



**MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

AILTON DRUMOND DA SILVEIRA

**MANEJO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA PROVENIENTE DO PROCESSO DE
CONDENSAÇÃO EM APARELHOS DE AR-CONDICIONADO**

BAMBUÍ - MG

2026

AILTON DRUMOND DA SILVEIRA

**MANEJO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA PROVENIENTE DO PROCESSO DE
CONDENSAÇÃO EM APARELHOS DE AR-CONDICIONADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – IFMG – Campus Bambuí, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Fernando Lemos.

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental.

Projeto Estruturante: Gestão de águas, efluentes e resíduos sólidos I - Interação Climática.

BAMBUÍ - MG

2026

PARECER Nº 1

Parecer/Ficha de aprovação

FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação intitulada de “**Manejo sustentável da água proveniente do processo de condensação em aparelhos de ar-condicionado**”, de autoria do mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, **Ailton Drumond da Silveira**, sob a orientação do prof. **Dr. Carlos Fernando Lemos**, aprovado pela Banca Examinadora de Defesa, em 12/02/2026, com a média de 86,3 pontos.

BambuÍ (MG), 12 de fevereiro de 2026.



Documento assinado eletronicamente por **Donizete dos Reis Pereira, Usuário Externo**, em 13/02/2026, às 08:02, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **AILTON DRUMOND DA SILVEIRA, Usuário Externo**, em 13/02/2026, às 15:47, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS FERNANDO LEMOS, Usuário Externo**, em 13/02/2026, às 18:54, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Sousa Cavalcanti, Professor**, em 14/04/2026, às 14:53, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Neimar de Freitas Duarte, Professor**, em 15/04/2026, às 15:22, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2621566** e o código CRC **D5D2A743**.

Criado por [ronaldo.barbosa](#), versão 2 por [ronaldo.barbosa](#) em 12/02/2026 17:58:18.

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

S587m Silveira, Ailton Drumond da.

Manejo sustentável da água proveniente do processo de condensação em aparelhos de ar-condicionado. / Ailton Drumond da Silveira. – Bambuí, 2026.

105 f.: il.; color.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Fernando Lemos.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2026.

1. Água de condensação. 2. Gestão de recursos hídricos. 3. Uso não nobre de água. I. Lemos, Carlos Fernando. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 333.9116

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela oportunidade de dar continuidade a este projeto, e a minha esposa, Marilda, meus filhos e minhas noras.

Estendo minha gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram com atenção e incentivo.

De maneira especial, agradeço aos amigos que me auxiliaram ao longo desta jornada e, em particular, ao meu orientador, cuja orientação e dedicação foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Agradeço, ainda, aos doutores da banca examinadora, pelo tempo dedicado à leitura, análise e compreensão deste estudo.

RESUMO

Diante do crescente cenário de escassez hídrica e da intensificação da demanda por recursos em ambientes urbanos, torna-se necessária a busca por fontes alternativas de água que contribuam para o uso racional e sustentável. Nesse contexto, a água gerada pelo processo de condensação de aparelhos de ar-condicionado apresenta-se como um recurso potencialmente relevante, embora ainda subaproveitado em edificações climatizadas. Este trabalho teve como objetivo avaliar, de forma crítica, a viabilidade técnica e ambiental do aproveitamento dessa fonte hídrica, por meio de sua quantificação, caracterização físico-química e microbiológica e análise de suas aplicações em usos não potáveis. Trata-se de uma pesquisa exploratória, bibliográfica e experimental, conduzida a partir da implantação de um sistema de coleta em uma unidade da empresa Wurth do Brasil, permitindo a obtenção de dados experimentais em condições reais de operação. Os resultados indicaram uma produção média de 10,2 L/h para os equipamentos monitorados; entretanto, ao considerar a capacidade térmica total instalada (593.000 BTU/h), estimou-se uma produção potencial de 49,42 L/h, evidenciando a relevância quantitativa dessa fonte e sua recorrente subutilização. As análises laboratoriais demonstraram que a água de condensação apresenta baixa turbidez, reduzida concentração de sólidos dissolvidos e ausência de microrganismos indicadores de contaminação fecal, indicando boa qualidade inicial. Contudo, a variabilidade do pH e a ausência de cloro residual evidenciam limitações quanto ao atendimento aos padrões de potabilidade vigentes, restringindo seu uso para consumo humano sem tratamento prévio. Os resultados sustentam a viabilidade de utilização em usos não potáveis, como irrigação, limpeza e descargas sanitárias, com potencial efetivo de redução da demanda por água potável. Adicionalmente, foi desenvolvido um manual técnico com diretrizes para captação, armazenamento e utilização da água de condensação, conferindo caráter aplicado e replicável à pesquisa. Conclui-se que o aproveitamento dessa fonte hídrica configura-se como uma estratégia tecnicamente viável, ambientalmente relevante e ainda insuficientemente explorada, com implicações diretas para a gestão eficiente dos recursos hídricos e para o enfrentamento de cenários de crescente pressão sobre a disponibilidade de água.

Palavras-chave: Água de condensação; Gestão de recursos hídricos; Uso não nobre de água.

ABSTRACT

Given the growing water scarcity and the increasing demand for water resources in urban environments, it is necessary to seek alternative water sources that contribute to rational and sustainable water use. In this context, the water generated by the condensation process of air conditioners represents a potentially significant resource, although it remains underutilized in air-conditioned buildings. The objective of this study was to critically evaluate the technical and environmental feasibility of using this water source through its quantification, physical-chemical and microbiological characterization, and analysis of its applications in non-potable purposes. This is an exploratory, bibliographic, and experimental study conducted following the implementation of a collection system at a Wurth do Brasil facility, enabling the collection of experimental data under real operating conditions. The results indicated an average production of 10.2 L/h for the monitored equipment; however, when considering the total installed thermal capacity (593,000 BTU/h), a potential production of 49.42 L/h was estimated, highlighting the quantitative significance of this source and its recurring underutilization. Laboratory analyses showed that the condensate water has low turbidity, a reduced concentration of dissolved solids, and no microorganisms indicative of fecal contamination, which indicates good initial quality. However, the variability in pH and the absence of residual chlorine highlight limitations in meeting current potability standards, restricting its use for human consumption without prior treatment. The results support the feasibility of using it for non-potable purposes, such as irrigation, cleaning, and toilet flushing, with the potential to effectively reduce the demand for potable water. Additionally, a technical manual was developed with guidelines for the collection, storage, and use of condensate water, giving the research an applied and replicable character. It is concluded that the use of this water source constitutes a technically viable, environmentally relevant, and still underutilized strategy, with direct implications for the efficient management of water resources and for addressing scenarios of increasing pressure on water availability.

Keywords: Air-conditioners; Water Resources Management; Non-potable water use.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento

ACJ – Aparelho Condicionado do tipo Janela

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico BTU – Unidade Térmica Britânica

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto ESG – Ambiental, Social e Governança FAO – Food and Agriculture Organization FUNASA – Fundação Nacional da Saúde IFMG – Instituto Federal de Minas Gerais

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável ONU – Organização das Nações Unidas

pH – Potencial Hidrogeniônico

PMOC – Plano de Manutenção, Operação e Controle

PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

PTT – Produto Técnico-Tecnológico

PVC – Policloreto de Vinila

VRF – Fluxo de Refrigerante Variável

WWF – Fundo Mundial para a Natureza

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1 Escassez hídrica e aproveitamento de água.....	17
2.2 Sistemas de ar-condicionado.....	26
2.2.1 Split Hi-Wall.....	27
2.2.2 Split Piso Teto.....	27
2.2.3 Split Cassete.....	28
2.2.4 Multi Split.....	29
2.3 Classificação dos corpos de água.....	32
3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	36
3.1 Etapa 1 - Avaliação técnica da estrutura de instalação de aparelhos de ar-condicionado na empresa <i>locus</i> da pesquisa	36
3.2 Etapa 2 – Elaboração de projeto de instalação de coletores de água	40
3.3 Etapa 3 - Execução do projeto de instalação de sistema coletor de água	45
3.4 Etapa 4 - Coleta da água gerada pela condensação para análise laboratorial e medição de quantitativo	48
3.5 Etapa 5 – Proposição de um manual prático para coleta, armazenamento e utilização da água gerada pela condensação de sistemas de ar-condicionado.....	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1 Estudo da viabilidade técnica para implantação do sistema de coleta de água de condensação.....	56
4.2 Resultados da coleta da água gerada pelo processo de condensação para medição de quantitativo	57
4.3 Resultado da análise laboratorial	60
4.3.1 Resultado da primeira coleta.....	60
4.3.2 Resultado da segunda coleta	62
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
REFERÊNCIAS.....	70

APÊNDICE A – TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA A REALIZAÇÃO DO ESTUDO NA EMPRESA WURTH DO BRASIL	74
APÊNDICE B – CARTA DE INTENÇÃO DE PARCERIA – ATMO INSTALAÇÕES TÉCNICAS LTDA.....	76
APÊNDICE C - CARTA DE INTENÇÃO DE PARCERIA FRIOCLIMA INSTALAÇÕES TÉRMICAS E CONSULTORIA LTDA.....	76
APÊNDICE D – PRODUTO TÉCNICO-TECNOLÓGICO	78
ANEXO A – RELATÓRIO DE ENSAIOS FORNECIDO PELO LABORATÓRIO DO IFMG	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evaporador do tipo Hi Wall	27
Figura 2 – Evaporador do tipo piso teto	28
Figura 3 - Evaporador do tipo cassete	28
Figura 4 – Equipamentos de tipo multi split.....	29
Figura 5 – Esquema de ligação entre unidade evaporadora e condensadora.....	30
Figura 6 – Esquema do Ciclo de Carnot Reverso (Frigorígeno)	31
Figura 7 – Vendas de sistemas de ar-condicionado no Brasil entre 2015 e 2024	32
Figura 8 - Vista aérea do galpão da empresa Wurth do Brasil	37
Figura 9 - Layout de localização do escritório no galpão	38
Figura 10 - Unidades condensadoras instaladas no galpão	38
Figura 11 - Unidade evaporadora - área de televisão	39
Figura 12 - Unidade evaporadora – área de Show Room.....	39
Figura 13 – Planta do térreo, com localização do reservatório	42
Figura 14 – Planta do primeiro pavimento, com equipamentos de ar-condicionado instalados	43
Figura 15 – Planta do segundo pavimento, com equipamentos de ar-condicionado instalados	44
Figura 16 - Tubulação equalizada da água de condensação 1º e 2º pavimentos	46
Figura 17 - Reservatório da água de condensação instalado na casa de máquinas (térreo)	47
Figura 18 - Válvula esfera instalada	48
Figura 19 - Imagem do pesquisador na fase de preparação para a coleta da água	49
Figura 20 - Exemplar de envases da água coletada para transporte ao laboratório.....	50
Figura 21 - Água mineral do envase sendo aproveitada.....	50
Figura 22 - Coleta da água de condensação e armazenamento para transporte	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quantitativo dos trabalhos encontrados de acordo com os filtros aplicados.....	19
Quadro 2 - Dados dos equipamentos utilizados nos estudos analisados e quantidade da água obtida	25
Quadro 3 - Classificação dos corpos da água e os usos permitidos segundo a Resolução CONAMA n.º 357/2005	33
Quadro 4 - Métodos de análise e relevância dos parâmetros	34
Quadro 5 - Parâmetros aceitáveis para consumo humano e para irrigação segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (Food and Agriculture Organization - FAO) e o CONAMA	35
Quadro 6 - Relação dos equipamentos instalados no galpão G1 do complexo	40
Quadro 7 - Aviso da suspensão do uso da água do reservatório durante a medição	54
Quadro 8 - Condições meteorológicas nos dias de coleta da água.....	54
Quadro 9 - Coleta com os equipamentos ligados conforme as necessidades dos usuários: 14 out., 7h-17h.....	58
Quadro 10 - Coleta com os equipamentos ligados conforme as necessidades dos usuários: 29 out., 7h-17h.....	59
Quadro 11 - Relatório dos resultados do laboratório da Água e Leite da IFMG/BambuÍ.....	61
Quadro 12 - Data de realização das análises da segunda coleta da água de condensação	62
Quadro 13 - Resultados das análises da amostra 1 da segunda coleta da água de condensação	63
Quadro 14 - Resultados das análises da amostra 2 da segunda coleta	63
Quadro 15 - Resultados das análises da amostra 3 da segunda coleta	64
Quadro 16 - Comparativo dos resultados das três amostras da segunda coleta	66

1 INTRODUÇÃO

No cenário global, estamos diante da crescente escassez de água, o que afeta não somente o meio ambiente, mas também a saúde das pessoas. Nesse sentido, é importante adotar estratégias para promover tanto a eficiência hídrica quanto a conscientização das pessoas sobre hábitos sustentáveis (TUNDISI, 2008).

No cenário brasileiro, especificamente, dada a importância da água, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) foi instituída com a missão de “implementar e coordenar a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos e regular o acesso à água, promovendo o seu uso sustentável em benefício da atual e das futuras gerações” (ANA, 2024). Trata-se, portanto, de uma importante ação para a garantia do uso sustentável da água no país.

É a partir da preocupação com a escassez dos recursos hídricos que se buscou com esta pesquisa apresentar os resultados e uma medida eficaz para melhorar o uso da água: o aproveitamento da água gerada no processo de condensação em aparelhos de ar-condicionado para fins não-nobres, como serviços gerais.

Com a busca por conforto térmico, a invenção do aparelho de ar-condicionado por Willis Carrier, em 1902, nos Estados Unidos da América, teve o objetivo de diminuir a umidade interna das fábricas de tecelagem, que foi o primeiro grande público do mercado do equipamento. O aparelho de ar-condicionado promove a remoção da umidade do ambiente e o processo de condensação, ou seja, faz com que o vapor se transforme em estado líquido da água, que, por sua vez, é transferida para um ambiente externo, por gotejamento. Essa água, portanto, pode ser coletada, armazenada e utilizada de maneira sustentável, como, por exemplo: lavagem de prédios, carros e calçadas, reservatório para vaso sanitário, reservatório para uso contra incêndio, entre outros (SANTOS; SOUSA, 2025).

A garantia de conforto térmico em residências, prédios comerciais e hospitais, por exemplo, promove o bem-estar das pessoas, por um lado, e o uso sustentável da água gerada pelo processo de condensação dos aparelhos poderá contribuir para amenizar a escassez de água, por outro lado (BASTOS; CALMON, 2013).

É importante ressaltar que, no Brasil, existe a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA), cuja missão envolve, entre outros, promover o uso correto de equipamentos e o desenvolvimento de normas e procedimentos para garantir o bem-estar e a qualidade de vida nos ambientes internos e a preservação do meio ambiente. Dentre as temáticas abordadas na referida Associação, estão: “eficiência energética, meio ambiente, sustentabilidade, qualidade do ar, normalização, capacitação, entre outros”

(ABRAVA, 2024). Nos grandes centros metropolitanos, observa-se uma grande quantidade de equipamentos de ar-condicionado instalados, de diversas capacidades térmicas e de diferentes sistemas. No entanto, o aproveitamento da água produzida a partir da condensação ainda é mínimo. Com o avanço do aquecimento global, a escassez hídrica e a crescente preocupação com o conforto térmico e a produtividade dos funcionários, a demanda por esses equipamentos tende a aumentar cada vez mais (FERREIRA; PEREIRA; SOUZA, 2016).

Em adição, a falta de informação e, em alguns casos, o descaso de parte das empresas em relação à quantidade da água gerada e à responsabilidade ambiental são preocupantes. Para que uma empresa realmente adote os princípios Ambiental, Social e Governança (ESG), é essencial implementar ações, posturas e processos sustentáveis, independentemente de seu porte ou natureza, seja pública ou privada (ISSA; MAZON, 2022).

Além disso, quando essa água de condensação não está sendo aproveitada frequentemente, ela escorre para os passeios ou é canalizada diretamente para a rede pluvial e, em alguns casos, até para o esgoto. Esse acréscimo de volume nas redes de drenagem e esgotamento sanitário pode sobrecarregar as Estações de Tratamento da água (ETAs) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), gerando custos adicionais e impactando ainda mais os cofres públicos (REAL; CORRÊA, 2017).

Nesse cenário, este trabalho tratou de uma estratégia economicamente sustentável para auxiliar a resolver o problema da escassez hídrica e do aquecimento global: o aproveitamento da água de condensação para usos não nobres, a partir de técnicas relativamente baratas e de fácil aplicação.

O uso não nobre significa empregar água em atividades que não envolvem consumo humano direto ou indireto, por essas não exigirem alta qualidade da água, permitindo o aproveitamento de fontes alternativas, como água de chuva, de reuso ou proveniente da condensação de aparelhos de ar-condicionado. São exemplos de usos não nobres: a irrigação de jardins e áreas verdes, a lavagem de pisos, pátios e veículos, a descarga de vasos sanitários, o resfriamento industrial e o combate a incêndio (em certos contextos).

Ao contrário do uso não nobre, o uso nobre precisa atender aos padrões de potabilidade definidos por normas sanitárias, como a Portaria GM/MS nº 888/2021 no Brasil. São exemplos de uso nobre: o consumo humano, a higiene pessoal, a limpeza de utensílios de cozinha e equipamentos alimentares, os processos industriais que requerem água de alta pureza e os procedimentos de saúde que exigem água de qualidade potável. Assim, a distinção entre os tipos de uso da água é fundamental para compreender o potencial das estratégias economicamente sustentáveis voltadas à mitigação da escassez hídrica.

Pesquisa recente (SANTOS; GASPAR; SOUZA, 2020) apresenta diversos dados a respeito da quantidade de água. De acordo com informações do Fundo Mundial para a Natureza (WWF), há mais de 326 quintilhões de litros da água na Terra. Menos de 3% de toda essa água é doce e, dessa quantidade, mais de dois terços estão em calotas polares e icebergs. Aliado a isso, há a realidade da escassez hídrica global, causada principalmente pelas mudanças climáticas e pelo consumo excessivo de água, o que poderá fazer com que a humanidade sofra com a escassez da água potável.

A realização desta pesquisa ancorou-se em três aspectos principais, quais sejam: (i) o conhecimento deste pesquisador a respeito de aparelhos de ar-condicionado e do potencial que tais máquinas têm para a produção de volume significativo da água no processo de condensação; (ii) os dados científicos que mostram a real diminuição dos recursos hídricos no mundo e (iii) a necessidade do cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e ambiental do aproveitamento da água gerada pelo processo de condensação de equipamentos de ar-condicionado, por meio da elaboração de um manual técnico com diretrizes para implementação e uso em diferentes contextos. Para isso, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. quantificar a água gerada pelo processo de condensação de ar-condicionado da empresa Wurth, locus da pesquisa;
2. caracterizar as propriedades físico-químicas da água de condensação, visando identificar sua adequação para diferentes usos não potáveis;
3. avaliar, a partir dos resultados da análise laboratorial, possíveis aplicações e impactos ambientais positivos da água gerada
4. desenvolver um manual técnico com diretrizes detalhadas e práticas para a instalação, operação e manutenção de sistemas de aproveitamento da água de condensação, visando a sustentabilidade e a eficiência.

Nesse sentido, a proposta deste trabalho está centrada também no manejo sustentável da água proveniente da condensação em aparelhos de ar-condicionado e está alinhada com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), especialmente no que diz respeito a alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Destaca-se, em primeiro lugar, o ODS 6 – Água Potável e Saneamento, cuja meta 6.4 é “aumentar substancialmente a eficiência no uso da água em todos os setores” (ONU, 2015, s.p.).

O aproveitamento da água de condensação, geralmente descartada, representa uma oportunidade real de otimização do uso dos recursos hídricos em edificações urbanas e comerciais. Os resultados desta pesquisa podem contribuir com o ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, na medida em que o aproveitamento dessa água pode reduzir pressões sobre sistemas de abastecimento. O trabalho também se alinha ao ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, ao propor uma forma alternativa de uso eficiente de um recurso natural que, atualmente, é negligenciado. Da mesma maneira, embora indiretamente, a iniciativa apoia o ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima, já que soluções sustentáveis para o uso da água colaboram com sistemas urbanos mais resilientes e adaptáveis frente às alterações climáticas, especialmente no contexto de ilhas de calor e aumento da demanda por sistemas de climatização.

É importante ressaltar, por fim, que, recentemente, no âmbito da COP30 (30ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática) realizada em 2025, no Brasil, foram reafirmados os alertas sobre o avanço acelerado do aquecimento global e os riscos urgentes associados à escassez hídrica — cenários que implicam desafios ambientais e sociais profundos. Esses fatos evidenciam a necessidade premente de reconsiderar nossa dependência de recursos hídricos potáveis ou tratados e de buscar, com urgência, soluções alternativas e sustentáveis para o uso da água. Nesse contexto, a utilização da água gerada pela condensação de aparelhos de ar-condicionado para usos não nobres — embora não resolva, por si só, a crise hídrica — representa um ponto de partida promissor. Se regulamentada por ações efetivas dos poderes legislativo e executivo, tal prática pode abrir caminho para uma nova cultura de consumo consciente e uso racional da água.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, são apresentadas algumas pesquisas a respeito de escassez hídrica e possibilidades de aproveitamento de água, bem como apresentados os sistemas de ar condicionado.

2.1 Escassez hídrica e aproveitamento de água

Neste estudo, entende-se que é fundamental estarmos sempre alertas quanto aos temas que impactam o bem-estar do planeta e da humanidade. Sabe-se que a proposta deste estudo, para muitos, pode parecer apenas a economia de algumas gotas da água geradas a partir da condensação dos sistemas de ar-condicionado. No entanto, é preciso lembrar que é de gota a gota que as sociedades poderão alcançar uma significativa economia da água potável e tratada.

Para o desenvolvimento desta dissertação, foi feita uma revisão sistemática da literatura, a partir do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (Protocolo PRISMA), de acordo com Moher *et al.* (2009). Tal revisão sistemática caracteriza-se por uma pesquisa de um tema previamente formulado, utilizando-se de métodos sistemáticos para identificar, selecionar e avaliar pesquisas relevantes na área. O resultado dessa revisão, portanto, pode servir para fundamentar a pergunta de pesquisa de quem a realiza, de forma a reduzir possíveis problemas ou vieses metodológicos.

O Protocolo PRISMA, por sua vez, refere-se a uma possibilidade de roteiro para a revisão sistemática (Marcondes e Silva, 2023, p. 3) com planejamento e de forma a contemplar todos os dados, etapas e informações necessárias. A busca por trabalhos que tratassem sobre o tema no contexto brasileiro foi realizada em 26 de junho de 2024, no *Google Scholar* (o Google Acadêmico), por ele contemplar textos disponíveis em diversas bases de dados. Como recorte histórico, optou-se por considerar os trabalhos publicados nos últimos 10 anos, de 2014 a 2024, devido ao fato de que é nesse período em que é concentrada a maior parte das pesquisas, conforme busca preliminar.

Primeiramente, foram estabelecidas as seguintes categorias e suas respectivas palavras-chave:

- (1) manejo de água: uso (use), reúso (reuse), aproveitamento e reaproveitamento;
- (2) equipamento e processo: ar condicionado e condensação; e
- (3) finalidade: limpeza.

Para a pesquisa dos trabalhos escritos em língua inglesa, foi verificado que a utilização

dos termos use e reuse é recorrente para tratar de aproveitamento e reaproveitamento, respectivamente.

