



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS CARAÚBAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

KAIRO MEDEIROS SALES

**DIMENSIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DE UM MINI REFRIGERADOR BASEDO
NO EFEITO PELTIER**

Caraúbas – RN

2015

DIMENSIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DE UM MINI REFRIGERADOR BASEADO NO EFEITO PELTIER

Trabalho de conclusão de curso apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Caraúbas para a obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador (a):

Prof. Me. Rudson de Souza Lima.

Caraúbas – RN

2015

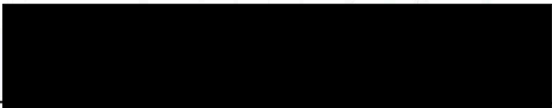
KAIRO MEDEIROS SALES

DIMENSIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DE UM MINI REFRIGERADOR BASEADO NO EFEITO PELTIER

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semiárido –
UFERSA, Campus Caraúbas para a obtenção do
título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

APROVADO EM: 02/12/2015

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Rudson de Souza Lima
Presidente



Prof. Dr. Dorgival Albertino da Silva Junior
Membro



Profª. Me. José Pedro da Silva Júnior
Membro

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Setorial Campus Caraúbas (BSCA)
Setor de Informação e Referência

S163d Sales, Kairo Medeiros.

Dimensionamento e construção de um mini refrigerador baseado no efeito peltier / Kairo Medeiros Salas -- Caraúbas, 2015.
32f.: il.

Orientador: Prof. Me.Rudson de Souza Lima.

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) –
Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

1. Refrigeração. 2. Efeito Peltier. 3. Energia. I. Título.

RN/UFERSA/BSCA

CDD: 621.56

Bibliotecário: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB-15/700

A **Sebastião Medeiros Neto** (in memorian), que foi meu avô, meu grande amigo, meu herói, e sempre será minha fonte de inspiração, um grande exemplo a ser seguido, de honestidade, simplicidade, humildade e persistência.

A **Jurandilson Medeiros da Costa** (in memorian), meu tio, que amou seus filhos e sua família, sempre foi um aconselhador e grande incentivador dos seus sobrinhos.

A **Jurandi Alves da Costa** (in memorian), meu tio, que amou seus filhos, sempre proporcionou grandes momentos de alegria, sempre tinha uma piada para nos alegrar.

A **Deus**, pela sua infinita bondade, misericórdia e proteção.

A **Francisco de Assis Sales de Medeiros**, meu pai, minha principal motivação em minha vida, meu melhor amigo que sempre disse que eu conseguiria, um exemplo de pessoa a ser seguido.

A **Lindezi Medeiros Sales**, minha mãe, minha melhor amiga, minha conselheira, meu exemplo de pessoa perseverante, pessoa que acompanhou toda minha vida de perto, meu maior tesouro.

A **Rudson de Souza Lima**, meu orientador e amigo, por todo tempo que disponibilizou, pelo conhecimento passado durante esse tempo, contribuindo incessantemente com esse trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder o dom da vida diariamente, sempre presente em minha vida, me orientando em todos os momentos da minha vida, sempre me dando força para seguir adiante e nunca mi deixando desistir.

Ao meu avô Sebastião Medeiros Neto (Bastião de Almir), que não está mais vivo, mas o tudo que sou tenho que agradece-lo, por toda a dedicação que ele tinha pelo seus netos, todo amor, simplicidade, humildade, por sempre me orgulhar por ser seu neto e por sentir o mesmo por mim.

Aos meus pais, Francisco de Assis Sales de Medeiros e Lindezi Medeiros Sales, sempre me apoiando, me aconselhando, sendo sempre os melhores pais do mundo, atentos com minhas decisões, orando toda noite, mim enchendo de carinho e amor.

A minhas irmãs, Lívia de Medeiros Sales e Rita Mariana de Medeiros Sales, por todo o apoio que encontro, por todas as risadas que acontecem quando estamos todos juntos, por todos os conselhos e conversas jogadas fora, por nossa união como irmãs e todo amor envolvido.

A minha namorada Ana Larissa Leandro Bernardino, pela sua paciência e entendendo os momentos que não pude estar presente, ao carinho e aos momentos felizes que me proporciona, por todo o amor, incentivo e sempre me aconselhando.

Ao meu tio Juraci Alves da Costa (txio cambas), por seus conselhos, por seu carinho, por seu incentivo, sempre me ajudando como pode, sempre me agradando.

