



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FLAVIANE GONÇALVES RAMOS

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
ORIUNDA DE AR-CONDICIONADO: Estudo de caso para o Centro Acadêmico
do Agreste**

Caruaru

2018

FLAVIANE GONÇALVES RAMOS

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
ORIUNDA DE AR-CONDICIONADO: Estudo de caso para o Centro Acadêmico
do Agreste**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Orientador: Prof.^o. Dr. Artur Paiva Coutinho.

Caruaru

2018

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

R175a Ramos, Flaviane Gonçalves.

Avaliação do potencial de aproveitamento de água oriunda de ar-condicionado: estudo de caso para o Centro Acadêmico do Agreste. / Flaviane Gonçalves Ramos. – 2018.

45 f. il. : 30 cm.

Orientador: Artur Paiva Coutinho.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, 2018.

Inclui Referências.

1. Sustentabilidade. 2. Água - reutilização. 3. Reuso. 4. Desenvolvimento sustentável. I. Coutinho, Artur Paiva (Orientador). II. Título.

CDD 620 (23. ed.)

UFPE (CAA 2018-437)

FLAVIANE GONÇALVES RAMOS

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA ORIUNDA
DE AR-CONDICIONADO: Estudo de caso para o Centro Acadêmico Do Agreste**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Aprovado em: 21/12/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Artur Paiva Coutinho (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Ms. Larissa Fernandes Costa (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Ms. Thiago Campos Vasconcelos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Ms. Ialy Rayane de Aguiar Costa (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Ms. Lucas Ravellys Pyrrho de Alcântara (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Faltam-me palavras pra expressar toda a minha gratidão a Deus por estar concluindo esta etapa acadêmica que será a primeira de mais algumas que ainda virão, se depender de minha vontade. Sou grata ao universo por ter posto pessoas tão maravilhosas em meu caminho que foram base e força quando mais precisei.

Não consigo expressar o tamanho da minha gratidão por Gleyce Nair de Andrade, minha parceira de pesquisa, que me ajudou a montar este trabalho além de contribuir na coleta de dados. Sou muito feliz por ter sido presenteada com a sua amizade ao longo desta pesquisa. Sua dedicação foi essencial para a conclusão deste trabalho. Agradeço também a Alanna Maria de Nascimento Bezerra por toda a ajuda laboratorial e por ter separado seu tempo entre me ajudar e realizar suas atividades do mestrado.

Sem o apoio e força dos meus familiares em todos os momentos de fraqueza, sem dúvida eu não teria chegado tão longe. Minha mãe, guerreira desde sempre, obrigada por ter me dado de herança sua garra e por me estimular sempre a seguir em frente e superar todos os obstáculos. Meu irmão, o que sou hoje é reflexo de quem você é. Meu espelho, meu irmão, meu amigo, meu conselheiro, minha base. Obrigada por todos os sermões, conselhos e por tanto querer-me bem.

Agradeço imensamente aos meus amigos, que se tornaram irmãos e uma segunda família ao longo deste curso e desta árdua jornada, por todo apoio, pelos momentos de descontração, por cada sorriso arrancado de mim em momentos turvos e por todo carinho e consideração. Tenho muita sorte de tê-los comigo. Que estejamos sempre juntos, do começo ao fim, seja qual for o caminho que resolvermos trilhar.

Agradeço também ao meu professor orientador Artur Paiva Coutinho por ter me apresentado com este tema, por ter acreditado no meu potencial e por não ter medido esforços em ajudar-me no que foi necessário e essencial.

A professora Ana Cecília Vieira da Nóbrega agradeço os conselhos, a positividade, as dicas e por ter sido sempre solícita em momentos de dúvida. Você iluminou o caminho incontáveis vezes. Graças a isso superei a mim mesma e fui muito mais além do que imaginava. Muito obrigada pela inspiração.

Gostaria de deixar meus agradecimentos a todos os professores e funcionários da UFPE-CAA que passaram por minha vida nesta trajetória e contribuíram de forma edificante para que hoje eu possa, com orgulho, dizer que estou concluindo meu curso e serei engenheira.

Meu pai costumava dizer que um ser humano pode se considerar morto quando para de sonhar. Isto é só o começo da realização dos meus sonhos. Grandes batalhas estão por vir, mas sou movida justamente por este sentimento de desafio. E por uma imensa gratidão à vida. Muito obrigada a todos.

RESUMO

Alguns locais do mundo têm passado por ciclos agressivos de secas devido a impactos antrópicos e fatores naturais. A região nordeste do Brasil comumente sofre com períodos de seca, mas em anos recentes fomos testemunhas de grandes reservatórios colapsarem e chegarem ao seu volume morto em diversas regiões do país, desencadeando racionamentos no abastecimento de água. Devido a fatos como este, inúmeras pesquisas buscam implementar formas alternativas e sustentáveis de obtenção de água. O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma fonte alternativa em potencial e até então pouco explorada: Água proveniente da condensadora de aparelhos de ar-condicionado. Dois blocos da UFPE-Caruaru foram analisados em diferentes dias para a avaliação do potencial hídrico dos aparelhos. Foram realizados testes quali-quantitativos nas amostras para análise de vazão e dos principais parâmetros de potabilidade, sendo consultadas, por exemplo, a Portaria Nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde, portaria que define parâmetros de potabilidade para consumo de água. Esta norma foi consultada como norteadora para utilização da fonte hídrica do estudo com destino não-potável. Ainda não existem leis específicas para reutilização de água de qualquer fonte no território brasileiro. Os resultados quantitativos indicam carga hídrica suficiente para que seja utilizada em atividades de manutenção do campus. E os testes qualitativos indicaram que a fonte pode ser utilizada para os fins desejados.

Palavras chave: Reuso. Condensadora. Sustentabilidade. Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

Some places in the world have gone through aggressive cycles of drought due to anthropic impacts and natural factors. The northeastern region of Brazil commonly suffers from periods of drought, but in recent years we have witnessed large reservoirs collapsing and reaching their dead volume in several regions of the country, triggering rationing in water supply. Due to facts like this, countless researches seek to implement alternative and sustainable ways of obtaining water. The present work has the objective of presenting an alternative source in potential and until then little explored: Water coming from the condenser of air-conditioning. Two buildings of the UFPE-Caruaru were analyzed in different days to get an idea of the water potential of the devices. Qualitative and quantitative tests were carried out in the samples for flow analysis and the main potability parameters, from example, the Portaria N° 2914 de 2011 do Ministério da Saúde, that defines potability parameters for human consumption of water. That norm has been consulted as guide for use of the water source for non-drinking uses. There are still no specific laws in Brazil country to reuse water from any source. Quantitative results indicate sufficient water load to be used in campus maintenance activities. And the qualitative tests indicate that the water source can be used for the desired purposes.

Key words: Reuse. Condenser. Sustainability. Sustainable development.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|-------------|---|----|
| Figura 1 – | Demanda Global de 2020 a 2050 | 17 |
| Figura 2 – | Destino aleatório de água da unidade condensadora | 19 |
| Quadro 1 – | Uso previsto e parâmetros que devem ser analisados para as Águas de Reuso | 22 |
| Figura 3 – | Esquema do Mapa da UFPE – CAA | 24 |
| Figura 4 – | Blocos da BIB e EAE | 25 |
| Figura 5 – | Organograma com os passos adotados para a realização do trabalho | 26 |
| Figura 6 – | Distribuição das Condensadoras do bloco da biblioteca | 27 |
| Figura 7 – | Tubulação de Coleta da Condensadora Número 1 | 27 |
| Figura 8 – | Condensadora do Ponto de Coleta | 28 |
| Figura 9 – | Especificações da Condensadora do bloco da BIB | 28 |
| Figura 10 – | Tubulação de drenagem das condensadoras do EAE | 29 |
| Figura 11 – | Condensadora Utilizada no EAE | 29 |
| Figura 12 – | Ponto de Coleta das Amostras no EAE | 29 |
| Figura 13 – | Especificações da Condensadora do Bloco EAE | 29 |
| Figura 14 – | Recipiente plástico utilizado na coleta | 30 |
| Tabela 1 – | Resultados Obtidos para Metais Pesados | 31 |
| Tabela 2 – | Dados Coletados do Bloco da Biblioteca | 36 |
| Tabela 3 – | Dados Coletados do EAE | 37 |
| Figura 15 – | Gráfico de Vazão x Tempo do bloco da BIB | 38 |
| Figura 16 – | Gráfico de Vazão x Tempo do EAE com outlier | 39 |
| Figura 17 – | Gráfico de Vazão x Tempo do EAE sem outlier | 40 |
| Figura 18 – | Boxplot da Vazão x Tempo e Resultados Estatísticos | 41 |
| Tabela 4 – | Resultados Obtidos e Comparativo | 42 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ADASA | AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL |
| BIB | BIBLIOTECA AGRESTE ARIANO SUASSUNA |
| CAA | CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE |
| CNRH | CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS |
| EAE | ESPAÇO DE APOIO ESTUDANTIL |
| ETE | ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO. LEA: LABORATÓRIO DE ENGENHARIA AMBIENTAL |
| MS | MINISTÉRIO DA SAÚDE |
| ONU | ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS |
| SAACAA | SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA CONDENSADA DE APARELHOS DE AR-CONDICIONADO |
| UFPE | UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO |
| UnB | UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA |
| WWDR | WORLD WATER DEVELOPMENT REPORT ¹ |

¹ Relatório de Desenvolvimento Mundial da Água.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | JUSTIFICATIVA | 13 |
| 3 | MOTIVAÇÃO | 13 |
| 4 | OBJETIVOS | 14 |
| 4.1 | Objetivo Geral | 14 |
| 4.2 | Objetivos Específicos | 14 |
| 5 | REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 5.1 | Reuso e Potabilidade | 14 |
| 5.2 | Desenvolvimento Sustentável | 16 |
| 5.3 | Aparelho de Ar-Condicionado | 18 |
| 5.4 | Água da Unidade Condensadora do Ar-Condicionado | 19 |
| 5.5 | Normas Referentes a Potabilidade e Reuso | 21 |
| 6 | METODOLOGIA | 23 |
| 6.1 | Unidades Condensadoras | 26 |
| 6.2 | Recipientes para Teste de Qualidade e Quantidade | 30 |
| 6.3 | Teste de Qualidade | 30 |
| 7 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 31 |
| 8 | CONCLUSÕES | 42 |
| 9 | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 42 |
| | REFERÊNCIAS | 44 |

1 INTRODUÇÃO

Uma das diretrizes principais das Metas de Desenvolvimento do Milênio está relacionada com o desenvolvimento sustentável e preservação do meio ambiente, permitindo a continuidade do progresso e economia das sociedades. As principais atividades econômicas exercidas pelo ser humano estão ligadas, de alguma forma, ao uso da água. Com o crescimento populacional e expansão dessas atividades econômicas, torna-se imprescindível que haja gestão dos recursos hídricos disponíveis para atender a demanda.

