



**CENTRO UNIVERSITÁRIO TABOSA DE ALMEIDA**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO TABOSA DE ALMEIDA– ASCES/UNITA**

**BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ANA PATRÍCIA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA HÍDRICA EM UM SISTEMA DE  
REFRIGERAÇÃO DE GRANDE PORTE**

**CARUARU/PE**

**2017**

**ANA PATRÍCIA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA HÍDRICA EM UM SISTEMA DE  
REFRIGERAÇÃO DE GRANDE PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Tabosa de Almeida – ASCES/UNITA como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Ambiental, sob orientação do Professor Dsc. Deivid Sousa de Figueiroa.

CARUARU/PE

2017

## BANCA EXAMINADORA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente da Universidade ASCES/UNITA, da autoria de **Ana Patrícia Da Silva**, intitulado **“AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA HÍDRICA EM UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE GRANDE PORTE”**, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Ambiental, defendida em \_\_\_\_\_, pela banca examinadora constituída por:

Data de aprovação:                      Nota: (   )

Aprovada por:

---

Orientador: Dsc. Deivid Sousa de Figueiroa

---

Primeiro Avaliador: Msc. Luiz José Rodrigues dos Santos

---

Segundo Avaliador: Dsc. Angela Maria Coêlho de Andrade

CARUARU – PE

2017

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus, Jesus Cristo e a Nossa Senhora, que foram sempre meu socorro nas horas de necessidades e dificuldades, que continuem tomando conta dos meus objetivos, pois nada se realiza sem que Deus permita.*  
*A minha mãe Inês Alves que me deu a vida, ao grande amigo e esposo Adilson Silva que foi sempre meu suporte em tudo o que precisei.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me conceder tamanha oportunidade de chegar até esse momento, que nas horas de fraqueza não me abandonou, mostrou-me que os maiores desafios servem para que encontremos a força necessária para vencer qualquer obstáculo que surja em nosso caminho, agradeço por ter colocado pessoas tão especiais que me ajudaram nessa batalha.

A minha mãe (**Inês Alves**) que na sua pouca instrução soube ensinar que a escola era o caminho para mudar de vida, aos meus irmãos **Adilson Vicente** (in memorian) e **Amaro Vicente (Marinho)**, que não deixavam de me acompanharem muitas vezes no caminho a escola, mesmo quando não tinha nada para tomar café, amo vocês.

Aos cinco homens da minha vida, **Adilson** (esposo) grande parceiro que não me deixou desistir nas agonias das entre jornadas do dia-a-dia, que perdeu noites de sono me dando incentivo para terminar este trabalho, aos filhos **Wilton** e **William**, motivo pelo qual voltei a estudar para passar-lhes a lição de que nunca é tarde para recomeçar e repassar o legado do conhecimento, aos filhos de coração **Caio** e **Ítalo**, que me ensinaram que família não precisa ter o mesmo tipo sanguíneo. A Izabely Mello (nora) que no seu fulgor da juventude me fez voltar e reviver a minha, com as mesmas expectativas e esperanças de que todos têm anjos para nos dar à mão.

A **Renata Monike**, que me propôs o grande desafio de mudar-me para Caruaru, por ter sido tão parceira e amiga nas horas difíceis, que a distância nos permita sentir saudades, mas nunca sermos esquecidas.

Aos amigos **Mário Júnior**, **Itamirys Oliveira**, **Nayana Paiva**, que tanto me ajudaram nas horas de calcular, derivar e integrar, pela partilha dos momentos alegres, pela disponibilidade e paciência com meu jeito bruto de ser, não dá para mensurar o sentimento particular que nutro por vocês, sabem que estarei sempre aqui, na laje preparando uma comemoração.

Ao amigo, **Cristiano Romero** pela contribuição dada nas horas de dúvidas.

A **Mariely Tenório**, **Evanda Lima**, **Luciene Tenório**, **Roberta Lima** e **Andreza Amorim** que partilharam minha agonia nos dias de prova, a motivação e a ansiedade da chegada a esse momento tão importante. A **Rejane Silva**, que esteve rezando e torcendo pelo

meu sucesso e muitos outros que me ajudaram direto ou indiretamente e contribuíram para que eu chegasse até aqui, sei que mesmo a distância, sempre torcem por mim.

A LVF Empreendimentos/ Shopping Difusora e sua equipe, na pessoa dos Srs. **Luciano Ferreira** e **Luverson Ferreira**, pela grande oportunidade de ser aluna de gestores visionários, empreendedores de sucesso que valorizam a terra natal, Caruaru, que despertaram em mim o desejo de buscar sempre mais conhecimento e preparação profissional e que não devemos estar numa zona de acomodação, mas ser o diferencial num mercado tão competitivo. Ao Sr. **Cláudio Silva**, Gerente de Operações do Shopping Difusora e sua equipe de manutenção, pela disponibilidade e apoio na realização desta pesquisa. Não posso deixar de agradecer também a equipe que trabalha diretamente comigo, que ao longo desse período acadêmico foram parceiros na troca de experiência e apoio para me mostrar na prática o que eu via na teoria.

A **Mauricéia Tabosa**, pelo carinho, apoio e colaboração na hora de concretizar as idéias sustentáveis que tanto davam trabalho.

Aos professores pela paciência e apoio durante esse processo, em especial ao meu orientador **Dr. Deivid Figueiroa**, caiu na minha vida acadêmica como um anjo, disponibilizando-se totalmente para me ajudar, compreendendo de forma tão solícita minha rotina cheia de processos para concluir, sem tempo para os corridos encontros, muito obrigada, fostes muito mais do que um orientador, fostes um grande mestre.

A professora **Mariana Cardoso**, coordenadora do curso, que me ajudou a apaixonar-me ainda mais pela Engenharia Ambiental.

Agradeço a todos que fazem parte do Centro Universitário ASCES/UNITA, e as demais pessoas que de certa forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Se a própria natureza faz da água um recurso renovável, quando esta é reciclada através de sistemas naturais por diversas vezes, por que o homem, que se beneficia deste recurso, não pode se dedicar ao melhor aproveitamento seja através da economia, limpeza ou do reúso planejado?”

(R. Bernardis)

“ Engenharia é a profissão, na qual, o conhecimento das ciências naturais e da matemática, obtido pelo estudo, experiência e prática se aplica com bom senso para desenvolver formas de utilizar economicamente os materiais e forças da natureza em função do benefício da humanidade”.

(Autor Desconhecido).

## RESUMO

**SILVA, Ana Patrícia Da.** “Avaliação de eficiência hídrica em um sistema de refrigeração de grande porte”. 2017. (57) p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental) – ASCES/UNITA, Caruaru – PE. 2017.

A água sendo um recurso natural, não é infinito. Anualmente registra-se dados cada vez mais alarmantes sobre sua escassez e as graves conseqüências que a acompanham, não podemos deixar de admitir que grande parte da responsabilidade esteja na ação antropogênica. Diante de dados tão chocantes diversos setores econômicos, sociais, industriais e acadêmicos estão buscando formas e técnicas para minimizarem os efeitos provocados, garantindo assim sua preservação e conservação, para que gerações futuras entendam a importância da água para a sobrevivência humana e assim possam garantir o uso e aplicações sustentáveis desse recurso. Uma atitude prática da geração atual é difundir técnicas de reutilização da água residual de várias fontes e processos, que possam ser aplicadas para outros fins, como regar plantas, lavagem de áreas externas, irrigação de lavouras, ente outros. Este trabalho teve como objetivo quantificar o volume de água descartado em determinado sistema de refrigeração de grande porte e analisar a qualidade da mesma, para propor formas de reutilização em outros processos dentro do empreendimento ou no próprio sistema. Foi quantificado uma vazão média mensal de 161.131,6 L de água condensada e proposta a construção de um reservatório subterrâneo com capacidade de aproximadamente 50.000 L localizado ao lado do empreendimento.

**Palavras Chave:** Recurso natural, Escassez, Aplicações Sustentáveis, Sistemas de Refrigeração.



## **ABSTRACT**

**SILVA, Ana Patrícia Da. Evaluation of water efficiency in a large refrigeration system.** 2017. 57 p. Work Completion of course (Environmental Engineering Course) –University ASCES/UNITA, Caruaru – PE. 2017.

Water is a natural resource, it is not infinite, every year there are increasingly alarming data on its scarcity and the serious consequences that accompany it, we can not but admit that much of the responsibility lies in anthropogenic action. Faced with such shocking data, many economic, social, industrial, and academic sectors are seeking ways and techniques to minimize the effects, thus ensuring their preservation and conservation, so that future generations understand the importance of water for human survival and thus guarantee the Use and sustainable applications of this resource. A practical attitude of the current generation is to disseminate wastewater reuse techniques from various sources and processes, which can be applied to other purposes, such as watering plants, washing external areas, irrigating crops, and others. This work aimed to quantify the volume of water discarded in a large refrigeration system and analyze the quality of the same, to propose ways of reuse in other processes within the enterprise or in the own system. An average monthly flow of 161,131.6 L of condensed water was quantified and the construction of an underground reservoir with a capacity of approximately 50,000 L located next to the project was quantified.

**Keywords:** Natural Resource, Scarce, Sustainable Applications, Cooling Systems, Reuse.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição de Água no planeta.....	18
Figura 2: Descrição dos Chillers .....	22
Figura 3: Chiller.....	22
Figura 4: Corte com Vista frontal.....	23
Figura 5: Composição interna do trocador de calor.....	24
Figura 6: Ciclo de Refrigeração do chiller.....	25
Figura 7: Incrustação na entrada do chiller.....	326
Figura 8: Planta de Localização CAG.....	28
Figura 9: Torre de Resfriamento.....	29
Figura 10: Tanque de Termoacumulação.....	30
Figura 11: Unidade de Condensação e evaporação.....	31
Figura 12: UTAR- Unidade de Tratamento de Ar de Recirculação.....	33
Figura 13: UTAE- Unidade de Tratamento de Ar Exterior.....	33
Figura 14: Dreno do Fancoil.....	35
Figura 15: Conjunto de Bombas.....	36
Figura 16: Incrustação no chiller.....	37
Figura 17: Conexão com incrustação.....	37
Figura 18: Vista aérea da CAG.....	38
Figura 19: Filtro de Retenção.....	38
Figura 20: Fluxograma do Processo.....	39
Figura 21: Proposta do local para construção.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição dos fancoils.....	34
Tabela 2: Quantidades dos equipamentos que compõem a CAG.....	41
Tabela 3: Leituras do hidrômetro geral.....	43
Tabela 4: Leituras do hidrômetro do tanque de termoacumulação.....	44
Tabela 5: Leituras das UTARs – Unidades de Tratamento de Ar de Recirculação.....	45
Tabela 6: Leitura das UTAEs – Unidades de Tratamento de Ar Exterior.....	45
Tabela 7: Leitura realizada pela manhã.....	46
Tabela 8: Leitura realizada no horário da tarde.....	46
Tabela 9: Análise de água do fornecedor externo 1.....	48
Tabela 10: Análise da água do fornecedor externo 2.....	49
Tabela 11: Análise da água do fornecedor externo 3.....	49
Tabela 12: Análise da água do condensador 1.....	50
Tabela 13: Análise da água do condensador 2.....	51
Tabela 14: Análise da água do condensador 3.....	52
Tabela 15: Análise da água do termoacumulador.....	53
Tabela 16: Análise da água da alimentação principal.....	54
Tabela 17: Análise da água da casa de máquinas.....	55
Tabela 18: Análise da água condensada.....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ANA - Agência Nacional de Águas  
BAC - Bomba de Água de Condensação  
BAG - Bomba de Água Gelada  
BAGP - Bomba de Água Gelada Primária  
BAGS - Bomba de Água Gelada Secundária  
CAG - Central de Água Gelada  
COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento  
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente  
MS - Ministério da Saúde  
FC - Fancoil  
TR - Toneladas de Refrigeração  
URL - Unidade Resfriador de Líquidos  
UTAE - Unidade de Tratamento de AR Exterior  
UTAR - Unidade de Tratamento de AR Recirculação

## **SIMBOLOS**

Q	Vazão [m <sup>3</sup> /h]
V	Volume [m <sup>3</sup> ]
t	tempo [h]

