



BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Marcelo Fernandes Martinelli

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DISPENSADA PELOS APARELHOS DE AR-
CONDICIONADO – Estudo de caso**

Porto Alegre
Dezembro 2022

Marcelo Fernandes Martinelli

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DISPENSADA PELOS APARELHOS DE AR-
CONDICIONADO – Estudo de caso**

Projeto de Pesquisa do Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Universitário Ritter dos Reis, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Professor José Antônio Colvara de Oliveira

Porto Alegre
Dezembro 2022

RESUMO

A água é o elemento mais importante para manter a vida em nosso planeta, em nosso corpo equivale cerca de 60-70% do peso corporal, mas estamos em uma fase que tal elemento possui um desperdício muito grande em nosso dia-a-dia, em lavagem de pátios, carros, na construção civil entre outras funções sem conscientização do ser humano. Existem muitos métodos que podemos estar colaborando com o planeta para que possamos migrar o consumo de água potável para utilização de água reutilizável, em nosso trabalho iremos estudar o caso de reutilização de água proveniente de aparelhos de ar-condicionado, neste caso a água não potável gerada pela condensação dos aparelhos podem ser canalizadas para um recipiente, e utilizada para tarefas secundárias. Neste trabalho foi analisado os processos intervenientes de coleta de água dispensada em estações de ar-condicionado. Foram analisados quantitativamente os volumes gerados por dois aparelhos, chegando-se a conclusão de que as quantidades aproveitadas são significativas, ainda mais se for levada em consideração a possibilidade de estabelecer esses procedimentos em edifícios residenciais, ou mesmo comerciais.

Palavras-chave: sustentabilidade, economia, conscientizar, aproveitamento.

ABSTRACT

Water is the most important element to maintain life on our planet, in our body it is equivalent to about 60-70% of body weight, but we are in a phase where this element has a very large waste in our day-to-day, washing patios, cars, civil construction, among other functions without human awareness. There are many methods that we can be collaborating with the planet so that we can migrate the consumption of potable water to the use of reusable water, in our work we will study the case of reuse of water supplied from air conditioners, in this case the non-potable water generated by condensation from the appliances can be channeled into a container, and used for secondary tasks. In this work, the intervening processes of collecting water dispensed in air-conditioning stations were analyzed. The volumes generated by two devices were quantitatively analyzed, reaching the conclusion that the amounts used are significant, even more so if one takes into account the possibility of establishing these procedures in residential, or even commercial, buildings.

Keywords: sustainability, economy, awareness, exploitation.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo que conquisei até agora no fim desta longa jornada, mas peço a ele para me dar sabedoria para conquistar muito mais. Também a esta universidade, direção, administração e a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender, em especial ao professor José Antônio Colvara por sua enorme paciência e dedicação ao auxiliar na confecção deste trabalho. Por fim, agradeço aos meus pais e demais familiares, que me incentivaram nos momentos difíceis demonstrando tanto apoio e incentivo durante todo processo.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu sincero muito obrigado.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	10
1.2	OBJETIVOS DA PESQUISA	10
1.2.1	Objetivo geral	10
1.2.2	Objetivos específicos	10
1.3	JUSTIFICATIVA	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	O HISTORICO DO AR-CONDICIONADO	12
2.2	FUNCIONAMENTO DO AR-CONDICIONADO	13
2.3	TIPOS DE APARELHOS DE AR-CONDICIONADO	14
2.3.1	Ar-condicionado tipo janela	14
2.3.2	Ar-condicionado tipo Split Hi-Wall	15
2.4	A EVOLUÇÃO DOS APARELHOS	16
2.4.1	Sequência de datas importantes:	16
2.4.2	Os mais modernos que existem	18
2.4.3	Produção da água em aparelhos de ar-condicionado	18
2.4.4	Funcionamento do dreno no aparelho de ar-condicionado	19
2.4.5	Material do sistema de refrigeração	20
2.4.6	Características	20
2.4.7	Ar-condicionado ciclo quente e frio ou reverso	21
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	22
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	22
3.2	INFLUÊNCIA DA LOCALIZAÇÃO	22
4	RESULTADOS	23
4.1	LOCAL DA REALIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS	23
4.2	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS	25
4.3	DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS	25
4.4	VARIÁVEIS COMPUTADAS	26
4.5	PRODUÇÃO DE ÁGUA EM APARELHO DE AR-CONDICIONADO	27
4.6	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	28
5	CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	29
	REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

Sem água não há vida. A escassez de água potável é um tema preocupante para o futuro da vida no planeta terra, ela existe pela falta de recursos para atender a demanda da população. O Brasil é um país que possui grandes reservas de água doce, porém temos regiões que não possuem abastecimento e nem saneamento básico.

Conforme Martins (2019), cerca de 2/3 da superfície do planeta Terra é formado pelos oceanos cuja 97,5% desta é salgada, sendo 2,5% doce encontrada em locais de difícil acesso e 0,007% disponível para o consumo dos seres vivos, como lagos, rios e na atmosfera.

Atualmente os aparelhos de ar-condicionado são utilizados frequentemente para climatizar residências e comércios. Quando utilizada em resfriamento a evaporadora gera condensação, por este motivo provoca gotejamento. Quando ligada no modo quente, a geração de água se dá através da condensadora.

