

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DAVI SOUZA MARINHO

**ANÁLISE QUANTITATIVA DA VAZÃO DA ÁGUA CONDENSADA EM APARE-
LHOS CONDICIONADORES DE AR PARA FINS NÃO POTÁVEIS**

JOÃO PESSOA

2018

DAVI SOUZA MARINHO

ANÁLISE QUANTITATIVA DA VAZÃO DA ÁGUA CONDENSADA EM APARELHOS CONDICIONADORES DE AR PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Junior

JOÃO PESSOA

2018

Catálogo na publicação Seção de Catalogação e Classificação

M338a Marinho, Davi Souza.

Análise quantitativa da vazão da água condensada em aparelhos condicionadores de ar para fins não potáveis

/ Davi Souza Marinho. - João Pessoa, 2018.

58 f. : il.

Orientação: Gilson Barbosa Athayde Junior Athayde Junior.

Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Escassez hídrica. 2. Reuso de água. 3. Estimativa de vazão. I. Athayde Junior, Gilson Barbosa Athayde Junior. II. Título.

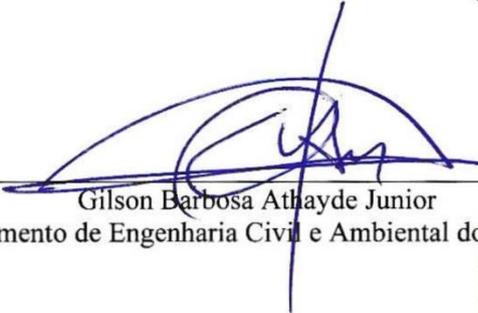
UFPB/BC

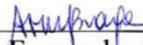
FOLHA DE APROVAÇÃO

DAVI SOUZA MARINHO

ANÁLISE QUANTITATIVA DA VAZÃO DA ÁGUA CONDENSADA EM APARELHOS CONDICIONADORES DE AR PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso em 01/11/2018 perante a seguinte Comissão Julgadora:

| | |
|---|-----------------|
|  _____ Gilson Barbosa Athayde Junior Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB | <u>APROVADO</u> |
|  _____ Ana Cláudia F. Medeiros Braga Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB | <u>Aprovado</u> |
|  _____ Aline Flávia Nunes Rerúgio Antunes Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB | <u>APROVADO</u> |



Prof.^a Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Matrícula Siape: 1668619
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

*Dedico a meu irmão por ser um exemplo de bravura e
minha fonte de inspiração.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, por todo amor, carinho e apoio que me foram dados, desde o início até o final dessa importante etapa da minha vida.

À minha noiva Carla Giovanna, com quem construí sonhos, com cumplicidade e muito amor, ao longo dessa jornada, meus agradecimentos.

Meus profundos agradecimentos aos irmãos que a engenharia me deu, Danilo Maia, Ian Germoglio, João Paulo Verissimo, Pedro Siqueira e Raimundo Neto, por tornarem o difícil período da graduação mais leve e alegre. À todos os amigos formados durante a vida universitária, meus agradecimentos.

Quero agradecer a cada professor que dividiu seus conhecimentos com esforço e dedicação, especialmente a Gilson Barbosa, pelas orientações que ajudaram a construir esse trabalho.

Agradeço a André Ferreira, Carlos Alberto Cahino e Marilson Narciso, que dedicaram seu tempo a me ensinar, cada um a sua maneira, conhecimentos da engenharia e da construção civil.

Por fim, agradeço a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação, pessoal e profissional.

RESUMO

O aumento populacional responsável pela crescente demanda por água potável, atrelada a poluição e ao uso não-racional da água, resulta em um cenário no qual a escassez hídrica se faz presente globalmente, principalmente nas regiões de clima seco e/ou de baixa precipitação. Buscando reduzir o consumo de água potável para fins menos nobres, diminuir a pressão sob os reservatórios hídricos e combater a escassez hídrica, surge o conceito de uso racional da água. Baseado nos princípios da minimização, separação e reutilização, tal conceito trás consigo a sugestão do uso de fontes alternativas de água, sendo uma delas a água proveniente do funcionamento de aparelhos de ar condicionado. Os condicionadores de ar funcionam de forma que ocorre a condensação de água, sendo este efluente, em sua grande maioria, desprezado. O presente trabalho surgiu com o objetivo de investigar e analisar os fatores que influenciem na vazão da água gerada pela condensação nos aparelhos de ar condicionado. Foram realizadas pesquisas bibliográficas e documentais, coletas do volume gerado pelos aparelhos e análise quantitativa da vazão da água condensada. Os resultados mostraram vazões significativas que variaram de 0,6 a 5,14 l/s por aparelho, com isso foi possível delinear um modelo matemático para estimação da vazão desta fonte alternativa de água, que possibilita a análise da viabilidade do seu uso em determinado local para fins não potáveis, como a lavagem do piso, descargas em bacias sanitárias e irrigação.

Palavras-chave: Escassez hídrica, reúso de água, estimativa de vazão.

ABSTRACT

The population increase responsible for the growing demand for drinking water, linked to pollution and the irrational use of water, results in a scenario in which water scarcity is present globally, especially in regions with low precipitation and dry climate. Seeking to reduce the consumption of drinking water for less noble uses, to reduce the pressure under the water reservoirs, and to combat the water scarcity, the concept of rational use of water arises. Based on the principles of minimization, separation and reuse, this concept brings with it the suggestion of the use of alternative sources of water, one of them is the condensed water coming from air conditioners. The operation of air conditioners causes water condensation, and this effluent, mostly, is neglected. The present work was realized out with the objective of investigating and analyzing the factors that influence the flow of water generated by condensation in the air conditioners. Bibliographical and documentary researches were realized out, the volumes generated by the equipments were collected, and the quantitative analysis of the flow of the condensed water was done. The results showed significant flow rates ranging from 0,6 to 5,14 l/s in single devices, it is possible to delineate a mathematical model to estimate the flow of this alternative water source, which allows the feasibility analysis of its use for non potable purposes, such as the washing of the floor, flushing and irrigation.

Key words: Water scarcity, water reuse, flow estimation.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Esquema de utilização da água da chuva..... | 21 |
| Figura 2 - Esquema do uso de águas cinzas | 22 |
| Figura 3 - Condensação da água no condicionador de ar | 23 |
| Figura 4 - Esquema de uso da água condensada em aparelhos condicionadores de ar | 24 |
| Figura 5 - Mapa da cidade de João Pessoa | 26 |
| Figura 6 - Localização dos pontos de coleta no mapa de João Pessoa..... | 30 |
| Figura 7 - Garrafas PET utilizadas | 32 |
| Figura 8 - Garrafas PET utilizadas | 32 |
| Figura 9 - Proveta utilizada na medição de volumes..... | 32 |
| Figura 10 - Cenário de coleta | 33 |
| Figura 11 - Cenário de coleta | 33 |
| Figura 12 - Cenário de coleta | 34 |
| Figura 13 - Cenário de coleta | 34 |
| Figura 14 - Exemplo de medição de volume..... | 36 |
| Figura 15 - Influência da umidade - Ficha de coleta 7 - 9000 BTU/h..... | 47 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Locais de coleta..... | 30 |
| Tabela 2 - Materiais utilizados | 32 |
| Tabela 3 - Ficha de coleta modelo..... | 34 |
| Tabela 4 - Ficha de coleta 1..... | 38 |
| Tabela 5 - Ficha de coleta 2..... | 39 |
| Tabela 6 - Ficha de coleta 3..... | 39 |
| Tabela 7 - Ficha de coleta 4..... | 40 |
| Tabela 8 - Ficha de coleta 5..... | 40 |
| Tabela 9 - Ficha de coleta 6..... | 41 |
| Tabela 10 - Ficha de coleta 7..... | 41 |
| Tabela 11 - Ficha de coleta 8..... | 42 |
| Tabela 12 - Ficha de coleta 9..... | 42 |
| Tabela 13 - Ficha de coleta 10..... | 43 |
| Tabela 14 - Ficha de coleta 11..... | 43 |
| Tabela 15 - Ficha de coleta 12..... | 44 |
| Tabela 16 - Ficha de coleta 13..... | 44 |
| Tabela 17 - Relação Vazão x BTU/h –Vazão de cada coleta..... | 49 |
| Tabela 18 - Relação Vazão x BTU/h - Vazão média por aparelho | 50 |
| Tabela 19- Relação Vazão x BTU/h - Vazão média por BTU/h..... | 51 |
| Tabela 20 - Dados para a regressão linear 1 | 52 |
| Tabela 21 - Dados para a regressão linear 2..... | 54 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1- Fenômenos de restrição pluviométrica no Brasil de 2013 a 2016 | 18 |
| Gráfico 2 - Temperaturas médias observadas no Brasil | 27 |
| Gráfico 3 - Temperaturas médias mensais na cidade de João Pessoa | 28 |
| Gráfico 4 - Precipitação acumulada na cidade de João Pessoa | 28 |
| Gráfico 5 - Influência da umidade - Ficha de coleta 2 -24000 BTU/h..... | 46 |
| Gráfico 6 - Influência da umidade - Ficha de coleta 3 - 18000 BTU/h..... | 46 |
| Gráfico 7 - Influência da umidade - Ficha de coleta 5 - 9000 BTU/h..... | 47 |
| Gráfico 8 - Influência da potência - Vazão de cada coleta..... | 49 |
| Gráfico 9- Influência da potência - Vazão média por aparelho..... | 50 |
| Gráfico 10- Influência da potência - Vazão média por BTU/h | 51 |
| Gráfico 11 - Obtenção da vazão - umidades fixas - cenário 1..... | 53 |
| Gráfico 12 - Influência da potência - De 9000 a 24000 BTU/h | 54 |
| Gráfico 13 - Obtenção da vazão - umidades fixas - cenário 2..... | 55 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|---------|--|
| ABC | Academia Brasileira de Ciências |
| AESA | Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba |
| ANA | Agencia Nacional de Águas |
| BTU | <i>British thermal unit</i> |
| CINEP | Companhia de Desenvolvimento da Paraíba |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| IEA | <i>International Energy Agency</i> |
| INMET | Instituto Nacional de Meteorologia |
| PET | Polietileno tereftalato |
| UFPB | Universidade Federal da Paraíba |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 | Problemática | 13 |
| 1.2 | Justificativa | 14 |
| 1.3 | Objetivos | 15 |
| 1.3.1 | Objetivos gerais | 15 |
| 1.3.2 | Objetivos específicos | 15 |
| 1.4 | Estruturação do trabalho | 16 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 17 |
| 2.1 | Escassez Hídrica | 17 |
| 2.2 | Uso Racional da Água | 19 |
| 2.3 | Fontes Alternativas de Água | 19 |
| 2.3.1 | Água de Chuva | 20 |
| 2.3.2 | Águas Cinzas | 21 |
| 2.3.3 | Água oriunda da condensação em condicionadores de ar | 22 |
| 3 | METODOLOGIA | 25 |
| 3.1 | Descrição climatológica da região de estudo | 26 |
| 3.2 | Parâmetros de estudados | 29 |
| 3.3 | Locais de coleta | 30 |
| 3.4 | Materiais utilizados | 32 |
| 3.4.1 | Coletores de vazão | 32 |
| 3.4.2 | Instrumento medidor de volume | 32 |

| | | |
|-----|---|----|
| 3.5 | Coleta e organização de dados..... | 32 |
| 3.6 | Tratamento e análise dos dados coletados | 36 |
| 4 | RESULTADOS..... | 38 |
| 4.1 | Aparelhos condicionadores de ar..... | 38 |
| 4.2 | Relação Vazão x Umidade..... | 45 |
| 4.3 | Relação Vazão x BTU/h | 48 |
| 4.4 | Obtenção da vazão por meio da umidade e BTU/h | 52 |
| 4.5 | Coefficientes de majoração e minoração da vazão para efeito de projeto e análise econômica..... | 56 |
| 4.6 | Considerações finais | 57 |
| 5 | CONCLUSÃO | 58 |
| | REFERÊNCIAS | 59 |

1 INTRODUÇÃO

Fundamental para o funcionamento dos ecossistemas, essencial na produção de alimentos, insumo básico na maioria dos processos industriais e indispensável para os usos domésticos cotidianos, a água tem uma importância indiscutível para a vida no planeta Terra. Ela é um bem finito, chamada de insumo do século, tem sua disputa apontada como potencial causa de conflitos internacionais e sua disponibilidade é considerada um dos fatores mais relevantes e valiosos nos dias vigentes.

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei Federal 9.433 de 1997, estabelece como um de seus objetivos assegurar a disponibilidade hídrica, nos padrões apropriados, para as atuais e futuras gerações. Outro marco legal importante foi a Lei Federal nº 11.445 de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e possui entre os princípios fundamentais: o acesso universal da população ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente. Tais leis e instruções normativas incentivam importantes ações que constroem uma base para o desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento de práticas e modelos sustentáveis que mantenham a disponibilidade desse recurso natural, tanto para o ambiente, como para os seres vivos e para a sociedade precisa ser prioridade para todos. Para atingir determinado objetivo é extremamente pertinente tomar como base conceitos como o de desenvolvimento sustentável, que preconiza a obtenção do crescimento econômico necessário, para a garantia da preservação do meio ambiente e do desenvolvimento social para a presente e as futuras gerações. O desenvolvimento sustentável também lança mão de princípios como o uso racional dos recursos naturais, incluindo o uso racional da água.

1.1 Problemática

Quase a totalidade da água em oferta no planeta Terra está nos oceanos e mares, é salgada, imprópria para o consumo humano e seu tratamento ainda é inviável economicamente. Da pequena parcela restante de água doce, mais da metade encontra-se nas geleiras, deixando a oferta desse importante recurso hídrico bem restrita. Outro grande problema é que muitos mananciais, responsáveis pela oferta de água, estão cada vez mais poluídos e deteriorados, seja pela falta de controle, seja pela falta de investimentos em coleta, tratamento e disposição

final de esgotos e resíduos sólidos. Além do fato de que muitos dos mananciais estão distantes dos grandes centros de consumo, onde surge maior parte da demanda de água.

Além da pouca disponibilidade de água potável no planeta, outros fatores vêm se apresentando, cada vez mais, como grandes adversidades para a distribuição desse recurso natural em escala global. São eles: o intenso crescimento populacional e o uso não racional da água pela população. Este conjunto de fatores monta o panorama da escassez hídrica global.