### **Subscritos**

in entrada

out saída

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 GERAL.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 ESPECÍFICOS.....</b>	<b>17</b>
<b>3. REVISÃO LITERÁRIA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 ÁGUA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3.1 Águas de condensação.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.2 Chiller .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.3 Estrutura dos chillers.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.4 Funcionamento do chiller .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3.5 Princípios da termoacumulação .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.6 Fator de incrustação .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.7 Empreendimento objeto de estudo.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4 COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO OBJETO DE ESTUDO ....</b>	<b>28</b>
<b>3.4.1 Reservatório P1 .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4.2 Torres de resfriamento .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4.3 Tanque de termoacumulação.....</b>	<b>30</b>
<b>3.4.4 Chiller .....</b>	<b>31</b>
<b>3.4.5 Casas de máquinas .....</b>	<b>32</b>
<b>3.4.6 Água de condensação .....</b>	<b>34</b>
<b>3.4.7 Conjunto de bombas .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4.8 Funções das bombas.....</b>	<b>35</b>
<b>3.4.9 Descrição do sistema .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4.10 Incrustações.....</b>	<b>37</b>
<b>4. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2 ANÁLISES DE DADOS .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.1 Fluxograma do processo .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.2 Legenda do fluxograma .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.3 Distribuição das bombas e suas respectivas funções.....</b>	<b>40</b>

4.2.4 Horário de funcionamento.....	40
4.3 QUANTIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS QUE COMPÕEM O SISTEMA .....	41
4.4 LEITURAS REALIZADAS.....	42
4.4.1 Reservatório .....	42
4.4.2 Tanque de termoacumulação.....	42
4.4.3 Leitura realizada nas casas de máquinas (água de condensação) .....	42
4.4.4 Análises físico-químicas .....	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
5.1 LEITURAS REALIZADAS NOS HIDRÔMETROS PRINCIPAIS.....	43
5.2 QUANTIFICAÇÃO DE ÁGUA NOS FANCOILS.....	45
5.3 PROPOSTA DO SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO .....	47
5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICO.....	48
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	58

# 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Ao contrário do que todos pensavam a água não é um recurso infinito. O crescimento demográfico em nível mundial tem levado a uma redução cada vez maior das reservas de águas subterrâneas para suprir as necessidades humanas ou econômicas. O homem vem percebendo que suas atitudes estavam gerando graves conseqüências ao ambiente devido à evolução tecnológica, dessa forma iniciaram-se várias campanhas de incentivo ao desenvolvimento sustentável, para dessa forma minimizar os efeitos catastróficos vindouros (RIGOTTI, 2014).

O consumo de água tende a crescer nos próximos anos, será mais expressivo na agricultura e na pecuária, se comparado ao consumo previsto para outros usos. A água usada na produção de alimentos tem baixo retorno quando equiparado ao uso industrial e doméstico, que também tende a aumentar proporcionalmente (PINTO-COELHO; HAVENS, 2016).

Segundo Silva (2012) a disponibilidade média de água para cada indivíduo será reduzida a um terço da atual, conseqüências do acréscimo populacional, aliado as expansões indústrias e agrícolas, a água se tornará cada vez mais escassa podendo afetar três bilhões de pessoas até 2050. A crise de água não se aplica apenas a fatores climáticos e geográficos, mas também do uso irracional dos recursos hídricos. Para isso, faz-se necessário a aplicação de tecnologias ditas sustentáveis, com o intuito de reutilizar ou reaproveitar a água já utilizada para uma determinada função.

Em grandes empreendimentos comerciais se faz necessário o uso de sistemas de refrigeração mais robustos, sendo os mais utilizados os sistemas de refrigeração do tipo *chiller*, por conseguir reutilizar as vazões de água em seu sistema. Estes equipamentos têm como desvantagem a perda da água proveniente do processo de condensação, que são desprezadas na rede de esgoto (DE SOUSA et al.; 2015).

Nesse contexto, este trabalho possui o objetivo de caracterizar quantitativamente a água que condensa dos equipamentos que compõem o sistema de refrigeração, como também a possibilidade de reutilização da mesma, dentro do empreendimento comercial ao qual está instalado, situado na Cidade de Caruaru.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Este trabalho tem como objetivo realizar uma avaliação de eficiência hídrica em um sistema de refrigeração de grande porte, instalado em um empreendimento comercial localizado na cidade de Caruaru – PE.

### **2.2 Específicos**

- Quantificar o consumo de água utilizado pelo sistema de refrigeração;
- Quantificar a água condensada produzida;
- Avaliar os parâmetros físico-químicos da água condensada;
- Avaliar os parâmetros microbiológicos;
- Propor um sistema de reaproveitamento.

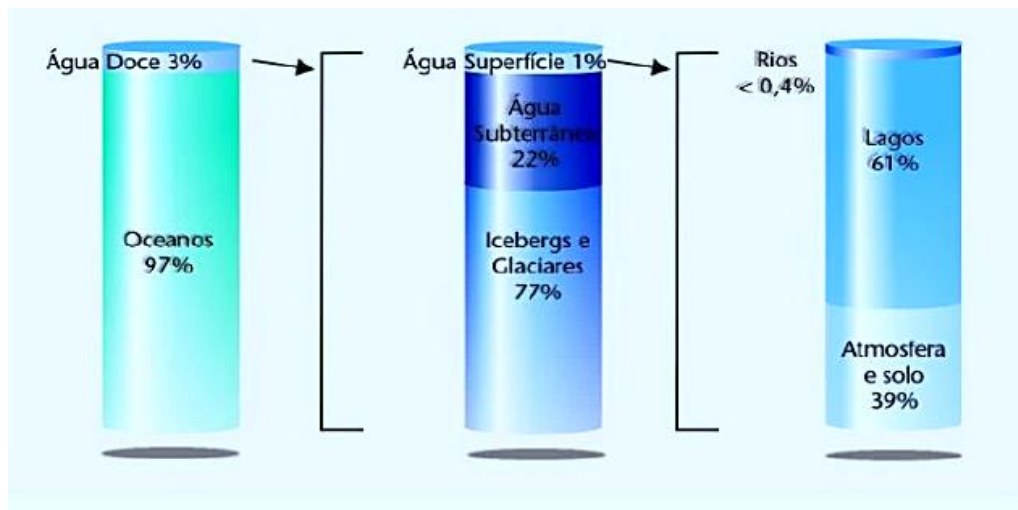
### 3 REVISÃO LITERÁRIA

#### 3.1 ÁGUA

A água é essencial para a sobrevivência de qualquer ecossistema e da vida humana, sabe-se que caso venha a faltar, pode provocar a extinção dos seres vivos, pois é indispensável para todas as formas de vida. A falta de planejamento para a utilização da água, o alto índice de contaminação por poluentes, a ausência de chuvas, devido às mudanças climáticas de ocorrência no Brasil e no mundo, vem provocando a falta de disponibilidade de água doce/potável, sendo assim, faz-se necessário difundir o uso racional e sustentável dos recursos hídricos (RIGOTTI, 2014).

O planeta terra é constituído em grande parte por água, sendo um dos recursos de maior abundancia no planeta. Entretanto, apenas uma pequena parcela da água referente à água doce, pode ser destinada para o uso humano (BARROS; AMIN, 2008). A Figura1, representa exatamente a disponibilidade de água no planeta, cerca de 97% se encontra nos oceanos, os outros de 3% de água doce, deste 3% cerca de 77% da água doce está congelada, 22% encontra-se em lençóis freáticos, e apenas 1% encontra-se disponível na superfície, nos rios, lagos, atmosfera e solo.

Figura 1: Distribuição de água no planeta



Fonte: The United Nations World Water Development Report, (2003) *apud* ( NUNES et al., 2009).

A preocupação com a disponibilidade de água se traduz principalmente no mau uso deste recurso, ao crescimento populacional e a dinâmica da produção industrial, fato que aceleram a degradação ambiental, devido ao negligente consumo de água, a sua poluição ou descarga de resíduos nas águas doces (NUNES et al., 2009).

Segundo Carvalho, Cunha e Farias (2012), a educação ambiental é o melhor caminho para tratar a abordagem dos assuntos que norteiam sobre a preservação da qualidade da água, do ar e do solo, que se torna cada vez mais urgentes devido ao crescimento urbano que acelerou o processo de degradação do ambiente.

De acordo com o Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2013), o uso das águas brasileiras foi disciplinada pela Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. A Lei que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o sistema nacional de gerenciamento dos recursos hídricos trouxe aperfeiçoamento em relação ao código de águas de 1934-Decreto nº 24.643, que visava permitir ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento e uso racional das águas.

### 3.2 CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUAS

A classificação das águas está contida na resolução CONAMA de Nº 357, de 17 de março de 2005, onde dispõe sobre a classificação dos corpos de água, referidas no capítulo 1º, do artigo segundo, do item I ao V, temos as seguintes definições sobre os corpos hídricos:

- I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 %;
  - II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 % inferior a 30 5%;
  - III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 %;
  - IV - ambiente lântico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;
  - V - ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes.
- (CONAMA, 2005).

O surgimento de novas técnicas de reutilização de efluentes vem ganhando relevância nos últimos tempos, em virtude da necessidade de redução dos custos finais de produção, numa época em que o principal foco e a conscientização sobre os recursos hídricos. O que se

torna de grande precisão, o estudo dos efluentes gerados pelos equipamentos como destiladores e condensadores. O reuso desses efluentes parece uma solução economicamente viável, necessitando, contudo, do conhecimento de sua qualidade após o processo de refrigeração, para que possa ser reutilizado novamente com pouco ou quase nenhum tipo de tratamento (MARISCO et al., 2008).

### 3.3 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

À medida que a temperatura no planeta aumenta a cada ano, sistemas artificiais de refrigeração de grande ou pequeno porte tem-se tornado cada vez mais comum no dia-a-dia das pessoas, o que chamamos de ar condicionado, para assim deixar o ambiente mais agradável, levando-se em consideração o consumo de energia que deve ser relativamente baixo. Os modelos são os mais variados, vão desde circuladores de ar, ventiladores, split ou *chillers*, estes dois últimos usam unidades condensadoras que necessitam de um gás refrigerante (CARVALHO; CUNHA ; FARIA, 2012).

Os sistemas de água gelada para ar condicionado central são bem conhecidos, denominada CAG- Central de Água Gelada, são indicadas para projetos de grande porte, inicialmente observa-se um alto custo no investimento inicial para construção, porém, em longo prazo a economia no consumo de energia elétrica e água, fazem o investimento valer à pena. O sistema de água gelada pode ser por condensação a ar, e condensação a água (LINS; CAIAFA, 2016).

Segundo Morosi (2015), o ciclo de compressão a vapor possui cinco elementos básicos, conforme descritos abaixo:

- **Compressor:** Principal componente do ciclo, responsável pela sucção e compressão do fluido refrigerante;
- **Evaporador:** Realiza a troca térmica entre o fluido refrigerante e o meio a ser resfriado;
- **Válvula de expansão:** Tem a função de restringir a vazão do fluido refrigerante, contribuindo para a sua expansão até a pressão da vaporização e de forma simultânea provoca a redução da sua temperatura;
- **Condensador:** Responsável por condensar vapor superaquecido proveniente do compressor, assim, transfere o calor do fluido refrigerante para o ambiente externo;

- **Fluido refrigerante:** Produto químico que possui características específicas responsáveis por realizar as trocas térmicas no sistema de refrigeração

### 3.3.1 ÁGUAS DE CONDENSAÇÃO

Água de condensação ocorre através do processo físico no qual a água na forma de vapor encontra temperaturas mais baixas, sofrendo condensação, ocasionando as precipitações. Esse processo natural ocorre na atmosfera (ROSA; GAUTO, 2011). Fenômeno semelhante ocorre em equipamentos de refrigeração, definidos como condensadores.