Ao meu orientador professor Me. Rudson de Souza Lima, por sua orientação, seus ensinamentos de vital importância para a realização desse trabalho, pela sua disponibilidade e empenho, sempre disposto a ajudar na realização deste trabalho.

Ao Professor da UFRN Dr. José Ubiragi de Lima Mendes, por ter disponibilizado um termômetro para a realização dos testes feitos. Sem o mesmo ficaria mais complicado a obtenção dos dados coletados, e agradecer pela confiança.

A Índia Maria Marinheiro de Almeida (Tia Índia), por ser um exemplo de pessoa e principalmente pelo apoio que sempre posso contar, pelos concelhos, pelas palavras ditas que aumentam minha autoestima, e por ser a pessoa maravilhosa que é.

A Lucas Soares (nega juju) e Andreza Rafaela, um irmão e uma cunhada que a UFERSA me presenteou.

A todos os meus familiares, tios, primos e avôs que torceram por minha vitória.

Aos professores da banca por terem disponibilizado seu tempo para a avaliação desse trabalho.

“O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar de novo com mais inteligência”.

Henry Ford

RESUMO

Com o crescimento na demanda energética, tem-se a necessidade de, cada vez mais se procurar por alternativas viáveis, economicamente e energeticamente, e um dos maiores consumidores de energia residencial são os refrigeradores. De acordo com o efeito peltier, se introduzir uma diferença de potencial em dois metais condutores unidos entre si, isso irá gerar um gradiente de temperatura entre os dois lados dependendo do sentido que a corrente vai percorrer, com isso um lado perde calor, e o outro ganha calor, fazendo assim uma bomba de calor. O presente trabalho pretende utilizar de tal efeito e, com as placas que utilizam o efeito peltier, construir um mini refrigerador utilizando tais placas, testar sua eficiência energética, testar sua eficiência na retirada de calor, verificar a sua viabilidade econômica e uma possível viabilidade comercial do produto, para isso foi feito testes em caixas térmicas com volumes distintos, uma com 2.7 l e outra com e 8.7 l. em testes preliminares foi visto que a princípio a caixa com 8.7 l é inviável para o nosso propósito. Com a caixa de 2.7 l se mostrou bem eficiente com testes iniciais, retirando em um curto espaço de tempo uma considerável quantidade de calor.

Palavras Chave: Refrigeração. Efeito Peltier. Bomba de calor.

ABSTRACT

With the growth in energy demand, there is the need to increasingly look for viable alternatives, economically and energetically, and one of the largest residential energy consumers are refrigerators. According to the Peltier effect, introduce a potential difference of two united conductive metals with each other, it will generate a temperature gradient between the two sides depending on the direction that current will go with that one side becomes cold, and other heats, thus making a heat pump. This paper intends to make use of such an effect and, with the plates using the Peltier effect, trying to build a mini refrigerator using such plates, test your energy efficiency, test its efficiency in heat removal and verify its economic viability and a possible commercial viability of the product, this will be done for testing coolers with different volumes, with another 2.7 l and 8.7 l and. in preliminary tests it was seen that at first the box with 8.7 l is impractical for our purpose. With the 2.7 l housing proved very effective with early testing, removing in a short time a considerable amount of heat.

Keywords: Refrigeration, Peltier effect, heat pump.

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	OBJETIVOS	1
1.1.1	Objetivos Gerais	1
1.1.2	Objetivos Específicos	1
2	PROBLEMA.....	3
3	JUSTIFICATIVA.....	4
4	REFERENCIAL TEÓRICO	5
4.1	REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE GÁS.....	7
4.1.1	COMPRESSORES ALTERNATIVOS	10
4.1.2	COMPRESSORES ROTATIVOS.....	11
4.2	REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO	14
4.3	REFRIGERAÇÃO UTILIZANDO A TERMOELETRICIDADE	15
5	METODOLOGIA DA PESQUISA	16
5.1	MONTAGEM DO MINI REFRIGERADOR	16
6	RESULTADOS E DISCURSÃO	26
7	CONCLUSÃO	30
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda energética, a procura por equipamentos eletrônicos com maior eficiência energética tem aumentado, com isso também veio o conceito de desenvolvimento sustentável, que a cada ano ambos os assuntos vêm sendo observados com mais seriedade e compromisso.