Esse gotejamento em grande escala (condomínios, empresas) se torna um volume significativo de água gerada, assim potencializando o reaproveitamento e avultando a gama de possibilidades para reutilização, que na maioria dos casos são lançadas no meio ambiente de forma inapropriada (calçadas, fachada dos prédios) podendo causar até um acidente em virtude de escorregamento devido o limo acumulado e empocamento de água nas calçadas.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Em 2019 a escassez hídrica foi listada como um dos maiores riscos globais para as próximas décadas, e motiva o ser humano a procurar recurso para ser uma sociedade mais autossustentável, buscando métodos para reaproveitamento da água gerada em aparelhos de ar-condicionado. Este gotejamento estando canalizado para seu reaproveitamento, não haverá incomodo de gotejamento de forma indevida.

Em vista do acima exposto, este trabalho se propõe a buscar por respostas, para as seguintes questões de pesquisa:

- Qual a origem da água dispensada pelos aparelhos de ar-condicionado?
- Qual é a viabilidade para a utilização da água proveniente da refrigeração?
- Em que situação podemos utilizar a água proveniente dos ares-condicionados?

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Este item, para fins didáticos, encontra-se dividido em objetivo geral e objetivos específicos, os quais serão a seguir detalhados.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho, compreende efetuar uma análise sobre o funcionamento dos aparelhos de ar-condicionado e a mecânica envolvida na produção da água que eles dispensam assim como possibilidades para seu reuso.

1.2.2 Objetivo específicos

Os objetivos específicos, para chegar-se ao atingimento do objetivo geral, estão assim distribuídos:

- Estudar o funcionamento da dinâmica envolvida no funcionamento do ar-condicionado.
- Analisar a mecânica de que se constitui a produção da água nesses aparelhos.
- Propor um sistema de economia e aproveitamento dessa água.

1.3 JUSTIFICATIVA

Com os dados coletados nesse trabalho podemos apurar a viabilidade para implementar um sistema de captação de água da condensação dos ares-condicionados para reutilizar em fins não potáveis (descargas em bacias sanitárias, lavagem de pisos).

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste breve apanhado sobre os principais referenciais, serão apresentados inicialmente um rápido histórico sobre o tema, seguido pela descrição da sistemática empregada nos aparelhos de ar-condicionado.

2.1 O HISTÓRICO DO AR-CONDICIONADO

O ar-condicionado é considerado uma das melhores invenções do mundo, ele foi criado graças a criatividade do engenheiro americano Willis Carrier, que foi nomeado uma das 100 pessoas mais influentes do século 20. Nascido em Angola, Nova York do dia 26 de novembro de 1876, aos seus 21 anos ganhou uma bolsa de estudos na Universidade Cornell, onde se graduou em engenharia mecânica. Após se formar começou a trabalhar em uma fábrica de aquecedores, ventiladores e sistema de exaustão de ar chamada Buffalo Forje Company.

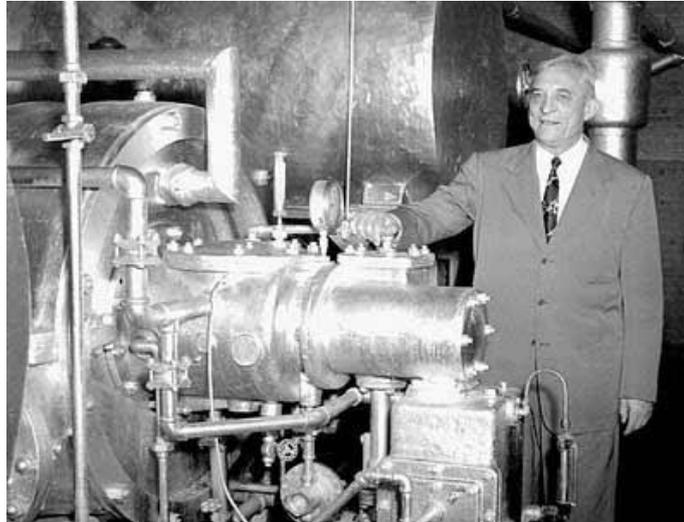
Durante uma instalação em uma gráfica chamada “Sackett-Wilhelms Lithography and Publishing”, situada na cidade do Brooklyn estado de Nova York, notou a umidade do ar deformava as folhas causando desalinhamento nas agulhas de impressão e borrava o papel foi aí que decidiu pensar em uma forma de conter tal situação. Ele acreditava no projeto de resfriamento de ar para resolver o problema e diminuir a umidade.

Foi em 17 de julho de 1902 que apresentou um modelo condicionamento de ar por processo mecânico, assim nasceu o primeiro ar-condicionado do mundo, batizou a invenção de “aparelho para tratar o ar” e patenteou sua criação em janeiro de 1906. No mesmo ano com novos aperfeiçoamentos no controle de refrigeração apareceram novos grandes compradores do setor têxtil e lojas de produtos farmacêuticos.

Willis Carrier faleceu em 7 de outubro em 1950, aos 73 anos. Em seu histórico teve mais de 80 patentes relacionadas ao sistema de refrigeração, ajudou no desenvolvimento da bomba centrífuga, pesquisou sobre o atrito do ar em dutos e sobre a distribuição uniforme do ar.

Sua empresa Carrier Corporation se tornou um marco histórico e atualmente emprega cerca de 53.000 pessoas. Carrier segue sendo até a atualidade, uma das marcas líderes mundiais na fabricação de equipamentos de aquecimento de ar e sistemas de refrigeração.

Figura 1 - Willis Carrier. Máquina de refrigeração centrífuga.