No Brasil, um grande exemplo de escassez hídrica pode ser observado na região Nordeste, onde já houveram vários registros de longa restrição hídrica, as chamadas secas. Segundo a EMBRAPA, as secas são definidas como longos períodos de deficiência em precipitação que resultam em escassez hídrica com repercussões negativas significativas nos ecossistemas e nas atividades socioeconômicas. Ainda segundo a EMBRAPA, região nordeste sofre historicamente com eventos cíclicos de seca, os primeiros registros são datados do final do século XVI e se estendem até os dias atuais.

Para mudar esse cenário faz-se necessário o uso de políticas sustentáveis e de medidas que fomentem o uso racional da água. Uma forma bastante eficaz de amortizar a pressão sobre os mananciais, responsáveis por abastecer a demanda hídrica gerada, é o uso de fontes alternativas de água. Entre as fontes alternativas, existe a água proveniente da condensação em aparelhos condicionadores de ar, que se destaca pelo alto potencial de aproveitamento, uma vez que já se costuma construir estruturas para drená-la nas edificações, porém na maior parte das vezes esse efluente é descartado diretamente nos sistemas de esgoto e/ou de águas pluviais, sem aproveitamento para uso em outras atividades. Salienta-se que o uso desses aparelhos é bastante comum em regiões de clima predominantemente quente, como no caso do Brasil.

1.2 Justificativa

Em 2010 foi sancionada a Lei Estadual Nº 9.130, que estabelece o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações Públicas da Paraíba, retratando, no Art. 2º, a importância do uso racional, do reaproveitamento e da utilização de fontes alternativas para a captação de água, assim como fomentar a conscientização dos usuários. Além das tecnolo-

gias para o reaproveitamento e uso racional de água previstas na Lei citada, no art. 8º diz-se que poderá ser adotado outras tecnologias, desde que sejam possíveis o controle e a redução do consumo da água, em condições iguais ou superiores àquelas. No ano de 2015 foi promulgada a Lei Estadual da Paraíba Nº 10.559, que estimula práticas de uso racional da água e instiga o uso de fontes alternativas, como por exemplo o reuso de águas, visto a escassez hídrica ocorrida no decorrer dos últimos anos no estado.

Baseado na problemática da escassez hídrica, juntamente com o fomento das leis pertinentes ao assunto de reuso da água e ao amplo uso dos aparelhos condicionadores de ar no Brasil, devido às suas altas temperaturas, principalmente nas regiões mais próximas à linha do Equador, garantem relevância ao presente estudo, o qual buscou quantificar e analisar os fatores que influenciam na vazão da água condensada gerada a partir do funcionamento de condicionadores de ar. Sendo o efluente gerado por tais aparelhos considerado como uma fonte alternativa de água para usos não potáveis, estudar a relação de determinados fatores na sua vazão pode ser de considerável importância para a realização de análises de viabilidade mais ágeis e precisas, contribuindo para a utilização dessa fonte alternativa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos gerais

O objetivo geral deste trabalho é fomentar o uso da fonte alternativa de água estudada, quantificar e analisar os principais fatores que influenciam na variação da vazão da água proveniente da condensação em aparelhos de ar condicionado para delinear modelos de estimação dessa vazão em ambientes edificadas, facilitando a sua análise de viabilidade.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar os efeitos da umidade do ar na vazão gerada pelos condicionadores de ar;
- b) Avaliar os efeitos da potência térmica dos aparelhos (BTU/h) na vazão gerada pelos condicionadores de ar;
- c) Realizar a regressão linear dos dados coletados, tendo a vazão como variável dependente, a umidade do ar e a potência em BTU/h como variáveis independentes para determinar um modelo equacional para obtenção da vazão.

1.4 Estruturação do trabalho

Esse trabalho é dividido em 5 (cinco) capítulos. Inicialmente, neste capítulo 1, realizou-se uma breve análise do uso racional da água e do uso de fontes alternativas, expondo sua importância para o meio ambiente, através de dados referenciados. Ainda, apresentou-se a problemática desse tema, justificando sua relevância de estudo. Além disso, foram apresentados os objetivos deste trabalho.

O capítulo 2 constitui a fundamentação teórica, em que é abordada a história do uso de fontes alternativas de água no mundo e sua realidade no Brasil. Descreve-se o funcionamento dos aparelhos condicionadores de ar e são apresentadas definições e características que devem ser consideradas na metodologia deste trabalho.

O capítulo 3 descreve o modo como a pesquisa foi pensada conduzida. Contém uma breve descrição climatológica do local onde o estudo foi desenvolvido e por fim, detalha os materiais utilizados, os locais de coleta de vazões e os aparelhos condicionadores de ar estudados.

O capítulo 4 expõe os resultados e as discussões obtidas a partir da metodologia aplicada e justificada no capítulo anterior.

Finalmente, no capítulo 5, apresentam-se as considerações finais em relação ao tema abordado, com base na fundamentação teórica realizada no capítulo 2, na metodologia utilizada no capítulo 3 e nos experimentos elaborados no capítulo 4.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

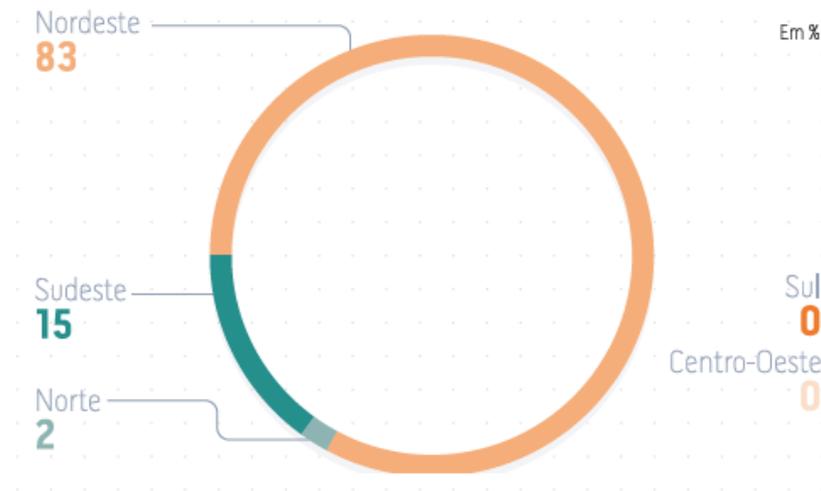
2.1 Escassez Hídrica

A água é uma substância de extrema importância para o funcionamento da vida na Terra, sendo sua distribuição 97,5% em água salgada e 2,5% água doce. Da parcela de água doce, apenas 0,3% está em corpos hídricos (lagos e rios); 0,7% em reservatórios subterrâneos não muito profundos; 30% em águas subterrâneas e a maior parcela, 69%, se encontra em geleiras e neves eternas (REICHARDT, 2016).

Atualmente, a população mundial cresce em média 0,9% ao ano, e alcançará 9,7 bilhões de pessoas em 2050 (IEA,2018). Tal crescimento resulta no aumento da demanda dos recursos hídricos, que por serem finitos, podem gerar uma crise de abastecimento em escala global, impondo um racionamento de água permanente à sociedade. Segundo a ANA (2017), o racionamento ou a falta de água causa grandes prejuízos à população e gera entraves ao crescimento econômico, através de impactos na produção industrial, no comércio, na produção agropecuária e no cotidiano das pessoas. O racionamento ainda favorece a deterioração da qualidade da água dos mananciais de abastecimento e da saúde dos indivíduos.

O Brasil detém aproximadamente 12% das águas doces disponíveis na Terra, contudo, o crescimento populacional, desenvolvimento da agricultura e indústria causam estresse hídrico e desequilíbrio entre a disponibilidade e demanda necessária de água (ABC, 2014). Junto a estes fatos, a disposição dos recursos hídricos não é igualitária entre as regiões brasileiras, destacando a escassez hídrica no Nordeste, em especial a parcela semiárida (ANA, 2017). Na Paraíba a situação é delicada quando se trata de recurso hídricos. O volume total, dos 126 açudes monitorados pela AESA destinados ao abastecimento público e outras atividades, é de 3.783.915.864 m³, contudo o volume do mês de setembro do presente ano (2018) é de 825.166.229 m³, ou seja, aproximadamente 22% da capacidade total (AESAs, 2018). Tal situação pode ser explicada pela variação no regime de chuvas. Segundo a ANA (2017) os padrões de distribuição das chuvas variam naturalmente, porém, nos últimos anos têm sido observados eventos extremos de seu excesso ou escassez que podem ser indícios de mudanças climáticas e alterações nos padrões da precipitação no Brasil. Estiagens, secas, enxurradas e inundações representam cerca de 84% dos desastres naturais ocorridos no Brasil de 1991 a 2012. Pode-se perceber, de acordo com as informações do gráfico 1, como a região Nordeste é afetada pela a escassez de água, às restrições pluviométricas causadas devido às secas e estiagens.

Gráfico 1- Fenômenos de restrição pluviométrica no Brasil de 2013 a 2016



Fonte: ANA, 2017.

De acordo com (REICHARDT, 2016), a poluição dos corpos hídricos, também afeta a oferta de água, visto que diminui a qualidade dos corpos hídricos, acarretando a necessidade de tratamentos mais sofisticados para o consumo humano. Sendo assim, além de prejudicar o meio ambiente como um todo, a poluição também gera um aumento nos custos de tratamento e abastecimento de água.

Logo, a escassez hídrica é ocasionada pelo aumento da demanda de água frente à diminuição da sua oferta e é aguçada pelo uso não-racional da água, pelos eventos climatológicos de estiagem, desmatamento e falta de investimento em obras hídricas. Esta problemática gera diversas complicações de cunho ambiental, social e econômico, tais como: deterioração dos ecossistemas; prejuízo na produção industrial, comercial e agropecuária; favorecimento da circulação de doenças por veiculação hídrica; racionamentos, atrelados ao uso de carro-pipa e adutoras de engate rápido, geradores de grandes gastos, seja para o setor público ou privado. Com as limitações de disponibilidade hídrica, a pressão sobre os mananciais torna-se cada dia maior, sendo necessário a busca por novos e mais distantes corpos hídricos para atendimento da crescente demanda, o que acarreta em infraestruturas mais complexas, que exigem maiores custos. A gestão de recursos hídricos eficiente, a contenção das perdas de água, juntamente com o incentivo ao uso racional são ações vistas como necessárias para tentar solucionar as questões do sistema de abastecimento (ANA, 2017).

2.2 Uso Racional da Água

Frente à problemática da escassez hídrica global, aponta-se como parte importante da sua solução o uso racional da água. Segundo Gonçalves (2006), o uso racional da água, baseia-se em três princípios básicos: minimização, separação e reutilização. A minimização faz referência a utilização de menor quantidade de água para a execução das mesmas atividades e serviços, seja através da otimização ou mudança dos processos, como pelo emprego de tecnologias e aparelhos economizadores. Bem como, a busca de fontes alternativas de água, como água da chuva e água de condensação em aparelhos de ar condicionado. Ainda, orienta o uso da água de melhor qualidade essencialmente para os fins nobres que exijam tais atributos. Já a separação, determina a segregação das águas que exijam diferentes graus de tratamento, como as que contém gordura, material fecal ou nutrientes variados. Possibilitando assim a sua destinação adequada, inclusive simplificando e diminuindo os custos do tratamento de cada uma delas. A reutilização entra com a ideia de empregar um efluente gerado por um determinado uso anterior, em uma nova utilização. Desde formas mais simples como o uso direto dos efluentes para outro fim, até o reuso desse efluente, após tratamento adequado a deixá-lo com os parâmetros de qualidade necessários para o novo uso. É importante hierarquizar ciclos de utilização da água, separando-os segundo a qualidade e quantidade exigidas em cada um deles, dessa forma é possível estabelecer procedimentos para tratar e dispor corretamente no próximo ciclo, apenas a água que não puder ser utilizada em um ciclo de grau superior de exigência.

2.3 Fontes Alternativas de Água

De acordo com Gonçalves (2006), o uso de fontes alternativas, em conjunto com estratégias do uso racional da água em edificações contribui efetivamente para a redução da pressão sobre os mananciais e alivia o tratamento da água para fins potáveis. É uma forma de amenizar os problemas de disponibilidade de água potável e diminuir a sua demanda. Dentre essas estratégias pode-se citar o aproveitamento de água pluvial, o reuso de águas cinzas e o aproveitamento das águas condensadas em aparelhos condicionadores de ar.

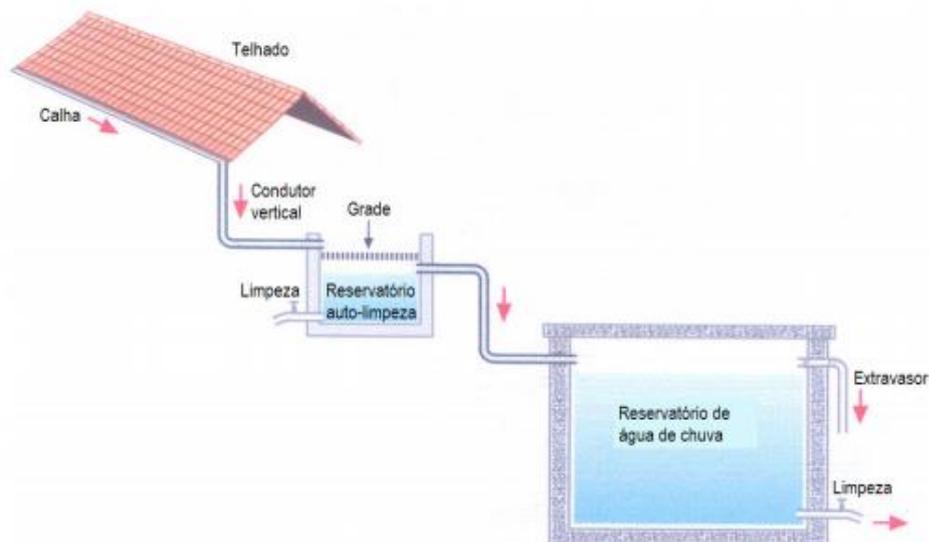
2.3.1 *Água de Chuva*

O aproveitamento de água pluvial é praticado desde o tempo das antigas civilizações, e nos dias vigentes é empregada no mundo todo. Essa técnica tem se difundido e se consolidado como uma das formas de mitigar os diversos problemas ambientais causados pelo aumento da demanda de água.

Segundo Tomaz (2003) a coleta de água da chuva foi adotada por várias civilizações como Astecas, Maias e Incas. Relata-se que um dos registros mais antigos do aproveitamento da água de chuva data de 850 a.C., referindo-se as inscrições na Pedra Moabita, no Oriente Médio, onde o rei Mesha sugere a construção de reservatórios de água de chuva em cada residência. Outra referência ainda é do palácio de Knossos, na Ilha de Creta, onde há aproximadamente 2000 a.C., a água da chuva era aproveitada na descarga em bacias sanitárias.