Em 2011 o Brasil enfrentou uma crise energética, onde a demanda estava sendo maior que a oferta. Em janeiro de 2015, de acordo com reportagem feita pela Folha de São Paulo, aconteceram desligamentos preventivos de carga. Observa-se também um aumento nas tarifas e a geração de energia encareceu. Diante de tais circunstâncias é inevitável, e também necessário um grande aumento nas pesquisas em equipamentos cada vez mais eficientes, que consiga um rendimento tão bom ou melhor que os já existentes no mercado. Devemos ver que o público de maneira geral também vem aumentando a preocupação com o meio ambiente em consequência das mudanças climáticas bruscas a nível mundial que vem tendo maior foco nos últimos anos pela mídia.

Há pouco mais de 50 anos estuda-se a viabilidade do efeito Peltier aplicado na refrigeração comercial (refrigeradores, bebedouros, adegas, entre outros). Por essa tecnologia dispensar o uso do fluido refrigerante, vem a seguinte pergunta: Essa tecnologia realmente é viável? O rendimento é comparável à tecnologia convencional (refrigeração a gás)?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos Gerais

Verificar a viabilidade econômico-energética da utilização de células (módulos) Peltier na refrigeração doméstica.

1.1.2 Objetivos Específicos

Construir um mini refrigerador com a utilização de células Peltier.
Testar sua eficiência na retirada de calor e no consumo de energia.

Analisar dados obtidos para uma possível viabilidade de comercialização, analisando o custo/benefício do uso das células na refrigeração.

2 PROBLEMA

O avanço tecnológico já permite que criemos dispositivos que retirem calor sem a utilização do sistema que usa compressor, dependendo do dimensionamento, levando em conta a sua eficiência na retirada de calor. Mas essa tecnologia é eficiente na retirada de calor?

Como a demanda energética não cessa, serão vistos os meios de otimizar o consumo, com equipamentos que consomem menos e que mesmo assim ainda tenha o mesmo desempenho. Um mini refrigerador com células Peltier teria o consumo reduzido a ponto de ser viável? Com isso o rendimento ainda seria satisfatório?

3 JUSTIFICATIVA

As células ou módulos Peltier são pequenas placas que funcionam como uma bomba de calor, ou seja, retiram calor de um lado da placa para o outro lado, através de uma diferença de potencial (ddp), com o funcionamento baseado no efeito Peltier, com isso podemos dimensionar e planejar refrigeradores leves, compactos, com controle de temperatura com um maior nível de precisão, mais econômicos, maior durabilidade, ausência de ruídos e poucas partes móveis, o que nos refrigeradores convencionais que temos no mercado (com sistema a compressão de gás) não acontece, pois em sua totalidade são muito pesados, de difícil locomoção.

Como um refrigerador construído e dimensionado com placas termoelétricas não utiliza fluido refrigerante para o seu funcionamento, também não tem poluentes em potencial como CFC e HCFC (que agride a camada de ozônio) e nem possuem componentes que aumentem o efeito estufa do planeta.

Temos também que um mini refrigerador com base no efeito Peltier, sairia com um custo de montagem substancialmente menor que um convencional. Outro fator de destaque está no seu consumo.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2014 e o BEN (2015) houve um aumento no consumo de energia no setor residencial, ficando em segundo lugar no consumo de energia, perdendo apenas para o setor industrial.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

O interesse da humanidade pela refrigeração já vêm de muitos séculos antes de Cristo, a civilização chinesa colhia o gelo natural da superfície de rios e lagos congelados, os guardavam e conservavam em poços cavados e cobertos com palhas, para conservar o chá que consumiam.

Já os egípcios que não tinham gelo natural, resfriavam a água por evaporação, utilizando vasos de barro, semelhantes àsoringas que são comuns no interior do nordeste brasileiro.

Durante muitos séculos, o ser humano só via o gelo com uma única finalidade; de resfriar as bebidas e alimentos para melhorar seu gosto. No final do século XVII com o invento do microscópio, possibilitou o químico francês Louis Pasteur demonstrar que alguns tipos de bactérias são as responsáveis pela putrefação dos alimentos, doenças e epidemias, e pôde comprovar que com a retirada de calor a reprodução dessas bactérias cessaria de vez ou parcialmente. Tais conclusões provocaram no século XVIII uma grande expansão na indústria do gelo, que até então se mostrava incipiente.

