despejar-esgoto-de-motor-home/>. Acesso em: 22 set. 2024.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de água**. São Paulo: Manole, 2003.

MAY, S.; **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009, Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MM Equipamentos. **Rebaixamento de Lençol Freático**. Disponível em: <https://mmeqp.com.br/rebaixamento-de-lencol-freatico/>. Acesso em: 22 set. 2024.

MONTEIRO, V. R. **Wetlands construídos empregados no tratamento descentralizado de águas cinzas residencial e de escritório**. Florianópolis, 2014. 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

NENGANGA, I. P. **Reaproveitamento Da Água De Condensação Proveniente Dos Aparelhos De Ar-Condicionado. Estudo de Caso: Edifício da UniPiaget Angola**. Viana, Luanda (Angola). 2014.

NOVAIS, S. A.; **"O que é pH?"**; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-ph.htm>. Acesso em 21 de setembro de 2024.

ONU. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021**. Organização das Nações Unidas, 2021.

PEREIRA JUNIOR, E. B., et al. **Quantidade e qualidade da água dos aparelhos condicionadores de ar no IFPB Campus Sousa, PB**. Revista agroecologia no semiárido, v. 1, p. 01-12, Sousa, Paraíba, 2017.

RIBAS, M. A. M.; **Aproveitamento da água de condensação de aparelhos de ar-condicionado em edificações, para fins não potáveis**. 2017. Trabalho de Dissertação (Mestrado em Processos Construtivos) – Universidade FUMEC, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Belo Horizonte, 2017.

RIBEIRO, T. A. P. *et al.*; **Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistema de irrigação localizada**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 9, n. 3, 2005.

ROCHA, D. P. B.; **Sistema de reuso de água proveniente de aparelhos de ar condicionados para fins não potáveis: estudo de caso aplicado ao Centro de Tecnologia da UFRN**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

RODRIGUES, J.O.N. **Análise quali-quantitativa da água condensada oriunda de aparelhos de ar-condicionado**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

RODRIGUES, J.O.N.; SILVA, T.C.; ATHAYDE JUNIOR, G. B. **Análise quali-quantitativa da água condensada gerada por aparelhos de ar-condicionado**. Revista eletrônica de gestão e tecnologias ambientais, v. 7, p. 160, 2019;

RODRIGUES, J. O. N. **Avaliação da viabilidade e aceitação social do uso da água clara oriunda de aparelhos de ar-condicionado**. 2020. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, 2021.

SANTOS, J. A.; SILVA, J. X.; REZENDE, A. J. **Avaliação microbiológica de coliformes totais e termotolerantes em água e bebedouros de uma escola pública no Gama Distrito Federal**. Revista de Divulgação Científica Sena Aires, janeiro-junho (1), 11-18, 2014.

SANT'ANA, D. R.; MEDEIROS, L. B. P. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas em edificações**. Relatório técnico final – Universidade de Brasília, 2017

SILVA, I. N. *et al.* **Qualidade de água na irrigação**. ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido, v. 7, n. 3, p. 01-15, 2011.

SILVA, J. B.; **Análise quali-quantitativa da água de condensação proveniente dos aparelhos de ar-condicionado: estudo de caso em um colégio do agreste pernambucano**. 2019. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2019.

SOARES, M. C. D. M., et al. **Qualidade da água gerada por equipamentos de ar-condicionado para fins não potáveis**. Fórum Ambiental de Alta Paulista, v. 18, n. 3, 2022.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.

TOMAZ, P. **Aproveitamento da água de chuva: O que você precisa saber sobre as mudanças na revisão da ABNT NBR 15.527:2019**. 2019, Disponível em: < https://abes-sp.org.br/arquivos/19-05-30-bar-da-abes_r01.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

VIANA, D. F.; ALVES, I. C. B.; MARQUES, P. R. B. O. (2023). **Avaliação físico-química da água de condensação para fins de reaproveitamento: um estudo de caso na Universidade Federal do Maranhão**. Revista Brasileira De Iniciação Científica, 10, e023025. Recuperado de

<https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/rbic/article/view/840>.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 2014.