A escolha das referidas palavras-chave deu-se a partir da leitura de alguns trabalhos publicados na área, quando foi verificada a recorrência de uso para que as buscas fossem mais precisas. O estabelecimento das categorias, por sua vez, foi em função do objetivo deste trabalho e do agrupamento de significados que a temática sugere, ou seja, como é realizado o manejo da água produzida a partir da sua condensação em aparelhos de ar condicionado para fins de limpeza.

Posteriormente à categorização e à escolha das palavras-chave para a realização das buscas, foram definidos seis critérios de exclusão de textos, (1) duplicidade nos resultados das buscas, (2) trabalhos de conclusão de curso, (3) indisponibilidade na Internet ou no Portal de Periódicos da CAPES ou nos sites de universidades, (4) uso nobre como finalidade da água (irrigação, água potável e outros), (5) pesquisa realizada fora do contexto brasileiro e (6) trabalhos (exceto de mestrado e doutorado - artigo, dissertação e tese) que não tenham sido publicados em periódicos científicos.

Por fim, as buscas foram realizadas utilizando-se quatro filtros, conforme pode ser verificado na Quadro a seguir. As aspas foram utilizadas para a operacionalização dos filtros, uma vez que os operadores booleanos (como AND, OR etc.) não se mostraram eficientes no motor de busca empregado. Os três primeiros filtros foram feitos a partir da utilização das palavras-chave, acrescentando-se uma palavra na medida em que eles eram aplicados e, o quarto, a partir da leitura dos títulos e resumos dos trabalhos, de forma a identificar possíveis critérios de exclusão.

Quadro 1 - Quantitativo dos trabalhos encontrados de acordo com os filtros aplicados

Língua	Manejo	Primeiro filtro		Segundo filtro		Terceiro filtro		Quarto filtro: leitura de título e resumo			
		Palavras-chave	N	Palavras-chave	N	Palavras-chave	N	Quantidade de excluídos	Total de considerados para leitura completa		
Português	Uso Reúso	“uso de água”; “ar condicionado”	1420	“uso de água”; “ar condicionado”; “condensação”	237	“uso de água”; “ar condicionado”; “condensação”; “limpeza”	166	165	1		
		“reúso de água”; “ar condicionado”	928	“reúso de água”; “ar condicionado”; “condensação”	147	“reúso de água”; “ar condicionado”; “condensação”; “limpeza”	114	104	10		
Português	Aproveitamento Reaproveitamento	“aproveitamento de água”; “ar condicionado”	858	“aproveitamento de água”; “ar condicionado”; “condensação”	160	“aproveitamento de água”; “ar condicionado”; “condensação”; “limpeza”	134	131	3		
		“reaproveitamento de água”; “ar condicionado”	522	“reaproveitamento de água”; “ar condicionado”; “condensação”	84	“reaproveitamento de água”; “ar condicionado”; “condensação”; “limpeza”	61	58	3		
Inglês	Use Reuse Brazil	“water use” “air conditioning” "Brazil"	2800	“water use” “air conditioning” “condensation” “Brazil”	280	“water use” “air conditioning” “condensation” “cleaning” "Brazil"	152	151	1		
		“water reuse” “air conditioning” “Brazil”	545	“water reuse” “air conditioning” “condensation” “Brazil”	72	“water reuse” “air conditioning” “condensation” “cleaning” “Brazil”	44	42	2		
Totais	Total de trabalhos após o primeiro filtro		7073	Total de trabalhos após o segundo filtro		980	Total de trabalhos após o terceiro filtro		671	total de trabalhos selecionados	20

Pesquisa realizada no *Google Scholar*, em 26 de junho de 2024, considerando o período de 2014 a 2024. N = quantidade.

Como pode ser notado, as palavras-chave elencadas para esta pesquisa dizem respeito ao tema e ao objetivo propostos, de forma a permitir que os resultados das buscas contemplassem trabalhos que tomam como base o contexto brasileiro e efetivamente possam contribuir com as discussões sobre o uso sustentável da água gerada no processo de condensação em aparelhos de ar condicionado, para fins de limpeza.

Ao fim da aplicação dos quatro filtros, restaram 20 trabalhos, que compuseram a revisão de literatura, sendo 17 escritos em língua portuguesa e três em língua inglesa, todos comentados a seguir.

Silva (2014), preocupado com a escassez hídrica, buscou integrar tecnologias e metodologias voltadas à redução do consumo de águas. Para isso, ele desenvolveu o estudo em três etapas: (i) o diagnóstico do uso da água e dos usos finais, com vistas a avaliar ações conservacionistas; (ii) a discussão do uso de unidades compactas que utilizam simultaneamente fontes alternativas da água e de energia em edifícios; e (iii) o debate sobre sustentabilidade de áreas verdes em ambientes urbanos através de irrigação otimizada com água pluvial e energia solar. De acordo com o pesquisador, é possível reduzir o consumo da água de fontes tradicionais, promovendo o desenvolvimento social, econômico e sustentável das cidades. E, embora o foco não tenha sido a água gerada pela condensação em aparelhos de ar-condicionado, a referida pesquisa mostra-se importante pelo esforço que pode ser feito em função das diversas fontes em que é possível criar mecanismos de redução significativa do uso da água potável e/ou tratada.

Considerando a grande quantidade da água produzida pelos aparelhos condicionadores de ar, por um lado, e a escassez desse recurso natural, por outro lado, Albuquerque (2023) também focou na análise da água condensada gerada por esses aparelhos e evidenciou que a sua utilização pode ser aplicada em diferentes contextos, como edifícios, condomínios, comércios, e que a sua canalização pode servir para a lavagem de áreas comuns, de carros; e para a irrigação de jardins, entre outros.

Mota (2022), por sua vez, propôs medidas para a conservação da água em áreas urbanas, como redução de rega de jardins, conservação da água em edificações, uso da água nas edificações em áreas urbanas (águas cinzas), uso da água de chuva, uso da água de aparelhos de ar-condicionado, controle de perdas em sistemas de abastecimento de água, entre outros. O autor defende um programa de incentivo e conscientização da população para a necessidade de redução do consumo da água potável.

A partir da análise do volume de condensado que se precipita no evaporador de um sistema de refrigeração, Silva *et al.* (2023), concluíram que um aparelho de ar-condicionado

comercial, ligado por 12 horas por dia, com umidade relativa do ar em torno de 77%, é capaz de precipitar até 396,2 litros da água ao mês. A utilização dessa quantidade de água para usos não nobres pode tanto gerar economia nas contas de água quanto diminuir a quantidade de água potável utilizada para esses fins.

Cunha, Klusener Filho e Schröder (2016) realizaram um estudo em um prédio de indústria em Canoas/RS, a partir de análise de parâmetros da água gerada pela condensação em aparelhos de ar-condicionado. De acordo com os pesquisadores, se reutilizada¹ a água de condensação de todos os equipamentos do tipo split instalados no prédio, ligados por um período de 8 horas, o volume estimado seria de aproximadamente 64,5 litros diários. Isso significa que a água de condensação apresenta grande potencial de aproveitamento.

Nessa mesma linha de avaliação de aspectos físico-químicos da água de condensação, Melo *et al.* (2022) atuaram em um edifício hospitalar de Recife/PE. Os pesquisadores concluíram que a qualidade da água analisada está de acordo com os parâmetros da legislação brasileira e que ela poderia ser utilizada para a rega do jardim, o resfriamento da torre, a lavagem do piso, dentre outros.

Gulde *et al.* (2022), por sua vez, analisaram características físico-químicas da água gerada pela condensação de aparelhos de ar-condicionado em prédio do Fórum de Olinda/PE. De acordo com os pesquisadores, o volume médio anual de produção da água de condensação foi de 572.563,20 litros. Usando essa água para fins menos nobres, é possível garantir a responsabilidade socioambiental e uma real redução na conta da água potável.

Com o objetivo de identificar as barreiras para a implementação de um programa de racionalização do consumo da água em prédios públicos do estado da Bahia, Santiago (2016) desenvolveu uma pesquisa a partir de análise documental, observação participante, questionários e entrevistas. O autor identificou as principais barreiras como sendo: institucional, cultural, administrativa e operacional. Relacionados a essas barreiras estão: o desinteresse dos servidores para a prática de racionalização de água, o baixo comprometimento de dirigentes, a cultura incipiente de manutenção predial e as ações precárias para a divulgação do programa.

Na visão de Santiago (2016), tanto a oportunidade de tornar os gastos públicos eficientes quanto a necessidade de preservação dos recursos naturais justificam a importância da valorização do uso racional da água.

Prado, Soares e Silva (2021), preocupados com a conservação da água em edificações, analisaram o potencial de redução do consumo da água potável em um edifício do Tribunal

¹ Os termos “reúso” e “reutilização” estão problematizados neste trabalho, no capítulo de Revisão da Literatura.

Regional Eleitoral de Pernambuco, por meio do uso de duas fontes alternativas de água, a saber: água pluvial e água gerada pelo processo de condensação em aparelhos de ar-condicionado. Após avaliarem o consumo da água potável e a viabilidade técnica e econômica do aproveitamento da água das fontes alternativas, os pesquisadores concluíram que é possível reduzir significativamente o consumo da água potável que seria destinada às descargas sanitárias, sendo que essa redução seria de 63% para aproveitamento de águas pluviais e de 62% para água de condensação. Isso significa que, além da redução do consumo da água potável, as medidas podem promover economia de recursos financeiros.

Nesse cenário de redução do uso de água, Batista (2019) objetivou o desenvolvimento de um protótipo para otimizar o aproveitamento da água gerada no processo de condensação em aparelhos de ar-condicionado, para irrigação microcontrolada. Segundo o autor, a análise das características físico-químicas da água permite que ela possa ser aproveitada em baterias de automóveis, no lavador de para-brisa, no radiador, na descarga de banheiros, na indústria, na lavagem de tecidos, na cultura de peixes em aquários e na irrigação. O desenvolvimento do referido protótipo demonstrou uma eficácia com relação aos que necessitam de intervenção humana, pois pode ser controlado remotamente por meio de aplicativo no celular.

Marinho, Athayde Júnior e Quaresma (2021) objetivaram delinear um modelo matemático para estimar a vazão da água gerada pela condensação em aparelhos condicionadores de ar, com vistas à redução do consumo da água potável para fins menos nobres, diminuição da pressão sobre os reservatórios e combate à escassez hídrica. A partir da análise de equipamentos instalados em escolas, estabelecimentos comerciais, postos de gasolina e universidades em João Pessoa, os pesquisadores afirmaram que os parâmetros de umidade do ar e a potência dos equipamentos influenciam diretamente na quantidade da água gerada pela condensação. E, com base no modelo matemático proposto pelos autores, foi possível a análise da viabilidade do uso da água em determinado local para fins não potáveis, como lavagem de piso, descargas e irrigação.

No âmbito das instituições de ensino, Vasconcelos (2016) objetivou demonstrar a importância de tecnologias para reuso de águas no sistema de instalações prediais no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco. Após avaliação do potencial de captação de águas pluviais e dos drenos dos aparelhos de ar-condicionado, a pesquisadora observou que o volume captado é suficiente para atender a uma grande demanda de água. Portanto, a adoção de práticas para o aproveitamento da água pode servir para implementar uma gestão adequada do consumo.

Nessa mesma linha de se desenhar estratégias para a redução do uso da água potável,

Caldas e Camboim (2017) realizaram medições em aparelhos de ar-condicionado de um bloco do Centro Universitário de João Pessoa, para obter uma estimativa da quantidade da água que poderiam gerar, além do levantamento dos gastos com irrigação de jardim e descarga de sanitários. Após estimativa, os autores descobriram que a geração da água devido à condensação perfaz o montante de 11.060 litros da água por mês. A água gerada não iria suprir toda a demanda do bloco estudado, todavia, de acordo com os pesquisadores, a economia financeira foi significativa, além da redução do consumo da água potável.

Araújo *et al.* (2019) realizaram pesquisa em um campus da Universidade Federal de Campina Grande, analisando as condições físico-químicas da água gerada no processo de condensação dos aparelhos de ar-condicionado. De acordo com os autores, a água gerada e não utilizada resulta num desperdício de mais de 100 mil litros anuais.

Moreira (2019), por sua vez, objetivou despertar práticas ambientais em uma comunidade escolar, por meio de ações sustentáveis, como o aproveitamento da água gerada por aparelhos de ar-condicionado e bebedouros para regar plantas e realizar a limpeza do Centro de Ensino em Período Integral Gercina Borges Teixeira, em Caiapônia/GO. A partir de metodologias de ensino interdisciplinares específicas utilizadas com alunos do Centro, o pesquisador concluiu que, na maioria das vezes, nas residências dos alunos que possuem ar-condicionado, a água gerada não é aproveitada, havendo desperdício. Com o foco em educação ambiental crítica, foi confeccionado um folder explicativo para o desenvolvimento de sistema de armazenamento da água dos aparelhos para aproveitá-la.

Ainda no contexto de instituições de ensino, Dantas (2019) propôs um instrumento para captação da água dos aparelhos condicionadores de ar na biblioteca de um campus da Universidade Federal de Campina Grande. O referido instrumento é de baixo custo para implantação, eficaz e pode facilitar a coleta da água para uso em serviços gerais.

Já Prado, Soares e Silva (2020) realizaram análise técnico-econômica da utilização da água gerada por condensação em aparelhos de ar-condicionado em um campus da Faculdade de Ciências da Administração de Pernambuco. Após quantificação dos aparelhos e da vazão da água por eles gerada, os autores afirmaram que a utilização da quantidade da água gerada para lavagem de pisos poderia gerar uma economia financeira de aproximadamente 1.500 reais por ano. Além da economia financeira, o uso racional da água poderá diminuir o consumo da água potável para usos não nobres.

Ermes, Maciel e Sahdo (2020) propuseram a implantação de um sistema de uso da água gerada pelo processo de condensação de aparelhos condicionadores de ar no Instituto Federal do Amazonas, uma região com temperatura elevada e alta umidade relativa do ar. Após

levantamento da quantidade e tipos de máquinas, a vazão da água gerada foi medida. De acordo com os pesquisadores, a vazão obtida foi de aproximadamente 2.000 litros por dia e, com isso, foi elaborado um projeto de implantação de sistema de uso da água.

Oliveira *et al.* (2021) também realizaram estudos em edifício, sendo na Faculdade do Piauí, juntamente com outra pesquisa que considerou o gotejamento de drenos dos aparelhos de ar-condicionado. Os pesquisadores mensuraram o volume da água gerado por quase 100 aparelhos, cujo resultado foi de 718,36 litros da água por dia letivo, o que pode ser considerada uma quantidade significativa. De acordo com os autores, com o reaproveitamento, impactos decorrentes de descarte inapropriado da água podem ser visivelmente atenuados.

Por fim, Dalmonech *et al.* (2022), ao analisarem equipamentos de ar-condicionado no Instituto Federal do Mato Grosso do Sul, concluíram que a quantidade da água gerada durante um ano letivo é significativamente grande. A sua utilização, portanto, pode gerar economia para os cofres públicos.

A partir da análise dos trabalhos selecionados, constata-se que todos os pesquisadores concluíram que os benefícios da utilização da água gerada pelo processo de condensação em aparelhos de ar-condicionado podem ter impactos positivos na economia de uso da água tratada ou potável. Em vários trabalhos foi demonstrado que o custo-benefício não é só econômico, mas também reflete em um ganho ecológico, cujo esforço vale a pena, mesmo em se tratando de sistemas de menor capacidade.

Os trabalhos elencados nessa revisão sistemática sinalizam para um alerta quanto à importância da utilização/uso/aproveitamento da água gerada pelo processo de condensação dos sistemas de ar-condicionado. Demonstraram também que outras fontes de aproveitar a água, como a de chuva, também são de relevância. O foco deste trabalho foram as águas geradas pelo processo de condensação dos equipamentos de ar-condicionado, mas, também em conjunto com outras fontes de coleta de água, é possível ter uma significativa redução da utilização da água tratada ou potável.

A utilização/uso/aproveitamento da água gerada pela condensação pode servir para vários serviços, como: irrigação de jardins, descarga sanitária, higienização de pisos externos/ambientes, lavagem de veículos, dentre vários outros que não necessitam de águas mais nobres.

Apesar de não ter sido foco deste trabalho, é importante considerar que, além do volume da água produzido via a utilização de aparelhos de ar-condicionado, há também a água gerada nas câmaras frigoríficas, que são utilizadas para conservação de produtos perecíveis. Grandes empreendimentos que utilizam sistemas com capacidades mais representativas podem gerar

volumes consideráveis de água, que também poderia ser aproveitada.

Torna-se relevante lembrar que os rios, lagos e mares foram formados por gotas de água. Cada gota coletada devido à condensação do sistema de ar-condicionado e aproveitada/usada/utilizada valerá a pena, pois deixaremos de desperdiçar equivalentes aos rios, lagos e mares de águas não potáveis, para serviços menos nobres.

Finalmente é preciso que a população se conscientize de que, além de conforto térmico, os equipamentos de ar-condicionado produzem água pelo processo de condensação, que pode ser utilizada para benefício próprio e do meio ambiente.

O quadro a seguir contém informações sobre os equipamentos citados nas pesquisas da revisão da literatura.

Quadro 2 - Dados dos equipamentos utilizados nos estudos analisados e quantidade da água obtida

Autor(es)	Quantitativo de equipamentos e sua capacidade em BTUs	Produção Diária (litros/dia)	Estimativa de Produção Mensal em litros
Gulde <i>et al.</i> (2022)	293 equipamentos de capacidades variadas (*)	2.168,64	47.710
Ermes <i>et al.</i> (2020)	35 de 36.000; 7 de 30.000; 8 de 24.000 e 3 de 9.000	2.151	47.320
Vasconcelos (2016)	16 de 18.000; 70 de 36.000; 1 de 9.000; 3 de 60.000 e 6 de 30.000	2.004,55	44.100
Prado <i>et al.</i> (2020)	3 de 7.000; 12 de 9.000; 15 de 12.000; 10 de 18.000; 17 de 22.000; 42 de 24.000; 2 de 27.000; 3 de 36.000; 3 centrais de 20 TRs e 17 acj de 21.000	1.480	32.560
Dalmonech <i>et al.</i> (2023)	66 equipamentos de capacidades variadas (*)	1.272,72	28.000
Oliveira <i>et al.</i> (2021)	99 de 22.000	718,18	15.800
Caldas <i>et al.</i> (2017)	19 equipamentos de capacidades variadas (*)	502,73	11.060
Moreira (2019)	1 de 12.000 e 1 de 18.000, projetando para 8 equipamentos de capacidades variadas	380	8.360
Araújo <i>et al.</i> (2019)	57 de 36.000	378,64	8.330
Dantas (2019)	12 equipamentos de capacidades variadas (*)	277,73	6.110
Klusener Filho e Schröder (2016)	7 de 12.000 e 3 de 36.000	64,55	1.420
Siva <i>et al.</i> (2023)	1 de 18.000	18,18	400

Fonte: Da Silveira, A. D. (2025).

(*) Os autores não especificaram a capacidade desses equipamentos.

Os autores analisaram sistemas menores, como os do tipo *split system* individuais, bem como sistemas instalados em grandes empreendimentos, que utilizam centrais de ar-

condicionado de expansão direta e indireta. Isso inclui sistemas da água gelada, VRF (fluxo de refrigerante variável), *multisplit* e unidades individuais, abrangendo quase todas as configurações de climatização voltadas ao conforto térmico. De toda forma, é possível constatar que, em empreendimentos onde são utilizadas grandes quantidades de equipamentos, há grande potencial para uso da água gerada. Nossa responsabilidade para com a sociedade, o meio ambiente e o futuro que apregoamos para nossos descendentes é grande e se reflete muito nas ações que praticamos atualmente.

A partir da leitura de todos esses trabalhos, um ponto que merece destaque e discussão são as terminologias *reúso* e *reaproveitamento*, constantemente neles utilizadas.

Reúso: Refere-se à utilização de um material ou recurso sem passar por um processamento significativo. Ou seja, o objeto ou substância é usado novamente na mesma função ou em outra semelhante. Um exemplo clássico é o reúso de água tratada para irrigação ou limpeza.

Reaproveitamento: Implica em algum tipo de modificação ou adaptação antes da nova utilização. O material pode ser transformado ou ajustado para uma finalidade diferente da original. Um exemplo seria reaproveitar restos de madeira para criar móveis ou objetos decorativos.

Partindo dos sentidos dicionarizados para o tema deste trabalho, é importante verificar o que significa o processo de condensação: é a passagem de um material do estado gasoso para o estado líquido. Isso acontece quando a temperatura do local é diminuída, quando o composto gasoso encontra uma superfície em temperatura baixa ou ainda quando o material é submetido a pressões extremas. Quando a pressão sobre o gás começa a aumentar, as partículas tendem a ficar mais próximas umas das outras e, conseqüentemente, cresce o número de impactos entre elas. Acontecem vários outros processos até ocorrer a condensação.

Considerando, portanto, que essa água produzida no processo de condensação não é utilizada inicialmente, não há que se falar em *reúso* ou *reaproveitamento*, como sistematicamente aparecem em alguns dos textos encontrados, mas em *uso* ou *aproveitamento*. Nesse sentido, neste trabalho são adotados esses termos, uso ou aproveitamento, pelo fato de que são mais adequados à realidade do processo de condensação dos aparelhos de ar-condicionado.

2.2 Sistemas de ar-condicionado

Existem dois tipos de sistemas, expansão direta e indireta. Os de expansão direta são:

aparelhos de janela, *splits*, multi-*splits*, Fluxo de Refrigerante Variável (VRF), *selfies* (com condensação a ar e a água) e os de expansão indireta são os que utilizam chillers, com condensação a ar e a água. Dentre estes, há também o sistema com termoacumulação. As capacidades dos equipamentos variam de acordo com a necessidade da carga térmica a ser combatida em cada ambiente.

A seguir, serão detalhados os sistemas dos aparelhos *split*, tendo em vista que estes são os instalados na empresa foco deste trabalho, como será tratado no capítulo de Metodologia.

Um sistema de ar-condicionado do tipo *split* individual é adequado para climatizar áreas específicas de uma casa ou de um escritório. Esse tipo de sistema é composto por duas unidades: a evaporadora, que fica dentro do ambiente a ser climatizado, e a condensadora, que fica fora. Alguns tipos de sistemas *split* individuais são apresentados a seguir.

2.2.1 Split Hi-Wall

O split do tipo individual, Hi Wall (Figura 1), é o que normalmente encontramos nas residências, comércios e ambientes de pequeno porte. Mas são evaporadores que podem ser encontrados no mercado, com capacidades entre 7.500 e 30.000 BTUs.

Figura 1 – Evaporador do tipo Hi Wall



Fonte: Difusor Ar-condicionado (2024)².

2.2.2 Split Piso Teto

O split do tipo individual piso teto (ver Figura 2) é o que normalmente encontramos em salões de festas com áreas maiores. São equipamentos maiores e com capacidade entre 24.000

² Disponível em: <https://www.difusor.com.br/split-diversas-marcas-e-modelos-consulte-o-seu> Acesso em: 17 mar. 2025.

e 90.000 BTUs. São utilizações mais específicas.

Figura 2 – Evaporador do tipo piso teto



Fonte: Friopecas (2024)³.

2.2.3 Split Cassete

São equipamentos de maior custo, instalados no entreferro do ambiente a ser condicionado (Figura 3). O tipo apresentado refere-se a uma unidade evaporadora do tipo cassete, de quatro vias, e é utilizado em escritórios, salas de estar, templos etc. Trata-se de um equipamento de maior custo. Existem evaporadores de 12.000 BTUs até 60.000 BTUs, podendo ser encontrados no mercado de uma, duas, três e quatro vias, a depender da capacidade.