Recentemente no Brasil, a captação de água de chuva passou a fazer parte dos programas governamentais como forma de atenuar os efeitos da escassez hídrica. Entre eles destaca-se o programa um milhão de cisternas, que segundo o governo federal já construiu mais de 1,2 milhões de cisternas na região do semiárido brasileiro desde 2003. Segundo May (2004), nas regiões semiáridas brasileiras, a coleta de água da chuva tem se mostrado a opção mais indicada para disponibilizar água para o consumo humano, visto que cerca de 80% da área geográfica do subsolo dessas regiões apresenta formação cristalina, sem a presença de lençóis freáticos. Com o avanço das tecnologias acerca do uso das águas de chuva, seu uso vem aumentando cada dia mais, sendo utilizadas, em maioria, para usos não potáveis. A figura 1 mostra um esquema de aproveitamento de água da chuva, onde se destacam os elementos necessários para o uso dessa tecnologia.

Figura 1 - Esquema de utilização da água da chuva



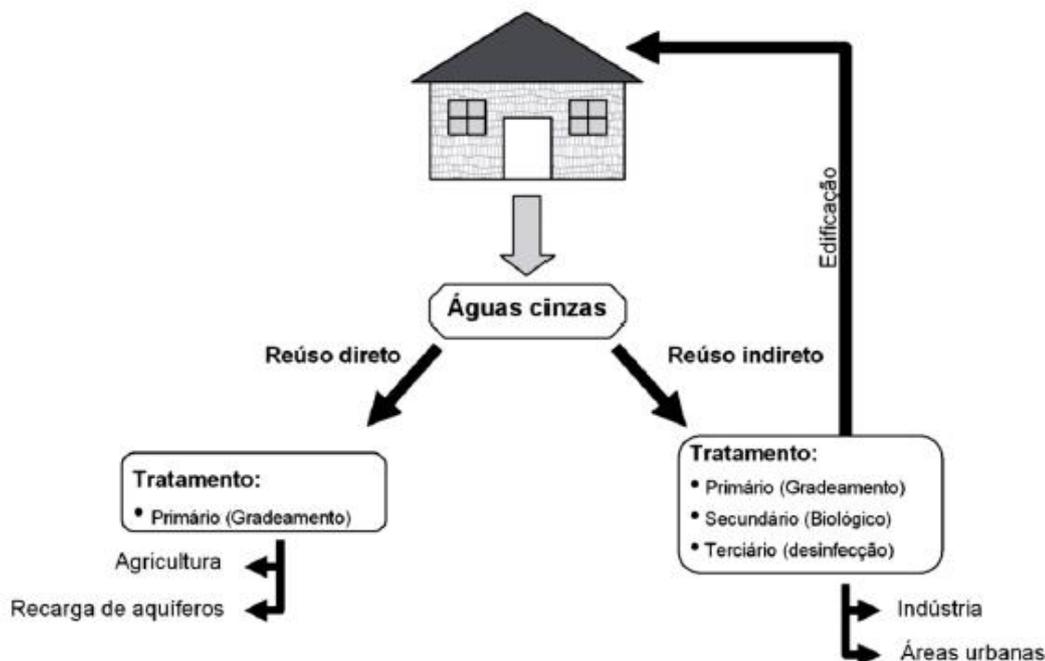
Fonte: May, 2004.

2.3.2 Águas Cinzas

A utilização das águas cinzas para usos com finalidades não potáveis é uma alternativa promissora, pois reutiliza parte da água consumida em outras atividades diminuindo uma nova demanda por água tratada, desta forma deve ser desenvolvida e incentivada. O uso dessa fonte alternativa consiste na reutilização, após tratamento adequado, das águas compostas por efluentes provenientes de banheiras, chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas.

A economia de água potável, de energia elétrica e menor produção de esgoto sanitário são consequências do reuso das águas cinzas. Transcorrendo para escala maior, este reuso mitiga a poluição em mananciais, pois reduzem o nível de esgoto lançado no corpo hídrico, assim como fomenta a prevenção do uso excessivo da água dos mesmos, visto que diminui o volume de água captada (GONÇALVES, 2006). A figura 2 mostra um esquema dos possíveis usos das águas cinzas para fins não potáveis, juntamente com o tipo de tratamento adequado para cada um deles.

Figura 2 - Esquema do uso de águas cinzas



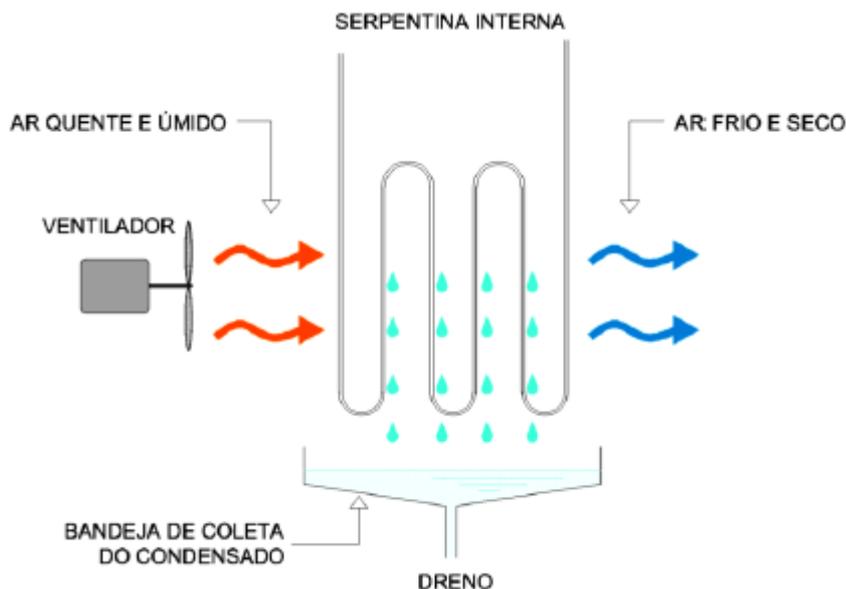
Fonte: Gonçalves, 2006.

2.3.3 Água oriunda da condensação em condicionadores de ar

Atualmente, é bastante comum o uso de aparelhos de ar condicionado para proporcionar conforto térmico, desde ambientes residenciais até comerciais. Porém, só recentemente as águas residuais provenientes do seu funcionamento vêm sendo utilizadas, para fins menos nobres. Contudo, a pressão econômica e sócio ambiental, gerada por leis e instruções normativas, que apontam para a redução do consumo de água potável, fez com que essa fonte alternativa de água seja cada vez mais viável, e conseqüentemente mais utilizada.

A água é gerada pelo processo de condensação que ocorre no interior dos aparelhos. Esse processo consiste basicamente na transformação do vapor de água quente em água líquida e ocorre quando o vapor, ao entrar em contato com uma superfície mais fria nas serpentinas do equipamento, muda do estado gasoso para o líquido, por meio da condensação. Segundo Nenganga (2014) a quantidade de água produzida pelo aparelho de ar-condicionado depende da marca, potência e condições climáticas (especificamente a umidade).

Figura 3 - Condensação da água no condicionador de ar



Fonte: Bastos, 2012 *apud* Rodrigues, 2018.

O aproveitamento da água proveniente da condensação em aparelhos de ar condicionado já vem sendo estudada e utilizada em vários locais do mundo, principalmente nas regiões mais áridas, que sofrem com a constante falta de água. Na universidade de Jean Peaget, localizada na cidade Viana – Angola, Nenganga (2014) quantificou o volume de água condensada que os aparelhos da instituição poderiam gerar, chegando à conclusão de que, durante o ano letivo poderia ser gerado 800.000 litros de água para usos menos nobres.

Em João Pessoa-PB, Rodrigues (2018), desenvolveu um estudo de caso no Órgão Ambiental da Paraíba - SUDEMA para analisar quali-quantitativamente esse efluente, bem como verificar a viabilidade do uso da água condensada em aparelhos condicionadores de ar. Ainda segundo Rodrigues (2018), os valores dos parâmetros analisados na água coletada se mantiveram satisfatórios em todos os padrões estabelecidos para a classe 3 do Manual de Reuso de Água em Edificações da ANA. Logo, pode-se constatar que a água oriunda dos aparelhos de ar condicionado é de boa qualidade para usos com fins não potáveis, como irrigação e lavagem de pisos. E a vazão mensal da água condensada obtida através dos aparelhos de ar condicionado da SUDEMA, mostrou que é possível a redução de 7,5% do consumo de água mensal, o que conseqüentemente também amortiza gastos financeiros.

Bastos (2012), baseado na metodologia *LEED for Schools (Leadership in Energy and Environmental Design)*, com adaptações regionais, buscou analisar a viabilidade técnica do aproveitamento da água gerada pelo sistema de ar-condicionado em um projeto de prédio destinado a funcionar como uma Instituição de Ensino Superior na cidade de Vitória, ES – Brasil. A análise do projeto visa com que toda a água condensada pelo sistema de ar condicionado do tipo multi-split (combina múltiplos pontos de refrigeração com apenas um ciclo de refrigeração) seja captada e armazenada em reservatório inferior e lançada através de bombas hidráulicas alimentadas por geradores fotovoltaicos até um reservatório superior próprio (separado do reservatório de água oriunda da concessionária) que abastecerá as descargas sanitárias de todos pavimentos da edificação, ilustrado na figura 4.

Figura 4 - Esquema de uso da água condensada em aparelhos condicionadores de ar



Fonte: Bastos, 2012 *apud* Rodrigues, 2018.

Segundo Rigotti (2014), água condensada a partir dos aparelhos de ar-condicionado, em sua grande maioria é descartada de forma ineficaz, vindo a causar proliferação de mosquitos, pequenas poças de água e gotejamento em passagens de pedestres, causando incômodos. Em alguns casos a água condensada é direcionada por drenos para o sistema de esgoto ou de águas pluviais, o que gera maior demanda para as infraestruturas de saneamento, aumenta a vazão nas estações de tratamento de esgoto e nos sistemas de águas pluviais. No Rio de Janeiro foi estabelecido pela Lei Municipal Nº 2.749 de 1999, no seu Art. 1º que o responsável pelos aparelhos condicionadores de ar devem captar a água condensada produzida, impedindo o gotejamento em via pública.

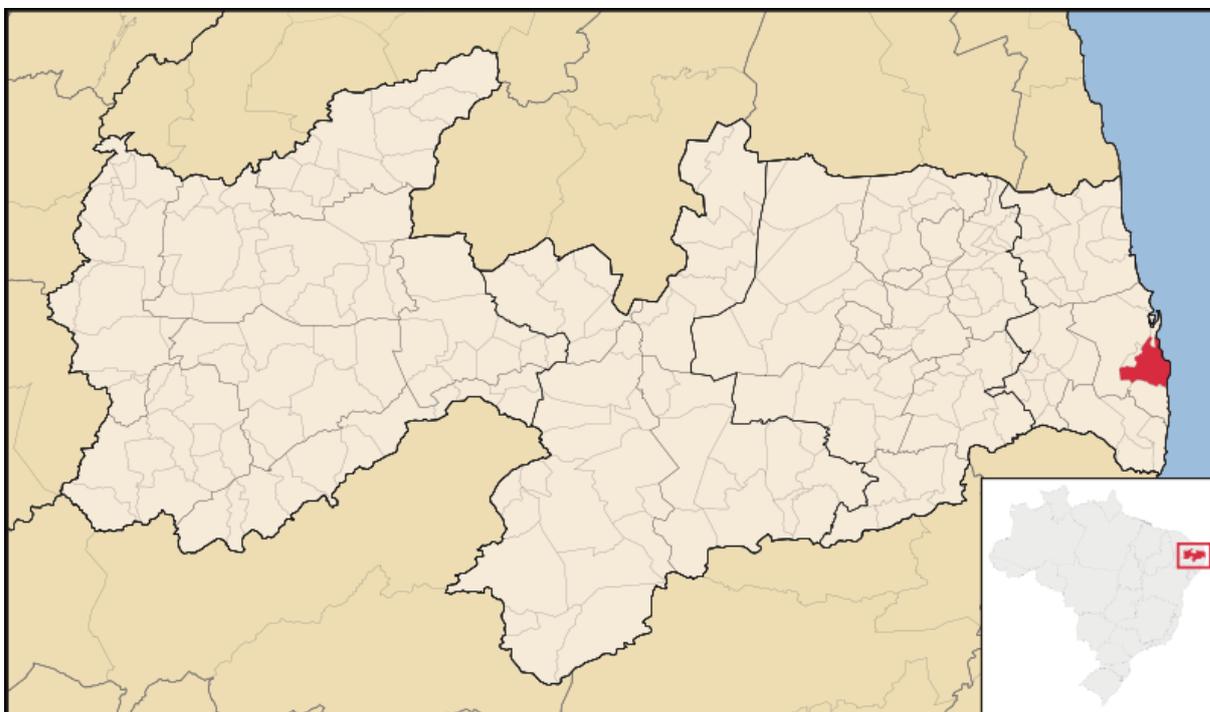
Por fim, pode-se concluir que o uso das águas residuais geradas por condensação em condicionadores de ar para uso não potável é viável. O uso desses aparelhos está cada dia mais difundido na sociedade e eles apresentam bom potencial para geração de volumes significativos de água, além de possuir uma água de boa qualidade para o uso não potável. Outro fator que favorece seu uso é que a estrutura responsável pela drenagem desses equipamentos já costuma ser instalada, então os custos para a implantação, na fase de construção, referentes às tubulações do sistema de aproveitamento, seria quase o mesmo caso se ele não fosse implantado.

3 METODOLOGIA

O trabalho se deu por meio da realização de consultas documentais e bibliográficas pertinentes ao tema, pesquisas de campo, coletas de dados e informações relevantes ao estudo e análise estatística dos dados coletados. Assim, a abordagem desta pesquisa foi predominantemente quantitativa, uma vez que buscou-se encontrar um modelo equacional que estime a vazão de água gerada pela condensação em aparelhos condicionadores de ar, por meio de parâmetros que exerçam influência nessa vazão.