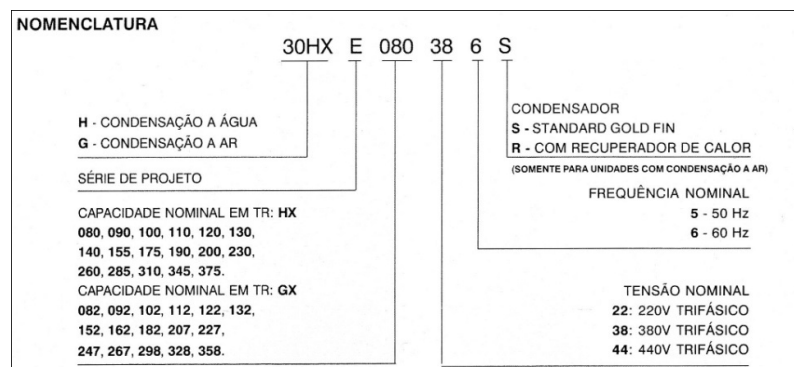
Segundo Rigotti (2014) condensador é um equipamento que retira calor de um fluido refrigerante até que este se condense, para que isso ocorra se faz necessária a existência de outro fluido para a ocorrência da transferência de calor ao ambiente. Este equipamento tem o intuito de esfriar e condensar o vapor superaquecido em instalações de refrigeração mecânica, utilizando para a transferência do calor água, ar ou ambos.

Segundo Bertolasi (2010) é necessário a utilização de uma torre de resfriamento, que é um equipamento que retira o calor da água necessária para o resfriamento do ambiente. Desempenhando uma interligação entre eles estão as bombas de água de condensação. No equipamento de resfriamento a água atravessa os pequenos furos para que ocorra a troca de calor com o ambiente. Podem existir algumas perdas de água na troca de calor entre a água e o ar, por evaporação, arraste e purga. A evaporação ocorre durante o processo de transferência de calor, a perda por arraste, pode ser praticamente nula, em decorrência da fabricação de torres mais modernas, havendo uma redução na perda por evaporação. A grande preocupação é com o controle da descarga, também chamada de purga, pois é necessária para manter as propriedades físico-químicas da água em níveis mais eficientes.

### 3.3.2 CHILLER

A Figura 2 identifica a diferença entre *chiller* de condensação a água e condensação a ar, descrevendo o modelo instalado no empreendimento e suas especificações, modelo 30HX, condensação a água.

Figura 02: Descrição dos *chillers*.



Fonte: Manual Carrier, 2015, página 04.

Segundo Pereira, Magalhães e Cartaxo (2015) trocadores de calor são responsáveis pela transferência de calor entre dois fluidos de diferentes temperaturas (quente e frio), este fenômeno é muito comum e muito aplicado nos processos de troca térmica. O uso de água gelada é aplicado em grandes empreendimentos para climatização de ambientes, sendo esta produzida por meio de *chillers*, que são resfriadores de água, que funcionam seguindo os princípios de trocadores de calor.

Através da Figura 3 pode-se observar a acomodação do sistema *chiller* diretamente no empreendimento comercial objeto de estudo deste trabalho.

Figura 03: Chiller



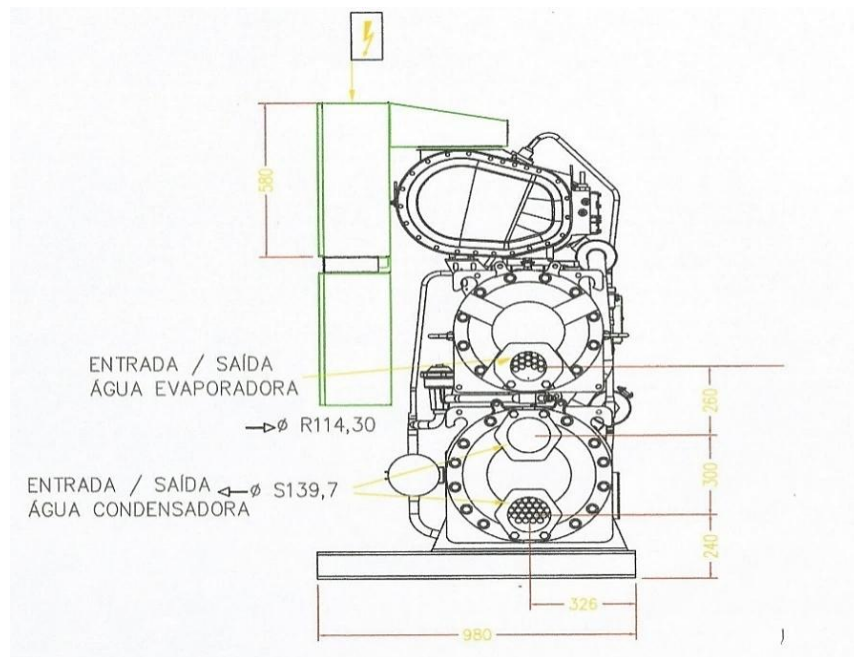
Fonte: A Autora.

### 3.3.3 ESTRUTURA DOS CHILLER

O condensador tipo *chiller* é constituído por uma carcaça cilíndrica, onde é instalada determinada quantidade de tubos horizontais e paralelos, conectados a duas placas dispostas em ambas as extremidades, chamadas chicanas. A água de resfriamento circula por dentro dos tubos e o refrigerante escoar dentro da carcaça, em volta desses. Usualmente os tubos são de cobre, exceto quando o fluido contém amônia, neste caso os tubos são de aço (VENTURINI e PIRANI, 2005).

Nas Figuras 4 e 5 podemos observar no corte frontal como é formado o trocador de calor, como também a estrutura interna.

Figura 04: Corte com vista frontal.



Fonte: Projeto de Refrigeração Do Empreendimento, 2007.

Figura 05: Composição interna do trocador de calor.



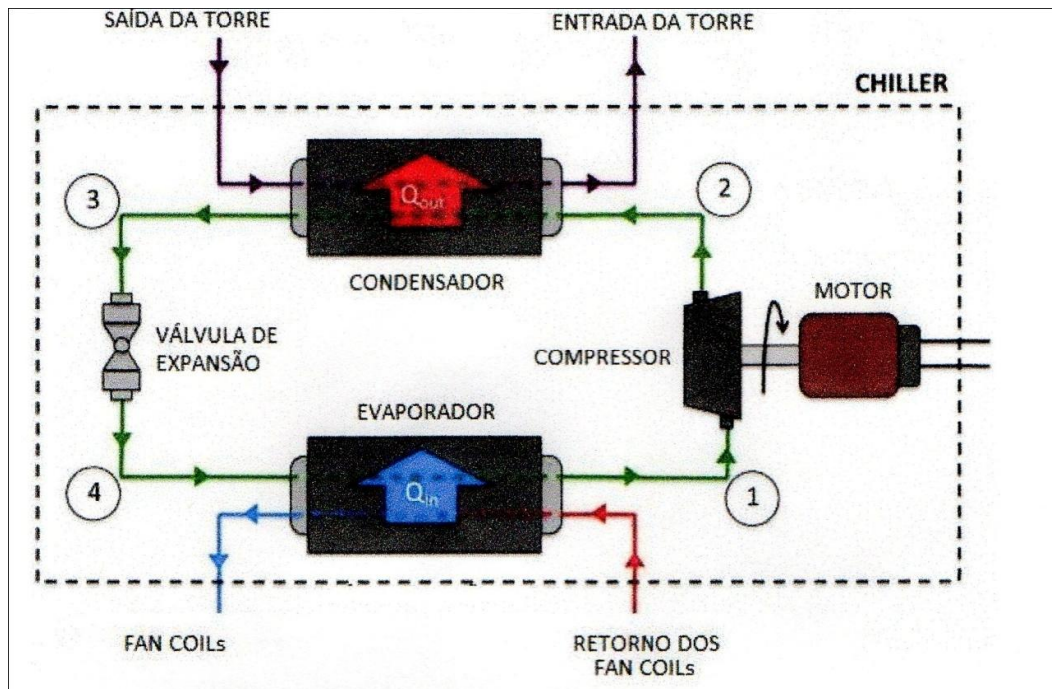
Fonte: A Autora.

### 3.3.4 FUNCIONAMENTO DO *CHILLER*

Segundo Barbosa (2013), a constituição do ciclo de refrigeração, como sendo composto por três fluxos de fluidos: O fluido refrigerante que aparece em verde, circula através de vários componentes do resfriador, completando o ciclo de compressão a vapor. Já no evaporador, o refrigerante absorve o calor do fluxo de água, mudando de líquido para vapor, o processo de absorção de calor está representado pela seta azul,  $Q_{in}$ , resfriando assim, a água do fluxo primário, que subsequentemente é encaminhado para as unidades de tratamento de ar e permutadores de calor. Após a passagem pelo evaporador o refrigerante passa através do compressor, dessa forma a temperatura e a pressão são elevadas. Seguidamente, no condensador, o fluxo refrigerante passa de vapor para líquido, nessa fase o refrigerante perde calor para a água do condensador, conforme representado pela seta vermelha,  $Q_{out}$ . A torre de resfriamento evaporativo resfria a água que passa pelo condensador, absorvendo calor do refrigerante. A Figura 6 apresenta o funcionamento básico do *chiller*



Figura 06: Ciclo de Refrigeração do *Chiller*.



Fonte: Barbosa (2013).

### 3.3.5 PRINCÍPIOS DA TERMOACUMULAÇÃO

Segundo Kobayakawa (2011), o objetivo da termoacumulação é promover a economia financeira através da transformação de energia da elétrica em energia térmica, sendo acumulada e utilizada de acordo com a necessidade, geralmente, no horário de ponta de carga, deslocando o consumo do horário de ponta para um horário fora de ponta, dessa forma reduz os custos no consumo de energia elétrica.

A termoacumulação funciona com calor sensível (tanque de água) ou calor latente (tanque de gelo). No caso do calor sensível requer uma maior temperatura, necessitando assim uma maior quantidade de massa por unidade de energia armazenada, dessa forma o seu volume é aumentado (BARBOSA, 2013).

### 3.3.6 FATOR DE INCRUSTAÇÃO

Incrustação é o depósito de material particulado em escala indesejável no interior do trocador de calor que aumenta substancialmente a resistência à transferência de calor e ao escoamento, contribuindo para o aumento da perda de carga sobre o fluido e reduzindo o desempenho térmico e hidráulico. As incrustações se fixam tanto dentro quanto fora dos tubos (BERALDI, 2011).

Define-se fator de incrustação como um coeficiente associado a resistência térmica devido de formação de incrustações no equipamento. Tal fator depende diretamente da qualidade da água (VENTURINI; PIRANI, 2005). Observa-se que a água utilizada no equipamento, proveniente da rede estadual de abastecimento, é responsável pela deposição de partículas ao longo da tubulação, sendo responsável pelo aumento do fator de incrustação do sistema de refrigeração.

A Figura 7 mostra a entrada do equipamento e a incrustação gerada através da passagem da água proveniente da rede de abastecimento.

Figura 7: Incrustação na entrada do *chiller*.



Fonte: [https://fotos.habitissimo.com.br/foto/manutencao-chiller-carrier-30-gx\\_813122](https://fotos.habitissimo.com.br/foto/manutencao-chiller-carrier-30-gx_813122)( 2015).

### 3.3.7 EMPREENDIMENTO OBJETO DE ESTUDO

O Empreendimento foi inaugurado no dia 29 de maio de 2009, projeto iniciado em 2006, trouxe para Caruaru um conceito moderno e arrojado de centro de compras, localizado no coração da cidade o empreendimento conta com mais de 110 lojas distribuídas nos três pisos existentes, praça de alimentação e cinema.

Para atender as necessidades dos usuários em relação ao conforto térmico, eles optaram pelo modelo *CHILLER*, por serem mais eficientes em áreas de grande porte e grande fluxo de pessoas, preocupados também com a economia de energia e água. Como o equipamento funciona com água gelada tanto para atender as lojas quanto as áreas comuns, foi construído em um terreno atrás do condomínio (conforme planta), uma Central de Água Gelada (CAG), com três torres de resfriamento e um tanque de termoacumulação, o sistema recebe água de um reservatório alimentado pela COMPESA, devido à alta demanda o a água ao passar pelos trocadores de calor com o gás refrigerante chega à temperatura ideal e fica na torres que de lá vai para as lojas e corredores através de tubulações de aço carbono revestidos com um isolamento para ajudar a manter a temperatura até as casas de máquinas, onde passam por serpentinas e chagam ao mall como umidade, nesse processo das casas de máquinas ocorre à condensação, no projeto não foi contemplado um sistema de reaproveitamento da água. Foi identificado durante a manutenção que o sistema vem sofrendo incrustações devido à água ser carregada de materiais particulados, dessa forma a empresa busca soluções que torne o sistema mais eficiente e a redução do desperdício.