Atualmente, a escassez de água não é atributo apenas de regiões áridas e semiáridas. Estamos passando por ciclos de extrema seca e extrema cheia cada vez mais acentuadas e demoradas, devido aos impactos ambientais devido a ações antrópicas. Por causa do aumento da demanda e diminuição da disponibilidade de água, seja por motivo de perdas no sistema de abastecimento, por questões naturais, climáticas, pelo impacto causado pela poluição ou até mesmo por desperdício no consumo, tem-se difundido a ideia de otimização no gerenciamento da água e reuso da mesma, quando possível.

A água para consumo humano deve passar por processos específicos de tratamento para que atenda os padrões de potabilidade designados pela Portaria N° 2914 de 2011 do Ministério da Saúde. A água de reuso destina-se, à princípio, para atividades menos nobres que o consumo direto da água. A questão principal é quais as fontes disponíveis para se captar águas com padrões satisfatórios e confiáveis de qualidade, que sirvam para o reuso. Já há estudos encaminhados pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA) junto a Universidade de Brasília (UnB), por exemplo, a respeito de águas cinzas, que são águas residuais de uso não-industrial, que se enquadram em uma das fontes disponíveis para reuso. O presente trabalho traz mais uma opção ligada ao reuso, tratando da viabilidade de utilização da água condensada de aparelhos de ar-condicionado, podendo ser classificada como água reciclável.

Devido as variações de temperatura em todo globo terrestre, em regiões tropicais e subtropicais, principalmente, difundiu-se o uso de aparelhos de refrigeração do ar, vistos mais frequentemente em regiões urbanizadas, que sentem o maior impacto das variações de temperatura devido ao fenômeno chamado ilha de calor, que é caracterizado como aumento de temperatura devido à, por exemplo, falta de vegetação e ao asfalto que cobre as ruas. Com

isso, é possível observar o aparelho de ar-condicionado como tecnologia presente no dia-a-dia das residências e edifícios comerciais de pequenos e grandes centros urbanos.

“Os institutos de ensino e pesquisa têm papel importante na proposição de soluções e no exemplo para sociedade” (DANTAS DE SOUSA, MENDES DE OLIVEIRA e DE OLIVEIRA COELHO, 2016, p.1). Em concordância com o que foi acentuado, neste trabalho será explorada a viabilidade da utilização dessa água proveniente da condensadora dos aparelhos, de acordo com dados quantitativos e qualitativos, visando a sustentabilidade, economia e melhor gerenciamento desse recurso natural tão essencial e cada vez mais escasso, explorando essa nova fonte em potencial com larga utilização para o resfriamento de ambientes, aplicando a blocos específicos da Universidade Federal de Pernambuco - Centro Acadêmico do Agreste (UFPE-CAA).

2 JUSTIFICATIVA

Devido a ocorrência de secas extremas em diversas regiões do planeta, com períodos longos de estiagem, temperaturas cada vez mais elevadas que, em consequência, ocasionam em índices de evaporação maiores, observou-se uma diminuição de volume em rios, lagos, reservatórios e barragens. Apesar desta observação, não se pode deixar de abastecer a população, pois isso prejudicaria o dia-a-dia dos usuários e outros setores econômicos de pequeno porte que precisam do recurso hídrico para manterem o bom funcionamento dos seus serviços. Além disso, pode-se observar os impactos na geração de energia, por exemplo, com a diminuição do volume de certos rios.

Diante dessas situações torna-se imprescindível o uso de alternativas para suprir a demanda de água, levando em consideração economia e eficiência.

O uso de águas de ar-condicionado vem como uma alternativa de suprir a demanda de água, visando atender os fins não potáveis para a mesma, com a vantagem de gerar economia, pois não há exigências nacionais, por exemplo, quanto ao pagamento pelo uso das águas de reuso à concessionária de águas das regiões. Além disso, é uma forma de preservação do recurso hídrico, pois essa água com potencial de reutilização dá lugar a água que antes seria demandada do sistema de abastecimento convencional.

Buscando a economia dos usuários e a preservação do meio ambiente, o presente trabalho apresenta uma alternativa econômica do uso de água para a população de centros urbanos e preservação dos recursos hídricos que não estão sendo recarregados por causa da seca cada vez mais acentuada.

3 MOTIVAÇÃO

Visando suprir uma certa demanda de água para fins não potáveis, o trabalho que se segue tem como intuito apresentar uma alternativa de fonte de água utilizável, levando em consideração a economia dos usuários e melhor aproveitamento da água através da utilização de um potencial hídrico até agora considerado irrelevante, primeiramente analisando parâmetros quali-quantitativos da água da condensadora.

4 OBJETIVOS

A seguir estão elencados os objetivos gerais e específicos do trabalho realizado.

4.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade da implantação do projeto de aproveitamento de água de ar-condicionado no campus Centro Acadêmico do Agreste da UFPE.

4.2 Objetivos Específicos

Avaliar o potencial de aproveitamento de água oriunda de ar-condicionado através do monitoramento da vazão e do volume produzida individualmente pelos aparelhos dos blocos do centro acadêmico do agreste.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

O trabalho teve como base alguns subtópicos específicos para tratar da importância e relevância de se explorar para pequenas atividades a água das condensadoras. Foi-se baseado em alguns princípios de reuso, potabilidade, desenvolvimento sustentável, o funcionamento do aparelho condensador de ar e normas específicas para a utilização da mesma, pois uma atividade como reuso precisa estar fundamentada legalmente para que seja válida o seu uso, sem pôr em risco a saúde dos seres humanos ou do sistema que irá receber essa água diretamente.

5.1 Reuso e Potabilidade

Esforços para a reutilização de água não é novidade na atualidade. Tornou-se uma prática comum, há alguns anos, buscar alternativas de reutilização dos recursos hídricos. Kaczala (2005, p. 34) comenta em seu trabalho que o uso de águas residuárias sem tratamento, posteriormente tratadas em fossa séptica, deu-se em 1912 no parque Golden Gate

em São Francisco, com a finalidade de irrigação de jardins e suprir a demanda de lagos ornamentais.

Kaczala (2005) ainda afirma que o conceito de reuso foi criado em 1958 pela Organização das Nações Unidas (ONU) e que até 1998 esta palavra não constava na língua portuguesa.

Castro Bolina *et al.* (2017) afirma que o reuso de água subentende desenvolvimento, em maior ou menor grau, de tecnologia, dependendo dos fins a que se destina a água e de como ela tenha sido usada anteriormente. De acordo com Campos e Amorim (2004) as ações tecnológicas de reutilização de águas aprecem, como forma alternativa e viável, pois o retorno é mais rápido e provocam a redução no consumo de água sem que seja necessárias mudanças nos hábitos da população.

Visando a sustentabilidade no uso de recursos hídricos, Maurício (2016) afirma:

Há muito tempo ouve-se falar que a água é um bem finito. Muitos a classificam como o insumo do século, e afirmam ainda que ela será a causa de conflitos internacionais em razão de sua disputa. O Brasil é privilegiado nesse aspecto. Em seu território, se localizam as mais extensas bacias hidrográficas do planeta. [...] Ao mesmo tempo, o crescimento da população vem demandando, continuamente, água em quantidade e qualidade compatíveis. Muitos dos mananciais utilizados estão cada vez mais poluídos e deteriorados. [...] Considerando a limitação dos mananciais de superfície, é provável, que em um futuro não muito distante, as águas subterrâneas venham a ser preferencialmente destinadas ao abastecimento público. Em decorrência dessas tendências, uma alternativa viável é a de utilização de água de reuso.” O problema da água surge da distribuição desigual da precipitação e do mau uso que se faz da água captada. Em muitas regiões do globo, a população ultrapassou o ponto em que podia ser abastecida pelos recursos hídricos disponíveis. [...] a escassez progressiva da água em âmbito mundial tem incentivado pesquisas do mais alto nível científico e tecnológico para países da comunidade europeia, e de forma análoga para os 21 países componentes do MENA (Oriente Médio e Norte da África).

Para fins potáveis de utilização do recurso hídrico, as águas residuárias devem passar pelo padrão de potabilidade estabelecidos pela Portaria N° 2914 de 2011 do Ministério da Saúde, ou seja, devendo passar pelo devido tratamento de desinfecção e comprovação de qualidade para que haja possibilidade de utilizá-la para fins nobres. Mas para o caso de recurso

de reutilização para fins não potáveis, não existe uma lei específica que exija parâmetros a serem atendidos. Sabe-se, apenas, pela portaria, que para fins não potáveis o recurso pode ser utilizado. Sendo assim, as águas residuais podem ser utilizadas sem que exija uma elevada qualidade, para fins diversos, como regar plantas, lavagem de áreas externas, alimentação de bacias sanitárias, lavagem de veículos, entre outros, como concorda Mota, Oliveira e Inada (2011). Além disso, há a economia no valor referente a utilização deste bem natural, pois, para atividades com finalidades menos nobres de potabilidade da água, a fonte será alternativa.

5.2 Desenvolvimento Sustentável

Desenvolvimento sustentável pode ser entendido como uma série de ações que visam permitir que o desenvolvimento econômico ocorra de forma a não prejudicar o meio ambiente, ou seja, não reduzir seus recursos naturais que causam uma série de desequilíbrios no mesmo. Além de atender as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades, como é citado por Barbosa (2008).