Antes dessa análise, os alimentos eram deixados em temperatura ambiente, com isso não demoravam para que estragassem. Com essa descoberta a civilização conseguiu conservar seus alimentos por mais tempo e com suas características e gostos, que até então para tal era necessário submetê-lo a tratamentos com sal, defumação ou uso de condimentos, que muitas vezes mudava o gosto ou a qualidade dos alimentos.

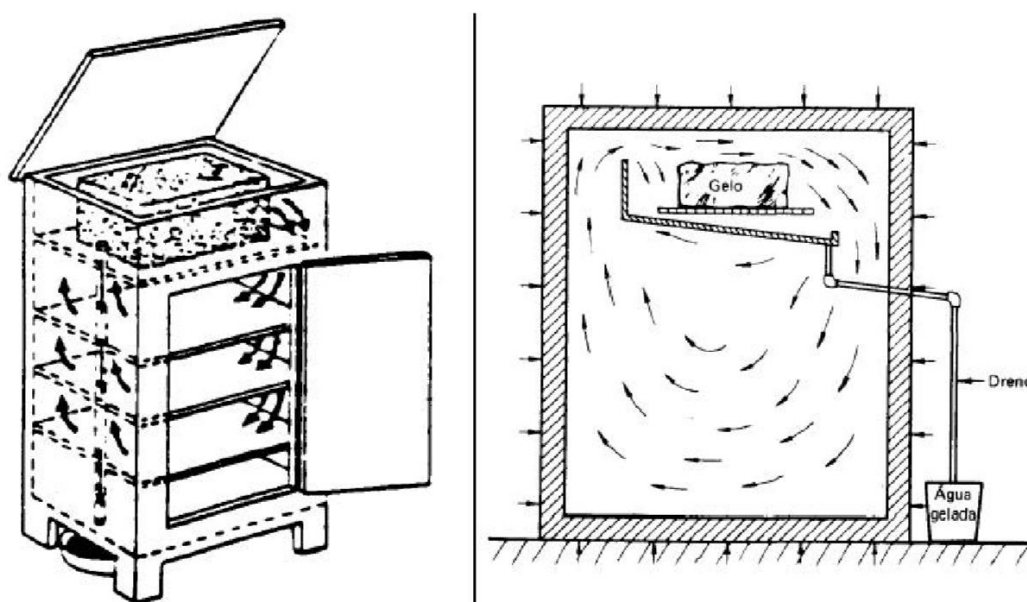
O uso do gelo natural trouxe consigo algumas inconveniências, das quais uma das principais era a total dependência da natureza para a obtenção do gelo. Existiam muitas perdas por causa do seu derretimento, e sua estocagem era difícil e por um curto período de tempo.

Foi pensando nesses problemas, que engenheiros e pesquisadores se empenharam na busca de uma alternativa que o homem não necessitasse da natureza para a produção de gelo. Como consequência dos estudos, em 1834, nos Estados Unidos foi construído o primeiro sistema de gelo artificial, que serviu de base para os sistemas de compressão. Em 1855 a Alemanha desenvolveu outro dispositivo para a

fabricação de gelo artificial, este era baseado no princípio de absorção, descoberto pelo inglês Michael Faraday em 1824.

No começo do século XIX surgem as primeiras geladeiras, com a utilização ainda do gelo natural. Sendo estas constituídas por um recipiente com isolamento de pacas de cortiça, e dentro era colocada uma porção de gelo, que absorvia parte do calor dos alimentos e reduzia, de forma considerável, a temperatura no interior da geladeira.

Figura 4.1 – modelo de geladeira que utilizava gelo natural



Em 1928 surgiu o primeiro refrigerador movido à eletricidade, e foi fabricado pela Kelvinator Company, dos Estados Unidos. Então a partir de 1920, a evolução dos refrigeradores e a produção foi sempre crescente.

Com o continuo avanço tecnológico, os sistemas de refrigeração foram ficando cada vez mais sofisticados, e a população ficando mais dependente da refrigeração. Para Régio (2006) A importância dos sistemas de refrigeração no dia a dia é inegável. Seja no processamento, armazenamento e transporte de alimentos, na climatização de ambientes, em processos industriais e, mais recentemente, em componentes eletrônicos, a refrigeração está sempre presente.

4.1 REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE GÁS

De acordo com Ernesto (2008) “Nos âmbitos doméstico, comercial e industrial, a compressão mecânica de vapores responde pela maior parcela dos sistemas de refrigeração utilizados”.