Fonte: Carrier (2022)

2.2 FUNCIONAMENTO DO AR-CONDICINADO

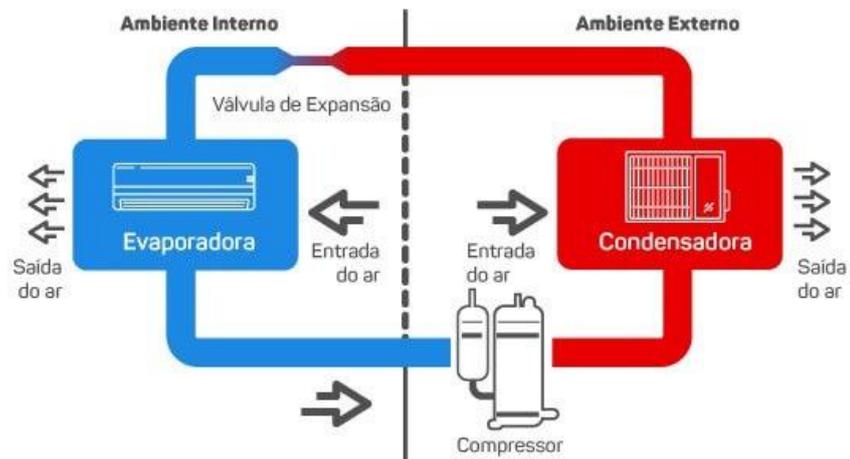
Ar-condicionado é definido como o processo de condicionamento de ar objetivando o controle de sua temperatura, umidade, pureza e distribuição no sentido de proporcionar conforto aos ocupantes do recinto condicionado (STOECKER e JONES, 1985). Nesse âmbito o ar-condicionado se caracteriza por um gás refrigerante que circula em um sistema fechado, é fundamental para o funcionamento deste ciclo uma serpentina interna com um ventilador que atua na troca de calor da serpentina de baixa pressão com o ambiente, tal sistema chamamos de evaporadora, uma serpentina externa de alta pressão com ventilação para realizar o resfriamento do gás que teve sua temperatura elevada devido a uma válvula de expansão também conhecida como tubo capilar que se localiza na entrada do fluido na evaporadora para baixar a temperatura do refrigerante dentro da serpentina, assim podendo climatizar o ambiente em um sistema de circulação fechada.

Para termos um sistema de ar-condicionado quente e frio, precisamos incluir uma válvula inversora nesse sistema. Ela tem como objetivo inverter a passagem do fluido de forma que a serpentina interna fique com alta pressão e a serpentina externa com menor pressão, desta forma, resfriando a evaporadora e esquentando a

condensadora, como mostra a imagem do princípio de funcionamento do aparelho de ar-condicionado.

O funcionamento geral de um sistema de condicionamento de ar pode ser visto na Figura 2, abaixo.

Figura 2 – Princípio de funcionamento aparelho do ar-condicionado.



Fonte: Dufrio (2022)

2.3 TIPOS DE APARELHOS DE AR-CONDICIONADO:

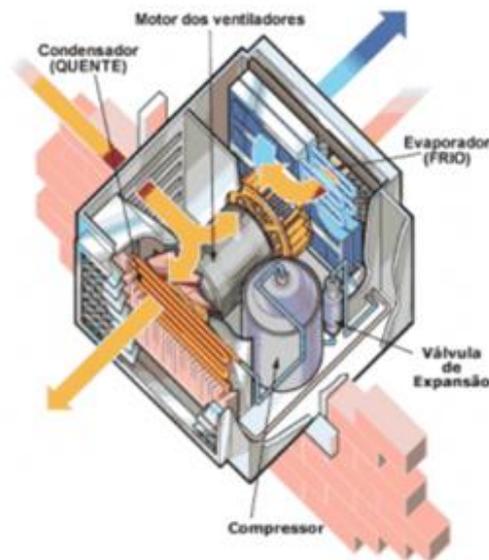
Diferente de antigamente, hoje os aparelhos de ar-condicionado são utilizados com muita frequência e com sua evolução surgiram outros modelos para suprir cada vez mais as necessidades dos consumidores. Todos eles têm o mesmo princípio de funcionamento, porém são adaptados para cada necessidade, podendo ser para uso residencial, para uso comercial, industrial e até mesmo em ambientes hospitalares, onde devem possuir temperaturas controladas. Iremos destacar os dois modelos mais utilizados atualmente.

2.3.1 Ar-condicionado tipo janela

Os aparelhos de ar-condicionado tipo janela “...também são conhecidos como modelo de parede ou janeleiro. Essa linha de produto trabalha com baixas capacidades, sendo possível encontrar no mercado modelos de baixa potência, de 7000 Btu/h, até os mais potentes, no máximo a 30000 Btu/h” (ANTONOVICZ e WEBER, 2013, p. 19)”.

Este modelo foi criado em 1970, e foi altamente difundido pela sua facilidade na instalação já que sua condensadora e evaporadora estavam dispostos em um único equipamento a ser instalado na fachada do ambiente a ser climatizado. Infelizmente seu maior diferencial também era sua desvantagem, por ser um único aparelho com todo sistema, não necessitava de mão de obra especializada já que sua instalação consiste basicamente no alojamento do aparelho no local desejado. Porém como não existe separação entre a condensadora e a evaporadora, o nível de ruído dentro do ambiente é muito alto, o que, com o tempo levou este modelo a ser substituído por opções mais silenciosas que proporcionavam maior conforto não apenas térmico como também acústico.