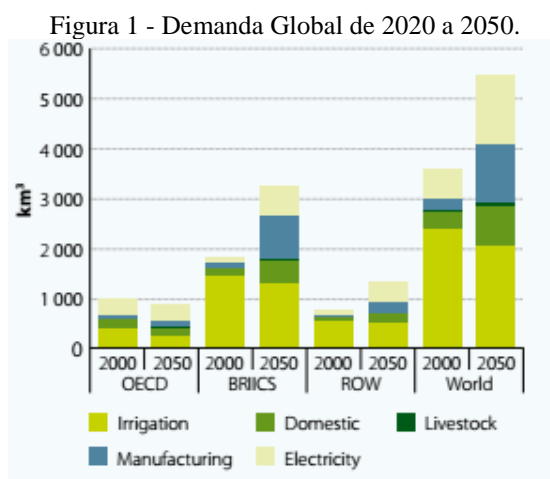
A principal conclusão do Relatório das Nações Unidas sobre Desenvolvimento de Água de 2015: “Água para um mundo sustentável foi que até 2030, o planeta enfrentará um déficit de água de 40%, a menos que seja melhorada dramaticamente a gestão desse recurso precioso” (ONU, 2015). Tal fato decorre de impactos causados pela expansão econômica das sociedades, além do crescimento demográfico que causa poluição e corpos hídricos, poluição do ar, desmatamento e demandas cada vez maiores por recursos como água. Machado (2003) afirma que:

Com o crescimento acelerado da população e o desenvolvimento industrial e tecnológico, essas poucas fontes disponíveis de água doce estão comprometidas ou correndo risco. A poluição dos mananciais, o desmatamento, o assoreamento dos rios, o uso inadequado de irrigação e a impermeabilização do solo, entre tantas outras ações do homem moderno, são responsáveis pela escassez e contaminação da água. Atualmente, mais de 1,3 bilhão de pessoas carecem de água doce no mundo, e o consumo humano de água duplica a cada 25 anos, aproximadamente. Com base nesse cenário, a água doce adquire uma escassez progressiva e um valor cada vez maior, tornando-se um bem econômico propriamente dito.

E os dados apresentados pelo relatório da WWAP (2015, p.42, tradução nossa) confirmam: [...] até 2050 a demanda global de água deverá aumentar em 55%, principalmente devido à crescente demanda industrial, geração de energia térmica e uso doméstico todos resultantes da crescente urbanização nos países em desenvolvimento.

Tais impactos fazem com que haja uma desarmonia entre o meio ambiente e o ser humano. Para Barbosa (2008) é possível desenvolver sem destruir o meio ambiente. Tal afirmação pode ser comprovada com o aumento significativo de estudos voltados a sustentabilidade desenvolvidos pelo mundo.

Atualmente eventos como o aumento de temperatura, secas intensas e demoradas ou então enchentes fortes se tornaram cada vez mais frequentes. Devido principalmente ao aumento da temperatura, regiões como o nordeste brasileiro sofrem com as elevadas temperaturas e escassez hídrica em seus reservatórios. O aparelho de ar-condicionado aparece como uma alternativa para a refrigeração do ar. Esse processo faz com que água condensada seja gerada, fazendo do aparelho uma potencial fonte de água para reutilização.



Fonte: WWDR (2015).

Parafraseando Fortes et al. (2015) é econômico e viável o reaproveitamento de águas que seriam desperdiçadas. A escassez hídrica e o colapso de reservatórios têm causado preocupação no território nacional, portanto, em locais com grande fluxo de pessoas, torna-se imprescindível a utilização da tecnologia de refrigeração do ar proveniente de aparelhos de ar-condicionado e a quantidade de água gerada pela condensadora pode ser significativa o suficiente para suprir algumas demandas menos nobres de uso do recurso.

Costa e Barros Junior (2005,) são incisivos:

Embora a prática da reutilização de água servida não tenha sido levada a sério no Brasil, algumas empresas já iniciaram essa prática visando suprir a sua demanda de água. Isso vem ocorrendo com algumas indústrias localizadas na região Sudeste. Tais estratégias têm representado economias significativas no processo produtivo dessas instituições.

Atualmente esta prática já vem se difundindo com mais força e estrategicamente não só a nível nacional, como também internacional. Tornou-se um assunto de extrema importância a preservação do meio ambiente e o cuidado com os recursos naturais. A preocupação com a preservação dos recursos hídricos é ainda maior, principalmente depois de episódios de colapso de abastecimento como vistos no Sistema Cantareira - São Paulo por volta de 2014 e, observando um cenário mais próximo, na barragem de Jucazinho – Pernambuco em 2016. O reuso entra, então, com papel principal na função de economizar e de preservar o meio ambiente, para que se procure evitar episódios como os já citados, devido à desperdícios ou entre como alternativa quando, devido a fatores naturais, tal cenário não puder ser evitado.

5.3 Aparelho de Ar-Condicionado

O aparelho de ar-condicionado tornou-se uma potencial fonte de água de reuso, devido a quantidade de água condensada, “[...] variando com a umidade relativa do ar.” (LIMA et al., 2015,p.1).

Também chamado de condicionador de ar, esse aparelho é capaz de realizar uma troca de energia, refrigerando o ambiente onde está instalado.

Segundo Silva Cabral (2015) refrigeração é o processo de remoção de calor de onde ele não é desejado e este é transferido mecanicamente para um local em que ele não seja prejudicial.

Nesse processo de refrigeração do ar, o ar quente que é expulso devido ao gás em alta pressão do ciclo, acaba condensando e, assim, tem-se o gás transformado em líquido.

5.4 Água da Unidade Condensadora do Ar-Condicionado

A água condensada nos aparelhos, geralmente, não tem um destino projetado, ou seja, não há a preocupação de encaminhar esta água condensada para um ponto em específico, pois não existe uma preocupação com seus possíveis danos, a longo prazo, a uma estrutura, por exemplo. Seus drenos são instalados de modo que a água seja despejada em um local fora do ambiente e, à grosso modo, esta se torna a única preocupação. Em se tratando de ambientes que utilizam uma quantidade considerável desses aparelhos, isso gera um desperdício de água considerável, como se pode ver na Figura 2, água esta que teria sua serventia para usos menos nobres de utilização.

“A água é recurso natural essencial para a manutenção da vida de todas as espécies do planeta, infelizmente não é um recurso infinito.”, (DA SILVA CABRAL et al., 2015, p.1). Portanto, procurar detalhes a respeito de fontes alternativas como a que está em estudo e testá-las para que sejam determinados usos apropriados, torna-se uma tarefa nobre em nome do meio ambiente, da economia, da ciência e do progresso da humanidade.

Um projeto implantado por Lima et al. (2015) estimou a coleta de, em média, cinco litros por hora de água de uma unidade condensadora com uma umidade relativa de 60%.

O estudo realizado por Arend, Krebs e Santana Amaral (2014), também apontou dados quantitativos interessantes com aparelhos de 12 mil BTUS ou 1600W de potência. Tais dados são animadores para a implantação de um reservatório que comporte a vazão de máquinas com potência maior para o caso da UFPE-CAA.

Figura 2 - Destino aleatório de água da unidade condensadora.



Fonte: DA SILVA CABRAL (2015, p.7).

Entende-se como umidade relativa do ar a relação entre a quantidade de água quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (ponto de saturação). Essa umidade é proveniente da fase de evaporação da água no ciclo hidrológico.

Segundo Carvalho, Cunha e Faria (2012) e Lima et al. (2015) os parâmetros qualitativos referentes a água residual, em sua maioria, passam pelos testes de potabilidade da portaria do ministério da saúde, variando em alguns parâmetros dependendo das condições atmosféricas do local onde a unidade condensadora está atuando.

Em termos qualitativos, Carvalho, Cunha e Faria (2012) afirmam que:

O que se observa é que não houve importantes variações nos parâmetros físico-químicos no decorrer das análises o que nos leva a crer que, a água que comumente rejeitamos dos aparelhos condensadores apresentam grande potencial em oferecer a sociedade em geral uma alternativa viável de aproveitamento, contribuindo diretamente para conservação da água e sem contar a economia nos gastos com este recurso.

Além das vantagens no quesito fonte potencial de reaproveitamento, há também vantagens referentes ao custo da implantação de um sistema de captação do recurso. Sousa et al. (2015) concluiu, em seu projeto, que um Sistema de Aproveitamento de Água Condensada de Aparelhos de Ar-Condicionado (SAACAA) é uma excelente alternativa para economia de água, além de possuir baixo custo e ser de fácil aplicação.

Os custos de implantação variam dependendo da classe da estrutura que comporta as unidades condensadoras. Estruturas à nível comercial, condomínios e prédios possuem um potencial maior de geração de águas de rejeito de ar-condicionado, devendo possuir um sistema de captação e armazenamento. Silva Cabral et al (2015) concluiu que para uma estrutura de três pavimentos com quatro apartamentos em cada pavimento, a estimativa de custo do sistema de captação ficou em torno de R\$ 870,00, estimando os custos pela tabela SINAPI-MA. Devido as vantagens aqui explanadas, a importância de mais estudos a respeito desta potencial fonte de reutilização de águas fica evidente, além de ficar claro, também, que o retorno em termos econômicos comparados com a implantação do projeto, viabiliza esta opção em caso de estruturas de grande porte e circulação de pessoas.

5.5 Normas Referentes a Potabilidade e Reuso

Não existe uma norma inteiramente direcionada a utilização de águas para reuso. Mas o governo brasileiro possui normas e resoluções que caracterizam a água quanto a nobreza do uso, o destino de acordo com a classificação e estabelecem seu grau de potabilidade através de testes de qualidade.

Os Art. 2º e 3º da Resolução nº 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) apresentam as seguintes definições:

- I - Água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;
- II - Reuso de água: utilização de água residuária;
- III - água de reuso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;
- IV - Reuso direto de água: uso planejado de água de reuso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;
- V - Produtor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reuso;
- VI - Distribuidor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reuso;
- e VII - usuário de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reuso.

Art. 3º O reuso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

- I - Reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- II - Reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- III - Reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- IV - Reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais; e,
- V - Reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

A resolução ainda deixa claro em seus parágrafos 1º e 2º:

§ 1º As modalidades de reuso não são mutuamente excludentes, podendo mais de uma delas ser empregada simultaneamente em uma mesma área.

§ 2º As diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reuso definidas nos incisos deste artigo serão estabelecidos pelos órgãos competentes.

Na NBR 13969/97 existe um tópico direcionado ao reuso de esgoto para alguns fins não potáveis, mas que foi utilizado como um dos norteadores nos testes de qualidade que serão realizados na água da condensadora, que é classificada como água reciclável. As classificações estão enquadradas para melhor compreensão no Quadro 1.