Em 1834 o americano Jacob Perkins, patenteou um dispositivo de refrigeração que funcionava de forma cíclica e com compressão de gases, que serviu para base de estudos e desenvolvimento dos atuais sistemas de refrigeração.

Sarkis (2002) define compressores, como máquinas destinadas a aumentar a pressão de um gás com a finalidade de fazê-lo fluir entre dois pontos quaisquer.

Os compressores que são utilizados na refrigeração dividem-se em duas classes, uma classe fica os compressores roto-dinâmicos e na outra classe os compressores de deslocamento positivo.

Para Régio (2006) “Os compressores roto-dinâmicos caracterizam-se por fornecer quantidade de movimento ao fluido refrigerante, através do movimento rotativo de um rotor provido de diversas pás”.

Segundo Luiz (2006) “Nos compressores de deslocamento positivo, a compressão é efetuada mecanicamente, através da introdução de um volume de vapor no compressor, o qual é então comprimido por um atuador mecânico, reduzindo o volume”.

O esquema a seguir mostra os principais compressores de deslocamento positivo.

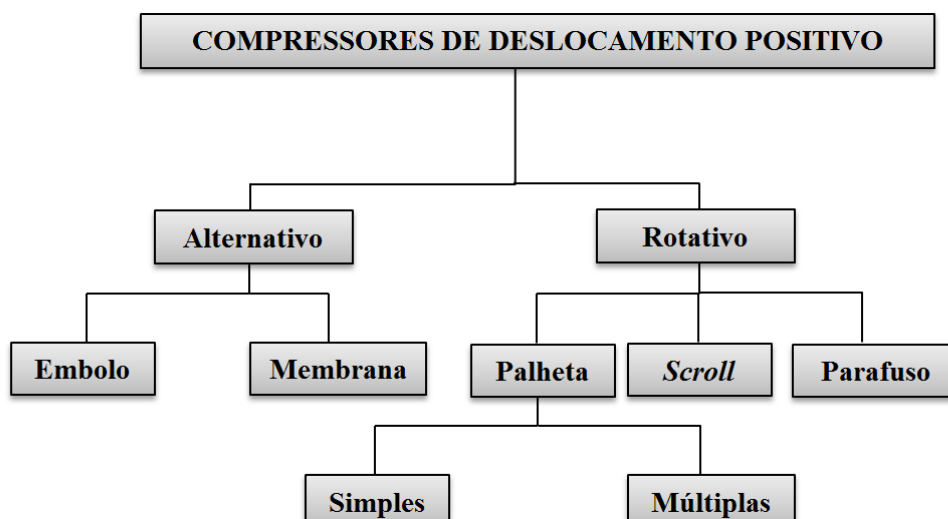


Figura 4.2 - Principais tipos de compressores de deslocamento positivo.

Os compressores também são classificados em herméticos, semi-hermético e abertos, dependendo da disposição do motor elétrico.

Nos compressores herméticos, o compressor e o motor de acionamento elétrico estão acoplados em uma única carcaça. De acordo com Luiz (2006) “Com isso não é necessário vedar o eixo e vazamentos de fluido refrigerante para o ambiente são eliminados”. Esse tipo de compressor é mais utilizado na refrigeração doméstica e em condicionadores de ar.

Figura 4.3 – Esquema de um compressor hermético.