A Figura 8 Representa a localização geográfica da CAG em relação ao empreendimento.



A Figura 9 mostra uma das torres de resfriamento, responsável pelo início do processo de resfriamento.

Figura 9: Torre de Resfriamento.



Fonte: A Autora.

O processo de fluxo na torre é transversal, e o fluxo de ar e água são perpendiculares um ao outro. Nesse sistema o ar é induzido a passar por todo o equipamento, entrando em contato com a água que é pulverizada, em seguida é expelido pelo ventilador que fica no topo do eixo central da torre. É necessário notar que o ar que sai torre será saturado com água, portanto, mais quente do que quando entrou, o ar exausto entra em contato com a atmosfera, é esfriado novamente, produzindo um nevoeiro com a água condensada (BARBOSA, 2013).

O sistema possui três de torres de resfriamento, sendo que apenas duas estão em funcionamento, pois serve de backup no sistema.

A torre de resfriamento além de resfriar também é responsável por tratar a água que sai do *chiller*, pois a mesma além de aquecida sai dura, devido material particulado e sais absorvidos no equipamento, os produtos ajudam na decantação do material particulado e tratamento microbiológico, como os resíduos decantam e acumulam-se no fundo das torres, este deve ser descartado, produzindo a purga, que é a água residual do processo e é inutilizável.

Devido à evaporação que ocorre especialmente em dias muito quentes é necessário que seja sempre completada com a água do reservatório. A água que evaporava era de aproximadamente 45 mil litros, o equivalente a três caminhões pipas de 15 mil litros.

### 3.4.3 TANQUE DE TERMOACUMULAÇÃO

O tanque de termoacumulação conforme projeto tem capacidade para acumular aproximadamente 1.300,00 metros cúbicos de água, como o volume deve ser constante o tanque também recebe água do reservatório, a temperatura no tanque fica entre 10° C e 11°C, o tanque é parte complementar do projeto de utilização de *chillers*, pois toda água que é gelada por ele fica no tanque, para posteriormente com o sistema ligado ser transportada para as casas de máquinas onde ficam os *fancoils*, como também para alimentar o sistema das lojas do empreendimento.

A Figura 10 mostra o tanque de termoacumulação do empreendimento.

Figura 10: Tanque de Termoacumulação.



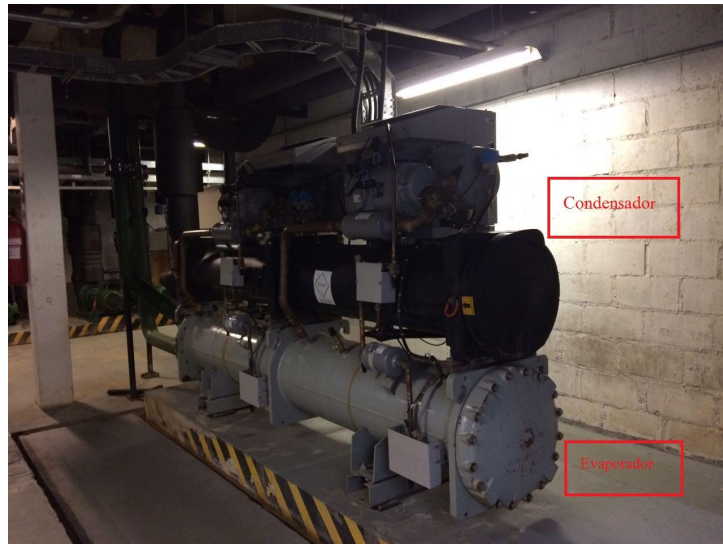
Fonte: A Autora.



### 3.4.4 CHILLER

A Figura 11 representa o conjunto de chiller com condensador e evaporador.

Figura 11: Unidade de condensação e evaporação.



Fonte: A Autora.

O chiller é considerado o coração da CAG, pois é o responsável pela troca de calor. Existem dois tipos de sistema de água gelada, no sistema primário, o fluido circula pelo resfriador e no secundário o fluido circula pelo prédio e retorna para o sistema primário, fechando assim o ciclo (LINS; CAIAFA, 2016).

No *chiller* a água chega a uma temperatura aproximada de 20°C e sai variando entre 6°C e 7°C, direto para o tanque de acumulação.

O sistema de refrigeração do empreendimento apesar de possuir três *chillers*, trabalha com um modelo casco e tubo de 400TR, o outro também de 400TR, que funciona como backup, complementando o primeiro chiller, tem-se um de modelo parafuso de 140TR, juntos gelam aproximadamente 700 toneladas de água por hora. Os *chillers* estão dispostos em paralelo, o fluido utilizado é o gás refrigerante HFC R-134a.

Através de tubulações com isolamento térmico a água gelada nos *chillers* vai para o tanque de termoacumulação.

Neste ponto existem dois sistemas de tubulações chamados de saída e retorno, o de saída a água vai para as casas de máquinas localizadas no Shopping e para as lojas que também possuem *fancoils*, pela tubulação de retorno toda água que alimentou o sistema de refrigeração volta aquecida para o *chiller* a uma temperatura aproximada de 20°C.

### 3.4.5 CASAS DE MÁQUINAS

Segundo Lins e Caiafa (2016), *fancoils* são as unidades de tratamento de ar, o sistema é composto por ventilador e trocador de calor, define o tratamento do ar função de resfriar, desumificar e resfriar o ar.

De acordo com Lins e Caiafa(2016), o fancoil é composto por cinco componentes:

- O primeiro é uma caixa que é responsável por misturar o ar de retorno do ambiente condicionado com o ar externo;
- O segundo é a serpentina de resfriamento, destinada a passagem da água gelada oriunda do chiller, para resfriar o ar que chega da caixa de mistura;
- O terceiro é chamado de umidificador, responsável por umidificar o ar, caso haja a necessidade, pois depende da umidade relativa desejada;
- O quarto componente é um dispositivo que aquece o ar, que é usado quando as cargas latentes forem altas ou caso seja necessário um ajuste fino na temperatura da zona;
- O quinto e último é o ventilador, responsável pelo insuflamento do ar dentro da zona.

A Figura 12 representa o fancoil localizado nas casas de máquinas e uma parte dos dutos de insuflamento de ar quente, a Figura 13 detalha a UTAE.



Figura 12: UTAR – Unidade de Tratamento de Ar de Recirculação.



Fonte: A Autora

Figura 13: UTAE - Unidade de Tratamento de Ar Exterior.



Fonte: A Autora

O empreendimento possui 21 unidades de *fancoils* distribuídos nos 3 pavimentos, conforme tabela abaixo:

Tabela 01: Distribuição dos *fancoils*.

<b>Capacidade</b>	<b>Local Atendido</b>
FANCOIL UTAR 01/T 25 TR	Mezanino térreo
FANCOIL UTAR 02/T 25 TR	Mezanino térreo
FANCOIL UTAR 03/T 25 TR	Mezanino térreo
FANCOIL UTAR 04/T 30 TR	Mezanino térreo
FANCOIL UTAR 01/1 30 TR	3º PAVIMENTO
FANCOIL UTAR 02/1 25 TR	Mezanino 1º
FANCOIL UTAR 03/1 30 TR	Mezanino 1º
FANCOIL UTAR 04/1 30 TR	Mezanino 1º
FANCOIL UTAR 05/1 25 TR	3º PAVIMENTO
FANCOIL UTAR 06/1 25 TR	3º PAVIMENTO
FANCOIL UTAR 07/1 25 TR	3º PAVIMENTO
FANCOIL UTAR 08/1 25 TR	3º PAVIMENTO
FANCOIL UTAE 01/T 25 TR	Mezanino 1º
FANCOIL UTAE 02/T 25 TR	Mezanino térreo
FANCOIL UTAE 01/1 25 TR	Mezanino 1º
FANCOIL UTAE 02/1 25 TR	3º PAVIMENTO
FANCOIL UTAE 03/1 25 TR	3º PAVIMENTO

Fonte: Dados da Pesquisa

### 3.4.6 ÁGUA DE CONDENSAÇÃO

Segundo Fortes, et al, (2015), a condensação ocorre durante a passagem de ar pela serpentina do evaporador, que muda a temperatura durante contato, assim, gera a água que escoar para o ambiente externo por um sistema de tubulação específico.

A Figura 14 mostra o direcionamento da água condensada até o ralo de drenagem.

Figura 14: Dreno do *fancoil*.



Fonte: A Autora.

### 3.4.7 CONJUNTO DE BOMBAS

Os modelos de bombas centrífugas são os mais utilizados em sistemas de ar condicionado que do tipo CAG, as bombas são responsáveis pela circulação da água em todo o sistema, podem ser instaladas de quatro a seis bombas, mantendo-se de duas a três bombas como reserva, porém, para garantir a eficiência energética pode-se aumentar o número de bombas instaladas (LINS; CAIAFA, 2016).

Segundo Martorelli Júnior (2015) a bomba converte a energia fornecida através de um motor primário, geralmente elétrico, em energia, dessa forma movimenta o fluido recebido a baixa pressão e velocidade pela sucção da bomba pelo seu rotor, assim, o fluido ganha energia cinética, pressão e energia potencial.

### 3.4.8 FUNÇÕES DAS BOMBAS

De acordo com Lins; Caiafa (2016), o conjunto de bombas pode ser primário, secundário e de condensação, conforme abaixo:

- Primárias – Tem a função de aspirar e bombear a água oriunda do reservatório do prédio, enviando para o evaporador do chiller, que em seguida será arrefecida após trocar calor com o gás refrigerante;

- Secundárias- Tem a função de encaminhas a água que sai do chiller para alimentar o resto do sistema;
- Condensação- As bombas de condensação são utilizadas em sistemas que operam apenas com água, sua função é fazer circular a água que vai do condensador para a torre de resfriamento.

A Figura 15 Representa o conjunto de bombas primárias, secundárias e de condensação.

Na Figura 15: Conjunto de bombas.



Fonte: A Autora.

### 3.4.9 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O ciclo é considerado concluído quando a água retorna para o chiller, a água chega a uma temperatura de aproximadamente 20°C, então o processo é reiniciado, assim, é confirmado como processo fechado.

As tubulações utilizadas em todo sistema de água gelada devem ser isoladas com espuma elastomérica, os dutos devem ser confeccionados em chapa galvanizada e isoladas com manta de lã de vidro que possua alta resistência para isolamento térmico.

### 3.4.10 INCRUSTAÇÕES

Observa-se que a água utilizada no equipamento, proveniente da rede estadual de abastecimento, é responsável pela deposição de partículas ao longo da tubulação, sendo responsável pelo aumento do fator de incrustação do sistema de refrigeração.

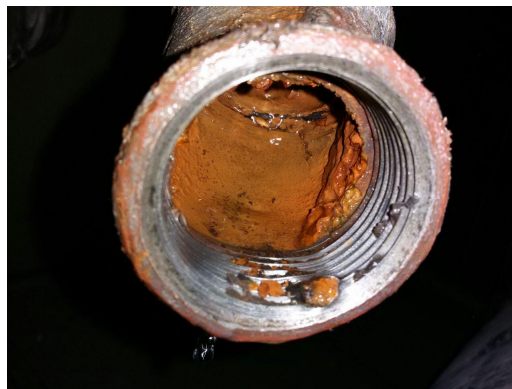
As Figuras 16 e 17 mostram a entrada do equipamento e nas conexões a incrustação gerada pela da passagem da água proveniente da rede de abastecimento.

Figura 16: Incrustação no *chiller*.



Fonte: A Autora.

Figura 17: Conexão com incrustação.



Fonte: A Autora.

## 4. MÉTODOS E TÉCNICAS DA PESQUISA

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

A Figura 18 mostra uma vista aérea da central de água de gelada, localizada na Rua Pedro Jordão, no Bairro Mauricio de Nassau, especificamente por trás do empreendimento.