À nível estadual, tem-se uma lei que visa o reaproveitamento de águas de edifícios no estado de Pernambuco, a lei estadual nº 14.572, de 27 de dezembro de 2011. Em seu parágrafo único tem-se:

Esta Lei objetiva a promoção de medidas necessárias à conservação, à redução do desperdício e à utilização de fontes alternativas para a captação e o aproveitamento da água nas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a sua importância para a vida.

Quadro 1 - Uso previsto e parâmetros que devem ser analisados para as Águas de Reuso.

| Classes | Destino | Parâmetros |
|---------|---|---|
| 1 | Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes. | Turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL; sólidos dissolvidos totais inferiores a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L. |
| 2 | Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes | Turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L. |

| | | |
|---|---|---|
| 3 | Reuso nas descargas dos vasos sanitários | Turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL |
| 4 | Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual | Coliforme fecal inferior a 5000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L. |

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

O artigo 5º afirma que

As ações de reaproveitamento das águas compreendem basicamente:

- I - A captação, o armazenamento e a utilização de água proveniente das chuvas; e
- II - A captação, o armazenamento, o tratamento e a utilização de águas servidas.

Pode-se perceber que apenas há a abordagem do assunto com relação a águas provenientes de chuva ou águas servidas tratadas adequadamente para serem reutilizadas, porém, os parâmetros que serão analisados serão os mesmos vigentes por lei, o que será suficiente para determinar se a água de tal fonte poderá ser reutilizada ou não.

À nível municipal, nenhuma lei ou projeto de lei foram encontradas nas pesquisas realizadas.

Como as leis existentes que tratam de alguma forma sobre água de fontes alternativas de reutilização não restringem nada no que diz respeito a descartá-la na tubulação da concessionária, nada impede que esta fonte seja utilizada em descargas ou de outra forma em que a mesma seja descartada nas tubulações que levam até a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da localidade.

6 METODOLOGIA

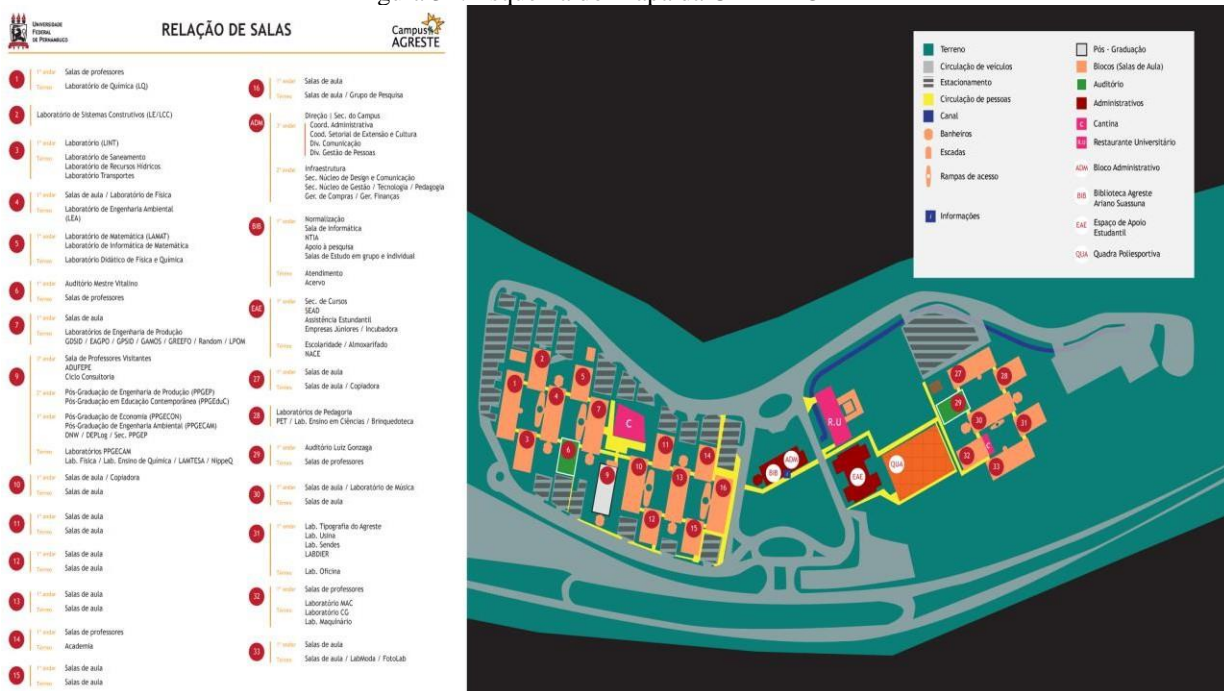
A metodologia aplicada para o presente trabalho tem caráter exploratório. Alguns resultados encontrados na literatura apontam para um melhor estudo e refinamento dos dados de experimentos semelhantes, pois as condições no que diz respeito a qualidade e quantidade de fluido coletado variam com alguns parâmetros como tipo/marca da condensadora, umidade

do ar, condições climáticas do dia, horário de coleta, frequência de utilização do ambiente, entre outros fatores.

Além da extensa pesquisa referente a qualidade dos projetos realizados com a utilização de água de reuso da fonte a que este trabalho se refere, leis e projetos de lei à nível nacional, estadual e municipal a respeito de utilização de águas cinzas, onde águas de ar-condicionado não se enquadram, foram buscadas para que todo o procedimento fosse possível de ser realizado de acordo com os parâmetros descritos por normas, portarias e leis vigentes. Lembrando que não existem leis específicas para água de reuso em termos de ar-condicionado.

As coletas foram realizadas na UFPE-CAA, em dois blocos distintos: O bloco do Espaço de Assistência Estudantil (EAE) e o bloco da Biblioteca Agreste Ariano Suassuna (BIB). O mapeamento do campus e os blocos escolhidos estão ilustrados nas Figuras 3 e 4

Figura 3 -. Esquema do Mapa da UFPE – CAA



Disponível em: www.ufpe.br/caa/sobre-o-caa

Figura 4 - Blocos da BIB e EAE.



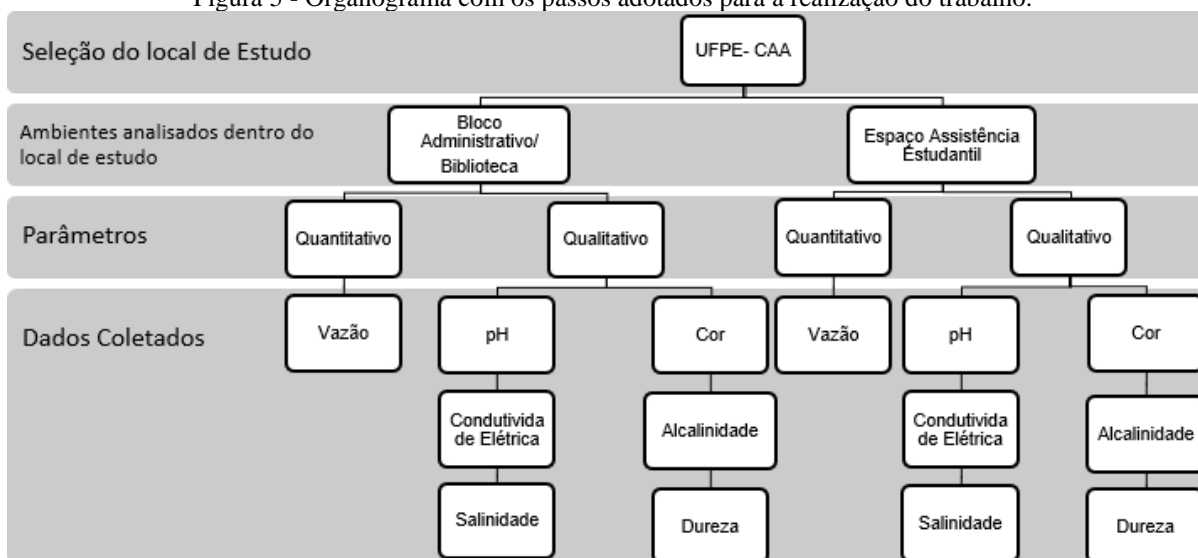
Disponível em: www.ufpe.br/caa/sobre-o-caa.

Após selecionar o próprio campus como local de uma possível implantação do projeto de coleta da fonte em potencial, foram escolhidos os prédios mais frequentados, de onde os dados foram coletados. O próximo passo do trabalho foi a coleta das amostras para se verificar a demanda que a fonte de água poderia atender e, baseado nisso, a viabilidade da implantação de um sistema de captação e armazenamento.

O critério de escolha de coleta para ambos os locais está relacionado com o trânsito de pessoas nestes edifícios. São locais em que sempre há presença humana frequente e estes estão sempre a utilizar o ar-condicionado como forma de climatizar o ambiente, já que são locais de trabalho e estudo para servidores e alunos do campus. Portanto, poderia ser melhor estudada uma análise a nível quantitativo da produção de água pelas condensadoras para ambos os locais, já que são locais que utilizam o ar-condicionado de forma contínua, durante todo o período de expediente da universidade.

Os passos realizados neste trabalho estão ilustrados no organograma da Figura 5.

Figura 5 - Organograma com os passos adotados para a realização do trabalho.



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

6.1 Unidades Condensadoras

Existem 21 (vinte e uma unidades) condensadoras no bloco da biblioteca do campus. A distribuição das unidades condensadoras está mostrada Figura 6. Ao longo da coleta dos dados realizados para este trabalho, mais três condensadoras foram instaladas no bloco, as quais não foram analisadas por possuírem marca e características de refrigeração diferentes. Diante disso, esses 3 (três) equipamentos novos não entraram nos cálculos de previsão de vazão. E não há tubulação de canalização em todas as condensadoras para que a vazão seja concentrada em um ponto só. A água tem destino aleatório em cada uma delas.

As condensadoras no nível térreo foram enumeradas de um a cinco, contando com as que foram instaladas ao longo da pesquisa. Das 21 (vinte e uma) unidades condensadoras, as coletas foram realizadas em apenas uma das condensadoras do nível térreo, devido à dificuldade de acesso as tubulações de drenagem dos aparelhos. A condensadora utilizada como ponto de coleta foi a única com tubulação de drenagem que possibilitava a coleta das amostras sem necessidade de uma escada ou de outro tipo de ferramenta para que o recipiente se mantivesse em uma posição segura na coleta, sem que houvessem perdas, como mostra a Figura 7.

Figura 6 - - Distribuição das Condensadoras do bloco da biblioteca.