Figura 3 - Evaporador do tipo cassete



Fonte: Technofrio (2024)⁴.

³ Disponível em: <https://friopecas.vtexassets.com/arquivos/ids/200423/Split-Modernita-Piso-Teto2.jpg>. Acesso em: 17 mar. 2025.

⁴ Disponível em: <https://www.technofrio.com.br/produto/cassete-springer-midea-inverter/>. Acesso em: 17 mar. 2025.

2.2.4 Multi Split

Esse tipo de equipamentos, Figura 4, permite conectar várias unidades internas a uma única condensadora externa, sendo uma opção para climatizar várias áreas, recebendo o nome de *multi split*.

Figura 4 – Equipamentos de tipo multi split



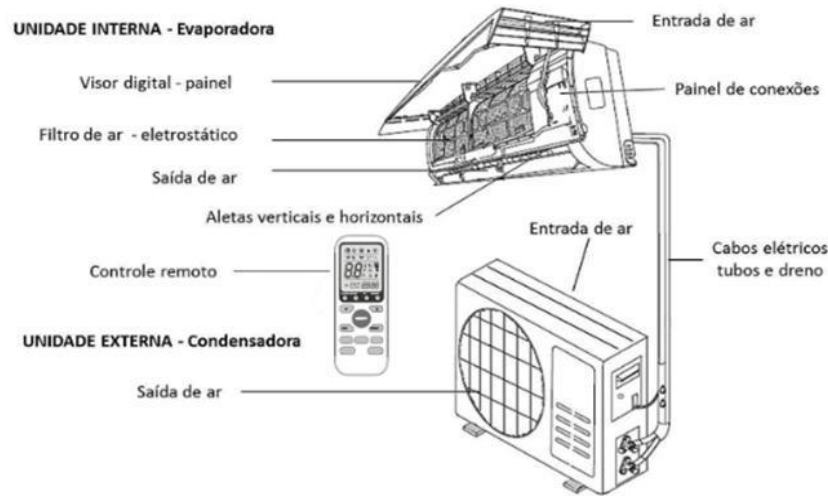
Fonte: Backend (2024)⁵.

No Multi split, temos quatro evaporadoras para uma unidade condensadora, sendo piso teto, *hi wall*, cassete de uma via e *built in*. A capacidade varia de acordo com uma tabela das possibilidades de combinações fornecida pelo fabricante.

A Figura 5 apresenta um esquema de ligação entre a unidade condensadora, que fica geralmente do lado externo da edificação, de fácil visualização e acesso para manutenção, e a unidade evaporadora, sempre instalada no ambiente a ser refrigerado. A ligação entre as duas unidades é executada com tubos de cobre, nas bitolas indicadas nos manuais do fabricante, envolvidas por materiais isolantes, como a borracha esponjosa. Além disso, é passada uma fiação de comando para que as unidades interajam eletronicamente entre si. É importante notar que a mangueira de dreno está perto da unidade condensadora, todavia o dreno está conectado à caixa de drenagem da unidade evaporadora. Todo o processo de condensação é realizado na unidade evaporadora, transformando a água existente no ambiente do estado gasoso para o estado líquido, o que provoca a desumidificação do ambiente refrigerado.

⁵ Disponível em: <https://backend.daikincomfort.com/product/mxs-series-multi-zone>. Acesso em: 22 abril. 2025.

Figura 5 – Esquema de ligação entre unidade evaporadora e condensadora

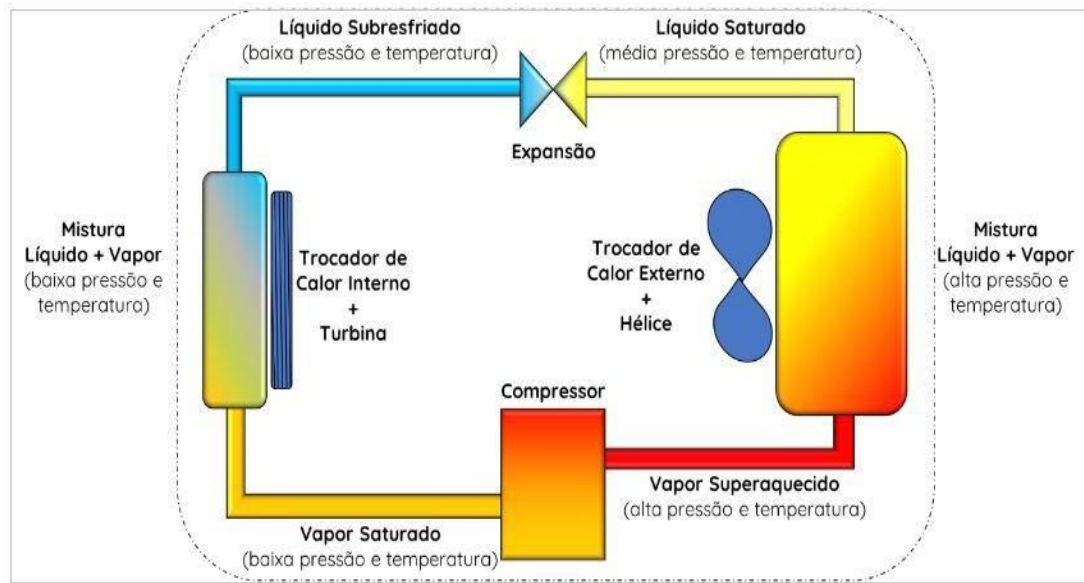


Fonte: MS Ar-condicionado (2021)⁶.

O funcionamento dos sistemas de ar-condicionado é mostrado na Figura 6. Saindo da unidade condensadora (trocador de calor externo), o líquido saturado passa por uma válvula de expansão e por um processo de resfriamento, ficando sub-resfriado e em baixa pressão. Esse líquido circula pela serpentina, na unidade evaporadora (trocador de calor interno) instalada no ambiente a ser refrigerado, e é distribuído pela turbina. Ainda na unidade evaporadora, o gás sai no estado de vapor saturado e é comprimido, transformando-se em vapor superaquecido, terminando, assim, o ciclo.

⁶ Disponível em: <https://www.msarcondicionado.com.br/distancias-entre-evaporadora-e-condensadora/>. Acesso em: 17 mar. 2025.

Figura 6 – Esquema do Ciclo de Carnot Reverso (Frigorígeno)



Fonte: Web Ar-condicionado (2022)⁷.

Para garantir maior eficiência no ambiente a ser resfriado, a unidade evaporadora, é instalada próximo ao teto do ambiente. Isso ocorre porque o ar frio, que é mais denso, tende a descer, e o ar quente, menos denso, tende a subir em direção ao teto.

Esse princípio é o mesmo em outros tipos de aparelhos, como algumas geladeiras, cujos congeladores são posicionados na parte superior. Isso é para assegurar maior eficiência e melhor distribuição da temperatura, pois o fato de os compartimentos serem gradeados facilita a circulação do ar quente e do ar frio, resultando em menor consumo energético.

De forma análoga, transformamos nossos ambientes numa grande geladeira. E, então, pode surgir a seguinte indagação: por que as geladeiras não geram água de condensação? Como na geladeira há baixa umidade, por ser um ambiente fechado e pequeno, isso dificulta a entrada de vapor de água, gerando pouca água de condensação. Além disso, seu reservatório da água de condensação é localizado estrategicamente próximo ao compressor, que gera calor e faz com que a água evapore rapidamente. Enfim, de modo geral, todo sistema de refrigeração é igual na concepção técnica.

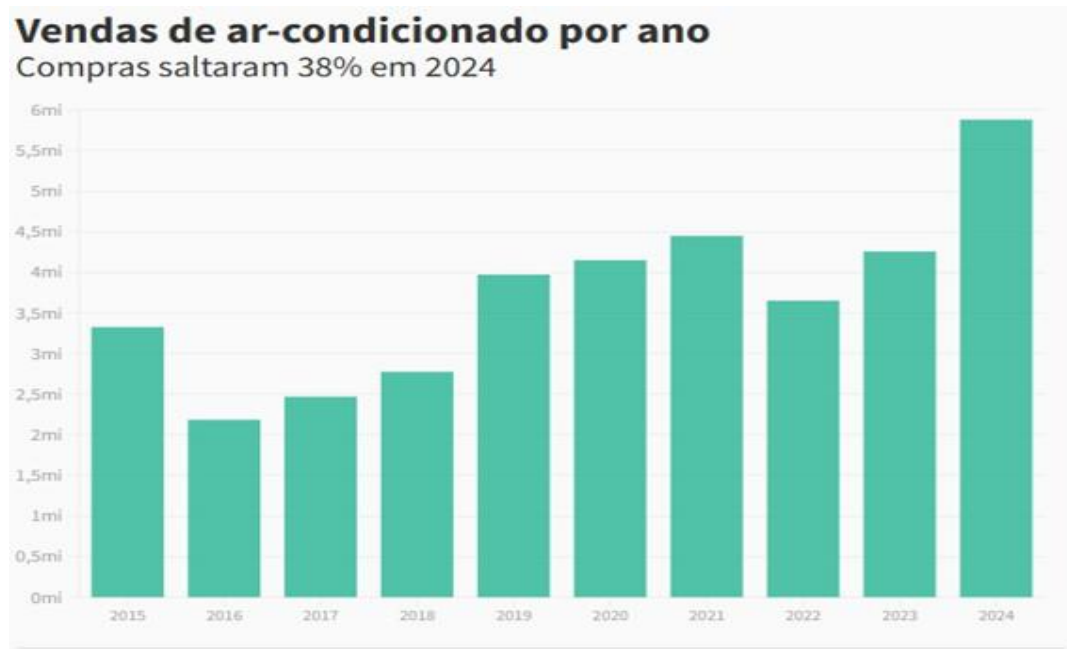
Todos esses tipos de aparelho mostrados são amplamente utilizados no Brasil, o que significa que há um grande volume da água sendo produzida e que, em algumas situações, pode ser aproveitada.

Na Figura 7, há a demonstração da evolução no número de vendas dos equipamentos do

⁷ Disponível em: <https://www.webarcondicionado.com.br/ciclo-refrigeracao-aquecimento-ar-condicionado>. Acesso em: 17 mar. 2025.

tipo split no Brasil, de 2015 a 2024.

Figura 7 – Vendas de sistemas de ar-condicionado no Brasil entre 2015 e 2024



Fonte: Eletros *apud* CNN Brasil (2025)⁸.

Nota-se que as vendas de sistemas de ar-condicionado no Brasil têm aumentado ao longo do tempo, o que pode ser atribuído a fatores como o calor extremo registrado no país, condições econômicas favoráveis e queda nos preços dos aparelhos. Em 2024, devido ao fenômeno de El Niño, a temperatura no Brasil elevou significativamente, motivando a compra de quase 6 milhões de equipamentos de várias capacidades. É possível considerar, portanto, que o gasto de energia e a produção da água no processo de condensação são diretamente proporcionais ao aumento nas vendas dos equipamentos.

2.3 Classificação dos corpos de água

A Resolução CONAMA n.º 357/2005 é uma das mais importantes legislações ambientais no Brasil, estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Ela dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, além de definir as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos

⁸ Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/blogs/thais-heredia/economia/negocios/vendas-de-ar-condicionado-batem-recorde-em-2024/>. Acesso em: 28 abr. 2025.

hídricos. A Resolução classifica os corpos da água em águas doces, salinas e salobras, subdividindo-os de acordo com os usos preponderantes previstos para essas águas. Essas classificações estão reunidas no Quadro 2:

Quadro 3 - Classificação dos corpos da água e os usos permitidos segundo a Resolução CONAMA n.º 357/2005

Tipo de Água	Classe	Usos Permitidos
Águas doces	Especial	Abastecimento humano sem necessidade de tratamento; Preservação do equilíbrio natural de ecossistemas aquáticos.
	Classe 1	Abastecimento humano (após tratamento simplificado); Recreação de contato primário (ex: natação); Irrigação de hortaliças; Preservação da vida aquática.
	Classe 2	Abastecimento humano (após tratamento convencional); Recreação de contato secundário; Dessedentação de animais; Irrigação de culturas.
	Classe 3	Abastecimento humano (após tratamento avançado); Irrigação de culturas arbóreas; Dessedentação de animais.
	Classe 4	Uso restrito à navegação e à harmonia paisagística.
Águas salinas e salobras	Classe 1	Seguem critérios semelhantes aos da Classe 1 de águas doces, considerando os usos possíveis.
	Classe 2	Seguem critérios semelhantes aos da Classe 2 de águas doces, considerando os usos possíveis.

Fonte: CONAMA (2005).

De acordo com a mesma Resolução, esse enquadramento é definido com base no uso predominante da água, buscando melhorar a qualidade das águas, garantir usos múltiplos e proteger os ecossistemas aquáticos.

Desde sua publicação, a CONAMA 357/2005 foi alterada por outras Resoluções. Alguns importantes são: (i) a CONAMA 397/2008, que inclui parâmetros específicos para substâncias químicas e tóxicas; (ii) a CONAMA 430/2011, que regulamenta condições e padrões de lançamento de efluentes, detalhando critérios de emissão e (iii) a CONAMA 463/2014, que complementa normas de proteção ambiental relacionadas aos recursos hídricos.

No Quadro 3, resume como as análises são realizadas e a importância destas.

Quadro 4 - Métodos de análise e relevância dos parâmetros

Parâmetro	Como é feita a análise	Equipamento utilizado	Importância
Cor aparente	Medição por espectrofotometria.	Espectrofotômetro	Indica a presença de substâncias orgânicas/inorgânicas.
Turbidez	Luz é passada pela amostra, e a quantidade espalhada é medida.	Fotômetro	Indica partículas em suspensão; alta turbidez pode indicar poluição.
pH	Medido com uma sonda ou solução tampão.	pHmetro	Determina a acidez ou alcalinidade da água, afetando sua potabilidade e irrigação.
Cloro Residual	Adição de reagente DPD; cor é medida para quantificar o cloro.	Fotômetro	Garante desinfecção adequada; protege contra organismos patogênicos.
Nitrito (NO_2^-)	Utiliza-se reagentes químicos específicos que reagem com o nitrito, formando uma coloração que pode ser medida por espectrofotometria.	Fotômetro	O nitrito pode indicar contaminação por esgoto ou decomposição de matéria orgânica. Níveis elevados são tóxicos para humanos e animais.
Nitrato (NO_3^-)	Redução a nitrito e medição colorimétrica.	Fotômetro	Altos níveis podem causar problemas de saúde, como a síndrome do bebê azul.
Ferro (Fe)	Reação com fenantrolina e leitura colorimétrica.	Fotômetro	Pode manchar roupas e sistemas afeta o sabor da água.
Dureza	Determina-se a concentração de íons de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio.	Fotômetro	A dureza elevada pode causar incrustações em tubulações e equipamentos, afetando processos industriais e a eficiência do sabão e detergentes.
Cloreto (Cl^-)	Titulação com nitrato de prata.	Fotômetro	Afeta o sabor da água e a corrosividade em sistemas de irrigação.
Condutividade	Medição da capacidade da água conduzir corrente elétrica.	Condutivímetro	Indica presença de sais dissolvidos.
Coliformes Totais	Técnica do substrato enzimático ou método de tubos múltiplos.	Incubadora e Compact Dry EC	Indicador de contaminação fecal e qualidade microbiológica da água.
Escherichia coli	Cultura em meio seletivo e incubação.	Estufas, placas de Petri, meios de cultura	Indicador de contaminação fecal recente e potencial patogênico.

Fonte: FUNASA (2013).

No Quadro 4, apresenta os parâmetros aceitáveis para consumo humano e para irrigação.

Quadro 5 - Parâmetros aceitáveis para consumo humano e para irrigação segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) e o CONAMA

Parâmetro	Unidade	Padrão para Consumo Humano (Portaria GM/MS n.º 888/2021)	Padrão para Irrigação (FAO e CONAMA 357/2005)
pH	-	6,0 - 9,5	6,5 - 8,5
Turbidez	NTU	≤ 5	≤ 100
Cloro Residual Livre	mg/L	0,2 - 5	Não aplicável
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	mg/L	≤ 1000	≤ 2000
Condutividade Elétrica	µS/cm	Não especificado	≤ 3000
Coliformes Totais	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	Máximo de 1000
Escherichia coli	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	Ausência em águas de contato direto com culturas sensíveis
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg/L	≤ 3	≤ 5
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	≤ 1,5	≤ 5
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	≤ 10	≤ 50
Fósforo Total	mg/L	Não especificado	≤ 0,05 em águas doces
Cloreto (Cl ⁻)	mg/L	≤ 250	≤ 500
Sódio (Na ⁺)	mg/L	Não especificado	≤ 115 para irrigação contínua
Arsênio (As)	mg/L	≤ 0,01	≤ 0,1
Chumbo (Pb)	mg/L	≤ 0,01	≤ 0,05
Mercúrio (Hg)	mg/L	≤ 0,001	≤ 0,002
Cádmio (Cd)	mg/L	≤ 0,003	≤ 0,01
Zinco (Zn)	mg/L	≤ 5	≤ 2
Ferro (Fe)	mg/L	≤ 0,3	≤ 5
Manganês (Mn)	mg/L	≤ 0,1	≤ 0,2
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	≤ 250	≤ 500
Óleos e Graxas	mg/L	Ausência	≤ 20

Fonte: Portaria GM/MS (Gabinete do Ministro /Ministério da Saúde) n.º 888/2021, de diretrizes da FAO e CONAMA 357/2005.

Esse último quadro abrange diversos parâmetros, assim como a forma de realização dos ensaios e os índices aceitáveis para o consumo humano e para a irrigação. No entanto, neste trabalho, foram analisados apenas os parâmetros mais relevantes e de menor complexidade de execução. Isso não significa que os demais sejam irrelevantes, mas, para os objetivos desta dissertação, não foram levados em consideração.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Seguindo Gil (2002), esta pesquisa pode ser caracterizada, quanto aos objetivos, como exploratória, e, quanto aos procedimentos técnicos, como pesquisa bibliográfica e experimental. Para seu desenvolvimento, foram delineadas cinco etapas, descritas e detalhadas a seguir, quais sejam:

- (i) avaliação técnica da estrutura de instalação de aparelhos de ar-condicionado na empresa *locus* da pesquisa;
- (ii) elaboração de projeto de instalação de coletores de água;
- (iii) execução do projeto de instalação de sistema coletor de água;
- (iv) coleta da água gerada pela condensação para medição de quantitativo e análise laboratorial e
- (v) proposição de um manual prático para coleta, armazenamento e utilização da água gerada pela condensação de sistemas de ar-condicionado.

Ressalta-se que, para o desenvolvimento da pesquisa (coleta e parte experimental), foi firmado um Termo de Consentimento com o responsável pela empresa, como mostra o Apêndice A. A seguir, cada etapa é detalhada.

3.1 Etapa 1 - Avaliação técnica da estrutura de instalação de aparelhos de ar-condicionado na empresa *locus* da pesquisa

A Wurth está localizada na Rodovia BR-381 Fernão Dias, Km 483 – Distrito Industrial Jardim Piemont - Condomínio Torino, Betim/MG (Figura 8).

Figura 8 - Vista aérea do galpão da empresa Wurth do Brasil



Fonte: Easy Comercial (2025)⁹

A Wurth do Brasil iniciou suas atividades no País em dezembro de 1972, em Santo Amaro, em São Paulo, com 200 m². A empresa teve uma rápida expansão e ocupa, desde 1979, uma área de 55.000 m² em Cotia, na Grande São Paulo, sendo 25.000 m² de área construída. A empresa iniciou suas atividades no Condomínio TORINO Betim/MG, em 1º de março de 2006. Inicialmente, operava em um galpão de menor porte, mas, com a expansão de suas atividades, foi necessário migrar para um espaço muito mais amplo, ocupando um galpão de 14.000m² dentro do próprio complexo. Na área administrativa, escritório em Betim/MG, estão instalados equipamentos de ar-condicionado de diferentes capacidades e distribuídos em três pavimentos, em escritórios e laboratório dentro do próprio galpão.

A Figura a seguir mostra a localização da área da edificação do escritório, que possui o pavimento térreo, primeiro e segundo pavimentos. Para maior economia e eficiência dos equipamentos de ar-condicionado, as unidades condensadoras foram localizadas dentro do próprio galpão, no entorno da edificação.

⁹ Disponível em: <https://easycomercial.com.br/listings/galpao-industrial-parque-torino/>. Acesso em: 14 abr. 2025.

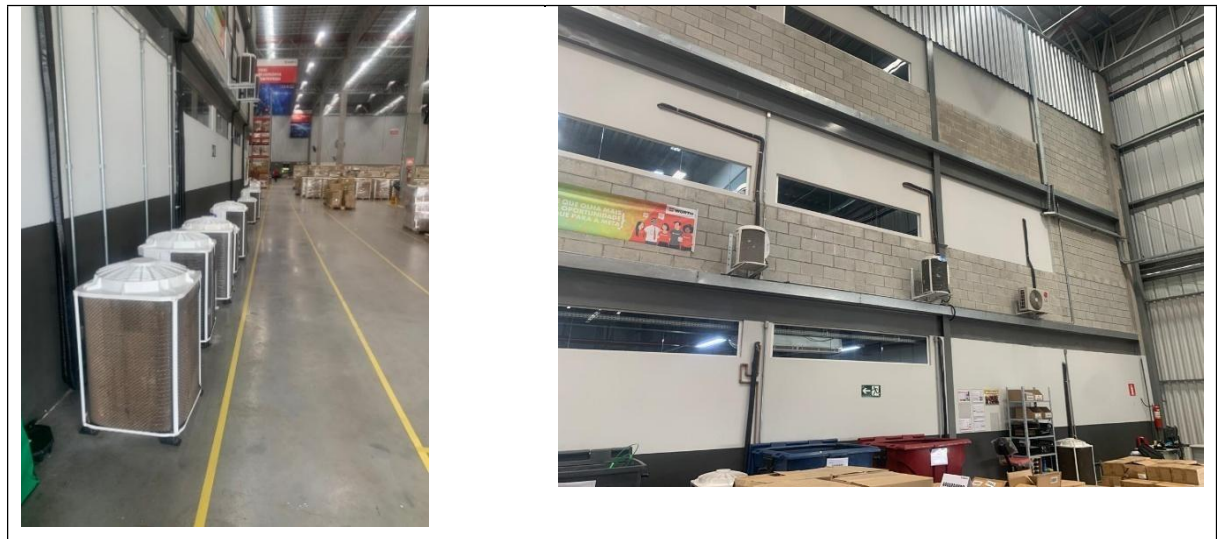
Figura 9 - Layout de localização do escritório no galpão



Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Na Figura 10, estão localizadas as unidades condensadoras, posicionadas ao longo da edificação. Foram especificados condensadores do tipo barril, insuflamento vertical, devido à existência de uma área de circulação de colaboradores, logo na linha de instalação dos condensadores dos mesmos, evitando fluxo de ar diretamente nos colaboradores.

Figura 10 - Unidades condensadoras instaladas no galpão



Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Nas Figuras 11, 12 e 13 ilustram-se as unidades evaporadoras, componentes fundamentais de sistemas de climatização. Essas unidades são instaladas nos ambientes que se deseja climatizar e estão conectadas às unidades condensadoras, localizadas na área externa da

edificação administrativa. Nas unidades evaporadoras ocorre o processo de condensação, no qual o vapor da água é transformado em líquido.