Figura 3 – Por dentro de um ar-condicionado de janela



Fonte: Giacomini (2019)

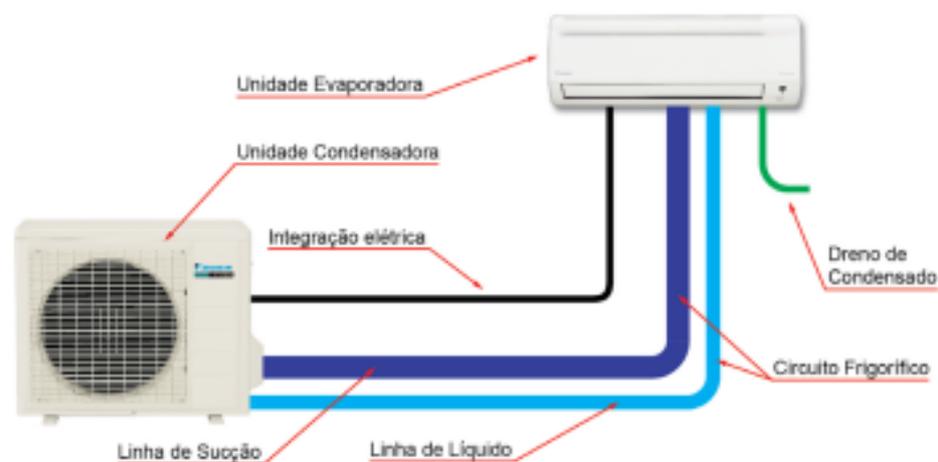
2.3.2 Ar-condicionado tipo Split Hi-Wall

O nome “Split” significa divisão. Esses equipamentos possuem a unidade evaporadora separada da unidade condensadora, o que permite a instalação em ambientes onde não há fachada. Essa é a principal característica que os diferencia dos condicionadores de ar do tipo janela (ACJ). Nos Splits a serpentina do evaporador tem uma área maior de superfície, levando a serpentinas com o menor número de filas, quando comparada com os ACJ de mesma capacidade, o que proporciona um

menor nível de ruído dentro do ambiente condicionado e menor potência dos motores ventiladores (COSTA, CLÉCIO 2016).

Foi no ano de 1990 que foi desenvolvido o primeiro ar-condicionado modelo Split. Atualmente é o modelo de ar-condicionado mais utilizados em residências. O equipamento dividido em condensadora e evaporadora flexibiliza o posicionamento da evaporadora dentro dos ambientes, podendo ser instalado as condensadoras em lugares mais afastados diminuindo os ruídos gerados pelo funcionamento. Para a instalação deste modelo precisamos de uma mão de obra qualificada em refrigeração, para sua instalação é necessário passar as tubulações em que o gás refrigerante irá circular e fazer as devidas conexões chamadas de flange. Após este processo é feito o teste de estanqueidade para poder ser liberado o fluido refrigerante.

Figura 4 – Componentes de um ar-condicionado Hi-Wall



Fonte: Daikin (2018).

2.4 A EVOLUÇÃO DOS APARELHOS

2.4.1 Sequência de datas importantes:

1904 – Willis Carrier abre o processo da patente de sua invenção “aparelho para o tratamento de ar” que foi deferida como a patente de número 808.897 no dia 2

de janeiro de 1906. E é considerado o precursor dos aparelhos modernos de arrefecimento, tinha o intuito de controlar a umidade presente no ambiente a ser instalado.

Figura 5 – Gravura do “aparelho para o tratamento de ar”



Fonte: CARRIER (2022)

1914 – Primeira aplicação residencial de um aparelho de ar-condicionado, instalado na mansão minneapolis. No mesmo ano, Carrier instalou o primeiro condicionador de ar hospitalar, no Allegheny General Hospital de Pittsburgh. O sistema introduzia umidade extra em um berçário de partos prematuros

Figura 6 – Interior da mansão minneapolis



Fonte: CARRIER (2022)

1952 – Primeira produção em série de uma unidade central de condicionamento de ar, o modelo continha compressor e evaporadora em um único produto e foi um enorme sucesso de vendas, tendo todo seu estoque vendido em apenas duas

semanas, foi considerado o marco principal da popularização do ar-condicionado no mundo.

Figura 7 – Poster publicitário dos modelos comercializados em 1952.



Fonte: CARRIER (2022)

2.4.2 Os mais modernos que existem

Atualmente os aparelhos mais modernos são os condicionadores de ar com a tecnologia inverter. Nessa tecnologia os equipamentos possuem um dispositivo eletrônico que ajusta a velocidade do compressor de acordo com a temperatura do ambiente, ou seja, o equipamento está sempre em funcionamento, porém com oscilação na potência do compressor. Diferente dos sistemas antigos, onde o compressor era acionado através de um termostato que fazia o compressor ligar e desligar conforme a temperatura do ambiente, dessa forma os picos consumidos pelos compressores afetavam no consumo da energia, sem contar que se obtém um processo com nível muito reduzido de ruído.

2.4.3 Produção da água em aparelhos de ar-condicionado

Para entendermos de onde vem a água liberada nos aparelhos de ar-condicionado devemos entender o processo de condensação (fases em que ocorre a transformação da matéria, do estado gasoso para o estado líquido), todo o sistema de refrigeração ou climatização ocorre condensação de alguma forma. Não possível fazer com que nosso ar-condicionado não gere água, mas podemos reutilizar essa água que é liberada para aproveitamento diário (RAMALHO et al, 2003).