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Figura 7 - Tubulação de Coleta da Condensadora Número 1.



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

A mangueira presente na Figura 7 foi um artifício utilizado pela equipe de limpeza do campus para a captação da água da tubulação. Antes dos testes realizados, a equipe já utilizava esta água para regar as plantas próximas ao ponto de coleta.

A condensadora do ponto analisada foi nomeada de número 1. O aparelho é da marca AGRATTO, modelo ACS18FR4-02, com capacidade de refrigeração de 5200W, potência 1610W e fluxo de ar de 860m³/h, assim como as outras condensadoras iguais que estão instaladas no bloco. As características da condensadora estão ilustradas nas Figuras 8 e 9.

Figura 8 - Condensadora do Ponto de Coleta.



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Figura 9 - Especificações da Condensadora do bloco da BIB.

| AGRATTO | |
|---|-----------------|
| Modelo | ACS18FR4-02 |
| Modelo da Unidade Interna | ACS18FIR4-02 |
| Modelo da Unidade Externa | ACS18FER4-02 |
| Classe | 1 |
| Voltagem | 220V ~ |
| Frequência | 60Hz |
| Capacidade de Refrigeração | 5200W |
| Corrente | 7.5A |
| Fluxo de Ar | 860m³/h |
| Potência | 1610W |
| Ruído Interno/ Externo | 32 - 39/54dB(A) |
| Gás Refrigerante | R410A/1380g |
| Pressão de Máxima (Desc.) | 4.2MPa |
| Pressão de Máxima (Sucção) | 1.2MPa |
| Peso da Unidade Interna | 13kg |
| PRODUZIDO NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS CONHEÇA A AMAZÔNIA www.agratto.com.br | |

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Para o bloco do EAE, um conjunto de aparelhos foi analisado, diferentemente do bloco da biblioteca, pois já havia sido instalado um sistema de drenagem para os mesmos. Tal medida foi tomada, pois as condensadoras ficam voltadas para a fachada do bloco. Os drenos para despejo livre da água poderiam causar transtornos a quem passa ou trabalha no local. Apenas as salas de metade do bloco estão em funcionamento. A outra metade serve como almoxarifado ou dispensa para guardar equipamentos, portanto não necessitando de aparelhos de ar-condicionado. Com a presença de tubulação de canalização que faz os aparelhos despejarem a água em um ponto específico do bloco, há a possibilidade de se ter uma ideia melhor da produção das condensadoras trabalhando juntas. Existem 9 (nove) condensadoras no bloco, todas são da marca MIDEA com capacidade de refrigeração de 5200W, potência de 1625W e fluxo de ar de 871m³/h.

Nas Figuras 10, 11, 12 e 13 está ilustrado o sistema de canalização, o ponto final de descarga, a distribuição das condensadoras e o modelo de condensadora utilizada no bloco do EAE e as especificações das condensadoras, respectivamente.

Figura 10 - Tubulação de drenagem das condensadoras do EAE.



Fonte: Elaborada pela Autora (2018).

Figura 12 - Ponto de Coleta das Amostras no EAE.



Fonte: Elaboração da Autora (2018).

Figura 11 - Condensadora Utilizada no EAE.



Fonte: Autora (2018).

Figura 13 - Especificações da Condensadora do Bloco EAE.



Fonte: Autora (2018).

6.2 Recipientes para Teste de Qualidade e Quantidade

Para os testes quantitativos foram utilizados recipientes plásticos de 500ml de conteúdo como ilustrado na Figura 14. Nenhuma exigência específica além de estarem devidamente secos foi proposta, já que o único intuito era coletar dados de vazão no tempo. O volume de água nunca ultrapassou o gargalo da garrafa. Ao chegar no ponto do gargalo, o cronômetro era pausado e a garrafa retirada do ponto de coleta. As coletas foram realizadas em dias diferentes e em horários variados, para se ter uma noção da variação de volume com relação ao horário do dia.

Figura 14 - Recipiente plástico utilizado na coleta.



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

A nível qualitativo os recipientes devem atender a uma exigência para que não se tenha nenhum tipo de alteração na água devido ao recipiente: Devem estar devidamente esterilizados, para que possam conter o material, portanto, a garrafa foi esterilizada com água quente e posteriormente lavada com água destilada e deixada para secar ao natural, em ambiente fechado. O teste de coliformes totais não foi possível de ser realizado, à princípio por falta de material laboratorial para a realização dos testes.

6.3 Teste de Qualidade

Os testes realizados no efluente da condensadora com o intuito de analisar sua viabilidade para a descarga foram pH, condutividade elétrica, salinidade, cor, alcalinidade,

duresa e, à princípio, pretendia-se, também, realizar o teste para metais pesados. Todos, menos o de metais pesados, foram realizados no LEA. O teste para metais pesados não pode ser realizado devido à falta de equipamento no laboratório. Sendo assim, aqui será ilustrado os resultados obtidos com relação a este teste em outro trabalho da literatura.

É importante elucidar este parâmetro mesmo que com dados de outro estudo, pois no processo de condensação a água entra em contato com tubos de cobre ou de alumínio das máquinas e isto pode resultar em uma quantidade de metais pesados na água maior do que o que especifica as normas de potabilidade. Como não uma norma que indique os valores específicos da quantidade de metais que pode existir na amostra para reutilizá-la, o indicado é seguir os padrões de potabilidade da Portaria MS nº2914 de 2011.

Nas pesquisas realizadas por Lima (2015) os parâmetros obtidos no que diz respeito a metais pesados e os predeterminados por norma, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados Obtidos para Metais Pesados.

| Parâmetro | Unidade | Valor Máximo Permitido MS nº 2914 de 12 de Dezembro de 2011 | Resultados da análise da água de ar condicionado | | | |
|-----------|---------|---|--|----------|----------|----------|
| | | | 05/09/14 | 02/10/14 | 11/11/14 | 02/12/14 |
| Alumínio | mg/L | 0,2 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,01 |
| Zinco | mg/L | 5 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| Cobre | mg/L | 2 | 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |
| Mercúrio | mg/L | 0,001 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Chumbo | mg/L | 0,5 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |

Fonte: LIMA, et al (2015, p. 5).

Os resultados indicam que a água atende aos parâmetros de potabilidade estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde com uma folga relevante, possibilitando a utilização da fonte para os fins almejados neste trabalho.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados de vazão em diferentes horários e dias, foram apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Com tais dados foi possível realizar uma regressão linear através da ferramenta Excel e obter a linha de tendência que melhor representa o comportamento da equação que poderá

prever a vazão dos outros aparelhos de mesmas características que o ar-condicionado do bloco da BIB e do EAE.

Para o bloco da BIB, observou-se que a maior vazão coletada foi de 2,5 L/h, a menor vazão, 0,84 L/h e a média foi de 1,88 L/h nos períodos de coleta realizados. Os horários destas coletas em questão foram diferentes, porém tentando sempre balancear os turnos em que as coletas foram realizadas. Nas tabelas consta, também, que as coletas foram feitas em dias e meses diferentes. Isso serviu para se ter uma melhor observação sobre a variação de vazão levando em conta esses períodos diferentes. Uma possível causa da variação das vazões está relacionada com a temperatura que o ar-condicionado está trabalhando, a umidade do ar, além da temperatura do dia em que a coleta foi realizada. Além disso, há também o fator de que haverá certos dias em que alguns ambientes serão menos ou mais utilizados do que outros dentro do Campus, devido ao período de aulas, férias, possíveis paralisações, recessos de funcionários, etc.

Os gráficos de vazão x tempo, como se pode ver nas Figuras 15 e 16, indicam uma vazão considerável. Porém, uma projeção pode apresentar grande variabilidade em seus resultados reais. Fatores como o clima, atividades no ambiente, umidade do ar e funcionamento do campus, ou seja, período do ano, influenciam diretamente nos resultados quantitativos, como já foi dito anteriormente.

Abordando os dados coletados no bloco do EAE, observou-se que a maior das vazões coletadas foi de 3,9 L/h, a menor, 0,55 L/h e a média as amostras foi de 2,14 L/h. As salas das condensadoras da coleta são destinadas às secretarias dos cursos do campus, portanto a vazão vai variar de acordo com os horários de funcionamento das salas, a frequência de pessoas que entram e saem das salas, quantas pessoas trabalham dentro das salas, se as salas ficam com portas e janelas fechadas, a temperatura programada no aparelho, além da temperatura do dia e umidade do ar também contam como fatores que podem ocasionar a variabilidade de vazão coletada, assim como acontece também no bloco da BIB. Como ambos os blocos escolhidos para a coleta de dados são os ambientes mais frequentados por mais horas do dia de todo o campus, a média de vazão está satisfatória de acordo com o boxplot que pode ser observado na Figura 18. Um ponto a ser observado é que os dados estatísticos seriam melhorados para o bloco do EAE se o ponto da coleta número 3 fosse descartado dos cálculos, já que este ponto ficou muito distante dos dados observados nos outros pontos. Pode-se ver o aumento do valor do R^2 se este ponto for retirado, como está ilustrado na Figura 17. Foi-se permitida a

permanência de tal dado no trabalho, para que seja discutido o impacto de alguns parâmetros, como por exemplo, o simples fato de alguns aparelhos não estarem em funcionamento no dia, as salas não estarem em funcionamento pleno como de costume, ou seja, recesso de alguns funcionários e apenas poucas salas estarem em funcionamento.

Além disso, se for projetada uma estimativa de vazão para um mês, levando em consideração 30 dias úteis, teríamos um volume 1353,6 L que poderiam ser utilizado no bloco da biblioteca – lembrando que para o caso do bloco da biblioteca está sendo levado em conta apenas um ar-condicionado – e 1540,8 L considerando o conjunto de máquinas do Espaço de Assistência Estudantil.

As vazões totais para um mês de ambos os blocos são bem parecidas, como se pode observar. Um único ar-condicionado no nível térreo do bloco da BIB quase se equipara em termos de vazão com um conjunto de 9 (nove) aparelhos do bloco do EAE. Isso se deve ao fato de que o ambiente em que o ar-condicionado da BIB trabalha, é completamente aberto, sem vedação para manter a temperatura do ar-condicionado no local, então a máquina vai trabalhar bem mais para tentar manter a temperatura do ambiente igual a programada. E sem sucesso, vale salientar, resultando em uma quantidade considerável de água condensada. Já as salas do bloco do EAE são bem fechadas, permitindo que a temperatura fique mais ou menos constante dentro do recinto, fazendo com que os aparelhos trabalhem menos para manter a temperatura constante.