Figura 11 - Unidade evaporadora - área de televisão



Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Figura 12 - Unidade evaporadora – área de Show Room



Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

A estimativa da quantidade da água coletável é simples e não exige conhecimentos matemáticos avançados. Um equipamento de ar-condicionado, com capacidade de 12.000 BTUs/h, em funcionamento por uma hora, pode gerar entre 0,8 e 1,2 litro de água não potável, dependendo de diversos fatores, tais como a temperatura desejada no ambiente refrigerado, a temperatura externa, a umidade relativa do ar, as condições técnicas dos equipamentos no tocante à manutenção etc.

A conscientização de se aproveitar a água da condensação une o conforto térmico proporcionado pelos ambientes climatizados a uma economia financeira real, ao mesmo tempo em que reforça o papel do ser humano na preservação do meio ambiente.

A edificação administrativa da Wurth é dotada de três níveis dentro da área do galpão. Para condicionar os ambientes foram projetados equipamentos do tipo *split* individual, conforme Quadro a seguir. Para a coleta da água condensada, foram considerados os equipamentos instalados no 1º e 2º pavimentos.

Quadro 6 - Relação dos equipamentos instalados no galpão G1 do complexo

Ambientes	Equipamentos split (BTU/h)
Térreo (dreno coletivo <i>sem</i> aproveitamento)	
Descompressão	48.000
Sala de TV	36.000
Recepção	22.000
Refeitório	2 X 48.000
Sala operacional 1	18.000
Laboratório	9.000
Sala operacional 2	18.000
Primeiro piso (dreno coletivo <i>com</i> aproveitamento)	
Sala Comex 1	18.000
Sala gerência	12.000
Sala Comex 2	22.000
Sala gerência	18.000
Call center/ televentas	2 X 48.000
TI	12.000
Segundo piso (dreno coletivo <i>com</i> aproveitamento)	
Sala de reuniões 2	30.000
Sala de reuniões 1	30.000
Auditório 2	36.000
Auditório 1	2 X 36.000

Fonte: Frioclima Instalações Térmicas e Consultoria (2023).

Os equipamentos instalados com aproveitamento da água de condensação somam um total de 12, com várias capacidades, que totalizam um montante de 346.000 BTU/h (Quadro 5).

3.2 Etapa 2 – Elaboração de projeto de instalação de coletores de água

O projeto elaborado teve como objetivo a instalação de equipamentos de ar-condicionado em diversos ambientes a serem climatizados. O layout foi desenvolvido para empresa Wurth do Brasil segundo suas necessidades e, com os ambientes previamente definidos, foi realizado o cálculo de carga térmica para determinar os equipamentos mais adequados a cada situação e necessidade.

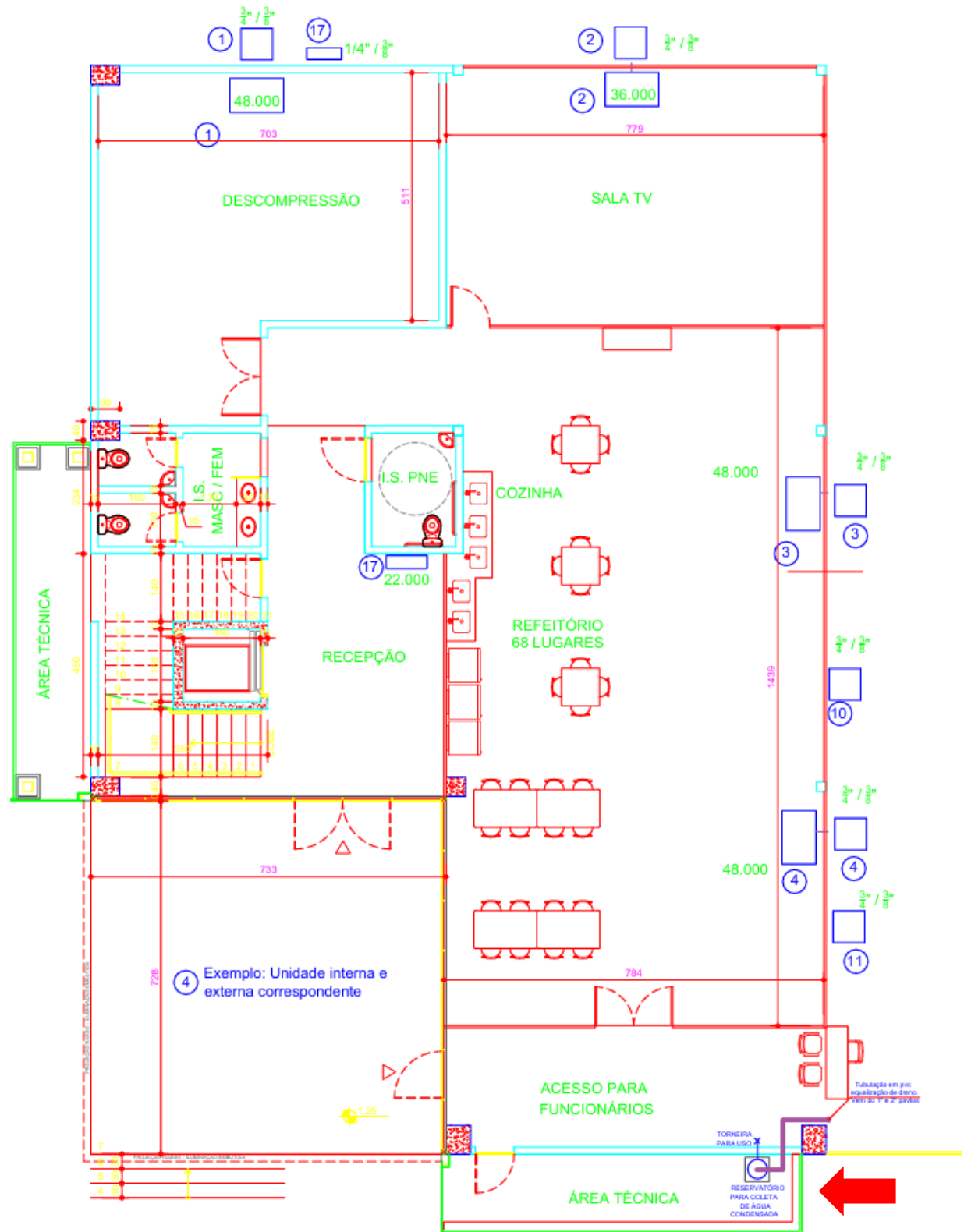
O sistema poderia ser do tipo VRF, centrais, multi-*split* ou outras opções, porém, visando o aproveitamento dos equipamentos existentes na sede antiga, optou-se pelo uso do *split system* individual. Ou seja, unidades independentes, em que cada unidade condensadora está associada a uma unidade evaporadora.

Os equipamentos a partir dos quais a água foi coletada passaram por uma limpeza química completa, sendo desmontados, higienizados, remontados e instalados nos ambientes

que demandavam suas respectivas capacidades. Além disso, para complementar o sistema, foram adquiridos alguns equipamentos novos.

Nas Figuras 14, 15 e 16 apresentam-se as plantas do térreo, do primeiro e segundo pavimentos da empresa onde estão instalados os equipamentos.

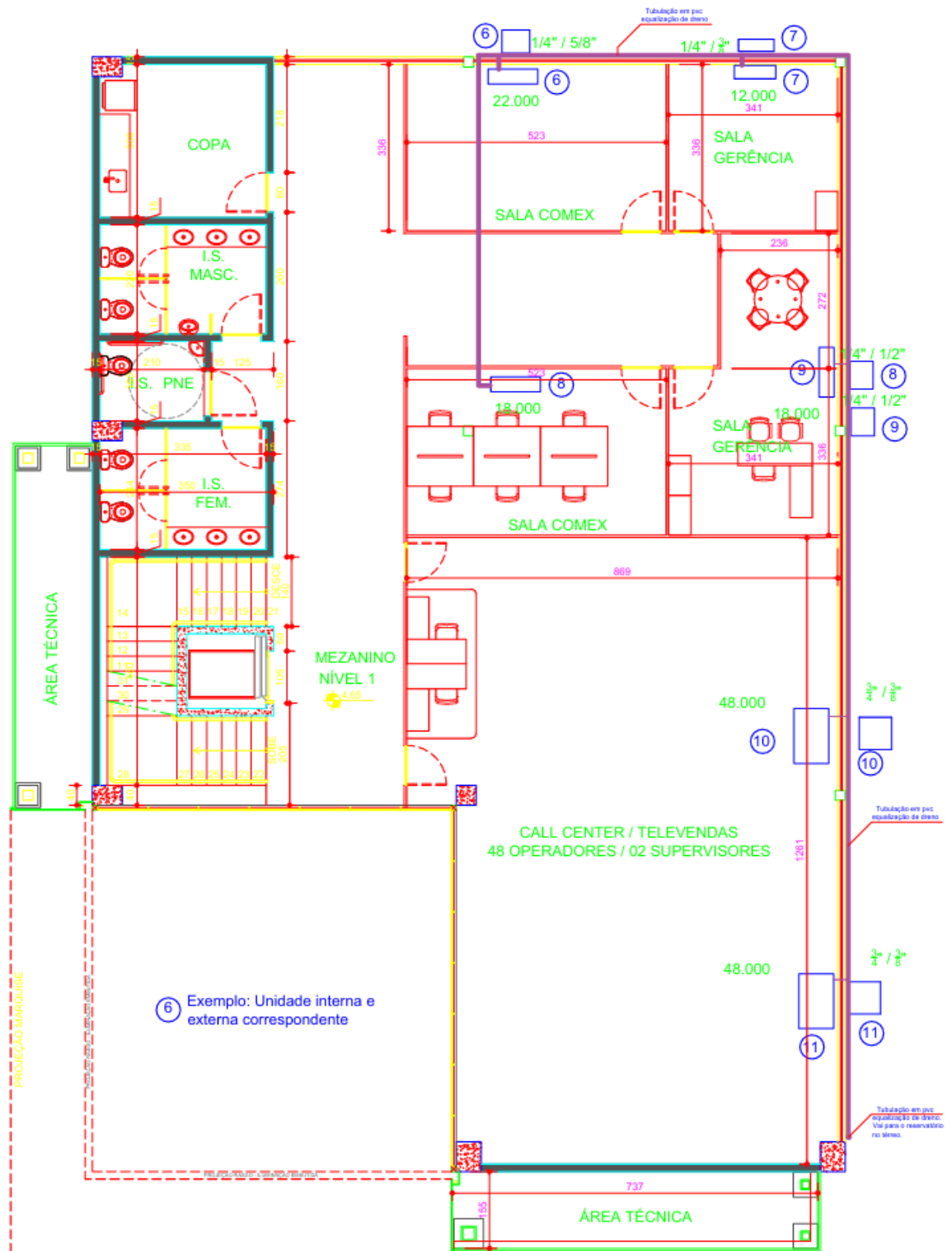
Figura 13 – Planta do térreo com localização do reservatório



Torino - G1
Planta - PAV. TÉRREO
COTAS EM CENTÍMETROS

Fonte: Frioclima, 2023.

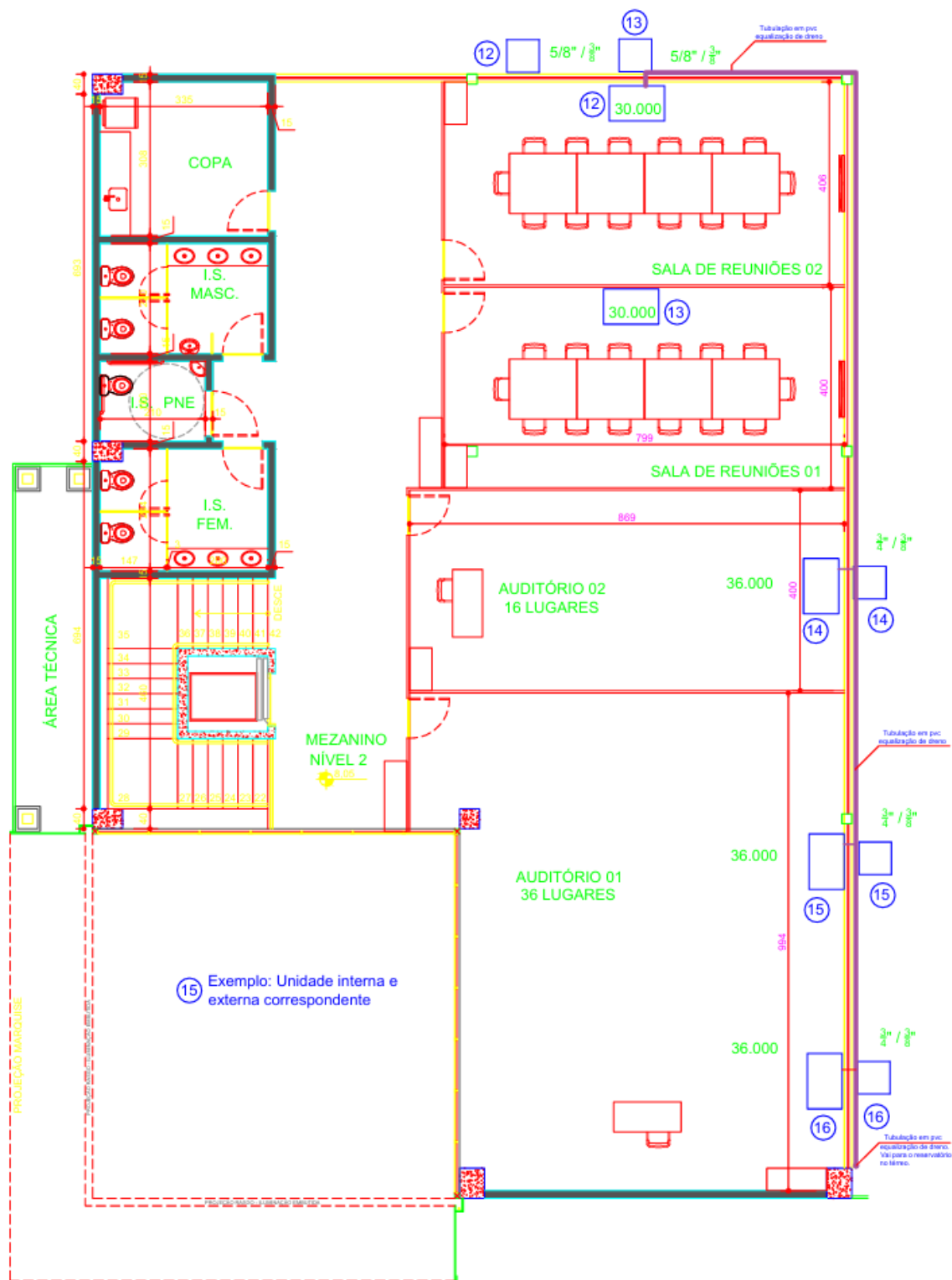
Figura 14 – Planta do primeiro pavimento com equipamentos de ar-condicionado instalados



Torino - G1
Planta - 1º PAV
COTAS EM CENTÍMETROS

Fonte: Frioclima, 2023.

Figura 15 – Planta do segundo pavimento com equipamentos de ar-condicionado instalados



Torino - G1
Planta - 2º PAV
COTAS EM CENTÍMETROS

Fonte: Frioclima, 2023.

3.3 Etapa 3 - Execução do projeto de instalação de sistema coletor de água

Dos equipamentos do primeiro e segundo pavimentos foram coletados os drenos para aproveitamento da água gerada pelo processo de condensação dos equipamentos de ar-condicionado. A coleta foi através de tubulações de PVC. O tubo foi instalado ao longo da edificação, lado externo, no nível do piso do primeiro pavimento. A tubulação serviu de barrilete para receber os drenos do primeiro e do segundo pavimentos. Os materiais utilizados foram tubos de PVC de 1", tubos de PVC de $\frac{3}{4}$ ", tubos de $\frac{1}{2}$ ", curvas, joelhos, adaptadores, reduções, torneira jardim, cola, lixa, abraçadeiras, buchas e parafusos.

A tubulação de PVC iniciou nas unidades evaporadoras, sendo tubuladas até o barrilete e sendo toda a coleta armazenada num reservatório (tambor de plástico) com capacidade de 240 litros, instalado na área técnica do pavimento térreo. Na parte inferior do reservatório foi instalada uma tubulação de PVC até a torneira de acesso dos colaboradores da limpeza da empresa. Nas Figuras 14, 15 e 16 estão representadas as tubulações que correspondem ao caminhamento das tubulações em PVC utilizadas para a equalização do dreno proveniente da condensação dos equipamentos de ar-condicionado.

No local, foram captadas diversas imagens, conforme apresentadas mais a diante, que detalham o posicionamento das unidades condensadoras e evaporadoras, o sistema central de coleta da água gerada pelo processo de condensação, o reservatório da água condensada e o modo geral de instalação do sistema. Vale lembrar que toda a geração da água de condensação ocorre na unidade evaporadora, instalada nos ambientes climatizados.

Na Figura 17 apresenta-se, ao lado esquerdo da imagem, a tubulação que conduz a água condensada ao reservatório.

Figura 16 - Tubulação equalizada da água de condensação 1º e 2º pavimentos



Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Na Figura 18, há o reservatório com capacidade de 240 litros, que recebe toda a água gerada no processo de condensação do primeiro e do segundo pavimentos. Ele foi instalado na casa de máquinas de eletrobombas, assentado sobre uma mesa para facilitar o manuseio pelos colaboradores e regular a altura da torneira. Por segurança, foi instalado um extravasor da água (popularmente conhecido como ladrão), que é uma tubulação usada para escoar um casual excesso de água. A tubulação alerta para o transbordamento do reservatório, permitindo escoar o excesso da água quando o nível máximo for superado. Essa tubulação deságua em local de fácil observação.

Figura 17 - Reservatório da água de condensação instalado na casa de máquinas (térreo)



Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Na Figura 19 mostra-se a torneira que foi colocada em ponto estratégico, para ser utilizada pelos colaboradores da limpeza, de modo que levasse em consideração aspectos ergonômicos. Como forma de alerta, foi afixada uma placa em acrílico, informando que não se trata da água potável.

Figura 18 - Válvula esfera instalada



Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

3.4 Etapa 4 - Coleta da água gerada pela condensação para análise laboratorial e medição de quantitativo

Para a análise laboratorial, fizeram-se duas coletas de água, respectivamente nos dias 26 de fevereiro e 3 de novembro de 2025, sendo que a segunda coleta foi dividida em três amostras, para possibilitar a realização de análise tanto microbiológica quanto físico-química, seguindo os procedimentos exigidos pelo laboratório do IFMG, apresentados mais adiante. Esse processo de coleta seguiu o mesmo rito, começando às 6h. Após as preparações *in loco*, os frascos foram armazenados numa caixa térmica com gelo.

Primeiramente, iniciou-se a higienização das mãos e da torneira (Figura 20).

Figura 19 - Imagem do pesquisador na fase de preparação para a coleta da água



Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Foram utilizados recipientes lacrados e abertos somente no local da coleta. Os frascos novos, utilizados para a coleta, eram da água mineral, com capacidade de armazenamento de 500 ml (Figura 21).

Figura 20 - Exemplar de envases da água coletada para transporte ao laboratório



Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Os frascos para coleta das amostras foram abertos um a um e o seu conteúdo armazenado noutro frasco, como forma de aproveitamento do conteúdo (Figura 22).

Figura 21 - Água mineral do envase sendo aproveitada



Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Antes de iniciar a captação das amostras, a torneira foi deixada aberta por 1 minuto, para eliminar possíveis resíduos decantados no reservatório. Logo depois, os frascos foram enxaguados com a água da torneira e, por fim, iniciou-se a coleta, armazenando os recipientes na caixa térmica, um a um. Tal caixa continha gelo, para garantir o correto transporte do material (Figura 23).

Figura 22 - Coleta da água de condensação e armazenamento para transporte



Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

O transporte foi realizado em veículo próprio do autor deste trabalho, da sede da Empresa Wurth, na divisa de Betim e Contagem, para a cidade de Bambuí (20° 00' 21" S, 45° 58' 37" O), que fica a 235 km de distância. A chegada em Bambuí foi às 9h06 do mesmo dia (26/02/2025). Iniciaram-se as análises no laboratório da Água e Leite do IFMG - Campus Bambuí às 9h44, juntamente com a Profa. Dra. Sônia Paciulli e suas colaboradoras. Tais análises foram: microbiológica e físico-química.

É importante ressaltar que, antes da coleta das amostras de água, todos os equipamentos de ar-condicionado passaram por manutenção preventiva: todo dia 20 de cada mês durante toda a vigência do contrato de manutenção, que conta com renovação anual. É essencial, para o seu uso correto e seguro, que esse tipo de equipamento seja acompanhado por empresas de manutenção que possuam um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) registrado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA). A Empresa Wurth possui um contrato anual com a Empresa Frioclima, que detém o PMOC registrado no CREA/MG. Todo esse processo é regido pela Lei nº 13.589, de 4 de janeiro de 2018, do Ministério da Saúde, que regulamenta o uso de equipamentos de ar-condicionado e as obrigações de manutenção.

Na segunda coleta, realizada em novembro de 2025, três amostras foram analisadas no Laboratório de Análises Ambientais do IFMG Santa Luzia, conduzidas pelo professor Dr. Neimar de Freitas Duarte, seguindo os métodos padronizados e reconhecidos pela legislação vigente, levando em consideração os limites máximos e mínimos permitidos para cada parâmetro, conforme determina a Portaria GM/MS nº 888/2021:

- Turbidez: máximo de 5,0 NTU
- pH: faixa permitida entre 6,0 e 9,5
- Cloro residual livre: mínimo de 0,2 mg/L e máximo de 2,0 mg/L
- Cor aparente: máximo de 15 uH
- *Escherichia coli*: ausência em 100 mL

A avaliação da potabilidade da água destinada ao consumo humano exige a realização de parâmetros físico-químicos e microbiológicos considerados essenciais. Entre eles, destacam-se a turbidez, o pH, o cloro residual livre e a presença de *Escherichia coli*. Segundo Xavier (2022), esses parâmetros são os mais utilizados em diagnósticos de qualidade da água, pois permitem identificar desde partículas em suspensão e variações de acidez até a eficiência da desinfecção e a possível contaminação por patógenos de origem fecal.

A Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece valores de referência para tais ensaios, determinando que a turbidez deve ser $\leq 5,0$ NTU, o pH deve permanecer entre 6,0 e 9,5, o cloro residual livre deve situar-se entre 0,2 e 2,0 mg/L e que a *Escherichia coli* deve estar ausente em 100 mL de amostra (Brasil, 2021). Esses limites refletem a necessidade de controle rigoroso para a proteção da saúde humana.