O ar-condicionado consiste em um sistema fechado que trabalha de forma cíclica fazendo a troca de calor do ambiente com a serpentina refrigerada, para esse processo ter um melhor rendimento é utilizado um ventilador para circulação forçada do ar com a serpentina. Quando o compressor é acionado, o gás é comprimido no sistema e na chegada da evaporadora ele é descomprimido por uma válvula, neste momento a evaporadora começa a refrigerar, retirando a umidade do ar, passando a água do estado gasoso para o estado líquido, processo que conhecemos por condensação.

Figura 8 – Componentes de uma evaporadora split Hi Wall



Fonte: LITORALCLIMA (2022)

2.4.4 Funcionamento do dreno no aparelho de ar-condicionado

A condensação começa quando ocorre a troca de temperatura entre a serpentina e o ar do ambiente, essa troca de calor tem a característica de retirar a umidade do ar, assim, gerando gotejamento na bandeja no sistema de drenagem. O

modelo de dreno mais comum nos ares-condicionados atuais é por gravidade, onde a água gotejada escorre em uma badeja e através da gravidade é conduzida para fora dos aparelhos, em novas construções já são deixadas pré-instalações de drenos, porem em sua maioria não adotam um sistema para reaproveitamento desta água gerada nos aparelhos, descartando-as no ambiente.

2.4.5 Material do sistema de refrigeração

Os sistemas de ar-condicionado são fabricados utilizando materiais com boa condução de calor, entre eles se destaca o cobre e o alumínio, normalmente as serpentinas onde os fluidos refrigerantes circulam são fabricadas em cobre e as aletas que são dissipadores são em alumínio, as aletas tem como função fazer a troca de calor da serpentina com o ar do ambiente. Isso se dá através de uma turbina que faz a troca de calor forçada do ar do ambiente com as aletas de alumínio, nesse processo é gerada condensação canalizada para o sistema de drenagem.

2.4.6 Características

O processo em que o calor é transferido de um ambiente para outro, através da refrigeração, se dá obedecendo os princípios e ciclos da termodinâmica. Os ciclos são processos que o sistema realiza com intuito de obter trabalho do sistema ou realizá-lo sobre o sistema.

Os aparelhos de ar-condicionado com sistema inverter são conhecidos principalmente pela economia de energia que eles geram ao longo do tempo. Isso ocorre por conta da diferença na geração do ar para o ambiente, no sistema inverter o compressor varia sua rotação de acordo com a temperatura desejada, fazendo com que a climatização do ambiente ocorra de forma gradativa, ou seja, o aparelho irá manter a temperatura do ambiente constante, com muita pouca oscilação, evitando com que ele precise desligar completamente para restabelecer a temperatura que foi programada. Com isso, o compressor irá se manter de forma contínua e por não precisar gerar esses picos de energia, que consomem grande quantidade de eletricidade, se torna muito mais econômico, sem contar no conforto térmico gerado por esses aparelhos.

Entretanto, os condicionadores de ar comuns funcionam de maneira contrária. Seu compressor funciona através do ciclo chamado ``liga/desliga``, causando grande variação de temperatura devida sua oscilação. Os aparelhos convencionais levam um tempo maior para alcançar a temperatura desejada, e quando o ambiente fica mais frio do que o programado, seu compressor desliga, quando o ambiente aquece é necessário que o compressor ligue, gerando um grande pico de energia consumida.

O jato de ar em aparelhos com sistema convencional é intenso, enquanto no inverter o jato é suave e contínuo, espalhando-se com mais facilidade no ambiente e otimizando a qualidade da refrigeração. Outro ponto a ser considerado são os tipos de gases utilizados por cada compressor para refrigeração, existem dois tipos utilizados: R22 (clorodifluorometano) e R410a (gás ecológico).

O sistema convencional utiliza o método de desligamento do compressor, pelo mesmo utilizar o gás R22, que congela com temperaturas muito baixas, além disso, é cada vez menos utilizado esse tipo de gás na indústria, visto que ele é produzido a base de cloro (CFC), composto poluente que atinge a camada de ozônio. Enquanto os aparelhos inverter utilizam o R410, um gás ecológico, que não apresenta substâncias a base de cloro, não é tóxico e não compromete a camada de ozônio, tornando-o ecologicamente correto, além desses sistemas utilizarem filtros de íons negativos que retiram do ar impurezas e odores desagradáveis.

2.4.7 Ar-condicionado ciclo quente e frio ou reverso

Equipamentos de climatização jogam o ar quente (calor) para fora do ambiente, quando na função frio, isso ocorre porque ele comprime o fluido refrigerante para resfriar o ar que passa pela tubulação, e joga esse ar frio para dentro. Para que o ar possa ter seu correto funcionamento é necessário que sua saída de ar da condensadora esteja sempre livre, tanto na função fria, como no quente. Durante o aquecimento esse cuidado é ainda maior, pois o ar exterior, de onde é retirado o calor e jogado para dentro, papel da bomba de calor.