3.1 Descrição climatológica da região de estudo

Figura 5 - Mapa da cidade de João Pessoa

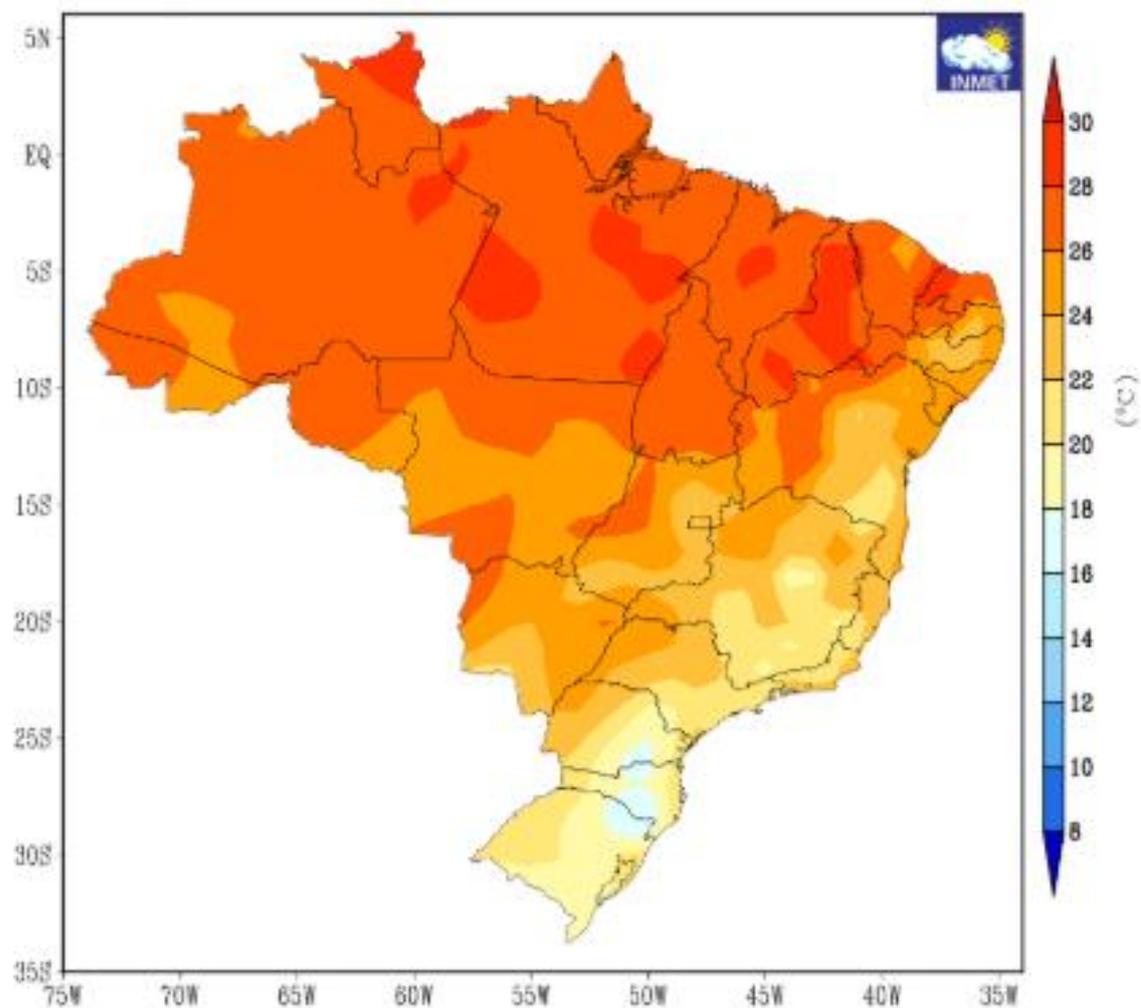


Fonte: *Google*, 2018

A região onde realizou-se o estudo foi na cidade de João Pessoa, Paraíba. Localizada no litoral do Nordeste, o município se enquadra, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geige, como tipo “Am”, que define um clima tropical úmido ou subúmido, caracterizado por apresentar a temperatura média do mês mais frio, sempre superior a 18°C, apresentando uma estação seca de pequena duração que é compensada pela elevada precipitação total acumulada (EMBRAPA,2018).

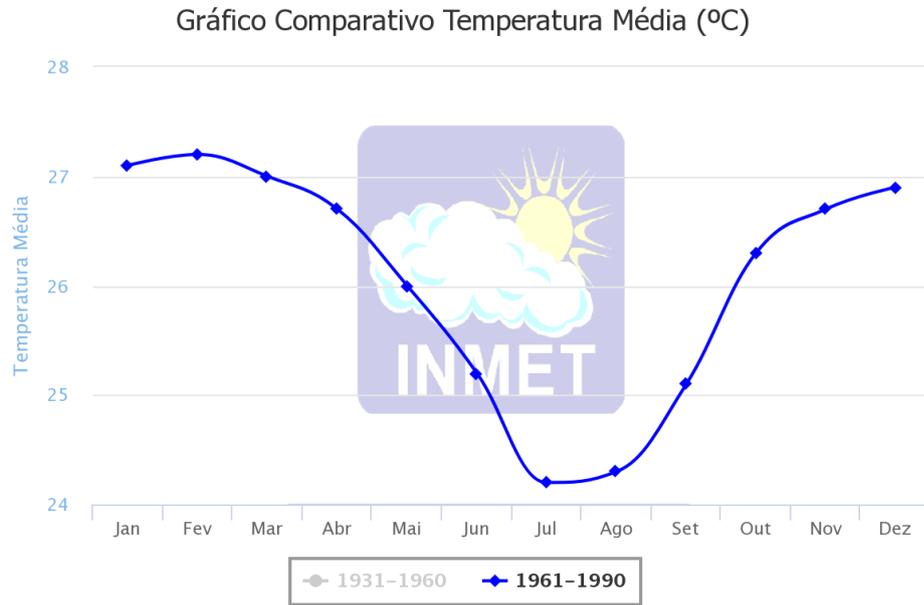
A cidade de João Pessoa apresenta temperaturas predominantemente elevadas, comparadas as temperaturas médias de outros locais do país, tendo as temperaturas mais baixas concentradas entre meses de junho e setembro e as temperaturas mais elevadas concentradas nos meses de dezembro a abril. Outra característica térmica marcante é a baixa variabilidade térmica, as informações anteriores são ilustradas nos gráficos 2, 3, e 4.

Gráfico 2 - Temperaturas médias observadas no Brasil



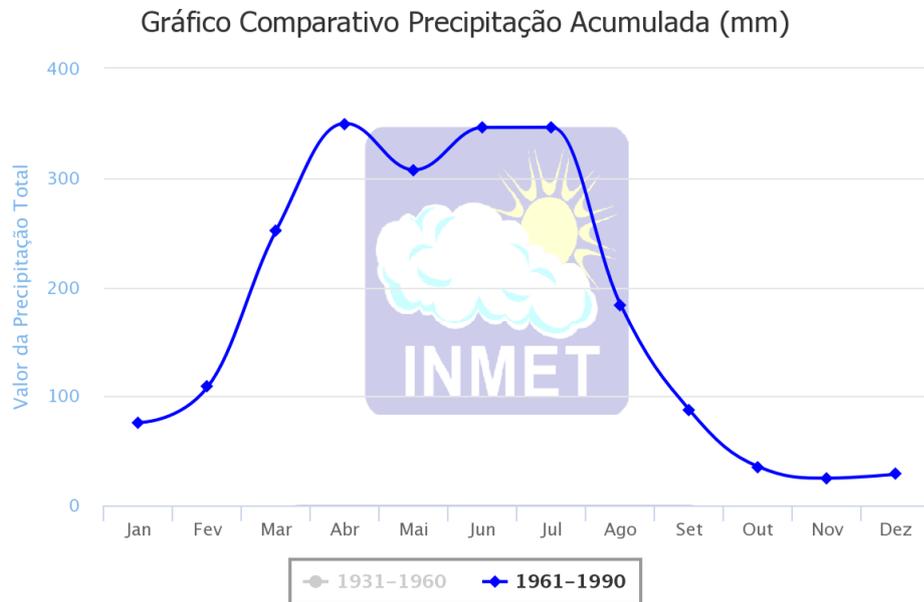
Fonte: INMET, 2018.

Gráfico 3 - Temperaturas médias mensais na cidade de João Pessoa



Fonte: INMET, 2018.

Gráfico 4 - Precipitação acumulada na cidade de João Pessoa



Fonte: INMET, 2018.

3.2 Parâmetros de estudados

Para o presente estudo, buscou-se analisar parâmetros que influenciasssem na vazão da água proveniente da condensação em aparelhos condicionadores de ar. Outra característica desejada era que esses fatores fossem informações mais abrangentes, que se apresentassem de forma mais acessível na etapa de estudo de viabilidade, menos sujeitos a variações devido a características específicas do local, no qual o sistema de aproveitamento será implantado. Os parâmetros escolhidos para o estudo foram a umidade relativa do ar e a potência dos aparelhos em BTU/h.

Umidade do ar, resumidamente, representa a quantidade de vapor de água contido na atmosfera. A umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de água existente no ar e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura. Ela é um dos indicadores usados na meteorologia para se saber como o tempo se comportará, pois, ao subirem para a atmosfera, as gotículas de água se concentram, formando nuvens, que ao se resfriar, a água contida se precipita, em forma de chuva (INMET, 2018). Então, considerou-se que esse fator teria influência considerável na vazão da água condensada pelo funcionamento dos aparelhos de ar condicionado, pois afeta diretamente a quantidade de água presente no ar que passará pelo processo de resfriamento nos aparelhos.

BTU é uma unidade calorífica britânica (*British Thermal Unit*), tradicionalmente utilizada para medir a capacidade de resfriamento de aparelhos condicionadores de ar, geralmente expressa em BTU/h. Como a fonte alternativa de água em estudo é o efluente gerado no processo de resfriamento do ar nesses aparelhos, e essa capacidade de resfriamento está diretamente ligada à sua potência em BTU/h, é razoável pressupor que a vazão do efluente gerado, tem relação significativa com a quantidade de BTU/h dos condicionadores de ar.

Assim, foram escolhidos aparelhos condicionadores de ar a serem estudados e realizaram-se várias coletas da água condensada, proveniente do funcionamento desses equipamentos, com o intuito de quantificar sua vazão e buscar relações com os parâmetros citados anteriormente.

3.3 Locais de coleta

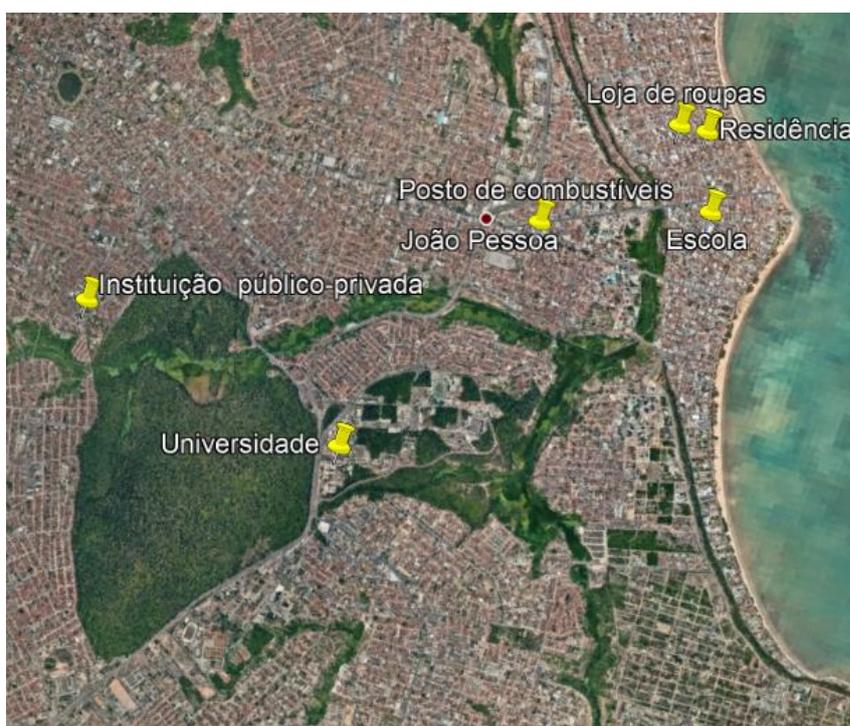
Foram coletadas amostras para medição de vazões das águas provenientes da condensação em aparelhos de ar condicionado em diversos locais da cidade de João Pessoa. Os ambientes apresentavam características diferentes entre si, foram estudados aparelhos condicionadores de ar utilizados em: escolas, estabelecimentos comerciais, residências, órgãos público-privados e universidades. Os locais de coleta seguem listados e referenciados a seguir.

Tabela 1 - Locais de coleta

| Local de coleta | Tipo do ambiente |
|---|----------------------|
| Instituição público-privada | Ambiente comercial |
| Escola de ensino fundamental e médio | Ambiente educacional |
| Loja de aluguel de roupas | Ambiente comercial |
| Posto de Combustíveis, salas comerciais | Ambiente comercial |
| Residência unifamiliar | Ambiente residencial |
| Universidade | Ambiente educacional |

Fonte: Autor, 2018

Figura 6 - Localização dos pontos de coleta no mapa de João Pessoa



Fonte: *Google Earth*, 2018.

3.4 Materiais utilizados

Para a realização do presente estudo foi necessário captar o efluente gerado pelo funcionamento dos equipamentos condicionadores de ar em diferentes locais. Todos os materiais que foram utilizados seguem listados a seguir.

Tabela 2 - Materiais utilizados

| Material | Quantidade |
|--------------------|------------|
| Garrafa PET | 9 |
| Proveta de 1 litro | 1 |

Fonte: Autor, 2018

3.4.1 Coletores de vazão

Os materiais escolhidos para realizar as coletas de vazão foram as garrafas PET. Elas foram coletadas e reutilizadas sem nenhum tipo de custo. Além de poderem se acoplar facilmente às tubulações responsáveis pela drenagem dos condicionadores de ar com a ajuda da fita crepe, também se adaptam às peculiaridades do acesso aos drenos dos equipamentos em cada local de coleta, devido aos diferentes tamanhos e formas em que as garrafas PET podem ser encontradas, sendo possível, ainda, a vedação com tampa para serem transportadas até o medidor de volume, após a realização da coleta.

Figura 7 - Garrafas PET utilizadas



Fonte: Autor, 2018

Figura 8 - Garrafas PET utilizadas



Fonte: Autor, 2018

3.4.2 Instrumento medidor de volume

O instrumento utilizado para a medição dos volumes coletados foi uma proveta graduada de 1000 ml com base sextavada, com precisão de ± 10 ml, como mostra a figura 9.