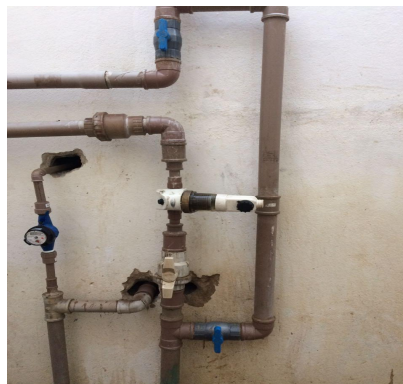
Figura 18: Vista aérea da CAG.



Fonte: A Autora.

A água vinda do reservatório para a CAG passa por um processo de filtração para retenção do material particulado, antes de ser bombeada para as torres de resfriamento. A figura 19 mostra o filtro de entrada da água para o sistema.

Figura 19: Filtro de retenção.



Fonte: A Autora.

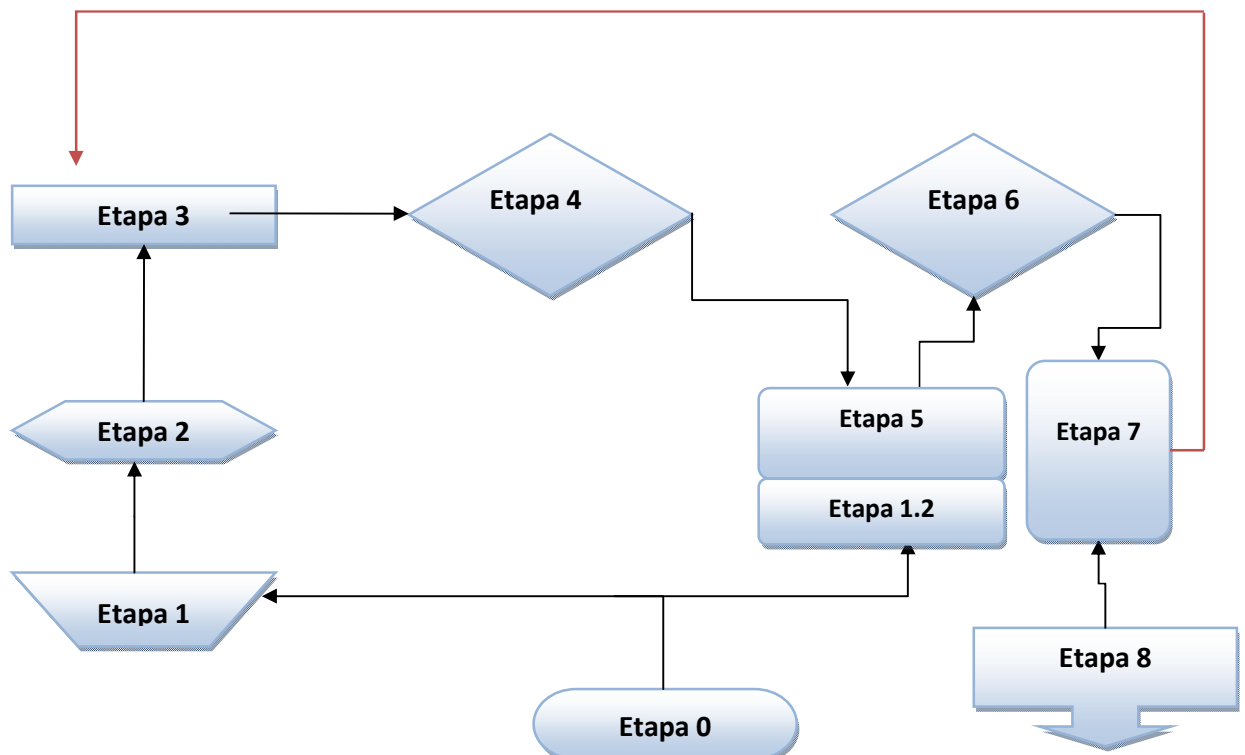


## 4.2 ANÁLISES DE DADOS

### 4.2.1 FLUXOGRAMA DO PROCESSO

Na Figura 20 serão apresentadas todas as etapas e equipamentos utilizados durante o processo de refrigeração utilizando os equipamentos que compõem o sistema *chiller*.

Figura 20: Fluxograma do processo.



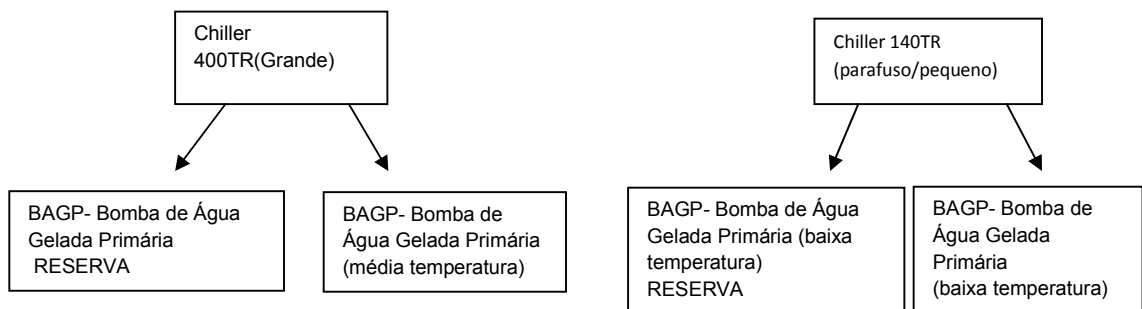
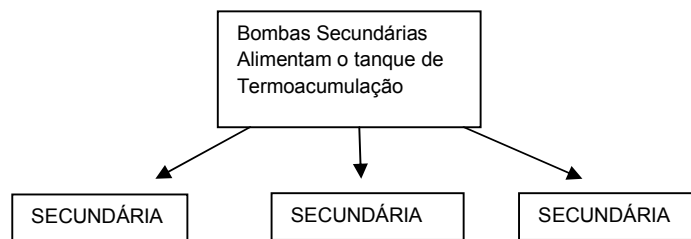
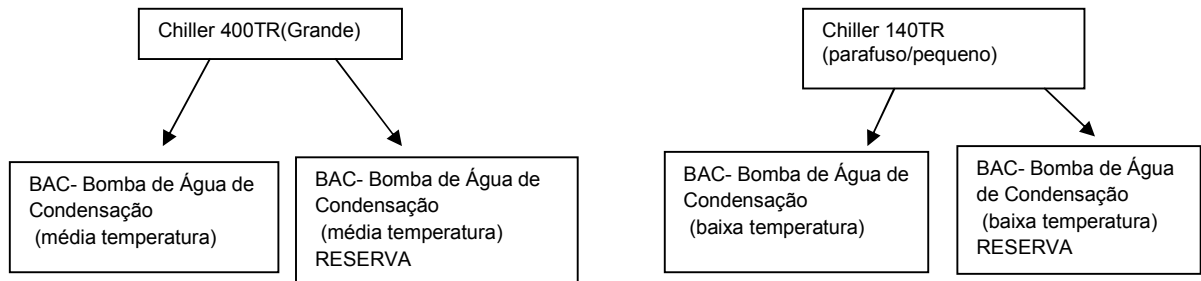
Fonte: A Autora.

#### 4.2.2 LEGENDA DO FLUXOGRAMA:

0 – Reservatório Principal;  
1- Torres de Resfriamento;  
1.2-Complemento do Tanque de Termoacumulação;  
2- Bombas de Condensação;  
3- Chiller – Unidades de condensação e evaporação;

4- Bombas Primárias;  
5- Tanque de Termoacumulação;  
6- Bombas Secundárias;  
7- Casas de Máquinas;  
8- Águas da Condensação

#### 4.2.3 DISTRIBUIÇÃO DAS BOMBAS E SUAS RESPECTIVAS FUNÇÕES



#### 4.2.4 HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO

O horário de funcionamento da CAG é das 9:00 horas da manhã até as 22:00 horas, distribuídos conforme descrito abaixo:

No horário fora de Ponta:

Chillers

9:00 às 17:30;



20:30 às 21:30;

Bombas 9:00 às 22:00;

HP- Horário de Ponta: Nesse horário o sistema é todo desligado, utilizando-se apenas a água do tanque de termoacumulação, salientando que deve ser observado se a quantidade de água é suficiente para suprir as necessidades do empreendimento. O horário entre as 17:30 e 20:30 de acordo com a concessionária de energia elétrica é o período em que a demanda diária aumenta muito, por isso que as empresas fazem uso de geradores.

*Chillers*

*Desliga das 17:30 às 20:30;*

Devido aplicação da termoacumulação as torres de resfriamento entram em funcionamentos apenas a partir do meio dia.

#### 4.3 QUANTIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS QUE COMPÕEM O SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

O sistema de refrigeração projetado para o empreendimento foi a CAG, como podemos observar na tabela abaixo sua forma de composição e o fluxograma de funcionamento, como pode ser visualizado na Tabela 02.

Tabela 02: Quantidades dos equipamentos que compõem a CAG

QUANTIDADE	EQUIPAMENTO
3	(URL) Unidades resfriadoras de líquidos
3	Torres de resfriamento
1	Tanque de termoacumulação
11	Moto-bombas
2	Trocador de calor chiller casco e tubo de 400TR
1	Trocador de calor chiller parafuso de 140 TR
17	Fancoils: UTAR E UTAE

Fonte: Dados da pesquisa.

## 4.4 LEITURAS REALIZADAS

### 4.4.1 RESERVATÓRIO

Para a quantificação volumétrica da água que abastece o sistema, foram realizadas leituras dos hidrômetros instalados em locais apropriados, em horários fixos estabelecidos, com 10 minutos de duração, com a finalidade de estabelecer uma média para o consumo de água de abastecimento por hora de funcionamento do equipamento.

### 4.4.2 TANQUE DE TERMOACUMULAÇÃO

Para a quantificação volumétrica da água que abastece o tanque de acumulação, foram realizadas leituras dos hidrômetros instalados em locais apropriados, em horários fixos estabelecidos, com 10 minutos de duração, com a finalidade de estabelecer uma média para o consumo de água que é utilizada no equipamento para mantê-lo em estado estacionário.

### 4.4.3 LEITURA REALIZADA NAS CASAS DE MÁQUINAS (ÁGUA CONDENSADA)

Para a quantificação volumétrica da água que é condensada nos fancoils, foram realizadas leituras utilizando dispositivos de volume fixo, e realizou-se um monitoramento em seu tempo de preenchimento de volume total, com a finalidade de estabelecer uma média para geração de água que é produzida durante o processo de troca térmica no equipamento.

### 4.4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Foram coletadas amostras de água em quatro pontos distintos conforme descritos mais adiante, como também foram analisadas amostras de três fornecedores de água de fonte própria. As análises foram de Aparência, pH, Dureza Total ( $\text{CaCO}_3$ ), Dureza de Cálcio (Ca), Condutividade, Sólidos Totais Dissolvidos (S.T.D.), Temperatura, Alcalinidade (M), Cloretos (Cl), Ferro (Fe), Sílica ( $\text{SiO}_2$ ), Bactérias Totais, em três amostras ainda foram analisadas o Molibdênio e Langelier (LSI).

As análises foram realizadas pelo consultor técnico do empreendimento que utiliza o aparelho HACH DR/980, distribuído pela empresa NHC Brasil, no qual também fornece os reagentes, obedecendo os parâmetros da legislação em vigor, especificamente a Portaria

518/MS de 25 março de 2014 e a RDC 274 da ANVISA (2005), segundo o mesmo tem precisão de 100% e realiza 117 análises.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 LEITURAS REALIZADAS NOS HIDRÔMETROS PRINCIPAIS

As Tabelas 3 e 4 apresentam os dados coletados durante as leituras realizadas nos hidrômetros 1 e 2 posicionados em pontos estratégicos do sistema, afim de detectar o consumo de água no intervalo aproximado de 24h.

Tabela 03: Leituras do hidrômetro geral.