A bomba de calor funciona como um ar-condicionado de engrenagem reversa, nos dias quentes, trabalha como um aparelho regular, extraíndo o calor do ambiente interno e transferindo-o para o ambiente externo. Durante os dias frios, funciona de maneira oposta, bombeando energia quente de fora para dentro do ambiente, isso ocorre mesmo quando o ar do ambiente externo está frio, devido ao fluido refrigerante,

que possibilita a drenagem mesmo que em pequenas quantidades de energia revertendo em ar quente.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão abordados os tópicos referentes ao tipo de pesquisa realizada, bem como sua caracterização. As variáveis e a maneira como as mesmas foram consideradas, estão no capítulo seguinte.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Com a escassez da água optamos por implementar a ideia de reutilizar a água coletada por meio da condensação de água gerada nos aparelhos de ar-condicionado para fins não potáveis. Muitas vezes os drenos de ar-condicionado não são canalizados de forma correta, podendo causar incômodos em calçadas e faixadas. Ao andar em locais públicos como no centro histórico de Porto Alegre, podemos nos deparar com muitos pontos de gotejamento de condensação causando limos e musgos por umidade, assim, podendo ocasionar um acidente. Além disso, essa água poderia ter uma utilização consciente, ao ser contaminada está fadada ao desperdício imprudente. Como opção de solução dessa situação podemos reutilizar a água proveniente da condensação para fins não potáveis, além de resolver o exemplo citado de limos na calçada podemos lavar ela com a água proveniente da condensação, com baixo custo e reabastecimento frequente pois gera condensação em todas as épocas do ano.

3.2 INFLUÊNCIA DA LOCALIZAÇÃO

O local de instalação e umidade relativa do ar tem um grande impacto na produção de gotículas, em ambientes em que o ar está mais úmido a produção de condensação é maior. Durante esta pesquisa, quando o ar-condicionado ligado no frio onde a condensação vem da parte interna, o aparelho que gerou maior volume de água foi o que estava mais próximo da porta que faz a ligação do salão da loja com o ambiente externo. Isso acontece por conta de o mesmo estar exposto por um tempo maior a umidade externa, devido abertura de porta ao lado da evaporadora, que faz com que gere uma condensação maior nas análises no modo frio (resfriamento do ambiente).

4 RESULTADOS

A partir deste ponto, passa-se a descrever os resultados obtidos, bem como são tecidas considerações sobre a maneira como os mesmos podem ser levados em consideração neste Trabalho.

4.1 LOCAL DA REALIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS

Foi realizado o levantamento de dados dentro de uma sala comercial, do ramo de materiais de construção, situada na zona sul de Porto Alegre, na Ferragem Fermatt. O local possui um ambiente de atendimento ao público de aproximadamente 40m², para atender o espaço em questão foram dispostos dois aparelhos de ar-condicionado Split Inverter quente e frio da marca LG. A instalação deles é dentro do mesmo ambiente, porém um ar-condicionado é instalado mais no fundo da loja, enquanto o outro aparelho é instalado mais próximo da porta, que é aberta com frequência conforme a demanda de clientes.

Figura 9 – Ferragem Fermatt local do experimento.

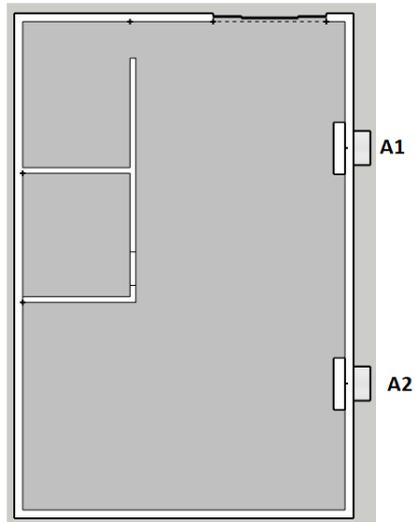


Fonte: o autor (2022)

A coleta foi realizada na segunda quinzena do mês de agosto, sempre em horário comercial tendo em vista que é o horário que os aparelhos de ar-condicionado permanecem mais tempo em funcionamento. Durante o expediente da loja foi

realizada a coleta de dados meteorológico do dia e tempo de funcionamento do aparelho de refrigeração utilizado. Durante a coleta de dados o comercio estava em funcionamento com o fluxo de clientes normal do dia em questão.

Figura 10 – Posicionamento de instalação do ar-condicionado.



Fonte: o autor (2022)

Figura 11 – Disposição dos ar-condicionados dentro da loja.



Fonte: o autor (2022)

4.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS

Para que possamos realizar a coleta da água gerada pela condensação, canalizamos os drenos dos ar-condicionado de forma que pudéssemos ter o volume independente de cada um dos condensadores. Com intuito de evitar o processo de evaporação que viria a influenciar na medição do volume realizamos a medição ao final de cada coleta, foram realizadas análises em horários aleatórios, com diferentes condições climáticas.

Figura 12 – Recipiente para coleta de água do dreno.



Fonte: O autor (2022).

4.3 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS

Para o estudo em questão recorreremos às análises dos principais fatores de influência na geração da água de acordo com o processo geracional escolhido. São esses fatores: Umidade relativa, ponto de orvalho, regime de temperatura do aparelho utilizado e tempo em funcionamento. Sempre fazendo a correspondência das variações percebidas com a alteração dos parâmetros escolhidos.

Recorreremos aos fatores que possuem maior influência na geração de água via diferença de temperatura externa e na serpentina interna do aparelho. Tendo em vista esses aspectos, temos a análise de um dos principais dados coletados, o ponto de orvalho, que diz respeito a temperatura que o vapor de água presente no ar ambiente

passa ao estado líquido na forma de pequenas gotículas condensadas na área de maior contraste de temperatura.

Este parâmetro se relaciona com outros fatores analisados e subentendidos na pesquisa como temperatura ambiente do dia, umidade relativa e pressão atmosférica. Outro fator de grande interação com os objetivos propostos foi a temperatura estabelecida no aparelho, que em correlação com os outros dados coletados determinou os pontos críticos da geração proposta.