Figura 9 - Proveta utilizada na medição de volumes



Fonte: Autor, 2018

3.5 Coleta e organização de dados

Para realização da coleta foi necessário identificar os aparelhos condicionadores de ar de cada local e selecionar aqueles que apresentassem livre acesso às suas tubulações drenantes, sendo estas exclusivas de um único aparelho, sem comportar a descarga dos efluentes de outros equipamentos.

Após a seleção dos aparelhos aptos à coleta, buscou-se adaptar a fixação dos coletores de vazão para cada situação encontrada. Nas situações nas quais os drenos dos aparelhos se encontravam em posição vertical e eram constituídos por mangueiras ou tubulações mais finas do que o diâmetro das garrafas, apoiavam-se as garrafas em alguma superfície e introduziam-se os drenos dentro delas, utilizando a fita crepe para fixação, quando havia necessidade. As figuras 10 e 11 ilustram o cenário de coleta citado anteriormente, encontrados nas salas comerciais do Posto de Combustíveis. Porém, em alguns casos as tubulações drenantes se encontravam em posição horizontal, tinham diâmetros superiores ao da entrada das garrafas PET, ou não ofereciam espaço para o apoio dos coletores. Para essas situações foram cortadas as partes superiores das garrafas, de modo a possibilitar a captação por gotejamento, sem necessariamente estarem conectadas aos drenos. Em outras situações foi preciso serrar a tubulação de drenagem em uma altura adequada ao posicionamento do coletor. Após a realização das coletas, as tubulações cortadas foram emendadas e coladas com ajuda das luvas soldáveis de PVC e do adesivo plástico para PVC. As figuras 12 e 13 expõem exemplos do último cenário descrito.

Figura 10 - Cenário de coleta

Fonte: Autor, 2018

Figura 11 - Cenário de coleta



Fonte: Autor, 2018

Figura 12 - Cenário de coleta



Fonte: Autor, 2018

Figura 13 - Cenário de coleta



Fonte: Autor, 2018

Para realização dos estudos de campo, foram desenvolvidas fichas de coleta onde foram inseridas todas as informações pertinentes ao trabalho, como por exemplo, a potência do aparelho em BTU/h, a umidade relativa do ar da hora correspondente, o tempo de coleta, o volume coletado e a vazão em horária. A tabela 3 reproduz o modelo de ficha de coleta utilizado para esse trabalho.

Tabela 3 - Ficha de coleta modelo

| Local | | | | | | |
|------------------------|------|----------------------|------------|-------------------|-------------|-----|
| | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | | Aparelhos medidos | | Marca | | |
| Tipo | | Aparelhos existentes | | Potência (BTUS/h) | | |
| Uso diário (h) | | | | | | |
| Medições | | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|

Fonte: Autor, 2018

Na ficha modelo existem 3 grupos de informações principais, referentes ao local, ao ambiente e às medições. O campo “local” serve apenas para situar o leitor onde aquela coleta foi realizada, deve ser inserido o nome do local pesquisado, por exemplo Escola de ensino fundamental e médio, sala da tesouraria. No campo “ambiente” deverão ser inseridas as informações específicas do ambiente, como sua área aproximada, em metros quadrados, o tipo de utilização desse ambiente, nesse estudo classificados em comercial, educacional e residencial. A quantidade de condicionadores de ar presentes no ambiente, os equipamentos que terão suas vazões medidas, a marca desses aparelhos e a sua potência em BTU/h. Já o campo “medições” contém informações relativas às coletas feitas naquele ambiente, o dia em que foram realizadas, o volume captado, o tempo de coleta, a vazão obtida e um espaço para possíveis observações.

No momento de cada coleta era feita uma consulta sobre o valor da umidade relativa do ar na cidade de João Pessoa, na hora da coleta. Essa pesquisa é referenciada pela base de dados meteorológica do site *the weather channel*¹.

Todas as coletas foram feitas sem a presença de chuva, de modo a não alterar o volume coletado e não exercer influência na análise quantitativa da vazão. Buscou-se fazer cada coleta por um tempo mínimo em torno de 30 minutos, para cobrir possíveis oscilações de vazões em decorrência do funcionamento dos aparelhos condicionadores de ar. Após a conclusão da coleta, o líquido de cada coletor foi medido, utilizando como instrumento de medida a proveta de 1000 ml, a medição é ilustrada pela figura 14.

¹<https://weather.com/weather/hourbyhour/1/BRXX0128:1:BR>

Figura 14 - Exemplo de medição de volume

Fonte: Autor, 2018

3.6 Tratamento e análise dos dados coletados

Os dados adquiridos nas coletas das águas condensadas foram organizados em planilhas e foram gerados os gráficos que relacionam a vazão com a umidade, e a vazão com a potência em BTU/h, com base nos dados coletados.

Posteriormente, foi feita análise de regressão linear de múltiplas variáveis por meio do *software* IBM SPSS STATISTICS (*Trial Version*), na qual a vazão foi escolhida como variável dependente e as variáveis independentes foram a umidade relativa do ar e a potência dos aparelhos em BTU/h. Com base no coeficiente de correlação e no erro residual obtidos, foi determinado um coeficiente de majoração e minoração de vazão. Por meio desse processo obteve-se um modelo equacional que possibilita estimar a vazão da água condensada em condicionadores de ar, por meio da umidade relativa do ar e a potência em BTU/h do aparelho.

4 RESULTADOS

Este capítulo se destina a expor os dados coletados na fase de estudo de campo, após a realização de todas as coletas e o preenchimento das respectivas fichas de coleta. Expõe-se também todas as informações obtidas por meio da abordagem analítica desses dados, proposta nos objetivos do presente estudo.

4.1 Aparelhos condicionadores de ar

Foram estudadas as vazões da água condensada em 13 condicionadores de ar distintos, suas fichas de coletas estão expostas a seguir nas tabelas 4 a 16. Em cada ficha de coleta foram inseridas informações relacionadas a cada coleta específica, como o tamanho e o uso de cada ambiente, a potência e marca dos equipamentos, as datas de realização das coletas, a umidade do ar da hora de cada estudo de campo, os volumes coletados e o tempo em que foram coletados e foram calculadas as vazões horárias geradas, bem como foram feitas observações de possíveis ocorrências durante o estudo.

Tabela 4 - Ficha de coleta 1

| Local | | | | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------|------------|-------------------|--------------|---------------|
| Loja de aluguel de roupas | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | 85 | Aparelhos medidos | 1 x 12000 | Marca | Fabricante 1 | |
| Tipo | Comercial | Aparelhos existentes | 2 x 12000 | Potência (BTUS/h) | 12000 | |
| Uso diário (h) | 12 | | | | | |
| Medições | | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| 1 | 17/06/18 | 72% | 17,5 | 12 | 1,46 | Umidade média |
| 2 | 18/06/18 | 83% | 18 | 12 | 1,50 | Umidade média |

Fonte: Autor, 2018

Tabela 5 - Ficha de coleta 2

| Local | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|----------------------|------------|-------------------|--------------|----------|
| Posto de combustíveis, Loja 1 | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | 20 | Aparelhos medidos | 1 x 24000 | Marca | Fabricante 2 | |
| Tipo | Comercial | Aparelhos existentes | 1 x 24000 | Potência (BTUS/h) | 24000 | |
| Uso diário (h) | 10 | | | | | |
| Medições | | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| 1 | 06/08/18 | 80% | 0,87 | 0,50 | 1,74 | |
| 2 | 06/08/18 | 80% | 0,24 | 0,25 | 0,96 | Desligou |
| 3 | 07/08/18 | 63% | 0,78 | 0,50 | 1,56 | |
| 4 | 07/08/18 | 63% | 0,8 | 0,50 | 1,60 | |
| 5 | 23/08/18 | 62% | 0,88 | 0,63 | 1,39 | |
| 6 | 28/08/18 | 70% | 0,99 | 0,45 | 2,20 | |

Fonte: Autor, 2018

Tabela 6 - Ficha de coleta 3

| Local | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|----------------------|------------|-------------------|--------------|-----|
| Posto de combustíveis, Loja 2 | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | 20 | Aparelhos medidos | 1 x 18000 | Marca | Fabricante 1 | |
| Tipo | Comercial | Aparelhos existentes | 1 x 18000 | Potência (BTUS/h) | 18000 | |
| Uso diário (h) | 10 | | | | | |
| Medições | | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| 1 | 06/08/18 | 80% | 0,77 | 0,5 | 1,54 | |
| 2 | 06/08/18 | 80% | 0,73 | 0,5 | 1,46 | |
| 3 | 07/08/18 | 63% | 0,67 | 0,5 | 1,34 | |
| 4 | 07/08/18 | 63% | 0,66 | 0,5 | 1,32 | |
| 5 | 20/08/18 | 62% | 0,55 | 0,42 | 1,32 | |
| 6 | 23/08/18 | 62% | 0,64 | 0,63 | 1,01 | |
| 7 | 23/08/18 | 70% | 0,78 | 0,52 | 1,51 | |

Fonte: Autor, 2018

Tabela 7 - Ficha de coleta 4

| Local | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|----------------------|------------|-------------------|--------------|-----|
| Posto de combustíveis , Loja 3 | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | 20 | Aparelhos medidos | | Marca | Fabricante 3 | |
| Tipo | Comercial | Aparelhos existentes | | Potência (BTUS/h) | 12000 | |
| Uso diário (h) | 10 | | | | | |
| Medições | | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| 1 | 06/08/18 | 80% | 0,40 | 0,42 | 0,96 | |
| 2 | 06/08/18 | 80% | 0,52 | 0,5 | 1,04 | |

Fonte: Autor, 2018

Tabela 8 - Ficha de coleta 5

| Local | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|----------------------|------------|-------------------|--------------|-----|
| Posto de combustíveis , Loja 4 | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | 20 | Aparelhos medidos | 1 x 9000 | Marca | Fabricante 3 | |
| Tipo | Comercial | Aparelhos existentes | 1 x 9000 | Potência (BTUS/h) | 9000 | |
| Uso diário (h) | 10 | | | | | |
| Medições | | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| 1 | 07/08/18 | 63% | 0,53 | 0,89 | 0,60 | |
| 2 | 23/08/18 | 62% | 0,46 | 0,67 | 0,69 | |
| 3 | 28/08/18 | 70% | 0,36 | 0,48 | 0,74 | |

Fonte: Autor, 2018

Tabela 9 - Ficha de coleta 6

| Local | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|----------------------|------------|-------------------|--------------|-----------|
| Residência unifamiliar, quarto 1 | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | 13,25 | Aparelhos medidos | 1 x 9000 | Marca | Fabricante 4 | |
| Tipo | Residencial | Aparelhos existentes | 1 x 9000 | Potência (BTUS/h) | 9000 | |
| Uso diário (h) | 8 | | | | | |
| Medições | | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| 1 | 17/06/18 | 83% | 0,11 | 8 | 0,01 | Vazamento |
| 2 | 18/06/18 | 72% | 0,445 | 9 | 0,05 | Vazamento |
| 3 | 26/06/18 | 74% | 0,4 | 10 | 0,04 | Vazamento |

Fonte: Autor, 2018

Tabela 10 - Ficha de coleta 7

| Local | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|----------------------|------------|-------------------|--------------|-----|
| Residência unifamiliar, quarto 2 | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | 12 | Aparelhos medidos | 1 x 9000 | Marca | Fabricante 5 | |
| Tipo | Residencial | Aparelhos existentes | 1 x 9000 | Potência (BTUS/h) | 9000 | |
| Uso diário (h) | 8 | | | | | |
| Medições | | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| 1 | 23/08/18 | 79% | 1,60 | 1,25 | 1,28 | |
| 2 | 03/10/18 | 60% | 0,51 | 0,50 | 1,02 | |
| 3 | 03/10/18 | 61% | 0,59 | 0,50 | 1,18 | |
| 4 | 03/10/18 | 65% | 0,54 | 0,50 | 1,08 | |

Fonte: Autor, 2018

Tabela 11 - Ficha de coleta 8

| Local | | | | | | |
|--|-------------|----------------------|------------|-------------------|--------------|-----|
| Escola de ensino fundamental e médio, Tesouraria | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | 30 | Aparelhos medidos | 1 x 18000 | Marca | Fabricante 5 | |
| Tipo | Educacional | Aparelhos existentes | 1 x 18000 | Potência (BTUS/h) | 18000 | |
| Uso diário (h) | 12 | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| 1 | 01/08/18 | 68% | 0,37 | 0,20 | 1,85 | |
| 2 | 01/08/18 | 68% | 0,45 | 0,25 | 1,80 | |

Fonte: Autor, 2018

Tabela 12 - Ficha de coleta 9

| Local | | | | | | |
|--|-------------|----------------------|------------|-------------------|--------------|-----------|
| Escola de ensino fundamental e médio, Gestão Pessoal | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | 9 | Aparelhos medidos | 1 x 12000 | Marca | Fabricante 5 | |
| Tipo | Educacional | Aparelhos existentes | 1 x 12000 | Potência (BTUS/h) | 12000 | |
| Uso diário (h) | 10 | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| 1 | 01/08/18 | 68% | 0,1 | 0,23 | 0,43 | Vazamento |
| 2 | 01/08/18 | 68% | 0,26 | 0,25 | 1,04 | |

Fonte: Autor, 2018

Tabela 13 - Ficha de coleta 10

| Local | | | | | | |
|--|-------------|----------------------|------------|-------------------|--------------|-----|
| Escola de ensino fundamental e médio, Sala de aula 1 | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | 60 | Aparelhos medidos | 1 x 24000 | Marca | Fabricante 1 | |
| Tipo | Educacional | Aparelhos existentes | 1 x 24000 | Potência (BTUS/h) | 24000 | |
| Uso diário (h) | 10 | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| 1 | 01/08/18 | 68% | 0,69 | 0,63 | 1,09 | |
| 2 | 01/08/18 | 68% | 0,35 | 0,30 | 1,17 | |

Fonte: Autor, 2018

Tabela 14 - Ficha de coleta 11

| Local | | | | | | |
|---|-----------|----------------------|------------|-------------------|--------------|-----|
| Instituição público-privada, administrativo | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | 40 | Aparelhos medidos | 1 x 30000 | Marca | Fabricante 6 | |
| Tipo | Comercial | Aparelhos existentes | 1 x 30000 | Potência (BTUS/h) | 30000 | |
| Uso diário (h) | 10 | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| 1 | 14/08/18 | 70% | 1 | 0,25 | 4,00 | |
| 2 | 14/08/18 | 70% | 1,2 | 0,23 | 5,14 | |
| 3 | 14/08/18 | 70% | 1,11 | 0,28 | 3,92 | |
| 4 | 14/08/18 | 70% | 1,28 | 0,32 | 4,04 | |