Hidrômetro 1	Hidrômetro Geral						
	DATA 1	HORARIO 1	LEITURA 1 (m <sup>3</sup> )	DATA 2	HORARIO 2	LEITURA 2 (m <sup>3</sup> )	
	18/03/2017	11:55	9911,408	18/03/2017	12:05	9912,025	0,617
	19/03/2017	11:05	9924,886	19/03/2017	11:15	9924,886	0
	20/03/2017	11:45	10040,011	20/03/2017	11:55	10040,635	0,624
	21/03/2017	11:50	10052,878	21/03/2017	12:00	10053,497	0,619
	22/03/2017	12:00	10066,359	22/03/2017	12:00	10066,984	0,625
	23/03/2017	12:05	10079,829	23/03/2017	12:15	10080,45	0,621
	24/03/2017	12:00	10094,108	24/03/2017	12:10	10094,727	0,619

Fonte: Dados da pesquisa

O hidrômetro geral é uma forma de controlar e acompanhar o volume diário da água que vai do reservatório para a CAG, pois dessa forma pode-se buscar formas de minimizar e/ou reduzir desperdícios, como também tornar mais eficiente.

Na análise do volume do dia 19/03/2017, foi apresentado um valor igual a zero, ao investigar, observou-se que foi um domingo, dia em que o shopping abre mais tarde e fecha mais cedo, não sendo necessário consumo de água pelo sistema.

Para verificar a vazão média horária, foi realizado o seguinte cálculo:

$$Q=V/t;$$

Equação (1)

Onde:

Q = vazão, dada em m<sup>3</sup>/h;

V = volume, dado em m<sup>3</sup>;

t = tempo de escoamento, dado em hora.

Foram feitas transformações de unidades sempre que necessário.

A média encontrada conforme a tabela acima foi de aproximadamente 3,13 m<sup>3</sup>/h.

Tabela 04: Leituras do hidrômetro do tanque de termoacumulação.

Hidrômetro 2		Entrada Tanque				
DATA 1	HORARIO 1	LEITURA 1	DATA 2	HORARIO 2	LEITURA 2	Volume (m <sup>3</sup> )
18/03/2017	10:40	1535,66	18/03/2017	10:50	1535,76	0,1
19/03/2017	10:35	1552,81	19/03/2017	10:45	1552,93	0,12
20/03/2017	10:45	1555,61	19/03/2017	10:55	1555,72	0,11
21/03/2017	10:50	1575,57	20/03/2017	11:00	1575,69	0,12
22/03/2017	10:55	1589,9	21/03/2017	11:05	1590,02	0,12
23/03/2017	11:00	1606,92	22/03/2017	11:10	1607,02	0,1
24/03/2017	10:50	1624,18	23/03/2017	11:00	1624,28	0,1

Fonte: Dados da pesquisa.

As referidas leituras foram realizadas para quantificar o volume diário que o tanque recebe para complementação necessária para que seja mantido o volume exigido pela planta, alguns fatores devem ser levados em consideração para o aumento ou não desse volume, tais como:

- Temperatura externa: quanto mais quente o ambiente externo, mais água gelada será necessária;
- Tubulações: caso haja algum vazamento tanto no caminho percorrido, quanto nas casas de máquinas, haverá perda de água;
- Serpentinhas: localizadas nos fancoils, são responsáveis pela passagem da água na unidade, caso ocorra furos ou trincas também haverá perda de água.

O resultado do somatório da tabela acima de que o tanque de termoacumulação recebe cerca de aproximadamente 15,6 m<sup>3</sup> por dia, para complementação do seu volume.

A termoacumulação é realizada diariamente no horário que vai da meia noite até as seis da manhã, por ser noturno a perda de água por evaporação é quase zero, o consumo de energia também é menor, devido a temperatura externa estar baixa, assim, não é necessário

que todo o sistema esteja ligado no início do horário de funcionamento do empreendimento, dessa forma ligam-se apenas as bombas secundárias que mandam água gelada para a casa de máquinas.

## 5.2 QUANTIFICAÇÃO DE ÁGUA NOS FANCOILS

A Tabela 05 e 06 apresenta os dados coletados durante as quantificações de vazões realizadas nas 17 unidades de tratamentos de ar, as leituras foram realizadas pela manhã, nos horários entre 9:00 e 10:30, nas 12 unidades de recirculação UTAR e nas 5 unidades de tratamento de ar exterior UTAE, que compõem o sistema de refrigeração.

Tabela 05: Leituras UTAR.

<b>Capacidade</b>	<b>Local Atendido</b>	<b>Volume mL/S</b>
FANCOIL UTAR 01/T 25 TR	Mezanino térreo	200ml/78s
FANCOIL UTAR 02/T 25 TR	Mezanino térreo	200ml/80s
FANCOIL UTAR 03/T 25 TR	Mezanino térreo	200ml/170s
FANCOIL UTAR 04/T 30 TR	Mezanino térreo	200ml/68s
FANCOIL UTAR 01/1 30 TR	3º PAVIMENTO	200ml/75s
FANCOIL UTAR 02/1 25 TR	Mezanino 1º	200ml/59s
FANCOIL UTAR 03/1 30 TR	Mezanino 1º	200ml/72s
FANCOIL UTAR 04/1 30 TR	Mezanino 1º	200ml/76s
FANCOIL UTAR 05/1 25 TR	3º PAVIMENTO	200ml/76s
FANCOIL UTAR 06/1 25 TR	3º PAVIMENTO	200ml/35s
FANCOIL UTAR 07/1 25 TR	3º PAVIMENTO	200ml/105s
FANCOIL UTAR 08/1 25 TR	3º PAVIMENTO	200ml/50s

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 06: Leituras UTAE.

<b>Capacidade</b>	<b>Local Atendido</b>	<b>Volume mL/S</b>
FANCOIL UTAE 01/T 25 TR	Mezanino 1º	200ml/75s
FANCOIL UTAE 02/T 25 TR	Mezanino térreo	200ml/90s
FANCOIL UTAE 01/1 25 TR	Mezanino 1º	200ml/98s
FANCOIL UTAE 02/1 25 TR	3º PAVIMENTO	200ml/55s
FANCOIL UTAE 03/1 25 TR	3º PAVIMENTO	200ml/26s

Fonte: Dados da pesquisa.

As leituras foram realizadas individualmente por unidade de resfriamento existentes nas casas de máquinas no período da manhã, logo após abertura do shopping, para analisarmos quantitativamente o volume gerado em todo período em que o sistema está operando, para que possamos verificar a viabilidade de construção de um sistema coletor para a água e assim reutilizar tanto no mesmo processo ou em outros pontos do empreendimento.

Analisando os dados obtidos nas tabelas 5 (UTAR) e 6 (UTAE), foi obtida uma vazão mensal de aproximadamente 68.000 L/mês, sendo utilizada a equação 1 para chegar neste valor. Levando-se em consideração que no horário matutino as máquinas ao serem ligas estão frias e o sistema leva um tempo para chegar à máxima operação.

Foram utilizadas três amostras de unidades de resfriamento para realizar leituras em outro horário, afim de quantificarmos as vazões ao longo de todo o período de operação das unidades, sendo assim, obtive-se valores diferentes, como pode ser observado nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 07: Leitura realizada pela manhã.

<b>Capacidade</b>	<b>Local Atendido</b>	<b>Volume (mL)</b>	<b>Tempo (s)</b>
FANCOIL <b>UTAR</b> 06/1 25 TR	3° PAVIMENTO	200	35
FANCOIL <b>UTAR</b> 08/1 25 TR	3° PAVIMENTO	200	50
FANCOIL <b>UTAE</b> 03/1 25 TR	3° PAVIMENTO	200	26

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 08: Leitura realizada no horário da tarde.

<b>Capacidade</b>	<b>Local Atendido</b>	<b>Volume mL/S</b>	<b>Tempo (s)</b>
FANCOIL <b>UTAR</b> 06/1 25 TR	3° PAVIMENTO	500	30
FANCOIL <b>UTAR</b> 08/1 25 TR	3° PAVIMENTO	500	100
FANCOIL <b>UTAE</b> 03/1 25 TR	3° PAVIMENTO	500	26

Fonte: Dados da pesquisa.

Para as leituras no horário da tarde as máquinas foram escolhidas aleatoriamente, porém no mesmo pavimento para facilitar o deslocamento, de acordo com as tabelas foi realizado o cálculo para verificar a vazão horária, de acordo com a equação 1.

Considerando as unidades de UTAR obtivemos uma média de 4,69 mL/s isso corresponde à 16,88 L/h, já para a UTAE obteve-se a vazão média de 13,46 mL/s o que corresponde à 48,45 L/h. Considerando que o sistema possui 12 unidades de UTAR (12\*16,88 L/h) encontramos uma vazão de 202,56 L/h, considerando 5 unidades de UTAE

(5\*48,45 L/h) a vazão média calculada é de 242,25 L/h. O sistema de refrigeração permanece em operação 12 h diárias 30 dias por mês em média, com este dado chegou-se a vazão média mensal de:  $[(202,56 + 242,25) * 12 * 30] = 160.131,6$  L de água/ mês.

O valor encontrado acima poder ser maior, pois devido a problemas nas casas de máquinas as serpentinas estão passando por manutenção, o volume provavelmente é maior com o sistema operando 100%, e se o projeto também incluir as máquinas das lojas a quantidade de água condensada seria maior.

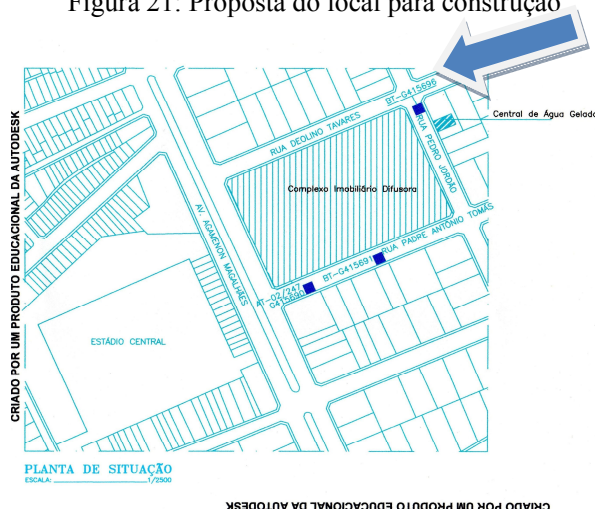
### 5.3 PROPOSTA DO SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO.

O empreendimento faz uso, além da água de abastecimento público, de caminhões pipa adquiridos de forma privada para complementação do quantitativo consumido diariamente pelo mesmo, portanto, com a execução do referido projeto, que pode ser construído na área lateral do jardim ou em um imóvel localizado ao lado da CAG, de propriedade do grupo empreendedor, como pode ser visualizado na Figura 22.

O setor que mais sofre com problemas da água é o de refrigeração, dessa forma, seria o maior beneficiado no projeto, podendo melhorar o funcionamento dos equipamentos pertencentes ao mesmo.

Figura 21: Proposta de local para construção de um reservatório para acomodar a água de condensação.

Figura 21: Proposta do local para construção



Fonte: Autora.

A vazão diária média de água condensada nas unidades UTAR e UTAE (casa de máquinas) é de 5.337,72 L/dia, para o armazenamento deste volume de água, sugere-se a construção de um reservatório subterrâneo, na localização que pode ser vista na figura 22, com as dimensões de 3m de largura, 6m de comprimento e 3m de profundidade, o que seria suficiente para comportar a vazão diária por aproximadamente 10 dias. Para a captação da água de condensação das unidades de tratamento de ar, um sistema de tubulações que interliguem todas as UTs de forma de toda a água seja direcionada para o reservatório através de forças gravitacionais ou de sistemas de bombeamento.

#### 5.4. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As Tabelas 09, 10 e 11 apresentam análises físico-químicas realizadas na água fornecida por três fornecedores externos, enfatizando que o meio de transporte utilizado é um caminhão pipa com capacidade para 15 mil litros, com o tanque revestido de inox, pertencente ao empreendimento os padrões adotados para comparações estão em conformidade com a Portaria de 25 de março de 2004 e RDC 274 da ANVISA.

Tabela 09: Fornecedor externo 01.