4.4 VARIÁVEIS COMPUTADAS

Devido os equipamentos analisados serem dois aparelhos de mesmo modelo com a mesma condição climática, programado para ter a mesma eficiência, foi possível comparar o desempenho entre os dois e a produção gerada por cada um dos ares-condicionados de forma independente. Através dos dados obtidos podemos projetar a viabilidade para implantar o sistema de coleta de água para uma situação da vida real, com esses dados conseguimos ter uma ideia do quanto é possível gerar de água para fins não potáveis em um determinado condomínio ou empresa onde tem funcionamento constante de sistemas que geram condensação.

A coleta de dados foi realizada no mês de agosto de 2022. Nossa análise obteve caráter satisfatório pelo fato de o mês de agosto ter dias com diferentes condições climáticas. Durante nosso estudo tivemos dias quentes onde o ar-condicionado foi acionado em modo frio e tivemos dias mais frios em que utilizamos o ar-condicionado em modo quente. Ambos os modos os ares-condicionados produzem condensação o que difere entre um e outro é de onde vem essa condensação, quando ligado em modo frio (resfriar o ambiente) a condensação vem da parte de dentro do aparelho chamada evaporadora, já em modo quente (aquecer o ambiente) a condensação é produzida na parte externa chamada de condensadora.

Tabela 1 – Variáveis coletadas.

Data	UR	Pt. orvalho	Regime temperatura	Hr. inicio	Hr. final	Volume condensado A1 (ml)	Volume condensado A2 (ml)
22/08/2022	95%	11°C	26°C	08:40	11:20	2826,00	2786,00
23/08/2022	59%	14°C	22°C	09:16	13:36	4381,00	2341,00
24/08/2022	34%	13°C	22°C	13:48	16:23	2296,00	182,00
25/08/2022	49%	15°C	22°C	13:18	17:05	3809,00	2178,00
26/08/2022	57%	16°C	22°C	14:25	15:47	3807,00	1177,00
27/08/2022	38%	14°C	22°C	14:55	16:55	2001,00	1491,00
28/08/2022	51%	15°C	22°C	10:35	12:30	2896,00	185,00

Fonte: O autor (2022).

4.5 PRODUÇÃO DE ÁGUA EM APARELHO DE AR-CONDICIONADO

Através dos dados coletados no mês de agosto (Tabela 1), foi calculada a produção média de água gerada por aparelho. Para chegar a este resultado foi montada uma tabela com: o tempo total dos aparelhos em funcionamento (T m(min)), mais o volume total gerado pelos dois aparelhos (Vol total A1+A2), o qual foi dividido pelo tempo de utilização do ar-condicionado (T (min)), resultando na média em ml/min de cada data independente. Por fim, realizado o cálculo da média total e convertido para litros, totalizando aproximadamente 1,9 L/h, referente a dois ares-condicionados de 12.000 btus inverter em funcionamento.

Tabela 2 – Calculo da média produzida.

Data	UR	Pt. orvalho	Regime temperatura	tempo (h)	tempo (min)	Volume condensado A1 (ml)	Volume condensado A2 (ml)	Volume condensado total (ml)	Media ml/min
22/08/2022	95%	11°C	26°C	02:40	160	2826,00	2786,00	5612,00	35,08
23/08/2022	59%	14°C	22°C	04:20	260	4381,00	2341,00	6722,00	25,85
24/08/2022	34%	13°C	22°C	02:35	155	2296,00	182,00	2478,00	15,99
25/08/2022	49%	15°C	22°C	03:47	227	3809,00	2178,00	5987,00	26,37
26/08/2022	57%	16°C	22°C	01:22	82	3807,00	1177,00	4984,00	60,78
27/08/2022	38%	14°C	22°C	02:00	120	2001,00	1491,00	3492,00	29,10
28/08/2022	51%	15°C	22°C	01:55	115	2896,00	185,00	3081,00	26,79
								MEDIA ml/min	31,42
								TOTAL	1,88 l/h

Fonte: O autor (2022).

4.6 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Através dos resultados pode-se ter uma ideia o quanto de água podemos economizar através de um sistema simples de coleta de condensação para fins não potáveis, levando em conta que o ar-condicionado de 12.000 btus produziu uma média de 0,94 L/h, pode-se estimar a economia gerada em complexos que utilizam múltiplos equipamentos simultaneamente. Como em condomínios verticalizados que possuem na media de dois ares-condicionados por unidade.

Supostamente para um condomínio de 2 condicionadores de ar por apartamentos, com um total de 8 apartamentos por andar, em um total de 10 andares, é capaz de produzir um total de 150,8 L/h. Suponhamos utilizar uma média de 4 horas por dia pode se produzir em torno de 603,20 litros por dia, ou seja levando em conta que um mês de 30 dias é possível chegar a uma economia de 18.096 litros por mês, água que pode ser utilizada para limpeza de calçadas, descarga em bacias sanitárias, áreas sociais, entre outras aplicações não potáveis.

Segundo Prefeitura de Porto Alegre (2021), o valor do metro cúbico residencial é de R\$ 4,09, com a estimativa mensal podemos ter uma economia de 18,096 m³ de água não potável, que discorrendo o custo do m³ para região analisada, temos um total de R\$74,01 mensais, com baixo investimento no sistema de captação. O que reforça a implantação do sistema não apenas por fins de sustentabilidade como também por fins econômicos levando em consideração o baixo investimento agregado.