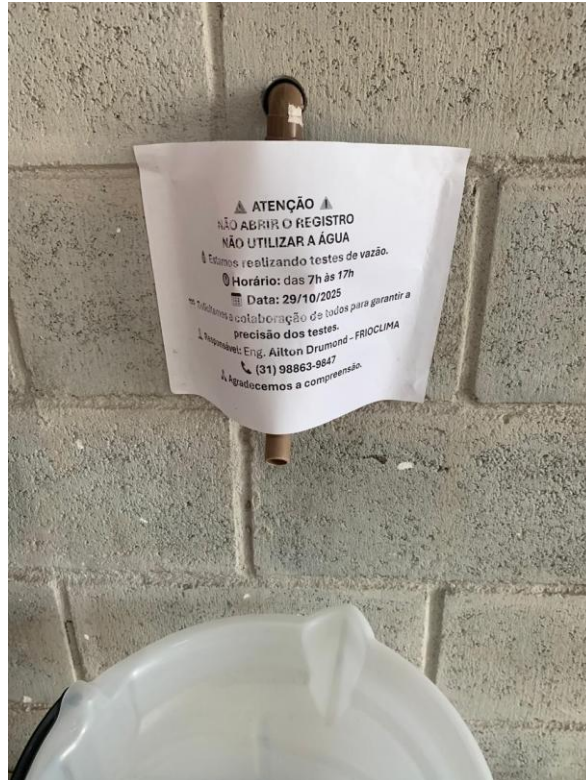
De acordo com o Ministério da Saúde (2006), tais análises compõem um conjunto de práticas fundamentais para assegurar que a água fornecida à população seja considerada potável e segura. Estudos como o de Veiga (2006) reforçam que os parâmetros físico-químicos e microbiológicos estão amparados por regulamentações nacionais, garantindo respaldo técnico e legal. Nesse sentido, pesquisas aplicadas à vigilância da qualidade da água, como a de D'Aguila et al. (2000), evidenciam que o monitoramento contínuo é indispensável para reduzir riscos à saúde pública.

Passada a etapa de coleta de água para análise laboratorial, passou-se à etapa da coleta para medição de quantitativo. Foram realizadas duas medições, em dias diferentes, sendo que a preparação das atividades teve início às 6h, com a finalidade de organizar a área técnica e

garantir o adequado funcionamento dos equipamentos. As coletas ocorreram em dias úteis, sendo nos dias 14 e 29 de outubro de 2025, entre 7h e às 17h, de forma a considerar turnos regulares de trabalho. Não houve interferência do pesquisador quanto ao uso do equipamento e nem quanto à temperatura utilizada, ou seja, os equipamentos foram ligados e utilizados conforme a necessidade dos trabalhadores, caracterizando, portanto, uma situação real de uso. No dia anterior a cada coleta, foi solicitado à liderança da equipe de limpeza o uso do máximo possível da água armazenada no reservatório de 240 litros, evitando desperdício e garantindo que o experimento se iniciasse com o reservatório vazio. Estes procedimentos foram adotados:

- a) o reservatório de 240 litros foi completamente esvaziado, assegurando a eliminação de qualquer volume remanescente – a água foi armazenada em outro local, para uso posterior;
- b) a tubulação de entrada foi desconectada antes do término do esvaziamento, garantindo que não houvesse interferência de água residual;
- c) às 7h, procedeu-se à reconexão da tubulação de condução de água condensada referente aos equipamentos do primeiro e segundo pavimentos;
- d) a torneira de saída do reservatório foi lacrada, juntamente com a fixação de aviso orientando para a proibição de uso da água durante o período de coleta, como mostra a imagem a seguir.

Quadro 7 - Aviso da suspensão do uso da água do reservatório durante a medição



Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Posteriormente, às 17h, o lacre foi removido e iniciou-se o esvaziamento completo do reservatório utilizando um balde graduado de 18 litros, o que permitiu a quantificação precisa do volume coletado. A água foi destinada a serviços gerais, como limpeza de pisos, evitando desperdício. Durante ambas as coletas, foram mantidas as condições de operação normal dos equipamentos, respeitando as necessidades reais dos usuários.

No Quadro 8 detalham-se as condições meteorológicas nos dias de coleta.

Quadro 8 - Condições meteorológicas nos dias de coleta da água

Data	Temperatura Externa Inicial 7h	Temperatura Externa Final 17 h	Temperatura Externa máxima (14h30 – 15h30)	Umidade Relativa Inicial	Umidade Relativa Final	Produção Total Estimada (L/h)
14/10/2025	17,1°C	23,6°C	28°C	91%	65%	4,9
29/10/2025	17,7°C	29,1°C	31°C	68%	31%	10,2

Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Conforme pode-se verificar no referido quadro, o dia 29/10 apresentou temperatura consideravelmente mais elevada, atingindo 31°C, enquanto no dia 14/10 a temperatura máxima

foi de 28°C. A umidade relativa do ar apresentou queda mais acentuada no dia 29/10, atingindo 31%, ao passo que no dia 14/10 o valor mínimo foi de 65%. Temperaturas mais elevadas e menor umidade relativa podem aumentar significativamente a demanda térmica dos ambientes, fazendo com que os sistemas de climatização operem por mais tempo e em maior capacidade, o que eleva a produção de água por condensação.

3.5 Etapa 5 – Proposição de um manual prático para coleta, armazenamento e utilização da água gerada pela condensação de sistemas de ar-condicionado.

Para a proposição do Produto Técnico-Tecnológico (PTT), foi elaborado um manual prático para coleta, armazenamento e utilização da água gerada pela condensação de sistemas de ar-condicionado. Esse PTT representa uma contribuição significativa para a inovação aplicada e a difusão do conhecimento técnico.

Esse tipo de produto tem como objetivo transformar saberes científicos, técnicos e práticos em soluções concretas que possam ser utilizadas por profissionais, instituições e pela sociedade em geral. De fácil leitura, o PTT alerta aos usuários de que, ao utilizar os aparelhos de ar-condicionado, é preciso se preocupar com o meio ambiente e com as possíveis formas de economizar os recursos hídricos do nosso planeta. Esse manual está disponível no Apêndice D deste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção está dividida em quatro subseções, quais sejam: (i) estudo da viabilidade técnica para implantação do sistema de coleta de água de condensação; (ii) resultados da coleta da água gerada pelo processo de condensação para medição de quantitativo; (iii) resultado da análise laboratorial e (iv) conclusão dos achados.

4.1 Estudo da viabilidade técnica para implantação do sistema de coleta de água de condensação

A edificação analisada corresponde ao escritório da empresa Wurth, inserido em uma área locada de 14.000 m², pertencente ao Galpão G1 do Parque Torino, situado no município de Betim/MG, cuja área total é de 43.500 m².

A projeção horizontal da edificação ocupa 365 m², apresentando dimensões de 24,05 m × 15,17 m (Figura 9). O edifício é constituído por três níveis: pavimento térreo, primeiro pavimento e segundo pavimento. Observa-se que duas das fachadas — uma com 15,17 m e outra com 24,05 m — fazem divisa direta com a área interna locada pela empresa, condição que influencia positivamente a logística de implantação do sistema de coleta.

Conforme evidenciado nas Figuras 13, 14 e 15, as unidades evaporadoras dos sistemas de climatização encontram-se predominantemente instaladas nas paredes limítrofes à área técnica. Tal configuração espacial representa um fator determinante para a viabilidade técnica do projeto, uma vez que reduz distâncias de caminhamento das tubulações de drenagem e minimiza interferências estruturais.

O processo de condensação do vapor d'água presente no ar atmosférico ocorre durante a operação dos equipamentos de ar-condicionado, gerando efluente com características físico-químicas compatíveis com usos não potáveis, desde que submetido a critérios mínimos de controle. A concentração das unidades evaporadoras nas fachadas estratégicas permite a implantação de barriletes em PVC para equalização dos drenos individuais, conduzindo o volume coletado a um ponto único de armazenamento.

A área técnica localizada no pavimento térreo apresenta condições adequadas para a instalação de reservatório de acumulação, favorecendo o aproveitamento gravitacional e reduzindo a necessidade de sistemas de recalque, o que contribui para maior eficiência energética e menor custo operacional.

Embora os três pavimentos apresentem potencial de geração de água de condensação, optou-se tecnicamente pela equalização apenas dos drenos provenientes do primeiro e segundo pavimentos. Essa decisão fundamenta-se em critérios de relação custo-benefício, complexidade de execução, interferências arquitetônicas e volume estimado de geração, priorizando a solução com maior retorno técnico e operacional.

Destaca-se que a instalação dos sistemas de climatização seguiu rigorosamente as recomendações dos fabricantes, incluindo:

- dimensionamento das tubulações de cobre para fluido refrigerante;
- especificação das fiações de alimentação e comunicação;
- definição do isolamento térmico adequado;
- procedimentos de vácuo e estanqueidade;
- verificação do balanceamento do sistema;
- eventual complementação de fluido refrigerante.

Esses parâmetros asseguram o funcionamento adequado dos equipamentos e garantem que o sistema de drenagem opere dentro das condições previstas de projeto, elemento essencial para a confiabilidade da proposta de aproveitamento hídrico.

Sob a perspectiva da sustentabilidade e da gestão eficiente de recursos hídricos, a configuração arquitetônica da edificação, aliada ao arranjo técnico das unidades evaporadoras, demonstra viabilidade técnica consistente para implantação do sistema de coleta e armazenamento da água de condensação, configurando-se como solução ambientalmente adequada e operacionalmente exequível.

4.2 Resultados da coleta da água gerada pelo processo de condensação para medição de quantitativo

Conforme detalhado anteriormente, a coleta foi realizada em dois dias úteis diferentes, cujo detalhamento encontra-se nos quadros seguintes.

Quadro 9 - Coleta com os equipamentos ligados conforme as necessidades dos usuários: 14 out., 7h-17h

Temp. Ext. (°C)	UReExt. (%)	Temp. Int. (°C)	Posição Geográfica: Estação BH Cercadinho	Pavimento	Ambiente	Equipamento (BTU/h)	Dreno Equalizado	Litros/h Produzidos
Equipamentos do primeiro e segundo pavimentos com aproveitamento da água								
Início: 17,1 Término: 23,6	Início: 91 Término: 65	(±) 23	Latitude: -19° 58' 48.00" S Longitude: -43° 57' 31.00" W	1º pav	Sala Comex 1	18000	Sim	2,85
				1º pav	Sala Gerência	12000	Sim	
				1º pav	Sala Comex 2	22000	Sim	
				1º pav	Sala Gerência	18000	Sim	
				1º pav	Call Center/ Televidas	2 x 48000	Sim	
				1º pav	TI	12000	Sim	
				2º pav	Sala de Reuniões 2	30000	Sim	
				2º pav	Sala de Reuniões 1	30000	Sim	
				2º pav	Auditório 2	36000	Sim	
				2º pav	Auditório 1	2 x 36000	Sim	
Equipamentos do térreo sem aproveitamento da água produção por analogia segundo capacidade térmica								
Início: 17,1 Término: 23,6	Início: 91 Término: 65	(±) 23	Latitude: -19° 58' 48.00" S Longitude: -43° 57' 31.00" W	Térreo	Descompressão	48000	Sim	1,67
				Térreo	Sala de TV	36000	Sim	
				Térreo	Recepção	22000	Sim	
				Térreo	Refeitório	2 x 48000	Sim	
Equipamentos em salas remotas ao prédio sem aproveitamento da água produção por analogia segundo capacidade térmica								
Início: 17,1 Término: 23,6	Início: 91 Término: 65	(±) 23	Latitude: -19° 58' 48.00" S Longitude: -43° 57' 31.00" W	Individual	Sala Operacional 1	18000	Não	0,15
Início: 17,1 Término: 23,6	Início: 91 Término: 65	(±) 23	Latitude: -19° 58' 48.00" S Longitude: -43° 57' 31.00" W	Individual	Laboratório	9000	Não	0,08
Início: 17,1 Término: 23,6	Início: 91 Término: 65	(±) 23	Latitude: -19° 58' 48.00" S Longitude: -43° 57' 31.00" W	Individual	Sala Operacional 2	18000	Não	0,15
Produção estimada								4,9

Fonte: Da Silveira, A. D. (2025), com dados meteorológicos do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

Quadro 10 - Coleta com os equipamentos ligados conforme as necessidades dos usuários: 29 out., 7h-17h

Temp. Ext. (°C)	UR Ext. (%)	Temp. Int. (°C)	Posição Geográfica: Estação BH Cercadinho	Pavimento	Ambiente	Equipamento (BTU/h)	Dreno Equalizado	Litros/h Produzidos
Equipamentos do primeiro e segundo pavimentos com aproveitamento da água								
Início: 17,7 Término: 29,1	Início: 68 Término: 31	(±) 23	Latitude: -19° 58' 48.00" S Longitude: -43° 57' 31.00" W	1º pav	Sala Comex 1	18000	Sim	5,2
				1º pav	Sala Gerência	12000	Sim	
				1º pav	Sala Comex 2	22000	Sim	
				1º pav	Sala Gerência	18000	Sim	
				1º pav	Call Center/ Televidas	2 x 48000	Sim	
				1º pav	TI	12000	Sim	
				2º pav	Sala de Reuniões 2	30000	Sim	
				2º pav	Sala de Reuniões 1	30000	Sim	
				2º pav	Auditório 2	36000	Sim	
				2º pav	Auditório 1	2 x 36000	Sim	
Equipamentos do térreo sem aproveitamento da água produção por analogia segundo capacidade térmica								
Início: 17,7 Término: 29,1	Início: 68 Término: 31	(±) 23	Latitude: -19° 58' 48.00" S Longitude: -43° 57' 31.00" W	Térreo	Descompressão	48000	Sim	3,0
				Térreo	Sala de TV	36000	Sim	
				Térreo	Recepção	22000	Sim	
				Térreo	Refeitório	2 x 48000	Sim	
Equipamentos em salas remotas ao prédio sem aproveitamento da água produção por analogia segundo capacidade térmica								
Início: 17,7 Término: 29,1	Início: 68 Término: 31	(±) 23	Latitude: -19° 58' 48.00" S Longitude: -43° 57' 31.00" W	Individual	Sala Operacional 1	18000	Não	0,3
Início: 17,7 Término: 29,1	Início: 68 Término: 31	(±) 23	Latitude: -19° 58' 48.00" S Longitude: -43° 57' 31.00" W	Individual	Laboratório	9000	Não	0,14
Início: 17,7 Término: 29,1	Início: 68 Término: 31	(±) 23	Latitude: -19° 58' 48.00" S Longitude: -43° 57' 31.00" W	Individual	Sala Operacional 2	18000	Não	0,3
Produção estimada								10,2

Fonte: Da Silveira, A. D. (2025), com dados meteorológicos do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

A análise comparativa dos resultados das coletas evidencia diferenças importantes na produção de água condensada entre os dois dias de ensaio. No dia 14/10/25, a produção estimada total foi de 4,9 litros/h, enquanto no dia 29/10/25 esse valor mais do que duplicou, atingindo 10,2 litros/h. Essa variação pode ser explicada pela diferença nas condições meteorológicas, sobretudo pela elevação da temperatura externa e pela redução da umidade relativa do ar observada no segundo ensaio. De acordo com a literatura técnica, em dias de alta carga térmica e uso intensivo dos sistemas de climatização, a geração de água por condensação tende a ser consideravelmente maior, podendo atingir entre 0,8 e 1,2 litros/h para cada 12.000 BTU/h de capacidade térmica instalada.

Na edificação analisada, observa-se que os equipamentos do primeiro e segundo pavimentos estão interligados ao sistema de utilização, permitindo o uso da água condensada em atividades não nobres, como limpeza e irrigação de áreas externas. Por outro lado, os equipamentos localizados no térreo e em salas remotas ainda não possuem sistema de drenagem equalizado, o que faz com que a água gerada seja descartada, representando perda potencial de aproveitamento.

Os resultados obtidos reforçam a importância da gestão sustentável da água condensada como uma prática ambientalmente responsável. Mesmo em dias com condições favoráveis ao conforto térmico e operação parcial dos equipamentos, verificou-se produção consistente de condensado. Portanto, a implementação de sistemas de aproveitamento total da água gerada pelos equipamentos de ar-condicionado mostra-se viável e eficiente, contribuindo diretamente para a redução do consumo de água potável para fins não nobres e para o fortalecimento das políticas de sustentabilidade na edificação.

Da mesma maneira, os ensaios confirmam o potencial de aproveitamento da água de condensação como recurso alternativo em edificações climatizadas, evidenciando que, mesmo sob operação comum dos sistemas, é possível gerar volumes expressivos de água para usos não nobres. Tal prática contribui significativamente para o uso racional dos recursos hídricos, alinhando-se aos princípios da sustentabilidade ambiental e eficiência energética.

4.3 Resultado da análise laboratorial

4.3.1 Resultado da primeira coleta

A água coletada em fevereiro de 2025 foi analisada pelo Laboratório da Água e Leite do IFMG - Campus Bambuí, conforme descrição do quadro a seguir.

Quadro 11 - Relatório dos resultados do laboratório da Água e Leite da IFMG/BambuÍ

Análise	Resultado	Parâmetros da Portaria GM/MS nº 888:2021	Método	Situação em relação à Portaria GM/MS nº 888:2021
Cor aparente (uH)	5	Máximo de 15uH	SMWW-2120 E.23ªEd.:2017- Espectrofotométrico	Dentro do parâmetro
Turbidez (NTU)	4 NTU	Máximo 5 NTU	SMWW-2130B-23ªEd.: 2017-Turbidimétrico	Dentro do parâmetro
pH	10,67	6,0 a 9,0	SMWW-4500-HB. 23ªEd.:2017-Eletrométrico	Fora do parâmetro
Cloro residual livre (no laboratório)	0,02	Mínimo de 0,2 mg/L Máximo de 5	SMWW -4500- CIG.23ªEd.:2017- Espectrofotométrico	Fora do parâmetro
Nitrito	0,115	Máximo de 1 mg/L	SMWW-4500-NO B.23ªEd.:2017- Espectrofotométrico	Dentro do parâmetro
Nitrato	0,195	Máximo de 10 mg/L	SMWW-SMWW-4500-NO B.23ªEd.:2017- Espectrofotométrico	Dentro do parâmetro
Ferro	0	Máximo de 0,3 mg/L	SMWW-3111 B.23ªEd.:2017- Espectrofotométrico	Dentro do parâmetro
Dureza	5	Máxima de 500 mg/L	SMWW-2340 B e C..23ªEd.:2017 Espectrofotométrico	Dentro do parâmetro
Cloreto	0	Máximo de 250 mg/L	SMWW -4500- Cl B.23ªEd.:2017 Espectrofotométrico	Dentro do parâmetro
Condutividade elétrica	0,01	10 µS/cm	SMWW-4500-HB. 23ªEd.:2017-Eletrométrico	Dentro do parâmetro
Coliformes totais	Ausência	Ausência/100mL	APHA 9:2015 e APHA/AWWA/WEF 9221:2012	Dentro do parâmetro
<i>Escherichia coli</i>	Ausência	Ausência/100mL	APHA 9:2015 e APHA/AWWA/WEF 9221:2012	Dentro do parâmetro

Fonte: Relatório de ensaio emitido em 01 de abril de 2025 – Laboratório do IFMG Bambuí/MG, adaptado (Da Silveira, A. D., 2025)

Verifica-se que somente o pH e cloro residual livre estão fora dos limites aceitáveis para uso da água para consumo humano e irrigação. Todos os demais estão dentro dos parâmetros aceitáveis pelos órgãos reguladores. Todavia é preciso considerar que a água analisada vem de um meio a ser condicionado e que passa em contato com equipamento e tubulações. Mesmo que estivesse dentro dos padrões aceitáveis, não seria recomendada para consumo humano por estar fora dos parâmetros pré-estabelecidos pelo CONAMA (nível de pH e quantidade de cloro residual).

4.3.2 Resultado da segunda coleta

A coleta das amostras seguiu os mesmos protocolos adotados na primeira análise realizada no laboratório do IFMG Bambuí. Considerando a disponibilidade dos reagentes, as análises dos parâmetros foram realizadas em dias diferentes, conforme detalhamento a seguir.

Quadro 12 - Data de realização das análises da segunda coleta da água de condensação

Análise	Data de análise
Turbidez	03/11/2025
pH	
<i>Escherichia coli</i>	13/11/2025
Cloro residual livre	25/11/2025
Cor aparente	

Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Os resultados das análises das amostras são os constantes dos quadros a seguir.

Quadro 13 - Resultados das análises da amostra 1 da segunda coleta da água de condensação

Ensaio	O que indica	Limite (Portaria GM/MS 888/2021)	Resultado do Laboratório			Conforme / Não Conforme
			Análise 1	Análise 2	Análise 3	
Turbidez	Partículas em suspensão (argila, mate matéria orgânica, microrganismos)	$\leq 5,0$ NTU	1,33	1,16	1,14	Conforme
pH	Acidez ou alcalinidade da água	6,0 – 9,5	5,4	5,6	5,7	Não conforme
Cloro residual livre	Eficiência e manutenção da desinfecção	0,2 a 2,0 mg/L	0,06	0,04	0,05	Não conforme
Cor	Presença de partículas e suspensão(uH)	Máximo de 15uH	0	9	2	Conforme
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	Indicador de contaminação fecal (patógenos)	Ausência em 100 mL	Ausência	Ausência	Ausência	Conforme

Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Quadro 14 - Resultados das análises da amostra 2 da segunda coleta

Ensaio	O que indica	Limite (Portaria GM/MS 888/2021)	Resultado do Laboratório			Conformidade com os parâmetros
			Análise 1	Análise 2	Análise 3	
Turbidez	Partículas em suspensão (argila, mate matéria orgânica, microrganismos)	$\leq 5,0$ NTU	1,29	1,03	1,13	Conforme
pH	Acidez ou alcalinidade da água	6,0 – 9,5	6	6	6,1	Conforme
Cloro residual livre	Eficiência e manutenção da desinfecção	0,2 a 2,0 mg/L	0,02	0,05	0,02	Não conforme
Cor	Presença de partículas e suspensão(uH)	Máximo de 15uH	0	0	0	Conforme
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	Indicador de contaminação fecal (patógenos)	Ausência em 100 mL	Ausência	Ausência	Ausência	Conforme

Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Quadro 15 - Resultados das análises da amostra 3 da segunda coleta

Ensaio	O que indica	Limite (Portaria GM/MS 888/2021)	Resultado do Laboratório			Conformidade com os parâmetros
			Análise 1	Análise 2	Análise 3	
Turbidez	Partículas em suspensão (argila, mate matéria orgânica, microrganismos)	$\leq 5,0$ NTU	0,97	0,86	0,87	Conforme
pH	Acidez ou alcalinidade da água	6,0 – 9,5	6,1	6,1	6	Conforme
Cloro residual livre	Eficiência e manutenção da desinfecção	0,2 a 2,0 mg/L	0,03	0,09	0,12	Não conforme
Cor	Presença de partículas e suspensão(uH)	Máximo de 15uH	1	0	0	Conforme
Escherichia coli (E. coli)	Indicador de contaminação fecal (patógenos)	Ausência em 100 mL	Ausência	Ausência	Ausência	Conforme

Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Os parâmetros analisados são comentados a seguir.

Turbidez

A turbidez das três amostras apresentou valores significativamente abaixo do limite máximo estabelecido, indicando baixa presença de partículas em suspensão, como argilas, matéria orgânica e microrganismos. A amostra 3 apresentou os menores valores (0,86 a 0,97 NTU), seguida das Amostras 2 e 1, que variaram entre 1,03 e 1,33 NTU. Em termos comparativos, todas as amostras foram classificadas como *conformes*, representando boa qualidade física da água.

pH

O parâmetro pH demonstrou variações importantes entre as amostras. A amostra 1 apresentou valores entre 5,4 e 5,7, situando-se abaixo do limite mínimo permitido (6,0). Essa condição indica água com acidez elevada, podendo sugerir processos de corrosão, dissolução de materiais ou baixa alcalinidade. Já as amostras 2 e 3 apresentaram valores entre 6,0 e 6,1, enquadrando-se na faixa estabelecida pela Portaria. Dessa forma, apenas a Amostra 1 foi classificada como *não conforme* neste parâmetro.