Foram coletadas informações da própria concessionária de abastecimento do município de Caruaru, a COMPESA, que se paga em torno de R\$ 15,60 para cada 1000 L de água de um caminhão Pipa. Podemos concluir que o volume gerado pelas condensadoras proporcionaria mais economia nos gastos do campus, se levarmos em conta que cada bloco possui mais de 10 (dez) aparelhos de ar-condicionado produzindo, em média, 1400 L por mês. Ao todo existem cerca de 20 (vinte) blocos em funcionamento no campus. Isso significa que uma grande quantidade de água seria gerada, podendo suprir necessidades referentes a atividades como limpeza, descarga e irrigação, além de todas as vantagens relacionadas a sustentabilidade e não desperdício.

Tomaram-se os parâmetros da Portaria MS 2914/11 para a análise dos resultados obtidos. Quatro amostras da biblioteca e quatro do EAE foram coletadas para os testes de qualidade, contabilizando oito amostras testadas. Os resultados estão informados nas Tabela 4, bem como um comparativo com trabalhos já realizados, a Portaria MS 2914/2011 e os

dados coletados da água do sistema de abastecimento da cidade de Caruaru. Os parâmetros analisados, pH, condutividade elétrica, salinidade, cor, alcalinidade e dureza, foram alguns, dentre tantos, dos parâmetros que constam na portaria MS 2914/2011 que foram escolhidos para serem analisados neste trabalho. Estes foram escolhidos, pois segundo a literatura, seriam os parâmetros mais apropriados de serem analisados para o caso de atividades menos nobres, que é justamente o objetivo de utilização da água dos aparelhos. Estes parâmetros, quando atendidos, garantem que a água tem qualidade o suficiente para ser despejada na tubulação da concessionária de água da região sem causar contaminação na ETE, sem causar contaminação do solo, quando for absorvida, e sem causar contaminação do ser humano quando este entrar em contato com a mesma.

A importância de cada um desses parâmetros está relacionada com seu significado. O pH especifica a acidez ou basicidade de uma solução. Soluções neutras têm o pH em torno de 7, soluções ácidas, entre zero e seis e soluções básicas, acima de 7. A condutividade elétrica representa a capacidade que um material possui de conduzir eletricidade no meio, ou seja, é a facilidade com a qual um material conduz corrente elétrica. A salinidade é a quantidade de sais existentes no meio aquoso. Cor é um indicativo de substâncias dissolvidas na água que no caso do estudo, os principais elementos que poderiam estar dissolvidos na água seriam os metais ou elementos orgânicos provenientes da tubulação que drena a água da condensadora. A alcalinidade representa o potencial que um meio aquoso tem de neutralizar ácidos fracos. E, por fim, a dureza está relacionada com a quantidade de íons dissolvidos no meio.

Com os dados coletados comparados com os dados obtidos dos parâmetros relacionados com a água que abastece a cidade, pode-se observar que os valores são muito próximos, o que indica uma possibilidade de utilizar esta água para os mesmos fins que a água de abastecimento. Mas para chegar a esta conclusão, outros parâmetros devem ser testados para que se possa afirmar, comprovadamente, que se pode dar um destino mais nobre a água da condensadora.

Com o boxplot ilustrado na Figura 18, pode-se observar que os valores coletados do bloco da BIB não tiveram tanta variação com relação aos dados coletados do bloco do EAE. Isso se deve ao fato de que apenas um ar-condicionado foi analisado no bloco da BIB, enquanto no bloco do EAE, foram analisados um conjunto de aparelhos. Não se pôde, então, medir com precisão qual é a contribuição de um ar-condicionado só no sistema de drenagem ao qual está integrado, no bloco do EAE. Isso impossibilita saber, também qual o ar-

condicionado que trabalhou mais ou menos, dependendo da utilização das salas, da frequência de pessoas entrando e saindo, da quantidade de pessoas na sala, da temperatura programada e tantos outros parâmetros já citados neste trabalho. Mas mesmo com uma variação estatística maior no EAE, fica evidente nos resultados quali-quantitativos, que existe uma viabilidade em potencial de se reutilizar a água dos aparelhos.

Tabela 2- Dados Coletados do Bloco da Biblioteca.

| Coleta | Unidade Condensadora | Status | Marca | Modelo | Capacidade de Refrigeração | Data | Hora da Coleta | Localização /Bloco | Tempo (min) | Tempo (s) | Tempo (h) | Volume (ml) | Vazão (ml/s) | Vazão (L/h) |
|--------|----------------------|---------|---------|-------------|----------------------------|------------|----------------|--------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|--------------|-------------|
| 1 | Externa | Unidade | Agratto | ACS18FR4-02 | 5200W | 28/08/2018 | 13:37 | Biblioteca | 00:12:00 | 720 | 0,20 | 500 | 0,69 | 2,50 |
| 2 | Externa | Unidade | Agratto | ACS18FR4-03 | 5200W | 13/09/2018 | 15:12 | Biblioteca | 00:20:53 | 1253 | 0,35 | 500 | 0,40 | 1,44 |
| 3 | Externa | Unidade | Agratto | ACS18FR4-04 | 5200W | 19/09/2018 | 08:01 | Biblioteca | 00:16:57 | 1017 | 0,28 | 500 | 0,49 | 1,77 |
| 4 | Externa | Unidade | Agratto | ACS18FR4-05 | 5200W | 26/09/2018 | 09:42 | Biblioteca | 00:23:10 | 1390 | 0,39 | 500 | 0,36 | 1,29 |
| 5 | Externa | Unidade | Agratto | ACS18FR4-06 | 5200W | 01/10/2018 | 14:18 | Biblioteca | 00:35:32 | 2132 | 0,59 | 500 | 0,23 | 0,84 |
| 6 | Externa | Unidade | Agratto | ACS18FR4-07 | 5200W | 05/11/2018 | 17:08 | Biblioteca | 00:13:17 | 797 | 0,22 | 500 | 0,63 | 2,26 |
| 7 | Externa | Unidade | Agratto | ACS18FR4-08 | 5200W | 08/11/2018 | 12:01 | Biblioteca | 00:15:18 | 918 | 0,26 | 500 | 0,54 | 1,96 |
| 8 | Externa | Unidade | Agratto | ACS18FR4-09 | 5200W | 13/11/2018 | 08:06 | Biblioteca | 00:13:46 | 826 | 0,23 | 500 | 0,61 | 2,18 |
| 9 | Externa | Unidade | Agratto | ACS18FR4-10 | 5200W | 14/11/2018 | 08:20 | Biblioteca | 00:13:11 | 791 | 0,22 | 500 | 0,63 | 2,28 |
| 10 | Externa | Unidade | Agratto | ACS18FR4-11 | 5200W | 16/11/2018 | 14:34 | Biblioteca | 00:13:05 | 785 | 0,22 | 500 | 0,64 | 2,29 |
| MÉDIA | | | | | | | | | | | | | | 1,88 |

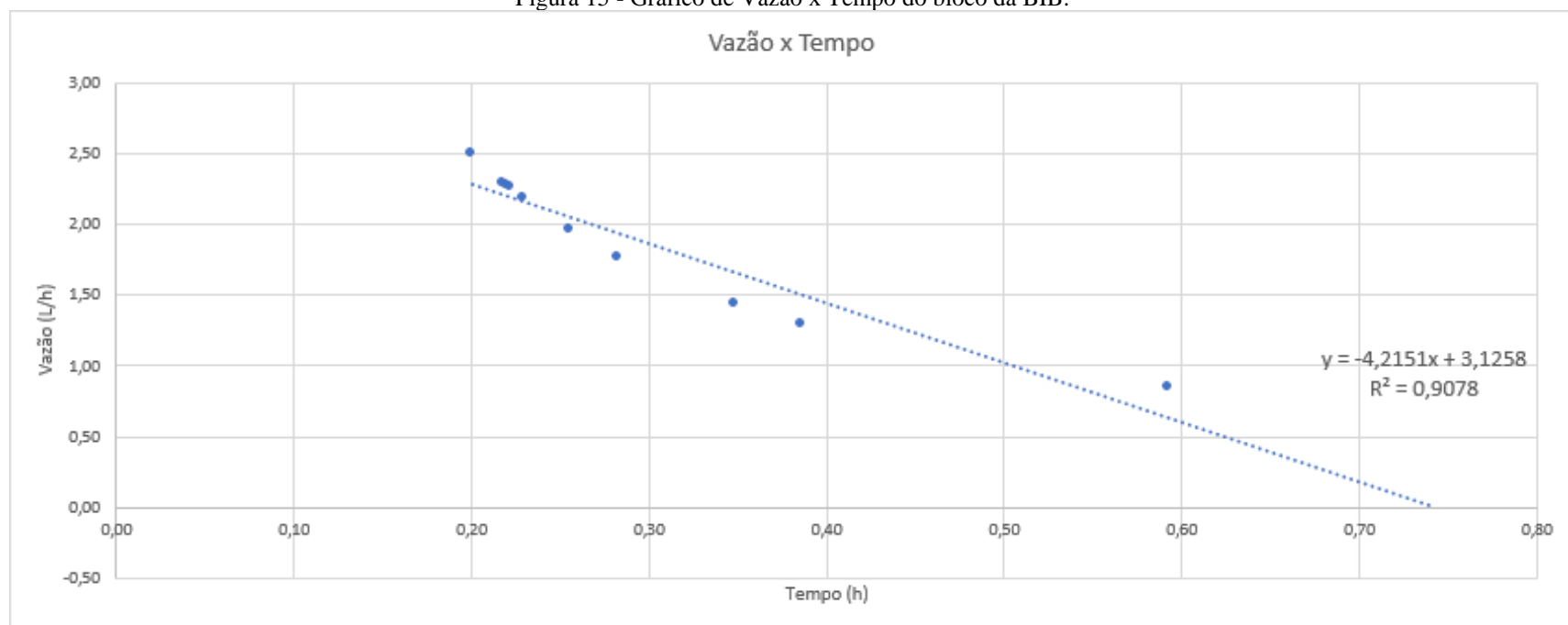
Fonte: Elaborada pela autora (2018).