5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em vista do que aqui procurou-se demonstrar, o desperdício da água produzida nos aparelhos de ar-condicionado pode chegar a valores consideráveis, em se tratando das necessidades atuais de controle do meio ambiente e da utilização da água disponível cabe considerar todo meio de mitigação do desperdício possível. Este trabalho procurou apresentar a economia que pode ser gerada utilizando um sistema de aproveitamento dessa água produzida pelos condicionadores de ar e que na maior parte dos casos é descartada vertiginosamente.

Como ficou retratado, trata-se de um empreendimento que em pouco tempo é ressarcido e de grande utilidade para a comunidade que dele se utilizará. Como sugestão para trabalhos futuros, coloca-se a ideia de aplicarem-se os mesmos cálculos aqui realizados em uma estação de grande porte, como uma indústria, um hotel ou mesmo no sistema de arrefecimento dos grandes estádios de futebol.

REFERÊNCIAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **O ciclo da água**. Disponível em <http://conjuntura.ana.gov.br/cicloagua> Acesso em: 14/04/2022.
2. AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL e ENTAC 04, 10º **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, São Paulo – SP, 2004.
3. AMORIM, S. V. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre – RS, 2008.
4. ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, 2005.
5. ANTONOVICZ, Diego; WEBER, Rhuann Georgio Bueno. **PMOC – Plano de Manutenção Operação e Controle – nos condicionadores de ar do Campus Medianeira da Universidade Tecnológica do Paraná**. TCC – Curso de graduação de Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2013. Disponível em: <<http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/13609>> Acesso em: 22 out. 2022
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro – RJ, 1989.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro – RJ, 2007.
8. CARRIER. **Willis Carrier visita a cerâmica Onondaga**. Disponível em: <https://www.williscarrier.com/gallery/>. Acesso em: 12 jul. 2022.
9. CAREL INDUSTRIES S.P.A... **Componentes do Circuito Refrigerante**. Disponível em: <https://www.carel.com.br/refrigerant-circuit-components> Acesso em: 21 ago. 2022.
10. CARLON, M Regina. **Percepção dos Atores Sociais Quanto as Alternativas de Implantação de Sistemas de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva em Joinville-SC**. 2005.

11. CARVALHO JÚNIOR, R. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura**. São Paulo – SP, 2007.
12. COSTA, CLÉCIO. **Um estudo sobre adaptações para redução do consumo de energia elétrica em sistemas de ar-condicionado** / Clécio Costa. Dissertação de Mestrado Profissional Universidade Federal de Pernambuco posgraduacao@cin.ufpe.br www.cin.ufpe.br/~posgraduacao RECIFE, 2016) – 2016. 102 f.: il., fig., tab. Acesso em: 22/03/2022
13. DUFRIO. **Confira os benefícios de ter um ambiente climatizado**. Disponível em: <https://www.dufrio.com.br/blog/ar-condicionado/comercial/beneficios-de-ter-um-ambiente-climatizado/> Acesso em: 17 ago. 2022.
14. ENERGIA INTELIGENTE. **Como Funciona - Ar-Condicionado**. Disponível em:
15. FELSKE, M.; ZANETTI, R. N. Uso racional de água em escolas. **Revista Hydro**, São Paulo, Edição maio 2016, p.54-59.
16. FERREIRA, E.P. **Uso de água condensada por aparelhos de ar-condicionado para fins não potáveis – um estudo de caso**. **AGRARIAN ACADEMY**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.3, n.06; p.99, 2016.
17. HERNANDES, A. T. **Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de ribeirão preto**. 2004. Anais Eventos Científicos. ENTAC. <https://energiainteligenteufjf.com.br/como-funciona/como-funciona-ar-condicionado/> Acesso em: 18 mai. 2022.
18. IRGA, **Instituto Rio Grandense do Arroz**, Somar Metereologia. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/medias-climatologicas>.
19. KAMMERS, P. C.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6 n.1, p. 75-90, 2006.
20. LIMA, S. M; ZAQUE, R. A. M; VALENTINI, C. M. A; SOUZA, F. S. C; ALBANO, P. M. F. **Água de Ar-condicionado: Uma fonte alternativa de água potável?** In: VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre/RS, 2015.

21. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Anais... Porto Alegre/RS – 23 a 26/11/2015
22. LITORAL CLIMA **Evaporadora desmontada para higienização** Disponível em: https://fotos.habitissimo.com.br/foto/evaporadora-desmontada-para-higienizacao_1121708 Acesso em: 16 jun. 2022
23. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **AR-CONDICIONADO guia prático sobre sistemas de água gelada.** Disponível em: <http://www.protocolodemontreal.org.br/eficiente/repositorio/noticias/documentos/1652.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2022.
24. PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Dmae corrige tarifa de água e segue com um dos valores mais baixos do país.** Disponível em: < <https://prefeitura.poa.br/dmae/noticias/dmae-corrige-tarifa-de-agua-e-segue-com-um-dos-valores-mais-baixos-do-pais#:~:text=O%20metro%20c%C3%ABico%20comercial%20e,em%20situa%C3%A7%C3%A3o%20de%20baixa%20renda>>. Acesso em 10 out. 2022.
25. RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO. **Os Fundamentos da Física**, Vol. 02, 8ª Ed. Editora Moderna, 2003.
26. STOECKER, W.F., JONES, J. W., **Refrigeração e Ar Condicionado**, Mc Gra w Hill do Brasil LTDA, São Paulo - SP, 1985.