Cloro Residual Livre

O cloro residual livre foi o parâmetro de maior criticidade entre as três amostras. Todas elas apresentaram valores inferiores ao limite mínimo exigido (0,2 mg/L), variando entre 0,02 e 0,12 mg/L. Esse resultado evidencia deficiência no processo de desinfecção, uma vez que a presença de cloro residual é fundamental para a manutenção da barreira sanitária ao longo do tempo. Apesar disso, como discutido posteriormente, não foram identificados indicadores microbiológicos de contaminação fecal.

Cor Aparente

Os valores de cor aparente foram amplamente satisfatórios nas três amostras, todos muito abaixo do limite máximo de 15 uH. A amostra 2 destacou-se por apresentar cor igual a 0 uH em todas as análises, evidenciando excelente estabilidade visual e ausência de partículas dissolvidas. As amostras 1 e 3 também apresentaram valores reduzidos, variando entre 0 e 9 uH, sendo classificadas como *conformes*.

Escherichia coli

A avaliação microbiológica demonstrou ausência de *Escherichia coli* em todas as amostras, indicando inexistência de contaminação fecal e garantindo conformidade plena com o padrão microbiológico de potabilidade. Esse resultado é relevante, especialmente à luz da ausência de cloro residual nas amostras, sugerindo que, apesar da deficiência na desinfecção química, não houve exposição recente a fontes de contaminação microbiológica.

Estabelecendo uma comparação entre as três amostras da segunda coleta, tem-se o seguinte:

A amostra 1 apresentou os resultados mais críticos, com pH abaixo do limite e ausência de cloro residual livre. Embora os parâmetros de turbidez, cor e *E. coli* estejam satisfatórios, o conjunto dos resultados indica instabilidade físico-química da água, com risco potencial associado à acidez.

A amostra 2 apresentou excelente comportamento físico (turbidez e cor) e pH adequado, mas também apresentou valores insuficientes de cloro residual. Trata-se de uma água quimicamente estável, mas sem barreira de desinfecção contínua.

A amostra 3, por sua vez, demonstrou o melhor desempenho geral, com turbidez reduzida, pH dentro dos limites, cor muito baixa e ausência de *E. coli*. Embora também apresente cloro abaixo do mínimo, os valores registrados (0,03 a 0,12 mg/L) aproximam-se mais do limite normativo do que nas demais amostras.

Os parâmetros estão comparados no quadro a seguir.

Quadro 16 - Comparativo dos resultados das três amostras da segunda coleta

Parâmetro	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Melhor desempenho
Turbidez	Conforme	Conforme	Conforme	Amostra 3
pH	Não conforme	Conforme	Conforme	Amostras 2 e 3
Cloro residual livre	Não conforme	Não conforme	Não conforme	—
Cor	Conforme	Melhor	Conforme	Amostra 2
<i>E. coli</i>	Conforme	Conforme	Conforme	Empate

Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Feita a comparação das amostras da segunda coleta, passa-se a estabelecer uma comparação entre essas e a análise da primeira coleta, ou seja, compara-se a análise realizada no Laboratório Água e Leite do IFMG Bambuí com a realizada no Laboratório do IFMG Santa Luzia.

Como confirmado pelos resultados laboratoriais, a água proveniente do processo de condensação de aparelhos de ar-condicionado pode ser aproveitada com segurança em usos não nobres, como limpeza, irrigação ou processos industriais que não exijam potabilidade.

No contexto da edificação estudada, o aproveitamento da água de condensação representa uma alternativa ambientalmente sustentável, reduzindo o consumo de água potável destinada a usos não nobres e contribuindo para práticas de gestão hídrica alinhadas aos princípios da economia circular.

Acredita-se que um dos fatores que colaborou para a qualidade da água foi o fato de todos os equipamentos passarem por manutenções preventivas e sistemáticas, como tratado anteriormente. Mensalmente são utilizados produtos químicos para higienização dos equipamentos.

Ainda se notou que a água gerada e coletada no reservatório da empresa WURTH é utilizada na higienização dos sanitários, no abastecimento do lavador de piso dirigível e na limpeza dos próprios equipamentos de ar-condicionado.

Analisando os resultados obtidos tanto das análises feitas no laboratório do IFMG Campus Bambuí/MG quanto da revisão sistemática, podemos refletir sobre a manutenção dos equipamentos. Os equipamentos que analisamos têm controle de manutenção rigorosa, segundo um PMOC (Plano de Manutenção, Operação e Controle). O PMOC segue as recomendações das legislações vigentes no Brasil e está registrado no CREA-MG. E então surge a seguinte inquietação: será que o mesmo cuidado com manutenção, que não foi citado nos trabalhos analisados, foi adotado nas instalações dos equipamentos? Isso porque tal realidade pode

influenciar diretamente na análise laboratorial. Ou seja, para que possamos utilizar a água produzida no processo de condensação, é preciso analisar caso a caso, a partir das características, poder definir o uso adequado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve como objetivo geral analisar o potencial de aproveitamento da água proveniente do processo de condensação de equipamentos de ar-condicionado, sob a perspectiva da sustentabilidade e da gestão eficiente dos recursos hídricos. De forma específica, buscou-se (i) quantificar a água gerada pelo processo de condensação de ar-condicionado da empresa Wurth, locus da pesquisa; (ii) caracterizar as propriedades físico-químicas da água de condensação, visando identificar sua adequação para diferentes usos não potáveis; (iii) avaliar, a partir dos resultados da análise laboratorial, possíveis aplicações e impactos ambientais positivos da água gerada; e (iv) desenvolver um manual técnico com diretrizes detalhadas e práticas para a instalação, operação e manutenção de sistemas de aproveitamento da água de condensação, visando a sustentabilidade e a eficiência.

Os resultados obtidos permitiram confirmar que a água de condensação representa um volume significativo, especialmente em edificações com grande número de equipamentos e funcionamento contínuo. Verificou-se, ainda, que suas características indicam potencial para utilização em usos não nobres, desde que observados critérios técnicos adequados e cuidados específicos quanto ao armazenamento, condução e eventual tratamento complementar.

Assim, a presente pesquisa contribui para ampliar o conhecimento sobre o potencial de aproveitamento da água proveniente da condensação de aparelhos de ar-condicionado, evidenciando que esse recurso, frequentemente descartado, pode representar uma fonte alternativa relevante para usos não potáveis.

Do ponto de vista científico, o estudo apresentou uma caracterização físico-química e microbiológica da água condensada, demonstrando que essa água possui baixa turbidez, reduzida concentração de sais dissolvidos e ausência de microrganismos indicadores de contaminação fecal, características que indicam boa qualidade inicial para diversas aplicações não potáveis.

No âmbito prático, os resultados obtidos reforçam a viabilidade do aproveitamento da água de condensação em ambientes institucionais, comerciais e residenciais, contribuindo para a redução do consumo de água potável em atividades que não exigem esse padrão de qualidade. A pesquisa gerou assim subsídios técnicos que podem auxiliar na implementação de estratégias de uso racional da água, bem como no desenvolvimento de políticas e práticas voltadas à sustentabilidade e à gestão eficiente dos recursos hídricos.

Além disso, o estudo contribui para estimular a reflexão sobre o aproveitamento de fontes alternativas de água em ambientes urbanos, especialmente em cenários de crescente

demanda hídrica e intensificação dos desafios relacionados à segurança hídrica, o que ajuda na mudança de postura e na responsabilidade socioambiental.

Contudo, ressalta-se que esta pesquisa não possui caráter conclusivo quanto ao esgotamento do tema. As limitações relacionadas ao recorte amostral, ao período de coleta e às análises realizadas demonstram que o assunto demanda aprofundamentos adicionais. A escassez de literatura técnica e científica específica sobre o aproveitamento sistematizado da água de condensação evidencia tratar-se de um campo ainda incipiente no meio acadêmico e profissional.

Considerando isso, recomenda-se que pesquisas futuras tratem de aprofundar o tema, contemplando aspectos adicionais que possam ampliar o conhecimento sobre essa fonte hídrica alternativa. Entre as possíveis linhas de investigação, destacam-se: a realização de monitoramentos de longo prazo para avaliar a variabilidade da qualidade da água condensada em diferentes períodos do ano e em distintas condições climáticas; avaliações de sistemas de tratamento simplificado, como filtração e desinfecção, que possam ampliar as possibilidades de utilização segura dessa água; modelos de captação, armazenamento e distribuição da água condensada, visando sua integração a sistemas de aproveitamento de águas não potáveis em edificações; análises de viabilidade econômica e ambiental associadas à implantação de sistemas de aproveitamento da água de condensação em larga escala. O desenvolvimento de estudos adicionais nessa área poderá contribuir para consolidar o aproveitamento da água de condensação como estratégia complementar dentro das práticas de gestão sustentável dos recursos hídricos, promovendo maior eficiência no uso da água e redução da pressão sobre os sistemas convencionais de abastecimento.

Conclui-se, portanto, que, embora os resultados apresentados não encerrem as discussões sobre o tema, eles reafirmam a pertinência e a urgência de se aprofundar o debate científico e normativo acerca do aproveitamento da água de condensação. Pequenas intervenções técnicas, quando replicadas em larga escala, podem produzir impactos ambientais expressivos. Que esta pesquisa sirva como instrumento de estímulo à continuidade dos estudos, ao aperfeiçoamento das práticas de gestão hídrica e ao fortalecimento de uma cultura cada vez mais sustentável e ambientalmente responsável.

REFERÊNCIAS

- ABRAVA. **Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento**. A ABRAVA. Disponível em: <https://abrava.com.br/a-abrava/> Acesso em: 24 jul. 2024.
- ALBUQUERQUE, José Gicelmo Melo de. Aproveitamento de água condensada em uma sociedade consciente. **Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**. 8, 2024, p. 14-32.
- ANA. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. Institucional. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional> Acesso em 25 jul. 2024.
- ARAÚJO, Sílvia Maria Galvão de; VIEIRA, Maria Clara de Sousa; MEDEIROS, Lucas Gomes de et al. Reúso de água de condensação dos aparelhos de ar-condicionado para atividades de limpeza na UFCG, Campus Pombal/PB. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 11, p. 25134–25140, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n11-185.
- BASTOS, C. S.; CALMON, J. L. Uso de água residual do ar-condicionado e de água pluvial como gestão da oferta em uma edificação comercial: estudo de caso. **Hábitat Sustentable**, v. 3, n. 2, p. 66-74, 2013. Disponível em: <https://edufor.com.br/repositorio/wp-content/uploads/tainacan-items/6725/6735/Aproveitamento-da-agua-proveniente-de-sistemas-de-refrigeracao.pdf>. Acesso em: 5 maio 2025.
- BATISTA, Armstrong Campelo. **Desenvolvimento de protótipo para otimização do aproveitamento de água descartada por condicionadores de ar**. 2019, 44 f. Dissertação (Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação). Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Parâmetros da qualidade da água**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água**: procedimentos para a minimização de riscos à saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. (Série A. Normas e Manuais Técnicos). ISBN 85-334-1243-6.
- CALDAS, Juliana; CAMBOIM, Wil Lavôr Lucena. Aproveitamento da água dos aparelhos condicionadores de ar para fins não potáveis: avaliação da viabilidade de implantação em um bloco do Unipê. **Inter Scientia**. Vol. 5, n. 1, 2017, p. 166-188.
- CNN Brasil. **Vendas de ar-condicionado batem recorde em 2024**: ondas de calor e preços em queda impulsionaram as vendas. 19 fev. 2025. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/blogs/thais-heredia/economia/negocios/vendas-de-ar-condicionado-batem-recorde-em-2024/> Acesso em: 28 abr. 2025.
- CUNHA, Kellen Tebaldi da; KLUSENER FILHO, Luiz Carlos; SCHRÖDER, Nádia Teresinha. Reaproveitamento de água de condensação gerada por equipamentos de ar condicionado. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, Canoas, 2016, n. 14, p. 166-176.
- D'AGUILA, P. S. et al. Avaliação da qualidade de água para abastecimento. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 791-798, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/H6YKVFcd4L389dyPDYbQSh/?lang=pt>. Acesso em: 19 ago. 2025.

DALMONECH, Hildo Anselmo *et al.* Avaliação da utilização da água proveniente de ar-condicionado como fonte de sustentabilidade na administração pública. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 227–240, 2022. DOI: 10.59306/rgsa.v11e22022227-240.

DANTAS, Hélder Soares. **Proposta de um instrumento para captação de água dos aparelhos de ar-condicionado na biblioteca do Campus de Sousa/PB da Universidade Federal de Campina Grande**. 2019, 19 f. Mestrado em Sistemas Agroindustriais. Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/20510> <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/20510> Acesso em: 26 jun. 2024.

Dicionário Priberam. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/REAPROVEITAMENTO> Acesso em: 10 abr. 2025.

ERMES, Átila Sielskis Vieira; MACIEL, Jussara Socorro Cury; SAHDO, Kirssia Matos Isaac. Proposta de implantação de sistema de reúso de água proveniente de condicionadores de ar em uma instituição de ensino do Amazonas. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, 2020, p. 1713–1728.

FERREIRA, E. P.; PEREIRA, M. A. S.; SOUZA, R. M. Aproveitamento de água condensada por aparelhos de ar-condicionado. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, 8, n. 3, p. 184-186, dez. 2016. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/download/11407/209209209374>. Acesso em: 5 maio 2025.

FUNASA. **Manual prático de análise de água**. 3ª ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GULDE, Pauline de Albuquerque et al. Analyze condensed water quality: a case study in a public building. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)**. 9, n. 4, abril de 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.94.39> <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.94.39> Acesso em: 26 jun. 2024.

ISSA, Rafael Hamze; MAZON, Cassiano. Adoção e Implementação das Práticas ESG (Environmental, Social and Governance) pelas Empresas Estatais. **Cadernos**, São Paulo, v. 1, n. 8, p. 35-52, jan. 2022. Disponível em: <https://www.tce.sp.gov.br/epcp/cadernos/index.php/CM/article/view/178>. Acesso em: 9 maio 2025. **Instituto Nacional de Meteorologia - INMET** ano 2025 Acesso em: 10 dez. 2025

MACHADO E SILVA, Marcos Dornelas Freitas. **Integração de métodos para o uso eficiente de água em ambientes urbanos**. 2014, 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

MARCONDES, R.; DA SILVA, S. L. R. O protocolo Prisma 2020 como uma possibilidade de roteiro para revisão sistemática em ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, [S. l.], v. 18, n. 39, p. 1–19, 2023. DOI: 10.21713/rbpg.v18i39.1894.

MARINHO, Davi Souza; ATHAYDE JÚNIOR, Gilson Barbosa; QUARESMA, Igor do

Nascimento. Estimativa de vazão da água condensada proveniente de aparelhos condicionadores de ar. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 13, p. e104101321100, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i13.21100.

MELO, Allan Jayson Nunes *et al.* Quality of water produced by air conditioning equipment for non-potable purposes. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**. v. 18, n. 3, 2022, p. 160-174. ISSN 1980-0827.

MOHER, David; LIBERATI, Alessandro; TETZLAFF, Jennifer; ALTMAN, Douglas G. **Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement**. Research Methods and Reporting. BMJ, 21 de julho de 2009. DOI: 10.1136/bmj.b2535. Acesso em: 26 jun. 2024.

MOREIRA, Luzedir Rodrigues. **Reaproveitamento de água como ferramenta de educação ambiental no ensino fundamental**. 2019, 104 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, 2019.

MOTA, Francisco Suetônio Bastos. Proposals for water conservation in urban areas in Brazil. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente da UFPR**. Vol. 59, p. 134-157, jan./jun. 2022. DOI: 10.5380/dma.v59i0.76006 e-ISSN 2176-9109.

NEVES, Sydney. **A História do Ar-Condicionado**. Goiânia: Centro de Manutenção de Equipamentos - Universidade Federal de Goiás, 2018.

OLIVEIRA, Anderson Gabriel Martins de *et al.* Viabilidade de implantação de sistema de reaproveitamento de água de aparelhos de ares-condicionados: estudo de caso no prédio principal da Christus Faculdade do Piauí. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 11, p. e203101119510, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i11.19510.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 10 maio 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 6 maio 2025.

PRADO, Amanda Rafaely Monte do; SOARES, Anna Elis Paz; SILVA, Simone Rosa da. Análise técnico-econômica da utilização de água de condensação para fins não potáveis em um campus universitário. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**. 08, n. 65, 2020, p. 158-172.

PRADO, Amanda Rafaely Monte do; SOARES, Anna Elis Paz; SILVA, Simone Rosa da. Potencial de redução do consumo de água potável na sede do Tribunal Regional Eleitoral de Pernambuco – TRE/PE. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**. Vol. 09, n. 73, 2021, p. 2-15.

REAL, Jociely Lima; CORRÊA, Ana Cristina Santos Strava. Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRHidro, 2017. Disponível

em: <https://anais.abrhidro.org.br/works/2541>. Acesso em: 5 maio 2025.

SANTIAGO, Vicky Ramon Britto. **Barreiras para a implementação do programa de racionalização do consumo de água em prédios públicos administrativos do Estado da Bahia**. 2016, 139 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

SANTOS, Alexandre F.; GASPAR, Pedro D.; SOUZA, Heraldo J. L. de. New HVAC Sustainability Index—TWI (Total Water Impact). **Energies**, 2020, vol. 13, n. 1590; doi:10.3390/en13071590.

SANTOS, Virgínia Messias Barbosa; SOUSA, Wanderson dos Santos. Avaliação do potencial de reutilização da água condensada do sistema de ar condicionado do Fórum Rodolfo Aureliano - Recife, PE. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 23, n. 2, p. 1-20, 2025. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10078494.pdf>. Acesso em: 5 maio 2025.

SILVA, Jonas Mundo da *et al.* Reaproveitamento de condensado em evaporador de um sistema de refrigeração. **Brazilian Journal of Development**. 9, n. 10, 2023, p. 27882–27899.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/7gyMPtTzfkYfWWsMHqVLTqm>. Acesso em: 5 maio 2025.

VASCONCELOS, Edlene Costa. **Uso de águas pluviais e residuais em instalações prediais: subsídios para gestão ambiental em prédios públicos**. 2016, 115 f. Dissertação Mestrado Profissional em Gestão Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2016.

VEIGA, G. **Análises físico-químicas e microbiológicas de água**. [S.l.], 2006. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105056/Graziella_da_Veiga.pdf. Acesso em: 19 ago. 2025.

WURTH. **Wurth do Brasil**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.wurthdobrasil.com.br/PT/frmWurth.aspx>. Acesso em: 10 maio 2025.

XAVIER, M. V. S. **Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrativa**. [S.l.], 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/357803544_Parametros_de_potabilidade_da_agua_para_o_consumo_humano_uma_revisao_integrativa. Acesso em: 19 ago. 2025.

APÊNDICE A – TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA A REALIZAÇÃO DO ESTUDO NA EMPRESA WURTH DO BRASIL

TERMO DE COMPROMISSO PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA CIENTÍFICA

Pelo presente Termo de Compromisso, as partes:

EMPRESA: WURTH DO BRASIL PEÇAS DE FIXAÇÃO LTDA., inscrita no CNPJ sob o nº 43.648.971/0049-08, com filial em RODOVIA BR-381 FERNÃO DIAS, km 483 - DISTRITO INDUSTRIAL JARDIM PIEMONT NORTE PISTA LATERAL NORTE GALPÃO 4 Betim/MG CEP: 32689-898, doravante denominada "EMPRESA", representada neste ato por SILVANO LEANDRO DA PENHA, portador do RG nº 42.420.039-9.

PESQUISADOR: Ailton Drumond da Silveira, portador do RG nº M3.322309 SSPMG, mestrando vinculado ao INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS – CAMPUS BAMBUÍ (MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA AMBIENTAL), doravante denominado "PESQUISADOR".

Têm entre si, justas e contratadas, as seguintes cláusulas:

1. OBJETO

1.1 O presente Termo tem como objeto a autorização para que o PESQUISADOR desenvolva sua pesquisa previamente intitulada *MANEJO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA PROVENIENTE DO PROCESSO DE CONDENSAÇÃO EM APARELHOS DE AR CONDICIONADO* nas dependências da EMPRESA, incluindo a instalação de equipamentos conforme quadro abaixo e a realização de testes, fotografias e filmagens.

Térreo

Split Tipo Hi Wall	9.000 BTU's	01
Split Tipo Hi Wall	18.000 BTU's	02
Split Tipo Hi Wall	22.000 BTU's	01
Split Tipo Piso Teto	36.000 BTU's	01
Split Tipo Piso Teto	48.000 BTU's	03

Primeiro Piso

Split Tipo Hi Wall	12.000 BTU's	02
--------------------	--------------	----

TERMO DE COMPROMISSO PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA CIENTÍFICA Página 1 de 3

Split Tipo Hi Wall	18.000 BTU's	02
Split Tipo Hi Wall	22.000 BTU's	01
Split Tipo Piso Teto	48.000 BTU's	02

Segundo Piso

Split Tipo Hi Wall	30.000 BTU's	02
Split Tipo Piso Teto	36.000 BTU's	03

2. AUTORIZAÇÃO

2.1 A EMPRESA autoriza o PESQUISADOR a acessar suas instalações, conforme cronograma acordado entre as partes, para a realização das atividades necessárias ao desenvolvimento da pesquisa, bem como a divulgação na dissertação do local onde foi realizado a pesquisa.

3. DAS OBRIGAÇÕES

3.1 O PESQUISADOR se compromete a:

- a) Respeitar as normas de segurança e procedimentos internos da EMPRESA.
- b) Informar previamente à EMPRESA sobre a instalação de qualquer equipamento.
- c) Garantir que as fotografias e as filmagens não comprometam a confidencialidade de informações sensíveis da EMPRESA.
- d) Fornecer à EMPRESA um relatório final da pesquisa, com os resultados obtidos e a utilização das informações coletadas.

3.2 A EMPRESA se compromete a:

- a) Fornecer ao PESQUISADOR as condições necessárias para a realização da pesquisa, incluindo acesso às áreas acordadas.
- b) Manter a confidencialidade sobre os dados e informações que possam ser compartilhados durante o período da pesquisa.

OBS.: TERMO DE COMPROMISSO PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA CIENTÍFICA não gera compromissos financeiros de nenhuma das partes.

5. VIGÊNCIA

5.1 Este Termo de Compromisso terá validade de 120 dias, podendo ser prorrogado mediante acordo entre as partes.

APÊNDICE B – CARTA DE INTENÇÃO DE PARCERIA – ATMO INSTALAÇÕES TÉCNICAS LTDA

ANEXO VIII - CARTA DE INTENÇÃO DE PARCERIA

Pelo presente Termo de Parceria, a empresa ATMO – INSTALAÇÕES TÉCNICAS LTDA, situada na Rua Sabrina Ferreira de Oliveira 188 Bairro Brasil Industrial (Barreiro) Belo Horizonte/MG CEP 30.626-290, CNPJ nº 11.822.077/0001-63, declara colaborar com o suporte necessário na execução do Pré-projeto do discente Ailton Drumond da Silveira, concorrente a uma vaga de estudo no “Curso de Pós-graduação Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental”, do Campus Bambuí, em Bambuí (MG).