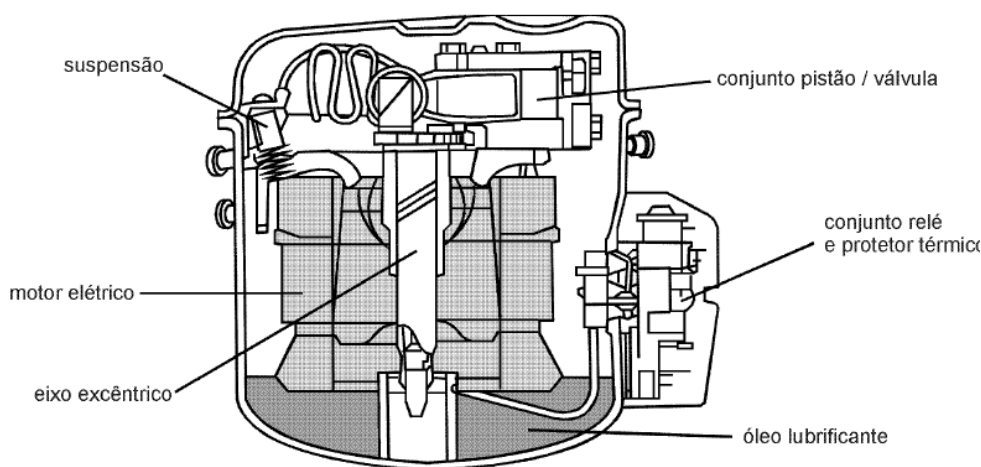
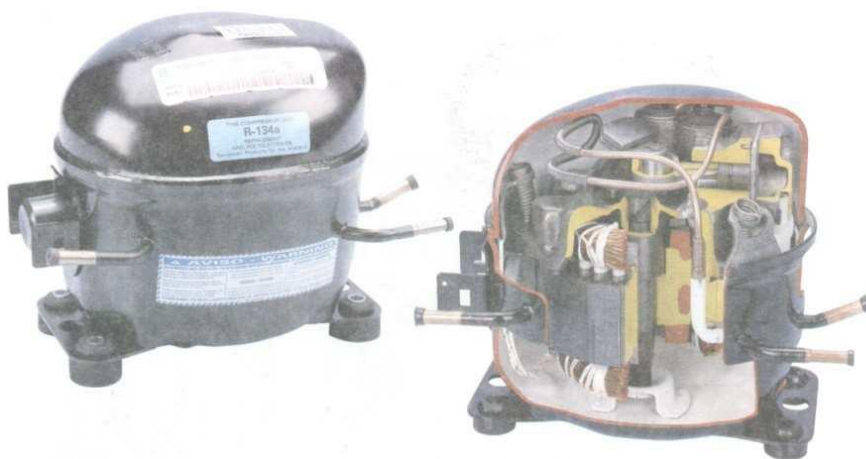
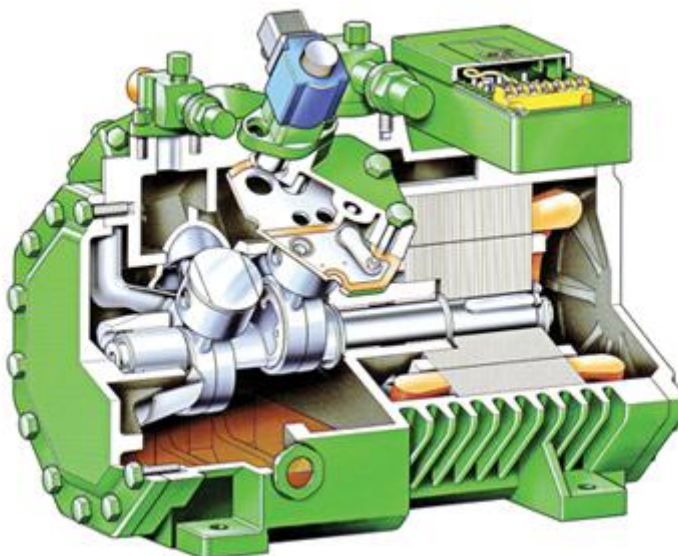


Figura 4.5 – Compressor hermético, e um corte lateral do mesmo compressor.



Já os compressores semi-hermético, são semelhantes aos compressores herméticos, o motor elétrico e o compressor estão encapsulados no mesmo ambiente, mas pode ser acessados facilmente.

Figura 4.6 – Compressor semi-hermético com corte detalhado.



Nos compressores do tipo aberto, o motor é separado do compressor. Esse tipo de compressor é altamente utilizado em indústrias, pois a manutenção é de fácil acesso, nesse tipo de compressor o motor pode variar, podendo ser elétrico ou não.

Figura 4.7 – Compressores do tipo aberto.