<b>Itens</b>	<b>Fornecedor 1</b>	<b>PADRÕES DAS ANÁLISES</b>
Aparência	TURVA	INCOLOR
Ph	7,0	6,0 A 9,5
Dureza Total ( CaCO <sub>3</sub> )	215 PPM	< 500 PPM
Dureza de Calcio ( Ca )	195 PPM	< 100 PPM
Condutividade (µs/cm)	1338 µs/cm	50 A 1500 µs/cm
S.T.D.	1003 PPM	< 500 PPM
Temperatura	27 ° C	25 °C
Alcanidade M	20 PPM	< 100 PPM
Cloretos (CL)	400 PPM	< 250 PPM
Ferro (FE)	0,02 PPM	< 0,03 PPM
Silica (SIO <sup>2</sup> )	05 PPM	01 A 40 PPM
Bactérias Totais	10 <sup>2</sup>	AUSENTE

Fonte: Dados da Pesquisa.



Tabela 10: Fornecedor externo 02.

<b>Itens</b>	<b>Fornecedor 2</b>	<b>PADRÕES DAS ANALISES</b>
Aparência	TURVA	INCOLOR
pH	7,0	6,0 A 9,5
Dureza Total ( Ca CO <sub>3</sub> )	1012 PPM	< 500 PPM
Dureza de Calcio ( Ca )	975 PPM	< 100 PPM
Condutividade (µs/cm)	2862 µs/cm	50 A 1500 µs/cm
S.T.D.	2146 PPM	< 500 PPM
Temperatura	27 ° C	25 °C
Alcanidade M	15 PPM	< 100 PPM
Cloretos (CL)	540 PPM	< 250 PPM
Ferro (FE)	ZERO	< 0,03 PPM
Silica (SIO <sup>2</sup> )	54 PPM	01 A 40 PPM
Bactérias Totais	10 <sup>3</sup>	AUSENTE

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 11: Fornecedor externo 03.

<b>Itens</b>	<b>Fornecedor 3</b>	<b>PADRÕES DAS ANALISES</b>
Aparência	INCOLOR	INCOLOR
pH	5,0	6,0 A 9,5
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	10 PPM	< 500 PPM
Dureza de Calcio (Ca)	05 PPM	< 100 PPM
Condutividade (µs/cm)	50,23 µs/cm	50 A 1500 µs/cm
S.T.D.	37,67 ppm	< 500 PPM
Temperatura	26 °C	25 °C
Alcanidade M	05 PPM	< 100 PPM
Cloretos (CL)	20 PPM	< 250 PPM
Ferro (FE)	ZERO	< 0,03 PPM
Silica (SIO <sup>2</sup> )	19 PPM	01 A 40 PPM
Bactérias Totais	10 <sup>1</sup>	AUSENTE

Fonte: Dados da Pesquisa.

Nas análises representadas através das Tabelas 09, 10 e 11, foi constatado que a água dos fornecedores 1 e 2 está acima dos padrões permitidos em relação ao S.T.D., Dureza Total, Dureza de Cálcio, Condutividade, Cloreto e Silica, já o fornecedor 3 apresentou uma leve alteração no

pH da amostra, representando acidez na mesma. As alterações nesses parâmetros são responsáveis pelo aumento de incrustações em pontos do sistema de refrigeração quando não são tomadas as medidas de correção preventiva.

Nas Tabelas 12, 13 e 14 foram realizadas coletas mensais nos três condensadores, para acompanhar alterações que possam ser significativas e que venham a comprometer a eficiência do sistema ou danificar partes dos mecanismos que o compõem.

Tabela 12: Condensador 01

ITENS	14/02/17	07/03/17	04/04/17	PADRÕES DAS ANÁLISES
Aparência	AMBAR	AMBAR	AMBAR	
pH	8,0	8,5	8,0	6,0 A 9,5
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	475 PPM	425 PPM	375 PPM	<500 PPM
Dureza de Cálcio (Ca)	325 PPM	275 PPM	225 PPM	<100 PPM
Condutividade (µs/cm)	1696	1876	1754	50 A 1500µs/cm
S.T.D.	1272 PPM	1407 PPM	1315,5	<500 PPM
Temperatura	28°C	27°C	26°C	25°C
Alcalinidade M	50 PPM	50 PPM	50 PPM	<100 PPM
Cloretos (Cl)	300 PPM	320 PPM	280 PPM	<250 PPM
Ferro (Fe)	0,02 PPM	0,03 PPM	0,01 PPM	<0,03 PPM
Molibdênio	0,77 PPM	0,84 PPM	0,91 PPM	0,25 A 0,75 PPM
Langelier (LSI)	0,84 PPM	1,27	0,68	0,0 A 1,50
Sílica (SiO <sub>2</sub> )	18 PPM	21 PPM	18 PPM	01 A 40 PPM
Bactérias Totais	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	AUSENTE( <10 <sup>4</sup> (10.000 Col/ml)

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 13: Condensador 02.

ITENS	14/02/17	07/03/17	04/04/17	PADRÕES DAS ANÁLISES
Aparência	AMBAR	AMBAR	AMBAR	
pH	8,5	8,0	8,5	6,0 A 9,5
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	675 PPM	650 PPM	525 PPM	<500 PPM
Dureza de Cálcio (Ca)	525 PPM	515 PPM	415 PPM	<100 PPM
Condutividade (µs/cm)	2739	2678	1948	50 A 1500µs/cm
S.T.D.	2054,25 PPM	2008,5 PPM	1461 PPM	<500 PPM
Temperatura	27°C	27°C	26°C	25°C
Alcalinidade M	50 PPM	50 PPM	50 PPM	<100 PPM
Cloretos (CL)	1200 PPM	980 PPM	760 PPM	<250 PPM
Ferro (FE)	0,02 PPM	0,03 PPM	0,02 PPM	<0,03 PPM
Molibdênio	1,21 PPM	1,16 PPM	1,21 PPM	0,25 A 0,75 PPM
Langelier (LSI)	1,53 PPM	1,02	1,44	0,0 A 1,50
Sílica (SiO <sub>2</sub> )	30 PPM	28 PPM	21 PPM	01 A 40 PPM
Bactérias Totais	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	AUSENTE( <10 <sup>4</sup> (10.000 Col/ml)

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 14: Condensador 03.

ITENS	14/02/17	07/03/17	04/04/17	PADRÕES DAS ANÁLISES
Aparência	AMBAR	AMBAR	AMBAR	
pH	8,5	8,0	8,0	6,0 A 9,5
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	650 PPM	575 PPM	475 PPM	<500 PPM
Dureza de Cálcio (Ca)	425 PPM	375 PPM	325 PPM	<100 PPM
Condutividade (µs/cm)	2863	2734	2108	50 A 1500µs/cm
S.T.D.	2147,25 PPM	2050,5 PPM	1581 PPM	<500 PPM
Temperatura	27°C	27°C	26°C	25°C
Alcalinidade M	50 PPM	50 PPM	50 PPM	<100 PPM
Cloretos (CL)	500 PPM	420 PPM	320 PPM	<250 PPM
Ferro (FE)	0,03 PPM	0,01 PPM	0,02 PPM	<0,03 PPM
Molibdênio	1,16 PPM	1,21 PPM	1,23 PPM	0,25 A 0,75 PPM
Langelier (LSI)	1,44 PPM	0,88	0,83	0,0 A 1,50
Sílica (SiO <sub>2</sub> )	32 PPM	34 PPM	29 PPM	01 A 40 PPM
Bactérias Totais	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	AUSENTE ( <10 <sup>4</sup> (10.000 Col/ml)

Fonte: Dados da Pesquisa.

De acordo com as Tabelas 12, 13 e 14, podemos observar altos níveis de dureza e metais presentes nos 3 condensadores, uma das causas é confirmada nas análises de água dos fornecedores, pode-se dizer que é praticamente barro puro, portanto, como já foi mencionado anteriormente no item 4.1, assim, diante dos resultados podemos afirmar que filtro não está sendo suficiente. Em relação aos metais, foi identificado problemas de corrosão nos condensadores e oxidação na tubulação, fazendo com que as partículas se misturem a água na rede. Os produtos utilizados para cada fase do tratamento da água que alimenta o sistema vão desde o controle microbiológico até inibidores de corrosão.

A Tabela 15 apresenta a análise da água do termoacumulador realizada em meses consecutivos para acompanhar possíveis mudanças nos padrões de análise.

Tabela 15: Análise Termoacumulador.

ITENS	14/02/17	07/03/17	04/04/17	PADRÕES DAS ANÁLISES
Aparência	TURVA	TURVA	TURVA	
pH	8,0	8,5	8,6	6,0 A 9,5
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	650 PPM	575 PPM	475 PPM	<500 PPM
Dureza de Cálcio (Ca)	425 PPM	375 PPM	325 PPM	<100 PPM
Condutividade (µs/cm)	1264	1316	1308	50 A 1500µs/cm
S.T.D.	948PPM	987 PPM	981 PPM	<500 PPM
Nitrito	324 PPM	654 PPM	372 PPM	225 A 1000PPM
Temperatura	27°C	28°C	25°C	25°C
Alcalinidade M	50 PPM	50 PPM	50 PPM	<100 PPM
Cloretos (CL)	500 PPM	420 PPM	320 PPM	<250 PPM
Ferro (FE)	0,01 PPM	0,02 PPM	0,01 PPM	<0,03 PPM
Sílica (SiO <sub>2</sub> )	08 PPM	07 PPM	09 PPM	01 A 40 PPM
Bactérias Totais	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	AUSENTE ( <10 <sup>4</sup> (10.000 Col/mL)

Fonte: Dados da Pesquisa.

A água apresentava-se turva durante a coleta da amostra, as análises de pH se apresentaram dentro dos padrões permitidos. Dureza total (CaCO<sub>3</sub>) apresentou duas das análises realizadas acima do valor permitido de 500 PPM. Para a Dureza de Cálcio (Ca), todas as análises realizadas apresentaram valor acima do que é permitido pelos padrões. As análises de condutividade se encontram dentro dos padrões estabelecidos. Todas as análises realizadas para sólidos totais dissolvidos (S.T.D.) estão acima dos padrões estabelecidos. As análises de nitrito estão de acordo com os padrões. A temperatura apresentou duas análises acima do permitido. Para as análises de alcalinidade, ferro e sílica estavam dentro dos parâmetros permitidos. Observa-se que os valores dos cloretos apresentaram acima dos padrões permitidos nas análises realizadas. A análise biológica realizada de coliforme totais estiveram abaixo do permitido conforme os padrões utilizados.

A Tabela 16 apresenta análise da água que sai do reservatório para alimentar a CAG, salientando que o mesmo recebe água não apenas da concessionária, mas também de fontes externas.

Tabela 16: Análise da alimentação principal.

ITENS	14/02/17	07/03/17	04/04/17	PADRÕES DAS ANÁLISES
Aparência	TURVA	TURVA	TURVA	
pH	7,0	6,5	6,3	6,0 A 9,5
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	650117,5 PPM	225 PPM	175 PPM	<500 PPM
Dureza de Cálcio (Ca)	97,5 PPM	150 PPM	125 PPM	<100 PPM
Condutividade (µs/cm)	1005	1218	876	50 A 1500µs/cm
S.T.D.	753,75 PPM	913,5 PPM	657 PPM	<500 PPM
Temperatura	27°C	28°C	28°C	25°C
Alcalinidade M	15 PPM	10 PPM	10 PPM	<100 PPM
Cloretos (CL)	100 PPM	180 PPM	120 PPM	<250 PPM
Ferro (FE)	0,01 PPM	0,03 PPM	0,02 PPM	<0,03 PPM
Sílica (SiO <sub>2</sub> )	08 PPM	17 PPM	21 PPM	01 A 40 PPM
Bactérias Totais	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	AUSENTE( <10 <sup>4</sup> (10.000 Col/ml)

Fonte: Dados da Pesquisa.

A água apresentava-se turva durante a coleta da amostra, nas análises realizadas para o pH se apresentaram adequados conforme os padrões analisados. A análise de Dureza total (CaCO<sub>3</sub>) apresentou uma análise acima do valor permitido de 500 PPM. Para a Dureza de Cálcio (Ca), a duas análises realizadas apresentaram valor acima do que é permitido pelos padrões. As análises de condutividade se encontram dentro dos padrões estabelecidos. Todas as análises realizadas para sólidos totais dissolvidos (S.T.D.) estão acima dos padrões estabelecidos. A temperatura também esteve acima do permitido. Para as análises de alcalinidade, cloretos, ferro e sílica estavam dentro dos parâmetros permitidos. A análise biológica realizada de coliforme totais estiveram abaixo do permitido conforme os padrões utilizados.