Nome do Projeto apresentado: MANEJO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA PROVENIENTE DO PROCESSO DE CONDENSACÃO EM APARELHOS DE AR-CONDICIONADO

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental

Projeto Estruturante: Gestão de águas, efluentes e resíduos sólidos I - Interação Climática

Cidade na qual será realizada a execução do Projeto: Betim - MG

Atividade(s) na empresa/órgão: A ATMO oferece soluções completas no tratamento de ar e ambientes controlados — desde projetos de engenharia e automação até instalação, manutenção, retrofitting e suporte pós-venda — com foco em eficiência, qualidade e economia energética.

Suporte da empresa/órgão na execução do Pré-projeto (marque as opções):

(x) infraestrutura disponível – valores estimados a R\$ 2.000,00

(x) quadro de funcionários – valores estimados a R\$ 2.000,00

(x) recursos financeiros – valor estimados a R\$ 3.000,00

() outros suportes (descrever) – valores estimados a R\$ _____

Totais de recursos financeiros estimados na parceria: R\$ 7.000,00

Contrapartida do discente para a empresa/órgão referente ao desenvolvimento do Projeto:

1) infraestrutura disponível - valores estimados a R\$ 1.000,00

2) quadro de funcionários – valores estimados a R\$ 1.000,00

3) recursos financeiros – valores estimados a R\$ 1.000,00

Totais de recursos financeiros estimados na contrapartida: R\$ 3.000,00

Em: 16/06/2025.



Ailton Drumond da Silveira

Eu, Bernardo de Vasconcelos Barros, representante da ATMO – INSTALAÇÕES TÉCNICAS LTDA, CNPJ. nº 11.822.077/0001-63 declaro haver interesse desta empresa em contribuir com o desenvolvimento do Projeto do discente Ailton Drumond da Silveira. Sendo assim, fica firmado o compromisso da empresa nos seguintes pontos:

1) infraestrutura disponível

2) quadro de funcionários

3) recursos financeiros

Em: 16/06/2025



ATMO – INSTALAÇÕES TÉCNICAS LTDA.

ATMO INSTALACOES TECNICAS LTDA.

CNPJ: 11.822.077/0001-63

R. Sabrina Ferreira de Oliveira, 188 – Barreiro
CEP: 30.626-290
Belo Horizonte - MG

APÊNDICE C - CARTA DE INTENÇÃO DE PARCERIA FRIOCLIMA INSTALAÇÕES TÉRMICAS E CONSULTORIA LTDA

ANEXO VIII - CARTA DE INTENÇÃO DE PARCERIA

Pelo presente Termo de Parceria, a empresa FRIOCLIMA INSTALAÇÕES TÉRMICAS E CONSULTORIA LTDA situada na Rua Rio Madeira 388 Bairro Riacho das Pedras Contagem/MG CEP 32.280-140, CNPJ nº 42.939.413/0001-86, declara colaborar com o suporte necessário na execução do Pré-projeto do discente Ailton Drumond da Silveira, concorrente a uma vaga de estudo no "Curso de Pós-graduação Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental", do Campus Bambuí, em Bambuí (MG).

Nome do Projeto apresentado: MANEJO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA PROVENIENTE DO PROCESSO DE CONDENSAÇÃO EM APARELHOS DE AR-CONDICIONADO

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental

Projeto Estruturante: Gestão de águas, efluentes e resíduos sólidos I - Interação Climática

Cidade na qual será realizada a execução do Projeto: Betim - MG

Atividade(s) na empresa/órgão: FRIOCLIMA INSTALAÇÕES TÉRMICAS E CONSULTORIA LTDA é especializada em serviços completos para **HVAC** (Aquecimento, Ventilação, Ar Condicionado e Refrigeração), oferecendo desde projeto e instalação até manutenção e automação.

Suporte da empresa/órgão na execução do Pré-projeto (marque as opções):

(☒) infraestrutura disponível – valores estimados a R\$ 2.000,00

(☒) quadro de funcionários – valores estimados a R\$ 2.000,00

(☒) recursos financeiros – valor estimados a R\$ 3.000,00

(☐) outros suportes (descrever) – valores estimados a R\$ _____

Totais de recursos financeiros estimados na parceria: R\$ 7.000,00

Contrapartida do discente para a empresa/órgão referente ao desenvolvimento do Projeto:

1) infraestrutura disponível - valores estimados a R\$ 1.000,00

2) quadro de funcionários – valores estimados a R\$ 1.000,00

3) recursos financeiros – valores estimados a R\$ 1.000,00

Totais de recursos financeiros estimados na contrapartida: R\$ 3.000,00

Em: 16/06/2025.



Ailton Drumond da Silveira

Eu, Ailton Drumond da Silveira, representante da FRIOCLIMA INSTALAÇÕES TÉRMICAS E CONSULTORIA LTDA, CNPJ. nº 42.939.413/0001-86 declaro haver interesse desta empresa em contribuir com o desenvolvimento do Projeto do discente Ailton Drumond da Silveira. Sendo assim, fica firmado o compromisso da empresa nos seguintes pontos:

1) infraestrutura disponível

2) quadro de funcionários

3) recursos financeiros

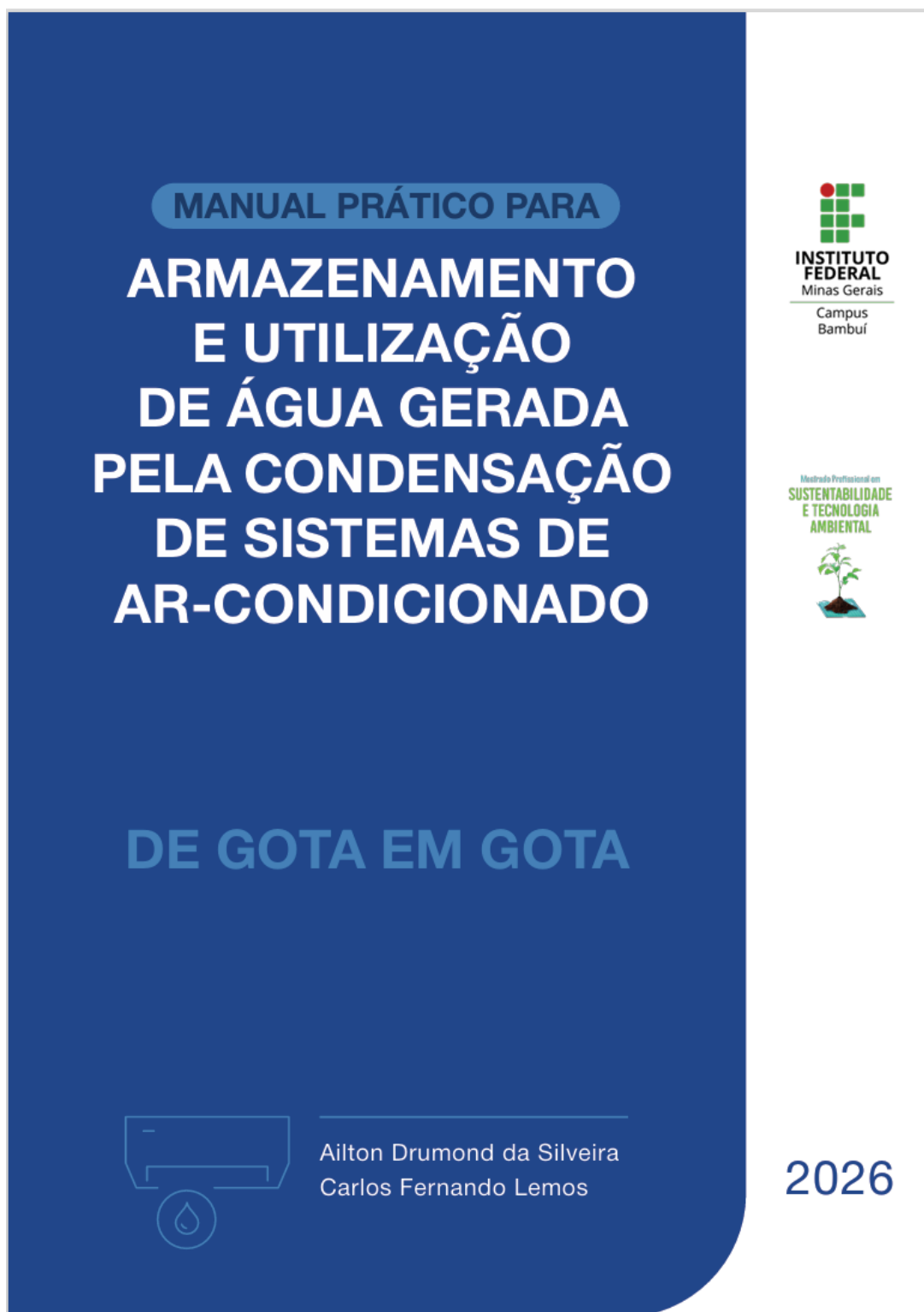
Em: 21/11/2023



FRIOCLIMA INSTALAÇÕES TÉRMICAS E CONSULTORIA LTDA.



APÊNDICE D – PRODUTO TÉCNICO-TECNOLÓGICO



FICHA TÉCNICA

© 2026. MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE
E TECNOLOGIA AMBIENTAL

(MPSTA) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas
Gerais (IFMG) - Sem direitos reservados. A reprodução completa ou parcial
está autorizada, desde que a obra original seja devidamente referenciada.

INFORMAÇÕES E CONTATOS

IFMG/BAMBUÍ. Faz. Varginha -
Rodovia Bambuí/Medeiros - km 05
Caixa Postal 05 - Bambuí - MG CEP: 38900-000
www.bambui.ifmg.edu.br

REITOR DO IFMG

Prof. Dr. Rafael Bastos Teixeira

PRÓ-REITORA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

Prof. Dra. Gislayne Elisana Gonçalves

DIRETOR-GERAL DO IFMG/CAMPUS BAMBUÍ

Prof. Dr. Humberto Garcia de Carvalho

COORDENADORA DO MPSTA/IFMG – CAMPUS BAMBUÍ

Prof. Dra. Ana Cardoso Clemente Ferreira
Filha de Paula

AUTORES

Ailton Drumond da Silveira

Prof. Dr Carlos Fernando
Lemos / Orientador

DIAGRAMAÇÃO

Ailton Drumond da Silveira
Tatiane Rodrigues Teixeira

IMAGENS

Arquivo pessoal do autor
Ailton Drumond da Silveira

Catlogação na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí



SUMÁRIO



1	APRESENTAÇÃO	4
2	INTRODUÇÃO	5
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
4	GERAÇÃO DA ÁGUA	10
5	MÉTODO PARA CAPTAÇÃO DA ÁGUA CONDENSADA	12
6	PROJETO JÁ IMPLANTADO	20
7	DICAS E CONSIDERAÇÕES	22
8	CONCLUSÃO	23
9	OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS	24
10	REFERÊNCIAS	25

1 APRESENTAÇÃO

Este Manual prático para armazenamento e utilização de água gerada pela condensação de sistemas de ar-condicionado foi desenvolvido como Produto Técnico-Tecnológico (PTT) no Programa de Pós-Graduação – Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental (MPSTA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) - Campus Bambuí, sob a autoria de Ailton Drumond da Silveira e orientação do Prof. Dr. Carlos Fernando Lemos.

O objetivo é explicar, de forma simples e prática, a importância e facilidade de se juntar conforto térmico e responsabilidade ambiental por meio da utilização da água gerada pela desumidificação do ambiente. O material encontra-se disponível em formato digital, para ampliar o acesso dos interessados à informação, embora tenham sido impressas algumas versões. As ilustrações contidas têm o intuito de facilitar o entendimento e uso.

É preciso ressaltar que, no cenário global, estamos diante da crescente escassez de água, o que afeta não somente o meio ambiente, mas também a saúde das pessoas. Nesse sentido, é importante adotar estratégias para promover tanto a eficiência hídrica quanto a conscientização das pessoas sobre hábitos sustentáveis (TUNDISI, 2008).



2 INTRODUÇÃO

No cenário brasileiro, especificamente, dada a importância da água, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) foi instituída com a missão de “implementar e coordenar a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos e regular o acesso à água, promovendo o seu uso sustentável em benefício da atual e das futuras gerações” (ANA, 2024). Trata-se, portanto, de uma importante ação para a garantia do uso sustentável da água no país.

É a partir da preocupação com a escassez dos recursos hídricos que nesta pesquisa buscou demonstrar resultados e apresentar uma medida eficaz para melhorar o uso da água, qual seja: a destinação da água gerada no processo de condensação em aparelhos de ar-condicionado para fins não-nobres, como serviços gerais.

Historicamente, segundo Neves (2018), o ser humano tem buscado desde sempre formas de se proteger dos raios solares e de sua radiação. Um simples abrigar debaixo de uma árvore, um arbusto ou uma sombra qualquer já traz um conforto térmico. As cavernas não só eram utilizadas para proteção contra predadores, mas também como forma de abrigo térmico.

Um tipo de conforto chegou quando Willis Carrier inventou, em 1902, o primeiro aparelho de ar-condicionado, nos Estados Unidos da América (EUA). Com o objetivo de diminuir a umidade interna das fábricas de tecelagem, Carrier teve seu primeiro grande público no mercado.

Ainda segundo Neves (2018), para a utilização desse tipo de aparelho em residências, a primeira instalação foi realizada em 1914, em uma mansão de Minneapolis, no estado americano de Minnesota, condado de Hennepin. Em ambientes comerciais, o sistema de ar-condicionado foi instalado pela primeira vez no cinema TIVOLI, Nova York, em 1921. As pessoas faziam filas para aproveitar o ambiente “geladinho” mais do que para ver os filmes.

O aparelho de ar-condicionado promove a remoção da umidade do ambiente e o processo de condensação, ou seja, faz com que o vapor se transforme em estado líquido da água, que, por sua vez, é transferida para um ambiente externo, por gotejamento. Essa água, portanto, pode ser coletada, armazenada e utilizada de maneira sustentável, como, por exemplo: lavagem de prédios, carros e calçadas, reservatório para vaso sanitário, reservatório para uso contra incêndio, entre outros (SANTOS; SOUSA, 2025).

Atualmente, existem vários tipos de equipamentos de ar-condicionado, para diversas aplicações, que atendem a tipos diferentes de consumidores. Os tipos podem ser classificados em: tipo janela¹ (ACJ) ou split² (Hi-Wall, piso/teto, cassete ou *built in*), cada um com suas especificidades e tipos de instalação (Albuquerque, 2024).

A garantia de conforto térmico em residências, prédios comerciais e hospitais, por exemplo, promove o bem-estar das pessoas, por um lado, e o uso sustentável da água gerada pelo processo de condensação dos aparelhos poderá contribuir para amenizar a escassez de água (Bastos; Calmon, 2013).

É importante ressaltar que, no Brasil, existe a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA), cuja missão envolve, entre outros, a promoção do uso correto de equipamentos e o desenvolvimento de normas e procedimentos para garantir o bem-estar e a qualidade de vida nos ambientes internos e a preservação do meio ambiente. Dentre as temáticas abordadas na referida Associação, estão: “eficiência energética, meio ambiente, sustentabilidade, qualidade do ar, normalização, capacitação, entre outros” (ABRAVA, 2024).

Nos grandes centros metropolitanos, observa-se uma grande quantidade de equipamentos de ar-condicionado instalados, de diversas capacidades térmicas e de diferentes sistemas. No entanto, o aproveitamento da água produzida a partir da condensação ainda é mínimo. Com o avanço do aquecimento global, a escassez hídrica e a crescente preocupação com o conforto térmico e a produtividade dos

funcionários, a demanda por esses equipamentos tende a aumentar cada vez mais (Ferreira; Pereira; Souza, 2016).

Em adição, a falta de informação e, em alguns casos, o descaso de parte das empresas em relação à quantidade da água gerada e à responsabilidade ambiental são preocupantes. Para que uma empresa realmente adote os princípios Ambiental, Social e Governança (ESG), é essencial implementar ações, posturas e processos sustentáveis, independentemente de seu porte ou natureza, seja pública ou privada (ISSA; MAZON, 2022).

Além disso, quando essa água de condensação não está sendo aproveitada frequentemente, ela escorre para os passeios ou é canalizada diretamente para a rede pluvial e, em alguns casos, até para o esgoto. Esse acréscimo de volume nas redes de drenagem e esgotamento sanitário pode sobrecarregar as Estações de Tratamento da água (ETAs) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), gerando custos adicionais e impactando ainda mais os cofres públicos (REAL; CORRÊA, 2017).

Considerando isso, este Manual demonstra a importância da utilização da água gerada pelo sistema de ar-condicionado, da economia para a natureza graças à não utilização da água potável ou tratada e, por fim, orienta sobre o armazenamento e a utilização dessa água.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Pesquisa recente (SANTOS; GASPAR; SOUZA, 2020) apresenta diversos dados a respeito da quantidade de água. De acordo com informações do Fundo Mundial para a Natureza (WWF), há mais de 326 quintilhões de litros da água na Terra. Menos de 3% de toda essa água é doce e, dessa quantidade, mais de dois terços estão em calotas polares e icebergs (p. 1). Aliado a isso, há a realidade da escassez hídrica global, causada principalmente pelas mudanças climáticas e pelo consumo excessivo de água, o que poderá fazer com que a humanidade sofra com a escassez da água potável.

Nesse sentido, a proposta deste trabalho está centrada também no manejo sustentável da água proveniente da condensação em aparelhos de ar-condicionado e está alinhada com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), especialmente no que diz respeito a alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Destaca-se, em primeiro lugar, o ODS 6 – Água Potável e Saneamento, cuja meta 6.4 propõe “aumentar substancialmente a eficiência no uso da água em todos os setores” (ONU, 2015, s.p.). O aproveitamento da água de condensação, geralmente descartada, representa uma oportunidade real de otimização do uso dos recursos hídricos em edificações urbanas e comerciais.

Além disso, pretende-se contribuir com o ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, na medida em que a reutilização dessa água pode reduzir pressões sobre sistemas de abastecimento e promover soluções mais sustentáveis para centros urbanos, especialmente em regiões com escassez hídrica.

O trabalho também se alinha ao ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, ao propor uma forma alternativa de uso eficiente de um recurso natural que, atualmente, é negligenciado. A valorização da água

como insumo reutilizável promove uma cultura de responsabilidade ambiental.

Por fim, esta iniciativa apoia indiretamente o ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima, já que soluções sustentáveis para o uso da água colaboram com sistemas urbanos mais resilientes e adaptáveis frente às alterações climáticas, especialmente no contexto de ilhas de calor e aumento da demanda por sistemas de climatização.

Nesse sentido, considerando que os equipamentos de ar-condicionado geram uma quantidade significativa de água devido ao processo de condensação do ar, a utilização dessa água poderia contribuir tanto economicamente quanto de forma sustentável para a preservação do planeta e de seus recursos hídricos.



IMAGEM 1 - Jato de água
Fonte: Freepik (2026)

4 GERAÇÃO DA ÁGUA

Independentemente do sistema utilizado para refrigerar o ambiente desejado, seja ele do tipo expansão direta ou indireta, existem as unidades evaporadoras, que ficam nos ambientes e as condensadoras do lado externo ao ambiente. A título de exemplo, numa casa ou num escritório, o que se costuma ver são unidades evaporadoras, quando não são sistemas centrais. A unidade evaporadora, que representa a parte interna do aparelho, possui um ventilador, uma válvula de expansão e uma serpentina.

No caso de sistemas do tipo expansão direta, como nos aparelhos de tipo split, do lado externo, existe uma unidade condensadora, que contém um compressor, uma serpentina e outro ventilador. Assim, o ar-condicionado tem duas unidades: a unidade evaporadora e a unidade condensadora. Elas estão conectadas por tubos de cobre, isolamento e fios. Nos tubos de cobre circula um gás refrigerante que passa pelas serpentinas das duas unidades — tanto da evaporadora quanto da condensadora.

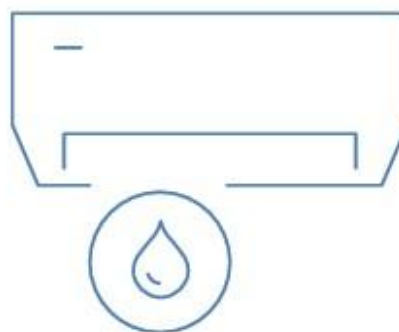
Quando o gás passa pela unidade evaporadora, ele está frio. Já na unidade condensadora, ele está quente. E é durante a passagem do gás pela serpentina da unidade evaporadora que o ventilador lança o ar frio para o ambiente a ser refrigerado. O isolamento no tubo de cobre em que circula o gás frio serve para evitar que o gás esquente devido à troca de calor por contato. Já no tubo onde o gás está mais quente, o isolamento funciona como uma proteção para evitar que as pessoas se queimem.

Os fios conectam eletricamente as unidades condensadora e evaporadora. A energia que vem do quadro elétrico é protegida por um disjuntor e geralmente é ligada à unidade condensadora. Esses fios seguem junto com a tubulação de cobre até a unidade evaporadora, fazendo com que as duas unidades se comuniquem através de placas eletrônicas existentes em ambas as unidades. Quando se liga a unidade evaporadora do ambiente, são esses fios que fazem a unidade condensadora funcionar também através de sinais emitidos da unidade evaporadora

para a placa eletrônica da unidade condensadora. Quando se seleciona a temperatura por meio do controle remoto, esses fios conduzem o sinal para a unidade condensadora.

Nos ambientes a serem refrigerados, existe água em estado gasoso, que não é percebida a olho nu, embora exista em grande quantidade. Quando o gás frio passa pela serpentina, ele troca calor com o ar quente que entra no retorno da unidade evaporadora. Acontece, então, uma transformação do estado gasoso para o líquido. Esse processo se chama condensação. A água formada desce pela serpentina, vai para uma bandeja coletora e, através de um tubo, é descartada para fora do ambiente refrigerado. É por isso que sai uma quantidade considerável de água do lado de fora.

Para entender melhor isso, é importante compreender o processo de condensação: é a transição de um material do estado gasoso para o líquido, ou seja, uma transformação física exotérmica. Quando um gás ou vapor perde energia, suas partículas passam a se agitar cada vez menos até perder características intrínsecas da fase gasosa e se tornar um líquido. Isso acontece quando a temperatura do local é diminuída, quando o composto gasoso encontra uma superfície em temperatura baixa ou ainda quando o material é submetido a pressões extremas. Quando a pressão sobre o gás começa a aumentar, as partículas tendem a ficar mais próximas umas das outras e, conseqüentemente, cresce o número de impactos entre elas. Acontecem vários outros processos até a condensação.



5 MÉTODO PARA CAPTAÇÃO DA ÁGUA CONDENSADA

A água de condensação gerada pelos sistemas de ar-condicionado pode ser captada por diferentes métodos, dependendo do tipo de equipamento e do ambiente de instalação.

Alguns dos principais métodos incluem:

- **Coleta por bandejas:** as unidades evaporadoras dos sistemas de ar-condicionado possuem bandejas de drenagem que captam a água condensada. Essas bandejas devem estar corretamente inclinadas para direcionar a água para um ponto de coleta;
- **Drenagem por tubulação:** a água coletada pode ser direcionada por tubulações até um reservatório específico. É importante que as tubulações tenham um declive adequado para evitar o acúmulo de água e possíveis entupimentos;
- **Uso de bombas de dreno:** quando a gravidade não é suficiente para direcionar a água, utilizam-se bombas de drenagem para transportá-la até um reservatório ou ponto de utilização;
- **Filtragem e tratamento:** dependendo do uso final da água, pode ser necessário implementar filtros para remover impurezas e garantir a qualidade adequada para a utilização.