Tabela 3 - Dados Coletados do EAE.

| Coleta | Unidade Condensadora | Status | Marca | Modelo | Capacidade de Refrigeração | Data | Hora da Coleta | Localização/Bloco | Tempo (min) | Tempo (s) | Tempo (h) | Volume (ml) | Vazão (ml/s) | Vazão (L/h) |
|--------|----------------------|------------------|-------|------------|----------------------------|------------|----------------|----------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|--------------|-------------|
| 1 | Externa | Rede de captação | MIDEA | 38KCX18S5 | 5200W | 13/09/2018 | 16:03 | Bloco Administrativo | 00:18:01 | 1081 | 0,30 | 500 | 0,46 | 1,67 |
| 2 | Externa | Rede de captação | MIDEA | 38KCX18S6 | 5200W | 03/10/2018 | 03:51 | Bloco Administrativo | 00:09:32 | 572 | 0,16 | 500 | 0,87 | 3,15 |
| 3 | Externa | Rede de captação | MIDEA | 38KCX18S7 | 5200W | 17/10/2018 | 16:20 | Bloco Administrativo | 00:54:27 | 3267 | 0,91 | 500 | 0,15 | 0,55 |
| 4 | Externa | Rede de captação | MIDEA | 38KCX18S8 | 5200W | 22/10/2018 | 16:52 | Bloco Administrativo | 00:12:22 | 742 | 0,21 | 500 | 0,67 | 2,43 |
| 5 | Externa | Rede de captação | MIDEA | 38KCX18S9 | 5200W | 23/10/2018 | 16:35 | Bloco Administrativo | 00:25:00 | 1500 | 0,42 | 500 | 0,33 | 1,20 |
| 6 | Externa | Rede de captação | MIDEA | 38KCX18S10 | 5200W | 30/10/2018 | 13:49 | Bloco Administrativo | 00:13:29 | 809 | 0,22 | 500 | 0,62 | 2,22 |
| 7 | Externa | Rede de captação | MIDEA | 38KCX18S11 | 5200W | 31/10/2018 | 12:44 | Bloco Administrativo | 00:22:13 | 1333 | 0,37 | 500 | 0,38 | 1,35 |
| 8 | Externa | Rede de captação | MIDEA | 38KCX18S12 | 5200W | 06/11/2018 | 15:16 | Bloco Administrativo | 00:12:27 | 747 | 0,21 | 500 | 0,67 | 2,41 |
| 9 | Externa | Rede de captação | MIDEA | 38KCX18S13 | 5200W | 14/11/2018 | 14:27 | Bloco Administrativo | 00:11:44 | 704 | 0,20 | 500 | 0,71 | 2,56 |
| 10 | Externa | Rede de captação | MIDEA | 38KCX18S14 | 5200W | 19/11/2018 | 16:51 | Bloco Administrativo | 00:07:41 | 461 | 0,13 | 500 | 1,08 | 3,90 |
| MÉDIA | | | | | | | | | | | | | | 2,14 |

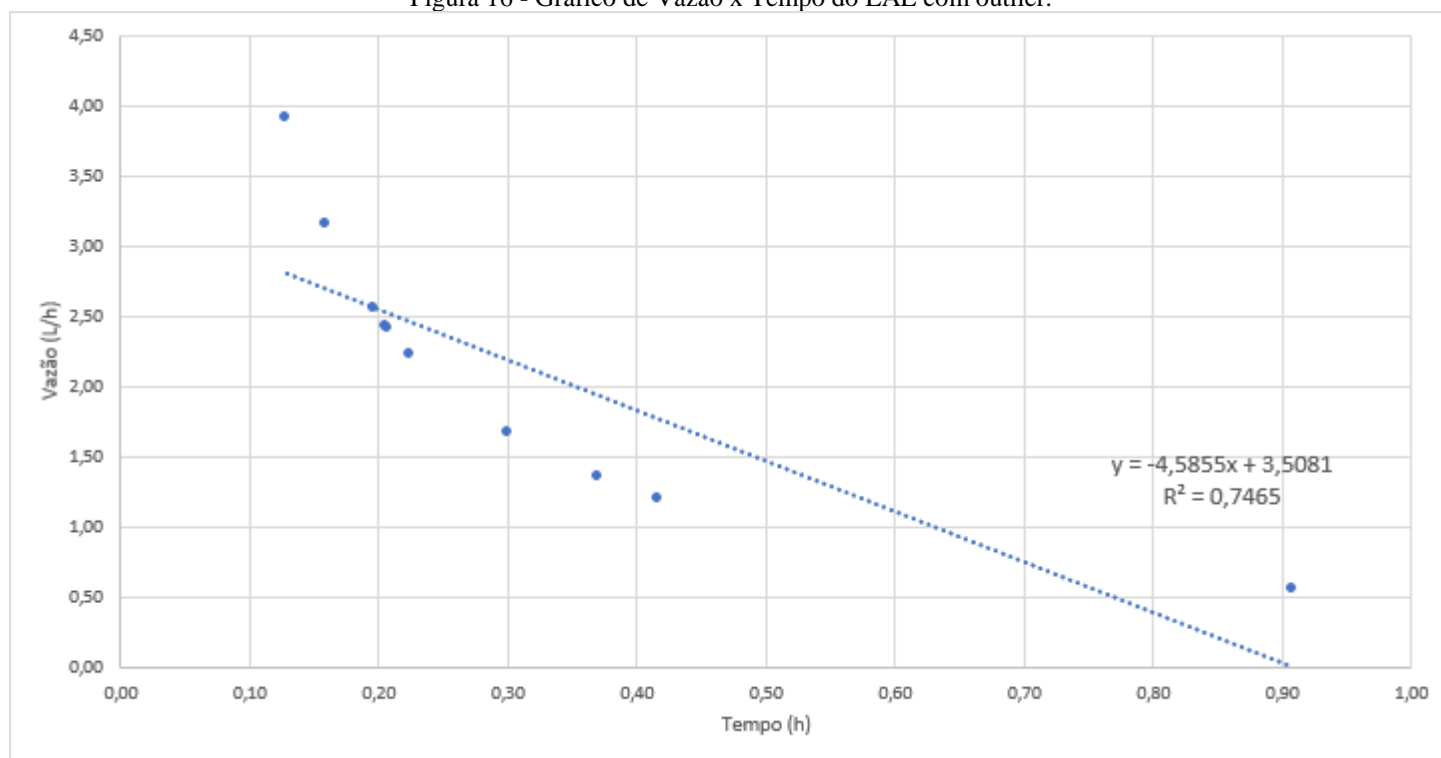
Fonte: Elaborada pela autora (2018).

Figura 15 - Gráfico de Vazão x Tempo do bloco da BIB.



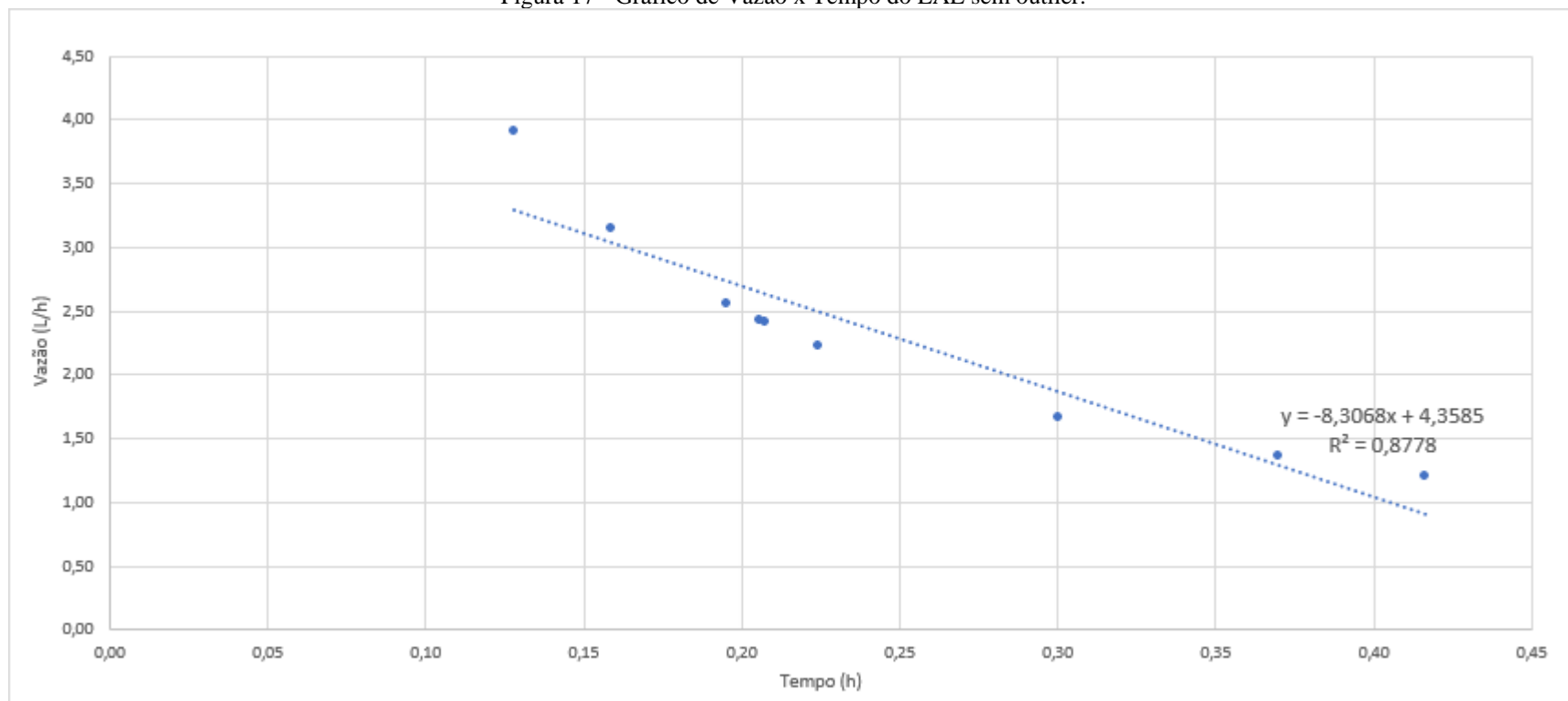
Fonte: Elaborada pela autora (2018).

Figura 16 - Gráfico de Vazão x Tempo do EAE com outlier.