A turvação da água pode ser explicada pelo excesso de sólidos totais dissolvidos, fator que modifica os padrões físicos aparente da água, como também, excesso de outras substancias presentes na amostra como cálcio (Ca) e carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) parâmetros

analisados como dureza de cálcio e dureza total, que em algumas análises se apresentaram acima do permitido estabelecidos pela portaria vigente, resultado que pode interferir a qualidade da água e apresentar danos a canalização por corrosão e incrustação. Excesso de cloretos podem ser nocivos à saúde. Coliformes totais abaixo do valor estabelecido são considerados ausentes.

Nas Tabelas 17 e 18 são apresentados os resultados das análises da água que chega ate as casas de máquinas localizadas no piso 1, posteriormente foram analisados os padrões da água que são geradas oriundas das casa de máquinas.

Tabela 17: análise da água da casa de máquinas.

Itens	Casa de máquinas P1	PADRÕES DAS ANÁLISES
Aparência	TURVA	INCOLOR
pH	7,0	6,0 A 9,5
Turbidez	8 UT	<5,0 UT
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	145 PPM	<500 PPM
Dureza de Cálcio (Ca)	107,5 PPM	<100 PPM
Condutividade (µs/cm)	303	50 A 1500µs/cm
S.T.D.	227 PPM	<500 PPM
Temperatura	26°C	25°C
Alcalinidade M	50 PPM	<100 PPM
Cloretos (CL)	80 PPM	<250 PPM
Ferro (FE)	0,07 PPM	<0,03 PPM
Sílica (SIO <sup>2</sup> )	13 PPM	01 A 40 PPM
Bactérias Totais	10 <sup>2</sup>	AUSENTE

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 18: Análise da água condensada

Itens	Água Condensada	PADRÕES DAS ANÁLISES
Aparência	INCOLOR	INCOLOR
pH	7,0	6,0 A 9,5
Turbidez	07 UT	<5,0 UT
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	40 PPM	<500 PPM
Dureza de Cálcio (Ca)	20 PPM	<100 PPM
Condutividade (µs/cm)	301,3	50 A 1500µs/cm
S.T.D.	226 PPM	<500 PPM
Temperatura	29°C	25°C
Alcalinidade M	10 PPM	<100 PPM
Cloretos (CL)	40 PPM	<250 PPM
Ferro (FE)	0,03 PPM	<0,03 PPM
Sílica (SIO <sup>2</sup> )	07 PPM	01 A 40 PPM
Bactérias Totais	NT	AUSENTE

Fonte: Dados da Pesquisa.

De acordo com a análise descrita acima, a água gerada a partir da condensação está dentro dos padrões exigidos pelo MS e ANVISA, portanto, a água dos condicionadores de ar e de sistemas de refrigeração que é rejeitada apresenta grande potencial, para reutilização, podendo ajudar a economizar nos gastos com este recurso.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em acompanhamento à equipe de manutenção, foi possível verificar que vários pontos estão danificados por incrustações, principalmente as flanges de junção da rede principal, as conexões do tipo luva, as curvas, as serpentinas e a própria tubulação que alimenta as máquinas. Verificou-se que nas paredes dos tubos havia uma crosta amarelada como ferrugem, com textura pastosa, subentende-se, que seja provocado por materiais particulados que depositam-se, no período em que o sistema está desligado, na entrada da CAG existem filtros instalados para retenção desses materiais, porém, é provável que não esteja sendo suficiente devido a alta carga de SDT presente na água de fornecedores terceirizados, segundo resultado das análises.

Na análise dos parâmetros físico-químicos da água condensada está totalmente dentro dos padrões estabelecidos, sendo necessário passar por filtração, para retenção dos materiais particulados presentes na rede coletora, é necessário também instalar um sistema de by pass para os períodos de lavagem das máquinas para que não haja contaminação pelos produtos utilizados.

Como o empreendimento é muito diversificado e todos os setores utilizam água, pelo volume diário gerado que foi quantificado nas casas de máquinas e sendo a água considerada dentro dos padrões, conclui-se que todos os setores estão aptos a reutilizar a mesma, especialmente dentro do próprio sistema de refrigeração que mantém um alto custo com produtos químicos para tratamento da água, como também na manutenção dos equipamentos.

Conclui-se que a viabilidade do reuso é possível, pois com o sistema em manutenção encontrou-se uma vazão mensal de aproximadamente 160 litros de água condensada por mês, com o sistema operando 100%, essa vazão poderia ser ainda maior, o que levaria a uma economia considerável, reduzindo a compra da água externa. Mesmo que o investimento seja alto, em longo prazo valerá à pena, não só pela economia dos recursos hídricos, também pela repercussão da aplicação de técnicas como essas, trazem melhorias para a imagem do empreendimento frente à sociedade, órgãos públicos ambientais, como também servirá de exemplo para outras empresas e instituições.

## 7 REFERÊNCIAS

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada – **RDC nº 274**, de 22 de setembro de 2005. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/27637>>. Acesso em: 01 de abril de 2017.

BARALDI, A. **Monitoramento de desempenho térmico de trocadores de duplo tubo em planta slurry**. Universidade Federal do rio grande do sul- 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/38558>>. Acesso em 11 de setembro de 2016.

BARBOSA, F. F. **Análise computacional de central de água gelada com tanque de termoacumulação**. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia. Brasília 2013. Disponível em: <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/7723/1/2013\\_FellipeFernandesBarbosa.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/7723/1/2013_FellipeFernandesBarbosa.pdf)> Acesso em 09 de abril de 2017.

BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 4, n. 1, 2008.

BERTOLASI, N. A. **Gestão dos processos de tratamento de águas utilizadas em sistemas prediais de ar condicionado**. USP- Universidade de São Paulo- 2010. Disponível em: [http://www.tctatecnologia.com.br/Monografia\\_Nilson\\_Antonio.pdf](http://www.tctatecnologia.com.br/Monografia_Nilson_Antonio.pdf)>. Acesso em 09 de março de 2017.

BEZERRA JUNIOR, P. F. **Eficiência energética em ar condicionado**. Trabalho final de Curso. Universidade Católica de Pernambuco, Recife- PE, 2016.

BRASIL. **Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas (ANA)**. Brasília – DF. 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518**, de 25 de março de 2004. 28p. – (Série E. Legislação em Saúde). ISBN 85-334-0935-4. 1. Legislação. 2. Qualidade da água. 3. Saúde pública. I. Título. II. Série. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria\\_518\\_2004.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf)>. Acesso em 01 de abril de 2017.

CARVALHO, M. T. C.; CUNHA, S. O.; FARIA, R. A. P. G. **Caracterização qualitativa da água da condensadora de aparelhos de ar condicionado**. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental/ IBEAS- Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais- Goiânia/GO- 19 a 22/11/2012. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/IX-002.pdf>>. Acesso em 31 de agosto de 2016.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água. Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/web/seobras/exibeconteudo?article-id=200367>>. Acesso em 30 de agosto de 2016.

DE SOUSA, I. M. P.; et al. **Projeto de um sistema de aproveitamento de água condensada de aparelhos de ar condicionado em edificações.** Fortaleza – CE, 2015. CONTECC – Congresso Técnico Científico da Engenharia e Agronomia. Disponível em: <[http://www.confea.org.br/media/Civil\\_projeto\\_de\\_um\\_sistema\\_de\\_aproveitamento\\_de\\_agua\\_condensada.pdf](http://www.confea.org.br/media/Civil_projeto_de_um_sistema_de_aproveitamento_de_agua_condensada.pdf)>. Acesso em 29 de março de 2017.

FEDALTO, A. L. **Dimensionamento de um termoacumulador de água gelada para um sistema de refrigeração visando a diminuição dos gastos com energia elétrica.** UFRGS- Universidade Federal do Rio Grande do Sul-2010. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/25882>; <http://hdl.handle.net/10183/25882>. Acesso em 23 de março de 2017.

HABITISSÍMO. Reformas e Serviços Domésticos. **Manutenção chiller carrier 30 gx.** Disponível em: <[https://fotos.habitissimo.com.br/foto/manutencao-chiller-carrier-30-gx\\_813122](https://fotos.habitissimo.com.br/foto/manutencao-chiller-carrier-30-gx_813122)>. Acesso em 22 de agosto de 2016.

KOBAYAKAWA, F. A. **Eficiência energética em ar condicionado e refrigeração através da aplicação da termoacumulação.** UNESP- Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá- São Paulo- 2011. Disponível em <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/119535>>. Acesso em 19 de março de 2017.

LINS, J. N.; CAIAFA, V. S. L. **Desenvolvimento de uma metodologia para aplicação de retrofit em sistema de água gelada.** Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia. Brasília 2016. Disponível em <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14367/1/2016\\_JuliaNavesLins\\_VanessadeSouzaLimaCaiafa.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14367/1/2016_JuliaNavesLins_VanessadeSouzaLimaCaiafa.pdf)>. Acesso em 29 de março de 2017.

MARISCO, L. V.; et al. Estudos para implantação de sistema de reuso do efluente de aparelhos destiladores. **I Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis,** 2008.

MARTORELLI JUNIOR, P. S. **Implantação de um sistema de controle de vazão em malha fechada para bomba secundária de água gelada do prédio da administração do Superior Tribunal de Justiça.** Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica. Brasília 2015. Disponível em: [http://bdm.unb.br/bitstream/10483/13824/1/2015\\_PauloSalvadorMartorelliJunior.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/13824/1/2015_PauloSalvadorMartorelliJunior.pdf). Acesso em 29 de março de 2017.

MOROSI, M. G. **Estudo e Análise de Sistemas de Refrigeração Industrial Integrados a Plantas de Processo Químico.** Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus Guaratinguetá. Guaratinguetá-SP- 2015. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/38558>>. Acesso em 31 de agosto de 2016.

NUNES, L.; et al. Disponibilidade de água doce no planeta: existe água doce suficiente para satisfazer as necessidades do planeta. **Porto: FEUP (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto),** Cidade do Porto. Portugal, 2009. Disponível em: <[http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd\\_2009\\_10/relatorios/R209.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2009_10/relatorios/R209.pdf)>. Acesso em 20 Abril. 2017.

PEREIRA, A. S.; MAGALHÃES, M. L.; CARTAXO, S. J. M. **Estudo Comparativo de método diferencial Termofluidodinâmico para trocadores de Calor do tipo casco e tubos**

**1-2 com chicanas fracionadas e helicoidais. Blucher Chemical Engineering Proceedings,** v. 1, n. 3, p. 2617-2623, 2015.

PINTO-COELHO, R. M.; HAVENS, K. **Gestão de Recursos Hídricos em Tempos de Crise.** Artmed Editora, 2016.

RIGOTTI, P. A. C. **Projeto de aproveitamento de água condensada de sistema de condicionadores de ar.** UNIJUI. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul-2014. Disponível em:<<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/2513>> Acesso 14 de agosto 2016.

ROSA, G. R.; GAUTO, M. A. **Processos e Operações Unitárias da Indústria Química.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2011.

SILVA, C.H.R.T. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável no Brasil.** Boletim do Legislativo Nº 23, Brasília-DF, 2012. Disponível em: <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/242667/Boletim2012.23.pdf?sequence=1>>. Acesso em 22 Abril 2017.

SILVA JUNIOR, A.; et al. **Diagnóstico energético em sistema de água gelada (Chillers).** Disponível em:<[http://www.academia.edu/download/45921314/Artigo\\_CYTEF2016\\_Revisado.pdf](http://www.academia.edu/download/45921314/Artigo_CYTEF2016_Revisado.pdf)> Acesso em 17 de agosto de 2016.

VENTURINI, J. O.; PIRANI, M. J. **Eficiência energética em sistema de refrigeração industrial e comercial. Manual de pratico Eletrobrás.** Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Efic%20En%20em%20Sist%20de%20Refrig%20Ind%20e%20Com-Eletrbras-05.pdf>>. Acesso em 31 de agosto de 2016.