5.1 TIPOS DE RESERVATÓRIOS E MATERIAIS ADEQUADOS

O armazenamento da água condensada requer reservatórios apropriados para evitar contaminação e desperdício. Os principais tipos de reservatórios são:

- **Reservatórios de polietileno:** são leves, resistentes à corrosão e de fácil instalação. São indicados para locais internos e externos;
- **Reservatórios de fibra de vidro:** oferecem alta resistência química e mecânica, sendo uma opção durável para armazenamentos maiores;
- **Reservatórios de aço inox:** apresentam excelente durabilidade e são indicados para usos que exigem maior controle da qualidade da água;
- **Cisternas subterrâneas:** são ideais para grandes volumes de armazenamento e contribuem para a preservação da temperatura e qualidade da água.

Além da escolha do material, é fundamental implementar sistemas de vedação e proteção contra proliferação de microrganismos, como tampas bem ajustadas e adição de sistemas de filtragem.



IMAGEM 2 - Jato de água
Fonte: Freepik (2026)

5.2 ARMAZENAMENTO E USO

Com o cálculo para um equipamento e os possíveis meios de armazenamento, é possível verificar qual a melhor escolha para a realidade de cada situação.

Comparação entre diferentes sistemas de armazenamento e seus usos:

Quadro 1 – Tipos de Reservatórios

SISTEMA DE ARMAZENAMENTO	CAPACIDADE MÉDIA	APLICAÇÃO PRINCIPAL	CUSTO
Reservatórios de polietileno	100-500 litros	Uso doméstico e pequenos comércios	 Baixo
Reservatórios de fibra de vidro	500-5000 litros	Indústrias e grandes edifícios	 Médio
Reservatórios de aço inox	200-2000 litros	Aplicações hospitalares e laboratoriais	 Alto
Cisternas Subterrâneas	1000-10000 litros	Grandes empreendimentos e sistemas urbanos	 Alto

Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

Sistemas menores e individuais para equipamentos entre 9.000 BTUs e 18.000 BTUs, sabendo que 1 tonelada de refrigeração (TR) = 12.000 BTUs, poderemos utilizar reservatórios mais caseiros e de fácil fabricação. Para tal, é preciso:

- » 1 cano de esgoto em PVC, de diâmetro 100 mm ou 150 mm, dependendo da quantidade de água que se deseje armazenar (um metro de cano 150mm pode armazenar até 18 litros);
- » 1 lixa para dar acabamento ao cano;
- » 2 tampões ou capas para cada extremidade do cano, com ligas de vedação;

- » 1 torneira plástica simples para jardim;
- » Furadeira e broca para madeira chata;
- » 1 suspiro plástico para detectar o nível da água no reservatório, que pode ser reaproveitado do bico da torneira;
- » Cola epóxi;
- » 1 pedaço de mangueira plástica transparente;
- » 1 máscara cirúrgica ou um pano fino disponível para evitar a entrada de mosquitos no suspiro instalado;
- » 1 elástico de borracha;
- » 2 braçadeiras no tamanho do cano de PVC escolhido;
- » 4 parafusos para fixar na parede.

5.3 CÁLCULO DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO NECESSÁRIO

Para determinar a capacidade ideal do reservatório, é necessário considerar a taxa de produção de condensação e a demanda de utilização. O cálculo pode ser realizado seguindo os seguintes passos:

1. Estimativa da produção de água:

- » A quantidade de água condensada varia de acordo com a umidade relativa do ambiente e a potência do ar-condicionado.
- » Uma estimativa comum é de 0,8 a 1,2 litro de água condensada por hora para cada tonelada de refrigeração (TR), sendo que 1 TR = 12.000 BTU/h.
- » Exemplo: um sistema de 5 TR pode produzir entre 4 e 6 litros por hora.

2. Determinação do volume diário:

- » Multiplica-se a taxa horária pela quantidade de horas de funcionamento do equipamento. Exemplo: Se um equipamento de 5 TR opera por 10 horas em um dia, ele poderá produzir entre 40 e 60 litros diários.

3. Definição da capacidade do reservatório:

» Considera-se um fator de segurança para garantir armazenamento suficiente.

» Se a água for utilizada diariamente, um reservatório com capacidade de 1,5 vez a produção diária pode ser adequado.

» Para sistemas que acumulam água para usos específicos, é necessário um dimensionamento maior, considerando períodos de demanda e esvaziamento.

A correta coleta e o devido armazenamento da água de condensação do ar-condicionado podem trazer benefícios ambientais e econômicos, reduzindo o desperdício de água potável e contribuindo para a sustentabilidade.

5.4 POSSIBILIDADES DE USO

5.4.1 Algumas utilizações

A água de condensação do ar-condicionado pode ser utilizada de diversas formas, principalmente para fins não potáveis. Algumas possibilidades de uso incluem:

- **Irrigação:** pode ser usada para regar plantas, jardins e áreas verdes, desde que não contenha contaminantes e seja armazenada corretamente;
- **Descargas sanitárias:** pode substituir a água potável em vasos sanitários, reduzindo o consumo de água tratada;
- **Torres de resfriamento:** pode ser aproveitada para reposição de água em sistemas de resfriamento industrial;
- **Limpeza de pisos e áreas externas:** pode ser usada para lavar garagens, calçadas e pátios;

- **Alimentação de sistemas de umidificação:** em locais que utilizam umidificadores, essa água pode ser aproveitada;

- **Geração de água para processos industriais:** em algumas indústrias, pode ser utilizada em processos que não exijam água potável.

É importante analisar a qualidade da água coletada e, se necessário, tratá-la antes do uso.

5.4.2 Sistemas de uso:

Modelos de integração da água condensada no consumo sustentável.

A integração da água de condensação do ar-condicionado no consumo sustentável pode ser feita por meio de diferentes modelos, considerando eficiência hídrica, viabilidade econômica e impactos ambientais. Alguns modelos incluem:

Sistemas de captação e redistribuição interna

- » **Em edificações comerciais e residenciais:** o sistema armazena a água condensada e a redistribui para usos não potáveis, como descargas sanitárias, irrigação e limpeza. Exige a instalação de reservatórios e um sistema de bombeamento ou gravidade.
- » **Em hotéis e hospitais:** com grande número de aparelhos de ar-condicionado, podem coletar volumes significativos para torres de resfriamento, lavanderias e jardins.

Integração com sistemas de uso de água

- » **Complementação a sistemas de uso de águas cinzas:** a água condensada pode ser misturada à água de pias e chuveiros, reduzindo o consumo de água potável.
- » **Uso em processos industriais:** indústrias podem utilizar essa água para arrefecimento de equipamentos, limpeza e geração de vapor, reduzindo a demanda por água potável.

Aplicação em infraestrutura urbana sustentável

- » **Cidades inteligentes e edifícios sustentáveis:** incorporar o aproveitamento da condensação do ar-condicionado como requisito para certificações ambientais (LEED, AQUA, EDGE).
- » **Uso em áreas públicas:** em shoppings, aeroportos e estações de metrô, a água pode ser aproveitada para irrigação de áreas verdes e limpeza urbana.

5.4.3 Modelos de incentivo e regulação

Políticas públicas e normas técnicas

- » Regulamentações que incentivem o uso da água de condensação em projetos sustentáveis;
- » Programas de certificação ambiental que incluam a utilização da água condensada como critério de avaliação.

Incentivos financeiros

- » Redução de impostos para empresas que adotam práticas de uso.
- » Linhas de financiamento para projetos de eficiência hídrica.
- » A escolha do modelo ideal depende do volume de água disponível, da demanda e da viabilidade técnica e econômica do sistema de aproveitamento.

5.5 PASSO A PASSO DE MONTAGEM

5.5.1 Dimensionamento do reservatório

Um ar-condicionado de 12.000 BTUs pode gerar entre 0,8 e 1,2 litros de água por hora, dependendo da umidade do ambiente. É imprescindível determinar o volume do reservatório com base na frequência de uso e na capacidade de armazenamento desejada (por exemplo, 17,67 litros exigem aproximadamente 1 metro de tubo PVC de 150 mm).

5.5.2 Montagem do reservatório

- » Cortar o tubo de PVC no comprimento necessário;
- » Colar as tampas nas extremidades do tubo com adesivo de PVC, garantindo uma vedação completa;
- » Em uma das tampas, furar e instalar a torneira ou o registro.

5.5.3 Conexão ao ar-condicionado

- » Identificar o dreno do ar-condicionado (geralmente na parte inferior da unidade interna);
- » Conectar uma mangueira flexível ao dreno e direcioná-la até a entrada do reservatório;
- » Usar um adaptador em PVC para fixar a mangueira à entrada do reservatório.

5.5.4 Saída e manutenção

- » Certificar-se de que a torneira instalada seja de fácil acesso.
- » Incluir uma pequena inclinação no reservatório, caso ele seja instalado horizontalmente, para garantir que toda a água escoe para a saída.

5.5.5 Fixação e posicionamento

- » Instale o reservatório em um local seguro e protegido do sol direto, para evitar aquecimento da água.
- » Use abraçadeiras ou suportes para fixá-lo na parede ou no chão.

Figura 1 - Reservatório individual



Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

6 PROJETO JÁ IMPLANTADO

ONDE?

Na empresa Wurth do Brasil, filial Betim/MG, foi implantado o sistema de coleta de água gerada pela condensação dos equipamentos de ar-condicionado do primeiro e do segundo pavimentos. O sistema instalado totaliza 346.000 BTUs de capacidade térmica. Como os equipamentos recebem manutenção preventiva regularmente e é utilizado um sistema de PMOC registrado no CREA/MG, isso proporciona um ótimo funcionamento dos equipamentos, em conformidade com as normas do Ministério da Saúde. Utilizando uma média de cálculo de 1 litro gerado por hora de funcionamento para cada 12.000 BTU e tendo 8h de funcionamento diário, estima-se uma geração média diária de 230 litros de água, ou seja, mais de 60 mil litros ano. Tal água é aproveitada nessa empresa em diversas atividades que não requerem água tratada ou potável.

Figura 2¹



Figura 3¹



Figura 4¹



Figura 5¹



¹ Figura 2: Vista aérea do galpão da empresa Wurth do Brasil, Figura 3: Unidades condensadoras instaladas no galpão, Figura 4: Válvula esfera instalada e Figura 5: Reservatório da água de condensação instalado na casa de máquinas (térreo) - Fonte: Da Silveira, A. D. (2025)

6.1 MONTAGEM DO SISTEMA DE AR

Os materiais utilizados foram tubos de PVC de 1", tubos de PVC de $\frac{3}{4}$ ", tubos de $\frac{1}{2}$ ", curvas, joelhos, adaptadores, reduções, torneira jardim, cola, lixa, abraçadeiras, buchas e parafusos.

A tubulação de PVC iniciou nas unidades evaporadoras, sendo tubuladas até o barrilete e sendo toda a coleta armazenada num reservatório (tambor de plástico) com capacidade de 240 litros, instalado na área técnica do pavimento térreo. Na parte inferior do reservatório foi instalada uma tubulação de PVC até a torneira de acesso dos colaboradores da limpeza da empresa.

6.2 ANÁLISE LABORATORIAL DA ÁGUA COLETADA DO SISTEMA IMPLANTADO

Aproveitando o sistema instalado dentro da empresa que sediou parte da pesquisa, foram realizadas duas coletas, em fevereiro e em novembro de 2025, e as análises foram realizadas, respectivamente, no Laboratório Água e Leite do IFMG Bambuí e no Laboratório do IFMG Santa Luzia. Os resultados em ambos os laboratórios confirmaram a segurança do uso da água proveniente do processo de condensação de aparelhos de ar-condicionado para usos não nobres, como limpeza, irrigação ou processos industriais que não exijam potabilidade.

No contexto da edificação estudada, o aproveitamento da água de condensação representa uma alternativa ambientalmente sustentável, reduzindo o consumo de água potável destinada a usos não nobres e contribuindo para práticas de gestão hídrica alinhadas aos princípios da economia circular.

Acredita-se que um dos fatores que colaboraram para a qualidade da água foi o fato de todos os equipamentos passarem mensalmente por manutenções preventivas. Notou-se, ainda, que a água gerada e coletada no reservatório da empresa WURTH é utilizada na higienização dos sanitários,

no abastecimento do lavador de piso dirigível e na limpeza dos próprios equipamentos de ar-condicionado.

Os equipamentos que analisamos têm controle de manutenção rigorosa, segundo um PMOC (Plano de Manutenção, Operação e Controle). O PMOC segue as recomendações das legislações vigentes no Brasil e está registrado no CREA-MG

7 DICAS E CONSIDERAÇÕES

Cabe observar algumas medidas para um aproveitamento seguro da água da condensação:

- **Higiene:** limpar o reservatório periodicamente para evitar o acúmulo de algas ou resíduos.
- **Fins de Uso:** a água coletada é ideal para regar plantas e para realizar limpezas ou outros usos não potáveis.

Para melhor compreensão e aproveitar a água gerada pela condensação do sistema de ar-condicionado é sugerido:

- Assistir a vários vídeos disponíveis na internet;
- Pedir a um amigo ou parente para ajudar;
- Solicitar ao técnico de manutenção do ar-condicionado que faça a instalação;
- Comprar um reservatório pronto;
- Considerar que a escolha do sistema depende do volume de água gerado, do espaço disponível para armazenamento e das necessidades específicas de uso.

8 CONCLUSÃO

O aproveitamento da água gerada pela condensação de sistemas de ar-condicionado representa uma alternativa simples, viável e altamente eficiente para reduzir o desperdício de recursos hídricos em edificações residenciais, comerciais e industriais. Ao transformar um subproduto comumente descartado em uma fonte útil de água para fins não potáveis, essa prática contribui para a gestão sustentável da água, reduzindo custos operacionais e promovendo responsabilidade ambiental.

Os resultados apresentados ao longo deste Manual evidenciam que, com técnicas adequadas de coleta, armazenamento e uso, a água de condensação pode ser integrada de forma segura e eficiente às rotinas de manutenção, limpeza e irrigação. A experiência prática demonstrada no estudo de caso confirma a viabilidade técnica da solução, reforçando que pequenas ações, quando sistematizadas, geram impactos significativos.

Dessa forma, espera-se que este Manual sirva como guia prático e motivador para que empresas, instituições e usuários em geral adotem essa alternativa sustentável. A incorporação desse tipo de iniciativa contribui diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e fortalece o compromisso coletivo com a preservação dos recursos naturais, especialmente em um cenário global de crescente escassez hídrica.



9



OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A proposta deste Manual está centrada também no manejo sustentável da água proveniente da condensação em aparelhos de ar-condicionado e está alinhada com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), especialmente no que diz respeito a alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Figura 6: (ODS) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU (2025)

10

REFERÊNCIAS

ABRAVA. Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento. **A ABRAVA**. Disponível em: <https://abrava.com.br/a-abrava/> Acesso em: 24 jul. 2024.

ALBUQUERQUE, José Gicelmo Melo de. Aproveitamento de água condensada em uma sociedade consciente. **Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**. 8, 2024, p. 14-32.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Institucional**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional> Acesso em 25 jul. 2024.

BASTOS, C. S.; CALMON, J. L. Uso de água residual do ar-condicionado e de água pluvial como gestão da oferta em uma edificação comercial: estudo de caso. **Hábitat Sustentable**, v. 3, n. 2, p. 66-74, 2013. Disponível em: <https://edufor.com.br/repositorio/wp-content/uploads/tainacan-items/6725/6735/Aproveitamento-da-agua-proveniente-de-sistemas-de-refrigeracao.pdf>. Acesso em: 5 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Parâmetros da qualidade da água**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br>. Acesso em: 19 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. (Série A. Normas e Manuais Técnicos). ISBN 85-334-1243-6.

FERREIRA, E. P.; PEREIRA, M. A. S.; SOUZA, R. M. Aproveitamento de água condensada por aparelhos de ar-condicionado. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, 8, n. 3, p. 184-186, dez. 2016. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/download/11407/209209209374>. Acesso em: 5 maio 2025.

FREEPIK. Foto de mulher segurando o controle remoto para ligar o ar. In: **Freepik**. 2026. Disponível em: https://br.freepik.com/fotos-gratis/mulher-segurando-o-controle-remoto-para-ligar-o-aquecedor_24238552.htm#fromView=search&page=1&position=3&uuid=be0de211-92a5-40cc-b99f-63882b814011&query=ar+condicionado. Acesso em: 29 dez. 2025.

FREEPIK User: Bedneyimages. Foto de Jato de água 1. In: **Freepik**. 2026. Disponível em: https://br.freepik.com/fotos-gratis/jato-de-agua_906677.htm#fromView=image_search&page=1&position=0&uuid=31effdc4-02c5-42f9-912e-3a65cd7b42b3&query=jato+de+%C3%A1gua. Acesso em: 29 dez. 2025.

FREEPIK User: Bedneyimages. Foto de Jato de água 2. In: **Freepik**. 2026. Disponível em: https://br.freepik.com/fotos-gratis/jato-de-agua_906787.htm#fromView=image_search&page=1&position=1&uuid=d9706f52-0d52-4b43-ab28-c09975e8f4a1&query=jato+de+%C3%A1gua. Acesso em: 29 dez. 2025.

FUNASA. **Manual prático de análise de água**. 3ª ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Ano 2025**. Acesso em: 10 dez. 2025.

ISSA, Rafael Hamze; MAZON, Cassiano. **Adoção e Implementação das Práticas ESG (Environmental, Social and Governance) pelas Empresas Estatais**. Cadernos, São Paulo, v. 1, n. 8, p. 35-52, jan. 2022. Disponível em: <https://www.tce.sp.gov.br/epcp/cadernos/index.php/CM/article/view/178>. Acesso em: 9 maio 2025.

NEVES, Sydney. **A História do Ar-Condicionado**. Goiânia: Centro de Manutenção de Equipamentos - UFG, 2018.

OLIVEIRA, Anderson Gabriel Martins de et al. Viabilidade de implantação de sistema de reaproveitamento de água de aparelhos de ares-condicionados: estudo de caso no prédio principal da Christus Faculdade do Piauí. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova York: ONU, 2015.

PRADO, Amanda Rafaely Monte do; SOARES, Anna Elis Paz; SILVA, Simone Rosa da. Análise técnico-econômica da utilização de água de condensação para fins não potáveis em um campus universitário. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**. 08, n. 65, 2020.

PRADO, Amanda Rafaely Monte do; SOARES, Anna Elis Paz; SILVA, Simone Rosa da. Potencial de redução do consumo de água potável na sede do TRE/PE. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**. Vol. 09, n. 73, 2021.

REAL, Jociely Lima; CORRÊA, Ana Cristina Santos Strava. Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017. **Anais [...]**. ABRHidro, 2017.

SANTIAGO, Vicky Ramon Britto. **Barreiras para a implementação do programa de racionalização do consumo de água em prédios públicos administrativos do Estado da Bahia**. 2016. Dissertação — UFBA.

SANTOS, Alexandre F.; GASPAR, Pedro D.; SOUZA, Heraldo J. L. de. New HVAC Sustainability Index—TWI (Total Water Impact). **Energies**, 2020.

SANTOS, Virgínia Messias Barbosa; SOUSA, Wanderson dos Santos. Avaliação do potencial de reutilização da água condensada do sistema de ar condicionado do Fórum Rodolfo Aureliano - Recife, PE. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 23, n. 2, 2025.

SILVA, Jonas Mundo da et al. Reaproveitamento de condensado em evaporador de um sistema de refrigeração. **Brazilian Journal of Development**. 9, n. 10, 2023.

TUNDISI, José Galizia. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

VASCONCELOS, Edlene Costa. **Uso de águas pluviais e residuais em instalações prediais**. 2016. Dissertação — IFPE.

VEIGA, G. **Análises físico-químicas e microbiológicas de água**. 2006. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105056/Graziella_da_Veiga.pdf. Acesso em: 19 ago. 2025.

WURTH. Würth do Brasil. Disponível em: <https://www.wurthdobrasil.com.br/PT/frmWurth.aspx>. Acesso em: 10 maio 2025.



2026

Ailton Drumond da Silveira
Carlos Fernando Lemos

ANEXO A – RELATÓRIO DE ENSAIOS FORNECIDO PELO LABORATÓRIO DO IFMG



RELATÓRIO DE ENSAIO

IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE

CLIENTE: Ailton Drummond Da Silva	CNPJ/CPF: 606.949.716-34
Contato: Sônia	Telefone: 31988639847
Endereço: Contagem /MG	E-mail: ailton2frioclima.com.br

ANÁLISE ÁGUA

Dados da Amostra: 103

Data Coleta:	Data do Recebimento:
Local da Coleta: Escritório - Empresa Wurth do Brasil Betim /MG	Hora de Coleta :6 H
Responsável pela coleta: Ailton	Ponto de Coleta: Condensação do ar condicionado
Lote:----	Temperatura de Recebimento:

RELATÓRIO DE ENSAIO

FÍSICO QUÍMICO

ANÁLISE	RESULTADO	Portaria GM/MS nº 888:2021	Método
Cor aparente (uH)	5	Máximo de 15uH	SMWW-2120 E.23ªEd.:2017- Espectrofotométrico
Turbidez (UT)	4 NTU	Máximo 5 NTU	SMWW-2130 B-23ª Ed.: 2017-Turbidimétrico
pH	10,67	6,0 a 9,0	SMWW-4500-H B. 23ªEd.:2017-Eletrométrico
Cloro residual livre (no laboratório)	0,02	Mínimo de 0,2 mg/L Máximo de 5	SMWW -4500- ClG.23ªEd.:2017- Espectrofotométrico
Nitrito	0,115	Máximo de 1 mg/L	SMWW-4500-NO B.23ªEd.:2017- Espectrofotométrico
Nitrato	0,195	Máximo de 10 mg/L	SMWW-SMWW-4500-NO B.23ªEd.:2017- Espectrofotométrico
Ferro	0	Máximo de 0,3 mg/L	SMWW-3111 B.23ªEd.:2017- Espectrofotométrico
Dureza	5	Máxima de 500 mg/L	SMWW-2340 B e C..23ªEd.:2017 Espectrofotométrico
Cloreto	0	Máximo de 250 mg/L	SMWW -4500- Cl B.23ªEd.:2017 Espectrofotométrico
Condutividade	0,01	10 µS/cm	SMWW-4500-H B. 23ªEd.:2017-Eletrométrico

RELATÓRIO DE ENSAIO

MICROBIOLÓGICO

Coliformes totais	Ausência	Ausência/100mL	APHA 9:2015 e APHA/AWWA/WEF 9221:2012
Escherichia coli	Ausência	Ausência/100mL	APHA 9:2015 e APHA/AWWA/WEF 9221:2012

Comparativo dos resultados com legislação: Portaria IMA nº 2033, de 23 de janeiro de 2021 e Portaria nº 2263, de 30 de outubro de 2023.

Normas de Referência: Portaria GM/MS nº 888:2021: Portaria de Consolidação nº 5:2017 (Alterada pela Portaria GM/MS nº 888, de 04 de Maio de 2021.)

Interpretações

As amostras de **análise de água** atendem ao valor de referência para todos parâmetros analisados conforme ensaio estabelecido pela legislação em vigor. Estes resultados referem-se apenas às amostras analisadas.

Normas de Referência: Instrução normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018 – MAPA.

Bambuí 01/04/2025

Daniel Vidal Rodrigues
CREA/MG 104856
Responsável Técnico

Sonia de Oliveira Duque Paciulli
Coordenadora LaQal