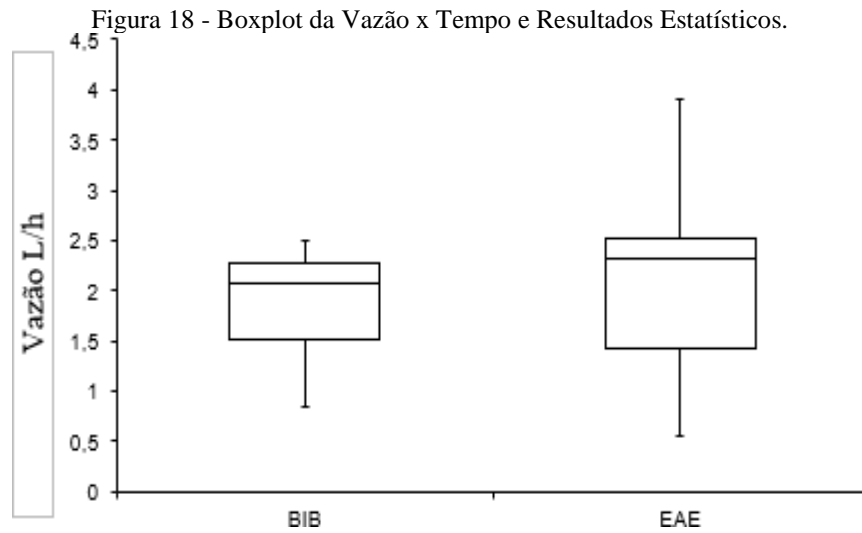


Fonte: Autora (2018).

Figura 17 - Gráfico de Vazão x Tempo do EAE sem outlier.



Fonte: Autora (2018).



| Labels | BIB | EAE |
|----------------|--------|--------|
| Min | 0,8443 | 0,5510 |
| Q ₁ | 1,5199 | 1,4290 |
| Median | 2,0700 | 2,3173 |
| Q ₃ | 2,2713 | 2,5241 |
| Max | 2,5000 | 3,9046 |
| IQR | 0,7514 | 1,0950 |
| Upper Outliers | 0 | 0 |
| Lower Outliers | 0 | 0 |

Fonte: Autora (2018).

Tabela 4 - Resultados Obtidos e Comparativo.

| Parâmetros | BIB | | | | EAE | | | | Portaria 2914/11 | Resultados da pesquisa de Carvalho, Cunha e Faria. | Resultados da Pesquisa de Lima, et al. | Água pós tratamento que abastece Caruaru |
|--------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|------------------|--|--|--|
| | I | II | III | IV | I | II | III | IV | | | | |
| pH | 5,06 | 5,2 | 5,13 | 4,78 | 5,2 | 5,38 | 5,4 | 5,18 | 6,0 - 9,0 | 7,03 - 7,34 | 6,7-7,4 | 5,25 |
| Condutividade Elétrica (µs/cm) | 8,6 | 10,2 | 9,2 | 8,7 | 19,8 | 19,1 | 19,2 | 22,4 | - | 20,76 | 18,28 - 26,88 | 207 |
| Salinidade (mg/L) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 250 | 0 | 0,2 - 0,38 | 0 |
| Cor (Pt/L) | 12 | 7 | 13 | 14 | 12 | 31 | 18 | 12 | 15 | 0 | 0 | 18 |
| Alcalinidade (mg/L) | 4,3263 | 5,1916 | 3,4611 | 2,596 | 4,326 | 6,0569 | 7,7874 | 9,518 | - | 1,0761 | 0,1 | |
| Dureza (mg/L) | 7,904 | 3,952 | 0 | 7,904 | 3,952 | 11,856 | 0 | 3,952 | 500 | 0,85 - 9,33 | Ausente | 39,52 |

Fonte: Autora (2018).

8 CONCLUSÕES

Pelos dados obtidos de vazão, pode-se concluir que há viabilidade na construção de um reservatório para armazenamento da água da fonte em questão. Seria uma forma de suprir a necessidade dos blocos analisados em períodos que houvesse falta de água no campus. Em um cenário diferente, pensando em um projeto para tornar o campus sustentável, há fontes o suficiente para que uma demanda maior seja atendida. Isto implica em economia, pois o valor da conta de água seria reduzido. Além disso, um desperdício seria evitado, já que a boa umidade relativa do ar na região do agreste na maior parte do ano permite que esta coleta seja uma boa prática em cenários de seca ou racionamento de água.

Com os parâmetros obtidos em se tratando da qualidade da água, pôde-se observar que tal fonte de água pode ser utilizada para fins não potáveis de utilização, possuindo uma vazão com potencial para que seja armazenada em um reservatório e utilizada em atividades de manutenção no campus.

9 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A coleta e testes das amostras ainda é muito pouco diante da gama de possibilidades que se pode explorar em um trabalho como este. Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se, além da análise da viabilidade do tratamento desta água para fins potáveis, com relação ao gasto econômico, quantidade de materiais, testes extras a serem realizados e reagentes a serem utilizados no tratamento, pode-se estudar a possibilidade da implantação de um reservatório para os blocos que atenda necessidades como descarga, e observar a viabilidade econômica

da implantação deste reservatório, tendo em vista sistema de drenagem, canalização e armazenamento da água.

Outra sugestão é analisar outros parâmetros da Portaria MS 2914/2011, fazer os testes e comparar com os dados que podem ser obtidos da água que abastece a cidade, além de comparar com outros trabalhos realizados.

REFERÊNCIAS

ADASA. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. **Reuso de Águas Cinzas e Aproveitamento de Águas Pluviais**, 2018. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/abastecimento-de-agua-e-esgoto/regulacao/reuso-de-aguas-cinza-e-aproveitamento-de-aguas-pluviais>.

AREND, M. C.; KREBS, J.; SANTANA AMARAL, R.; **Coleta e Reuso de Água do Dreno do Aparelho de Ar-Condicionado para um Sistema Automatizado de Irrigação**. In: FEIRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO, 5., 2014, Camboriú. *Resumos...* Camboriú: Instituto Federal Catarinense, 2014. p. 1-5.

ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Lei nº 14572, de 27 de dezembro de 2011**. Palácio Joaquim Nabuco, Recife, PE, dez 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1997). **NBR 13969: Tanques Sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro.

BARBOSA, G. S.; **O DESAFIO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**. Revista Visões, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, p. 1-11, jan./jun. 2008.

CAMPOS, M. A. S.; AMORIM, S. V.; **Aproveitamento de Água Pluvial em um Edifício Residencial Multifamiliar no Município de São Carlos**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. *Resumos...* São Paulo: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 2004. p. 1- 14.

CARVALHO, M. T. C., CUNHA, S. O., FARIA, R. A. P. G; **Caracterização Quali-Quantitativa da Água da Condensadora de Aparelhos de Ar-Condicionado**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 3., 2012, Goiânia. *Resumos...* Goiânia: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2012. p. 1-4.

CASTRO BOLINA, C., et al (dezembro de 2017). **Reúso de água de dreno de ar condicionado para fins não potáveis**. ENGEVISTA, p.1387-1400.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. (28 de novembro de 2005). CNRH. Resolução Nº 54, de 28 de novembro de 2005.

COSTA, D. M. A.; BARROS JÚNIO, A. C.; **Avaliação da Necessidade do Reuso de Águas Residuais**. HOLOS, vol. 2, p.81-101, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277169944_AVALIACAO_DA_NECCESSIDADE_DO_REUSO_DE_AGUAS_RESIDUAIS. Acesso em: 7 de novembro de 2017.

DANTAS DE SOUSA, W.; MENDES DE OLIVEIRA, A. M. B.; DE OLIVEIRA COELHO, L. F.; **Aproveitamento do Potencial Hídrico de Fontes Alternativas em Benefício da Sustentabilidade de Campus Universitário da Cidade de Pombal**. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 7., 2016, Campina Grande. *Resumos...* Campina Grande: IBEA, 2016. p. 1-6.

FORTES, P. D.; JARDIM, P. W. C.; FERNANDES, J. G. **Aproveitamento de Água Proveniente de Aparelhos de Ar-Condicionado.** In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 12., 2015, Rio de Janeiro. *Resumos...* Rio de Janeiro: Simpósio De Excelência em Gestão e Tecnologia, 2015. p. 1-16.

KACZALA, F. (março de 2005). **Viabilidade do Uso de Efluentes Tratados por Zona de Raízes na Irrigação: Estudo de Caso na Vila Dois Rios - Ilha Grande-RJ.** Rio de Janeiro, Brasil.

LIMA, S. M. et al.; **Água de Ar-Condicionado: Uma Fonte Alternativa de Água Potável.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 6., 2015, Porto Alegre. *Resumos...* Porto Alegre: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2015. p. 1-5.

MACHADO, C. J. S. **Recursos hídricos e cidadania no Brasil: Limites, alternativas e desafios.** Ambiente & Sociedade, v. 6, dezembro 2003.

MAURÍCIO, C. C. (2016). **Reuso de Água Estudo de Caso: Sistema de Reúso de Águas Servidas e Pluviais em uma Estrutura Sanitária Móvel para Parque ou Área Pública.** Brasília.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria MS nº 2914/ 2011.** Ministério da Saúde. Brasília, p. 52. dez 2011. (ISBN).

MOTA, T. R.; OLIVEIRA, D. M.; INADA, P.; **Reutilização da Água de Aparelhos de Ar-Condicionado em uma Escola de Ensino Médio no Município de Umuarama-PR.** In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 7., 2011, Maringá. *Anais...* Maringá: CESUMAR, 2011. p. 1-5.

ONU. Desenvolvimento Sustentável. **Até 2030 planeta pode enfrentar déficit de água de até 40%, alerta relatório da ONU,** 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/ate-2030-planeta-pode-enfrentar-deficit-de-agua-de-ate-40-alerta-relatorio-da-onu/>. Acesso em: 27 setembro 2018.

SILVA CABRAL, F. da; *et al.* **Sustentabilidade Aplicada a partir do Reaproveitamento de Água de Condicionadores de Ar.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. *Resumos...* Fortaleza: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015. p. 1-15.

SOUSA, I. M. P. et al. **Projeto de um Sistema de Aproveitamento de Água Condensada de Aparelhos de Ar-Condicionado em Edificações.** In: SEMANA OFICIAL DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 72., 2015, Fortaleza. *Resumos...* Fortaleza: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2015. p. 1-4.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World.** UNESCO. Paris. 2015.