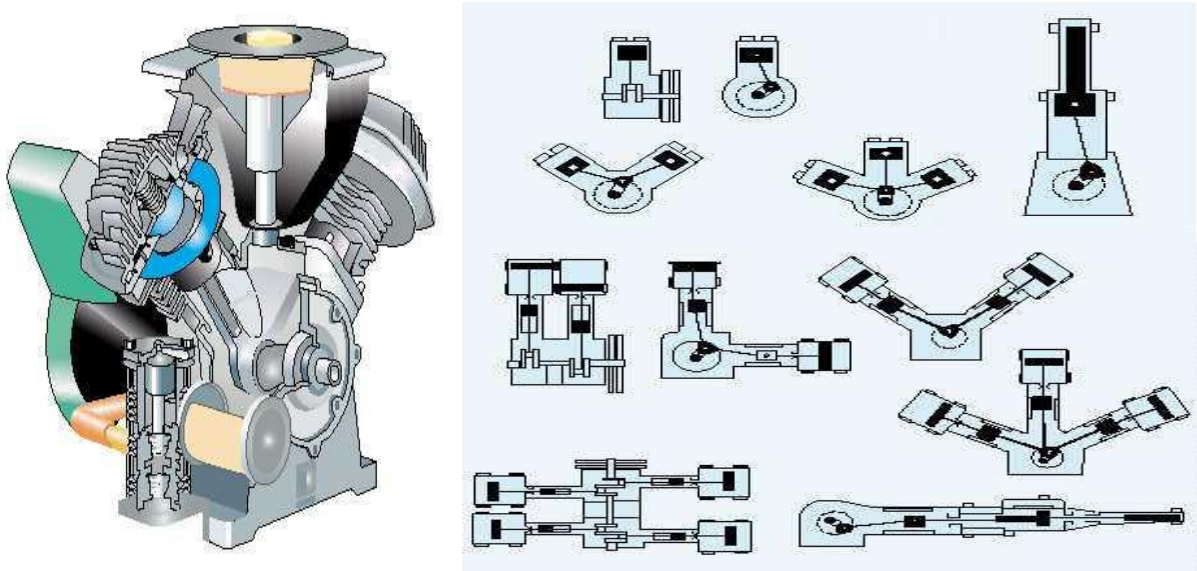


4.1.1 COMPRESSORES ALTERNATIVOS

➤ Compressor alternativo de embolo ou pistão

Esse tipo de compressor usa uma biela-manivela, conectadas aos pistões, sendo acoplados dentro de cilindros, que dependendo da finalidade pode ser a configuração dos cilindros pode esta em “V”, em linha, opostos, em estrela etc.

Figura 4.8 – Na esquerda um compressor alternativo de pistão em “V”, na direita algumas variações de configuração dos cilindros.



➤ Compressor Alternativo de membrana ou de diafragma

O compressor com membrana ou diafragma é semelhante aos compressores com pistão, contudo o fluido comprimido não entra em contato direto com as partes móveis do compressor, pois é separado por uma membrana ou tem um diafragma, que o diafragma é destinado a comprimir ou pressionar o fluido, para o seu armazenamento ou uso imediato.