Fonte: Autor, 2018

Tabela 15 - Ficha de coleta 12

| Local | | | | | | |
|--|-----------|----------------------|------------|-------------------|--------------|-----|
| Instituição público-privada, Diretoria | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | 25 | Aparelhos medidos | 1 x 30000 | Marca | Fabricante 1 | |
| Tipo | Comercial | Aparelhos existentes | 1 x 30000 | Potência (BTUS/h) | 30000 | |
| Uso diário (h) | 10 | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| 1 | 14/08/18 | 70% | 0,99 | 0,33 | 2,97 | |
| 2 | 14/08/18 | 70% | 1,14 | 0,37 | 3,11 | |
| 3 | 14/08/18 | 70% | 0,97 | 0,33 | 2,91 | |

Fonte: Autor, 2018

Tabela 16 - Ficha de coleta 13

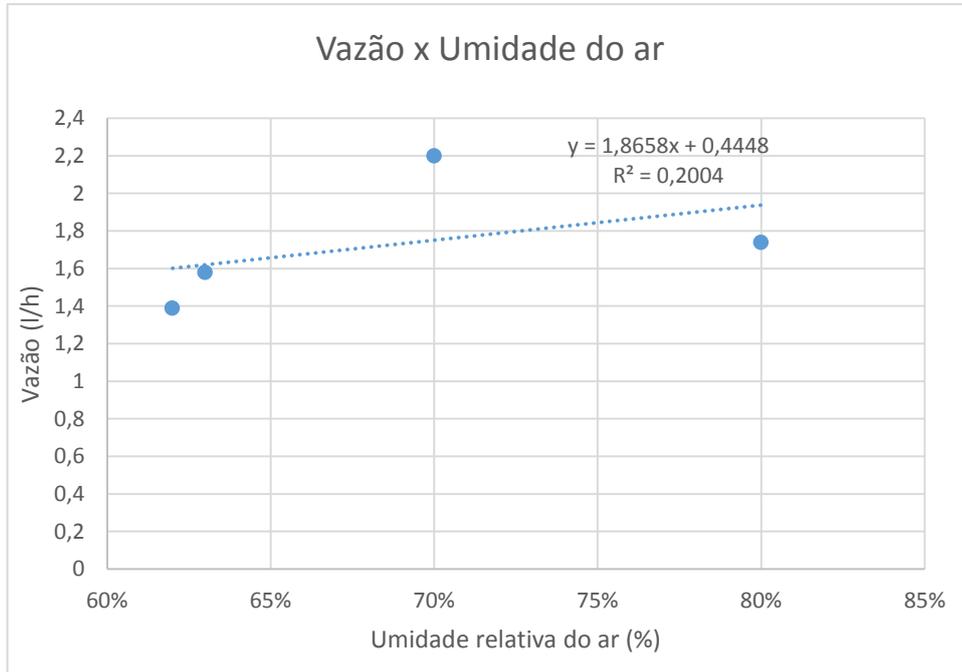
| Local | | | | | | |
|---------------------------------|-------------|----------------------|------------|-------------------|--------------|-----|
| Universidade, sala de professor | | | | | | |
| Ambiente | | | | | | |
| Área (m ²) | 20 | Aparelhos medidos | 1 x 18000 | Marca | Fabricante 1 | |
| Tipo | Educacional | Aparelhos existentes | 1 x 18000 | Potência (BTUS/h) | 18000 | |
| Uso diário (h) | 10 | | | | | |
| Nº | Data | Umidade | Volume (l) | Tempo (h) | Vazão (l/h) | OBS |
| 1 | 17/08/18 | 61% | 0,84 | 0,58 | 1,44 | |
| 2 | 17/08/18 | 61% | 1,10 | 0,80 | 1,38 | |
| 3 | 23/08/18 | 60% | 0,36 | 0,32 | 1,14 | |

Fonte: Autor, 2018

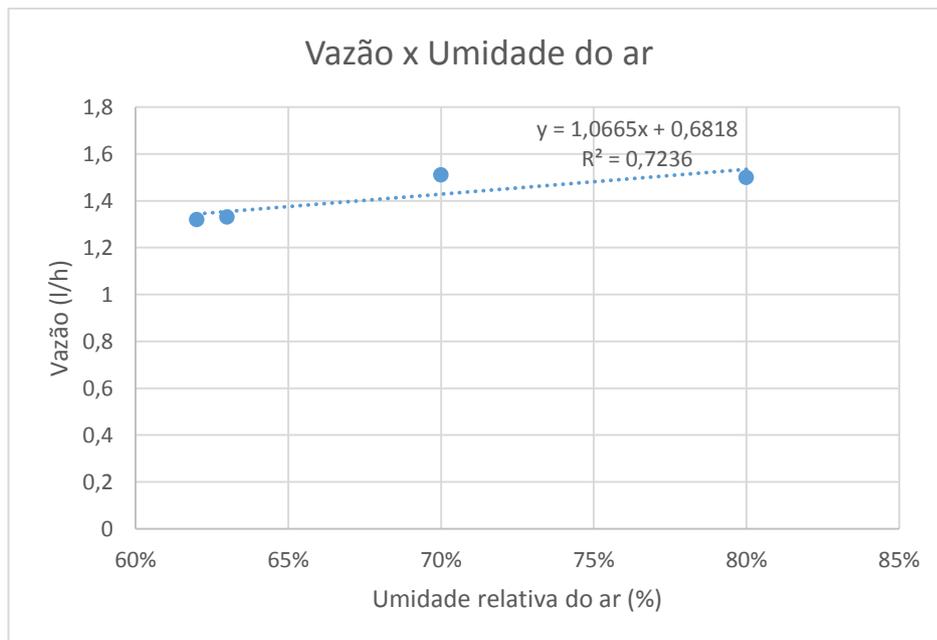
Nas medições da ficha de coleta 1 mostradas na Tabela 4, não puderam ser utilizados os valores da umidade relativa do ar da hora da coleta, devido ao logo período de tempo, então utilizou-se o valor médio diário da umidade relativa do ar, de cada dia respectivamente. Na ficha de coleta 2 (Tabela 5), os dados obtidos na coleta de número 2 foram descartados, pois o aparelho monitorado foi desligado durante a coleta. Em relação a Tabela 7, a sala comercial não usou os aparelhos condicionadores de ar nos dias de estudo posteriores, pois estava em processo de encerramento das suas atividades no local. Não foi possível obter mais dados do aparelho da ficha de coleta 4. Como apresentado na Tabela 9, o aparelho da ficha de coleta 6 apresentou vazões extremamente baixas comparados aos outros aparelhos e à referências estudadas, suspeitou-se de possível vazamento na tubulação drenante do aparelho, logo não houve aproveitamento dos dados coletados, sendo esses desconsiderados no estudo. Por fim, na tabela 12 os dados da coleta de número 1 foram descartados devido a vazamentos ocorridos.

4.2 Relação Vazão x Umidade

Para relacionar a vazão com a umidade do ar e analisar de que maneira ela é influenciada por esse fator, foram separadas as vazões de um mesmo aparelho condicionador de ar, colhidas em momentos com diferentes níveis de umidade relativa do ar. Assim, foram escolhidos somente os aparelhos com dados suficientes para essa análise, com pelo menos 3 valores de umidades distintos entre si. Os gráficos Vazão x Umidade obtidos são expostos a seguir no gráficos 5, 6, 7 e 8. A relações obtidas nos gráficos foram avaliadas conforme uma linha de tendência de padrão linear, obtendo-se uma equação e um valor de índice de correlação (R^2) para cada gráfico.

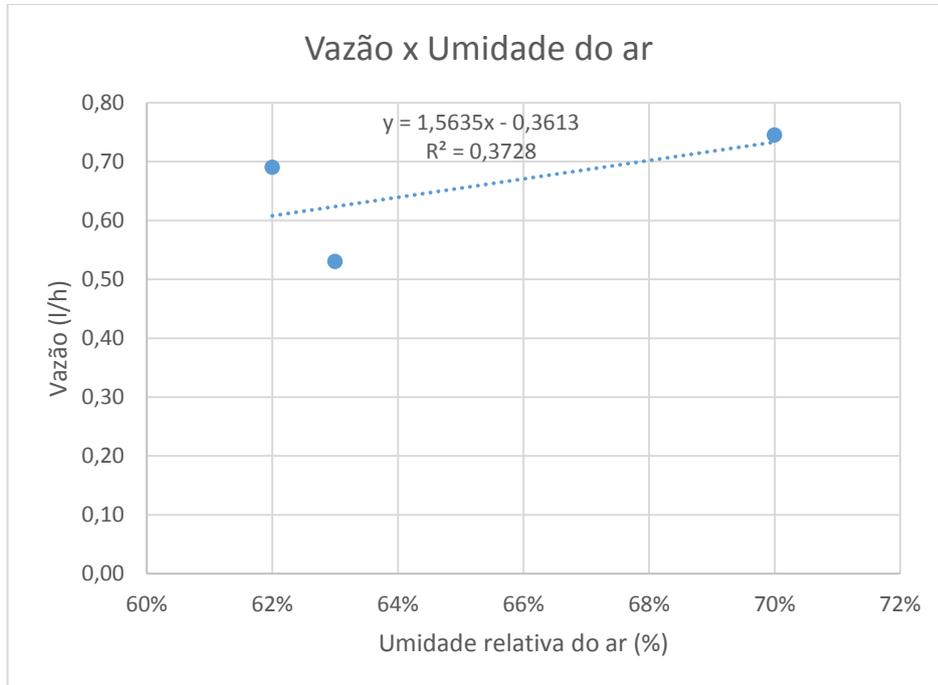
Gráfico 5 - Influência da umidade - Ficha de coleta 2 -24000 BTU/h

Fonte: Autor, 2018

Gráfico 6 - Influência da umidade - Ficha de coleta 3 - 18000 BTU/h

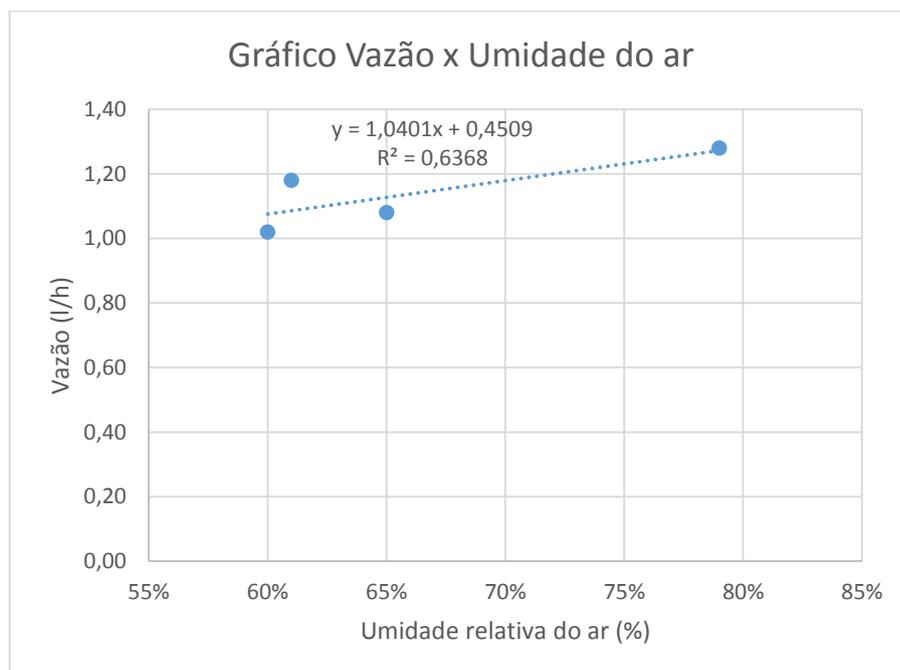
Fonte: Autor, 2018

Gráfico 7 - Influência da umidade - Ficha de coleta 5 - 9000 BTU/h



Fonte: Autor, 2018

Figura 15 - Influência da umidade - Ficha de coleta 7 - 9000 BTU/h



Fonte: Autor, 2018

Consegue-se observar por meio dos gráficos que em cada aparelho de ar condicionado, o aumento dos valores da umidade relativa do ar aponta para um aumento na vazão do efluente gerado por condensação nesses equipamentos, embora a intensidade dessa relação varie em cada equipamento como se percebe analisando a equação da linha de tendência linear de cada gráfico.

4.3 Relação Vazão x BTU/h

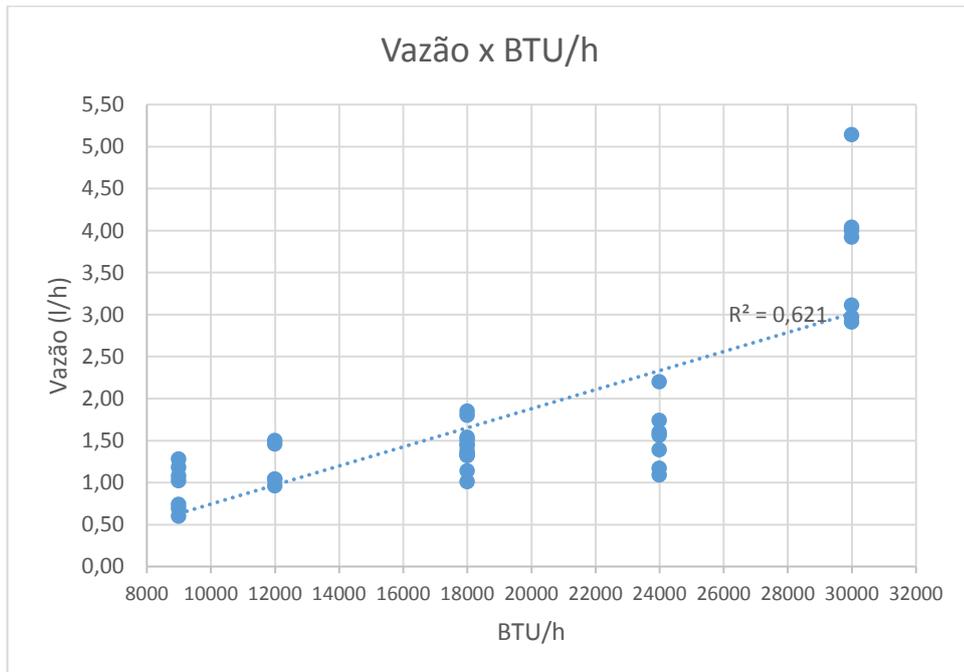
Para relacionar a vazão com a potência dos aparelhos e analisar de que maneira ela é influenciada por esse fator, foram organizadas 3 tabelas (Tabelas 17, 18 e 19) comparando a vazão obtida com a potência do aparelho condicionador de ar, e com base nelas foram gerados os gráficos 8, 9 e 10, que ilustram a interação dos respectivos dados. A primeira delas, a tabela 17, lista todas as vazões coletadas de todas as fichas de coleta e as respectivas potências em BTU/h dos aparelhos geradores.

Tabela 17 - Relação Vazão x BTU/h –Vazão de cada coleta

| Vazão(l/h) | Potência (BTU/h) | Vazão(l/h) | Potência (BTU/h) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0,60 | 9000 | 1,44 | 18000 |
| 0,69 | 9000 | 1,46 | 18000 |
| 0,74 | 9000 | 1,46 | 12000 |
| 0,96 | 12000 | 1,50 | 12000 |
| 1,01 | 18000 | 1,51 | 18000 |
| 1,02 | 9000 | 1,54 | 18000 |
| 1,04 | 12000 | 1,56 | 24000 |
| 1,04 | 12000 | 1,60 | 24000 |
| 1,08 | 9000 | 1,74 | 24000 |
| 1,09 | 24000 | 1,80 | 18000 |
| 1,14 | 18000 | 1,85 | 18000 |
| 1,17 | 24000 | 2,20 | 24000 |
| 1,18 | 9000 | 2,91 | 30000 |
| 1,28 | 9000 | 2,97 | 30000 |
| 1,32 | 18000 | 3,11 | 30000 |
| 1,32 | 18000 | 3,92 | 30000 |
| 1,34 | 18000 | 4,00 | 30000 |
| 1,38 | 18000 | 4,04 | 30000 |
| 1,39 | 24000 | 5,14 | 30000 |

Fonte: Autor, 2018

Gráfico 8 - Influência da potência - Vazão de cada coleta



Fonte: Autor, 2018

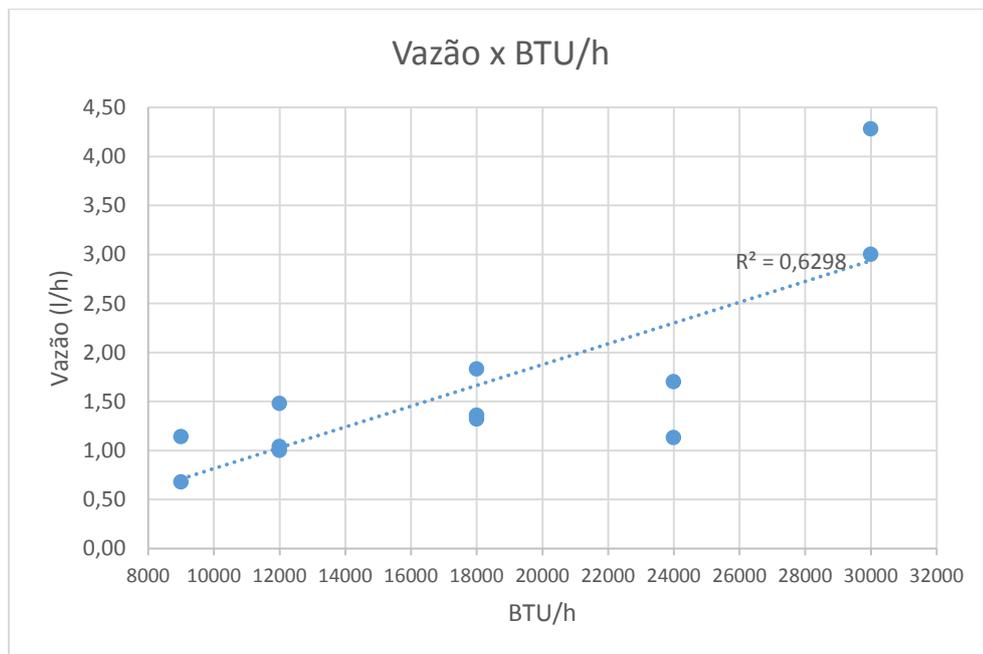
A segunda, tabela 18, relaciona as mesmas grandezas, porém a vazão utilizada é a média das vazões em cada ficha de coleta. Sendo assim, cada valor representa a vazão média um único aparelho, totalizando 13 valores de vazão, uma para cada ficha, que serão relacionadas com as respectivas potências em BTU/h dos aparelhos que as geraram.

Tabela 18 - Relação Vazão x BTU/h - Vazão média por aparelho

| Vazão(l/h) | Potência (BTU/h) |
|-------------|------------------|
| 0,68 | 9000 |
| 1,14 | 9000 |
| 1,00 | 12000 |
| 1,04 | 12000 |
| 1,48 | 12000 |
| 1,32 | 18000 |
| 1,36 | 18000 |
| 1,83 | 18000 |
| 1,13 | 24000 |
| 1,70 | 24000 |
| 3,00 | 30000 |
| 4,28 | 30000 |

Fonte: Autor, 2018

Gráfico 9- Influência da potência - Vazão média por aparelho



Fonte: Autor, 2018

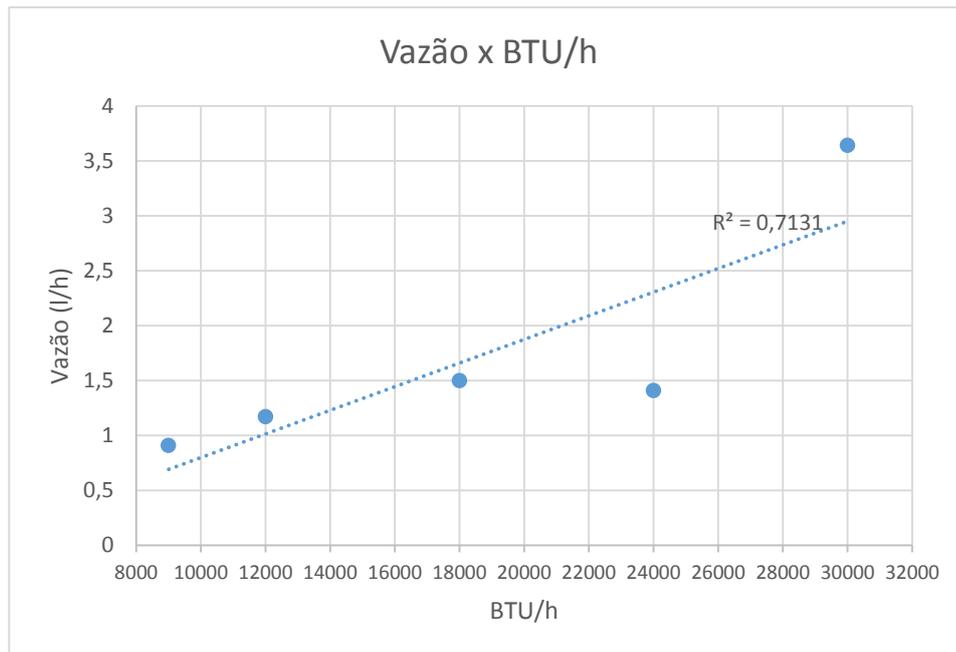
Por último, a tabela 19 também relaciona a vazão com a potência, porém utiliza uma única vazão horária para cada potência em BTU/h presente no estudo, totalizando 5 valores de vazão. Esses valores foram obtidos por meio da média aritmética dos valores médios de vazão dos aparelhos de mesma potência.

Tabela 19- Relação Vazão x BTU/h - Vazão média por BTU/h

| Vazão (l/h) | Potência (BTU/h) |
|--------------|------------------|
| 0,91 | 9000 |
| 1,17 | 12000 |
| 1,50 | 18000 |
| 1,41 | 24000 |
| 3,64 | 30000 |

Fonte: Autor, 2018

Gráfico 10- Influência da potência - Vazão média por BTU/h



Fonte: Autor, 2018

Pode-se observar por meio dos gráficos, que o aumento dos valores da potência dos aparelhos, em BTU/h, aponta de maneira geral, para um aumento na vazão do efluente gerado por condensação nesses equipamentos.

4.4 Obtenção da vazão por meio da umidade e BTU/h

Buscou-se, no presente estudo, obter um modelo que estimasse a vazão da água condensada em condicionadores de ar por meio da umidade do ar e da potência dos aparelhos. Inicialmente todos os dados referentes às grandezas citadas anteriormente, foram organizados em 3 grupos de amostras, os grupos continham dados de vazões horárias, potência em BTU/h e umidade relativa do ar, respectivamente como ilustrado na tabela 20. Posteriormente, foi feita uma regressão linear de múltiplas variáveis, tomando a vazão como variável dependente e a umidade e a potência como variáveis independentes. O processo resultou nos resultados expostos a seguir.

Tabela 20 - Dados para a regressão linear 1

| Vazão (l/h) | Potência (BTU/h) | Umidade (%) | Vazão (l/h) | Potência (BTU/h) | Umidade (%) |
|--------------|------------------|-------------|--------------|------------------|-------------|
| 0,60 | 9000 | 63% | 1,46 | 18000 | 80% |
| 0,69 | 9000 | 62% | 1,51 | 18000 | 70% |
| 0,74 | 9000 | 70% | 1,54 | 18000 | 80% |
| 1,02 | 9000 | 60% | 1,80 | 18000 | 68% |
| 1,08 | 9000 | 65% | 1,85 | 18000 | 68% |
| 1,18 | 9000 | 61% | 1,09 | 24000 | 68% |
| 1,28 | 9000 | 79% | 1,17 | 24000 | 68% |
| 0,96 | 12000 | 80% | 1,39 | 24000 | 62% |
| 1,04 | 12000 | 80% | 1,56 | 24000 | 63% |
| 1,04 | 12000 | 68% | 1,60 | 24000 | 63% |
| 1,46 | 12000 | 72% | 1,74 | 24000 | 80% |
| 1,50 | 12000 | 83% | 2,20 | 24000 | 70% |
| 1,01 | 18000 | 62% | 2,91 | 30000 | 70% |
| 1,14 | 18000 | 60% | 2,97 | 30000 | 70% |
| 1,32 | 18000 | 62% | 3,11 | 30000 | 70% |
| 1,32 | 18000 | 63% | 3,92 | 30000 | 70% |
| 1,34 | 18000 | 63% | 4,00 | 30000 | 70% |
| 1,38 | 18000 | 61% | 4,04 | 30000 | 70% |
| 1,44 | 18000 | 61% | 5,14 | 30000 | 70% |

Fonte: Autor, 2018

No cenário 1, foram utilizados todos os dados coletados no estudo na regressão, conforme a tabela 20. O resultado obtido foi o modelo equacional apresentado a seguir na equa-

ção 1. Onde Q é a vazão a ser obtida, em litros por hora (l/h), H é o valor da umidade relativa do ar em porcentagem (%), e P é a potência do equipamento (BTU/h).

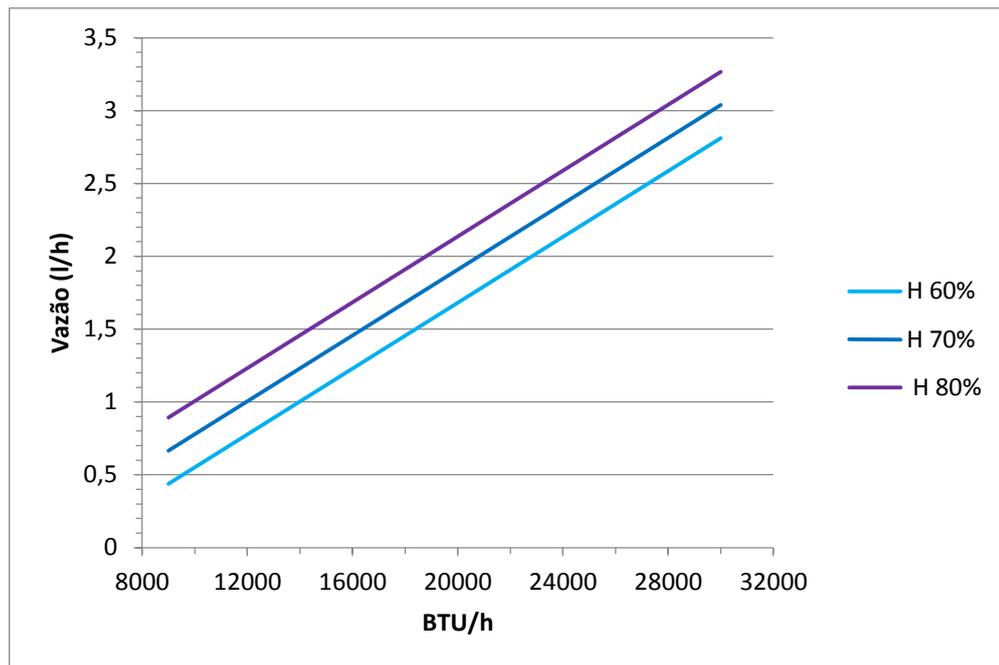
Equação 1 – Cenário 1

$$Q = P \cdot 1,130 \cdot 10^{-4} + H \cdot 2,275 \cdot 10^{-2} - 1,944$$

O modelo resultante apresentou um coeficiente de determinação, $R^2 = 0,642$, esse valor pode variar de 0 a 1, e indica o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. O valor absoluto médio do erro do modelo foi, $Erro_{médio} = 28,7\%$.

Foi possível gerar o gráfico 11, a partir da equação 1, onde os valores da umidade são fixados e plotados separadamente. De maneira a tornar mais prática a determinação da vazão a partir da potência do aparelho e da umidade do ar.

Gráfico 11 - Obtenção da vazão - umidades fixas - cenário 1



Fonte: Autor, 2018

Devido ao grande valor do erro presente no modelo do cenário 1, buscou-se analisar uma possível inconsistência nos dados utilizados para a regressão. Percebeu-se de acordo com o gráfico 9, que os valores de vazão obtidos a partir dos condicionadores de ar de 30000 BTUs/h se distanciavam de uma relação linear, em relação aos outros, então criou-se o cená-

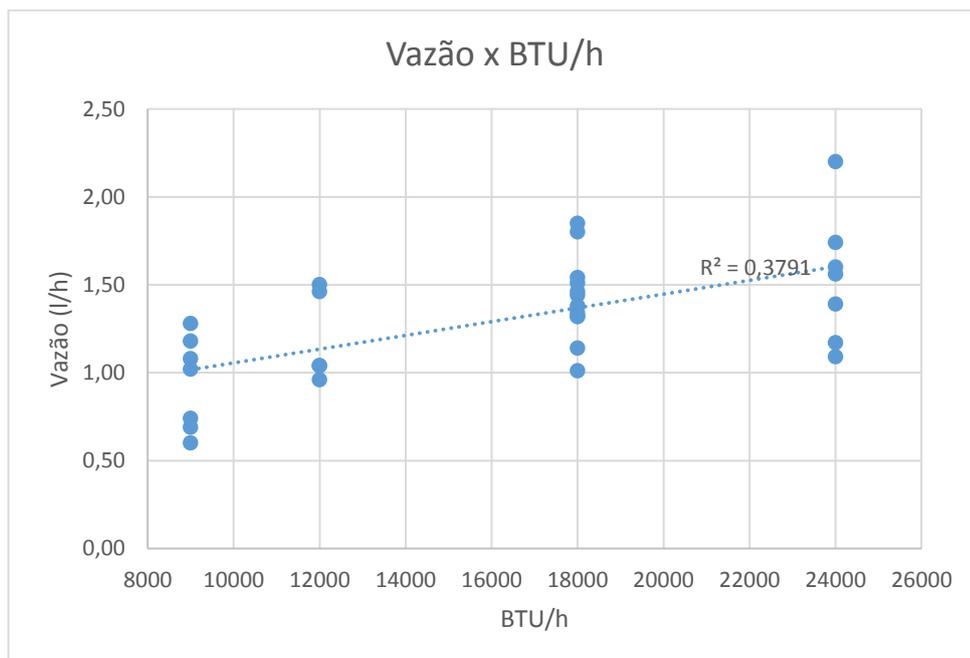
rio 2, desconsiderando as coletas de 30000 BTUs/h para a nova regressão linear, conforme a tabela 21 e o gráfico 12.

Tabela 21 - Dados para a regressão linear 2

| Vazão (l/h) | Potência (BTU/h) | Umidade (%) | Vazão (l/h) | Potência (BTU/h) | Umidade (%) |
|-------------|------------------|-------------|-------------|------------------|-------------|
| 0,60 | 9000 | 63% | 1,34 | 18000 | 63% |
| 0,69 | 9000 | 62% | 1,38 | 18000 | 61% |
| 0,74 | 9000 | 70% | 1,44 | 18000 | 61% |
| 1,02 | 9000 | 60% | 1,46 | 18000 | 80% |
| 1,08 | 9000 | 65% | 1,51 | 18000 | 70% |
| 1,18 | 9000 | 61% | 1,54 | 18000 | 80% |
| 1,28 | 9000 | 79% | 1,80 | 18000 | 68% |
| 0,96 | 12000 | 80% | 1,85 | 18000 | 68% |
| 1,04 | 12000 | 80% | 1,09 | 24000 | 68% |
| 1,04 | 12000 | 68% | 1,17 | 24000 | 68% |
| 1,46 | 12000 | 72% | 1,39 | 24000 | 62% |
| 1,50 | 12000 | 83% | 1,56 | 24000 | 63% |
| 1,01 | 18000 | 62% | 1,60 | 24000 | 63% |
| 1,14 | 18000 | 60% | 1,74 | 24000 | 80% |
| 1,32 | 18000 | 62% | 2,20 | 24000 | 70% |
| 1,32 | 18000 | 63% | | | |

Fonte: Autor, 2018

Gráfico 12 - Influência da potência - De 9000 a 24000 BTU/h



Fonte: Autor, 2018

Após a realização da segunda regressão, obteve-se o segundo modelo, segundo a equação 2.

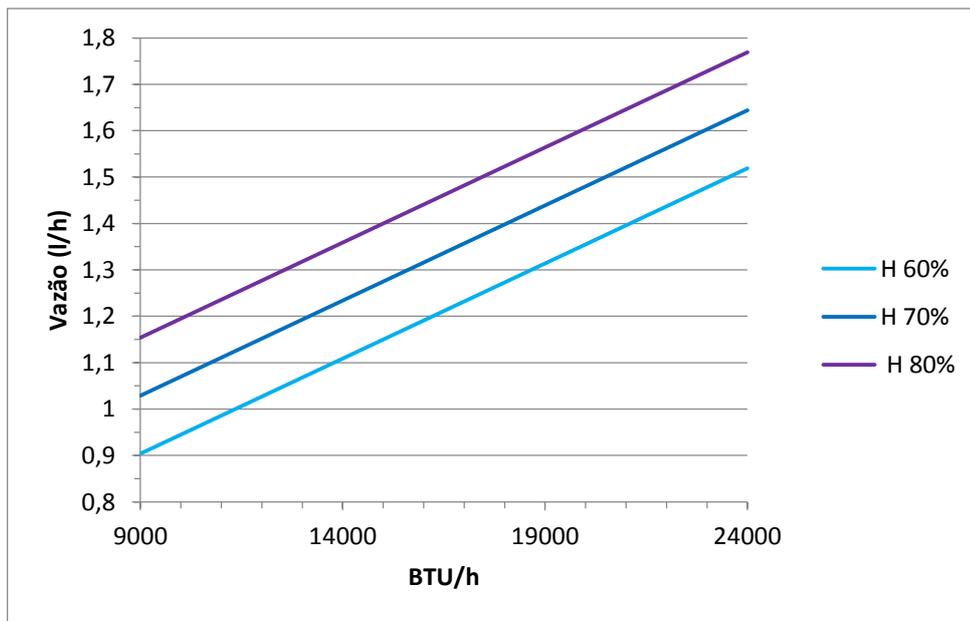
Equação 2 – Cenário 2

$$Q = P \cdot 4,10 \cdot 10^{-5} + H \cdot 1,25 \cdot 10^{-2} - 0,215$$

O novo modelo apresentou um coeficiente de determinação, $R^2 = 0,449$ e o valor absoluto médio de erro, $Erro_{médio} = 17,2\%$.

Foi possível gerar o gráfico 13, a partir da equação 2, onde os valores da umidade são fixados e plotados separadamente. De maneira a tornar mais prática a determinação da vazão a partir da potência do aparelho e da umidade do ar.

Gráfico 13 - Obtenção da vazão - umidades fixas - cenário 2



Fonte: Autor, 2018

Exemplificando o uso do gráfico 13 para a obtenção de um valor de vazão de água condensada de maneira mais prática, tomaremos um equipamento de 18000 BTU/h presente em uma região de umidade do ar média de 70%, entrando com o valor da potência no eixo horizontal, segue-se verticalmente até a curva do gráfico de 70% de umidade do ar, então rebate-se para o eixo vertical das vazões, obtém-se então para a situação exemplo uma vazão de água condensada produzida pelo condicionador de ar de 1,4 l/h.

4.5 Coeficientes de majoração e minoração da vazão para efeito de projeto e análise econômica

Objetivou-se que o modelo equacional pudesse ser utilizado em análises de viabilidade do uso da fonte alternativa de água estudada. Para tal, foi necessário atender a dois aspectos importantes da referida análise, a estimativa de economia de água e a estimativa de volume gerado para o dimensionamento do sistema hidráulico.

Teoricamente, em um cenário de condições ideais, esses dois quantitativos, na realidade seriam iguais, porém devido a imprecisões do modelo equacional e influência de fatores externos, os valores previstos pela equação podem divergir dos valores encontrados na realidade. Para amenizar o problema foram criados coeficientes de segurança para cada um dos casos, denominados coeficiente de majoração e coeficiente de minoração da vazão. Analisou-se o valor absoluto médio dos erros do modelo gerado pela segunda regressão linear, igual a 17,2% e buscou-se determinar os valores dos coeficientes de majoração e minoração da vazão, de modo que os últimos compensassem o valor do erro observado. Assim, os valores escolhidos para os coeficientes foram os mesmos e iguais a 1,20.

Entende-se que não há prejuízo gerado ao cliente, que solicitou a análise de viabilidade, se a economia de água for maior do que a prevista, em contrapartida haveria prejuízo caso a economia gerada fosse menor. Por isso, o coeficiente de minoração incide no valor de vazão obtido por meio do modelo, de forma a diminuí-lo. O novo valor, então, poderá ser utilizado para a previsão da economia de água gerada a partir do uso da referida fonte alternativa.

Quanto ao dimensionamento do sistema hidráulico, parte-se do princípio que se busca aproveitar todo o volume de água condensada gerado pelos condicionadores de ar. Logo, o sistema precisa ter certa capacidade de atender volumes pouco maiores do que os previstos, devido ao possível acontecimento de eventos que resultem no aumento de vazão, não previsto pelo modelo. Assim, o coeficiente de majoração incide no valor de vazão obtido por meio do modelo, de forma a aumenta-lo, com o intuito de conferir maior segurança ao sistema, no atendimento total do volume gerado.

Por exemplo, considerando que após a estimação da vazão de água condensada a partir da equação obteve-se um valor de 1,5 l/s. Utilizando os coeficientes, multiplicando e dividin-

do o valor obtido por 1,2 teríamos os valores de 1,80 e 1,25 l/s, utilizados respectivamente para o dimensionamento do sistema hidráulico na previsão de economia de água.

4.6 Considerações finais

O uso de fontes alternativas, como as águas oriundas da condensação em condicionadores de ar, é de grande valia para o combate a escassez hídrica. Pois, favorecem a redução do uso da água tratada para fins não potáveis e menos nobres. O efluente gerado pelos sistemas condicionadores de ar é comumente desprezado e, na maioria das vezes é descartado de forma incorreta, podendo causar desde a proliferação de pragas urbanas, quanto a sobrecarga dos sistemas de saneamento e danos às edificações.

Para as variações nas relações entre os parâmetros e para os fatores limitantes encontrados no modelo atribuiu-se, como provável causa, vazamentos na coleta, imprecisão na medição. Bem como, a influência de outros fatores não levados em conta pelo estudo, como a área dos ambientes, vedação térmica, número de pessoas e equipamentos eletrônicos presentes, a idade e a manutenção dos aparelhos. O presente trabalho buscou estimular o uso dessa fonte alternativa de água e contribuir com suas informações para futuros estudos na área.

5 CONCLUSÃO

O uso de fontes alternativas, como as águas oriundas da condensação em condicionadores de ar, é de grande valia para o combate a escassez hídrica. Pois, favorecem a redução do uso da água tratada para fins não potáveis e menos nobres. O efluente gerado pelos sistemas condicionadores de ar é comumente desprezado e, na maioria das vezes é descartado de forma incorreta, podendo causar desde a proliferação de pragas urbanas, quanto a sobrecarga dos sistemas de saneamento e danos às edificações.

As vazões de água de condensação em aparelhos condicionadores de ar encontradas neste trabalho variaram de 0,6 a 5,14 L/h (único aparelho). Em ambientes edificados que possuam mais de um aparelho deste tipo, o somatório das vazões pode ser representativo em relação ao consumo predial e portanto, contribuir para com o uso racional da água. De acordo com a análise quantitativa da vazão, baseada nos dados coletados, constatou-se que os parâmetros umidade relativa do ar e potência do equipamento influenciam diretamente na quantidade de efluente gerado. Percebeu-se que, de forma geral, o aumento de cada fator, isoladamente, resultou no aumento da vazão. Entretanto, houve variação na intensidade da influência desses fatores em cada caso, havendo até algumas situações nas quais a relação não era linear.

Ainda, obteve-se por meio de regressão linear, uma equação que estima um valor de vazão horária com base em valores fornecidos de umidade relativa do ar e potência em BTU/h. Observou-se que o modelo atendeu, de forma satisfatória, aos objetivos definidos para o trabalho. Porém, o modelo não representou perfeitamente os valores obtidos na realidade, apresentando um coeficiente de determinação de 44,9%.

Dessa forma, fez-se notável o grande potencial de utilização dos efluentes provenientes da condensação em sistemas de climatização, devido à sua considerável vazão e a demanda existente por água, para uso não potável. Consequentemente, torna relevantes os estudos que fomentem seu uso.

Para as variações nas relações entre os parâmetros e para os fatores limitantes encontrados no modelo atribuiu-se, como provável causa, vazamentos na coleta, imprecisão na medição. Bem como, a influência de outros fatores não levados em conta pelo estudo, como a área dos ambientes, vedação térmica, número de pessoas e equipamentos eletrônicos presentes, a idade e a manutenção dos aparelhos.

REFERÊNCIAS

ABC - ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro.** Rio de Janeiro: Fundação Conrado Wessel, 2014

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Últimos volumes informados dos açudes.** Paraíba, 2018. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/ultimos-volumes/> Acesso em: 22 de setembro de 2018.

ANA - AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017.**

BASTOS, C. S. Arquitetura institucional de ensino superior. Ações sustentáveis projetais baseadas nas categorias do Leed Schools NC - v3. Tese. Vitória, ES. 2012.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. **Clima.** Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm> Acesso em: 26 de setembro de 2018.

BRASIL, Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF: 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm Acesso em: 25 de setembro de 2018.

BRASIL, Lei Nº 11.445, de 2005 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm Acesso em: 25 de setembro de 2018.

GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). PROSAB. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água.** Vitória, ES. 2009.

GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações.** Rio de Janeiro: ABES, 2006.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *The future of cooling.* IEA/OECD, 2018.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br> Acesso em: 26 de setembro de 2018.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F.; **Reuso de Água**. Barueri, SP: Manole, 2003

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação de mestrado - USP. São Paulo, SP. 2004.

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

PARAÍBA, LEI Nº 9.130, DE 27 DE MAIO DE 2010. Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações Públicas da Paraíba, conforme especifica e adota outras providências.

PARAÍBA, Lei Nº 10.559, de 18 de novembro de 2015. Dispõe sobre a Instituição da Campanha Permanente de Mobilização Estadual contra o Desperdício de Água no Estado da Paraíba e dá outras providências.

REICHARDT, K. **Água e sustentabilidade no sistema solo-planta-atmosfera**. Barueri, SP. Manole, 2016.

RIGOTTI, P. A. C. **Projeto De Aproveitamento De Água Condensada De Sistema De Condicionadores De Ar**. Trabalho de conclusão de curso - Engenharia Mecânica - UNIJUÍ. Panambi, RS. 2014.

RODRIGUES, J. O. N. **Análise quali-quantitativa da água condensada oriunda de aparelhos de ar-condicionados: avaliação da viabilidade do reuso no órgão ambiental da paraíba - SUDEMA**. Trabalho de conclusão de curso - Engenharia Ambiental - UFPB. João Pessoa, PB. 2018.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo, SP: Navegar, 2003.