Figura 4.9 – Um tipo de compressor de membrana/diafragma

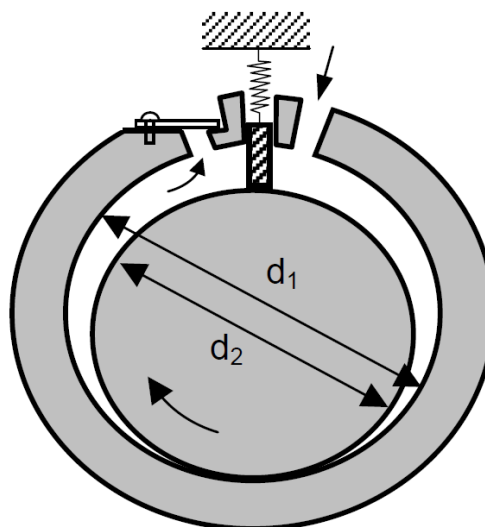


4.1.2 COMPRESSORES ROTATIVOS

➤ Compressor Rotativo de palheta

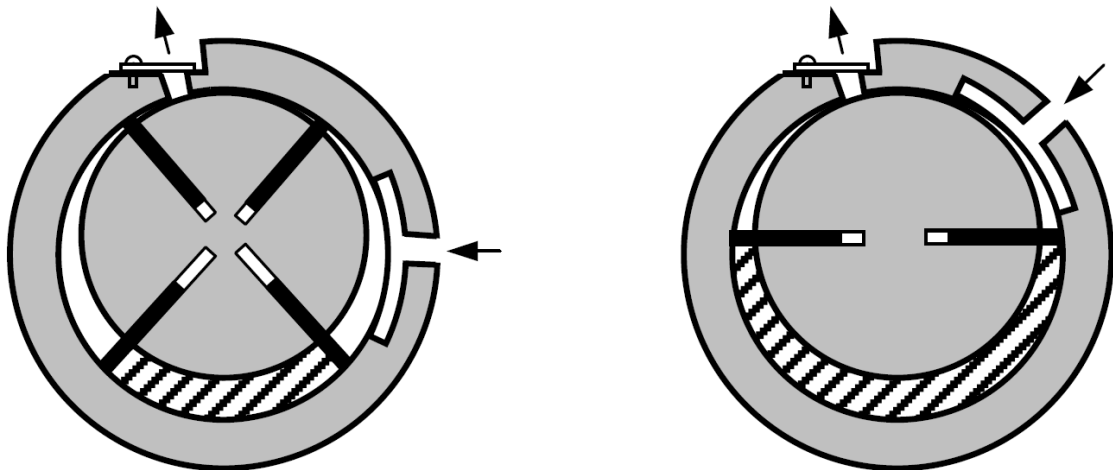
O compressor rotativo de palheta simples é composto por um rotor e um cilindro, nesse tipo de compressor a linha de centro do eixo de acionamento coincide com a do cilindro, mas é excêntrica em relação ao rotor, com isso o rotor e o cilindro sempre permanecem em contato, uma palheta ligada a uma mola que a mantém sempre em contato com o rotor é quem faz a divisão das câmaras de aspiração e descarga.

Figura 4.10 – Compressor de palheta simples.



Já o compressor de múltiplas palhetas possui um rotor e um cilindro igual ao de palheta simples, mas existem rasgos radiais no rotor ao qual são acopladas as palhetas. Por causa da excentricidade do rotor e às posições das aberturas de sucção e descarga, os espaços constituídos entre as palhetas vão aumentando na região de sucção e se reduzindo na região de descarga, provocando a compressão progressiva do gás.

Figura 4.11 - Compressores de múltiplas palhetas.



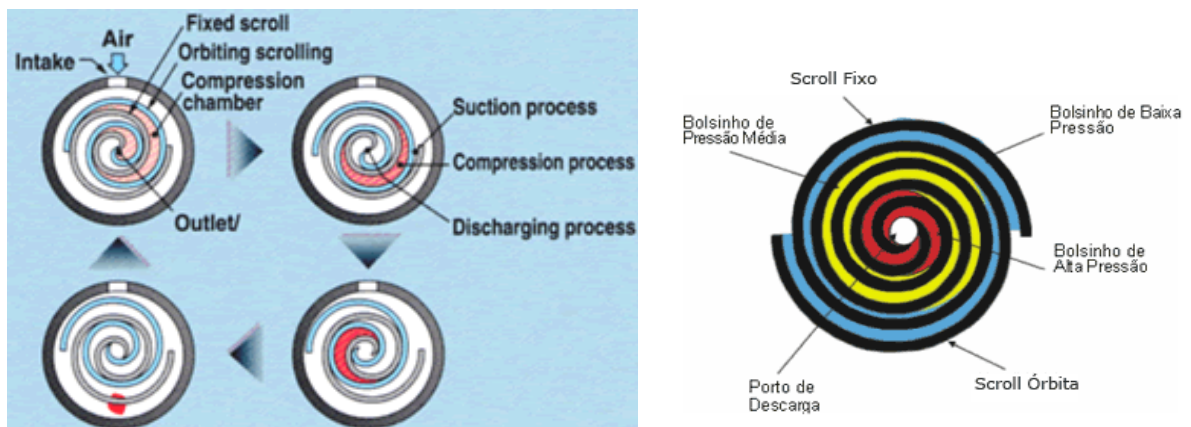
➤ Compressor Rotativo tipo *Scroll*

Neste tipo de compressor existem duas espirais, uma fixa e outra móvel, por onde o fluido passa, conforme a espiral móvel vai se movendo, o gás vai sendo empurrado e comprimido até o centro das espirais, com isso aumentando a pressão do fluido até a saída.

Figura 4.12 – Detalhe das espirais do compressor *Scroll*



Figura 4.13 – Detalhe da compressão do *Scroll*



➤ Compressores do tipo parafuso

Os compressores do tipo parafuso podem ser simples ou duplo, no simples só existe um rotor, já no duplo são dois rotores, um “macho” e outro a “fêmea” em forma de parafuso e giram em sentido contrário e acoplados entre si. Quando o fluido entra pela abertura de sucção, com o movimento de rotação esse fluido vai sendo comprimido e fazendo com que o mesmo seja empurrado para a abertura de descarga, onde o gás é liberado.

Figura 4.14 – Compressor Parafuso.

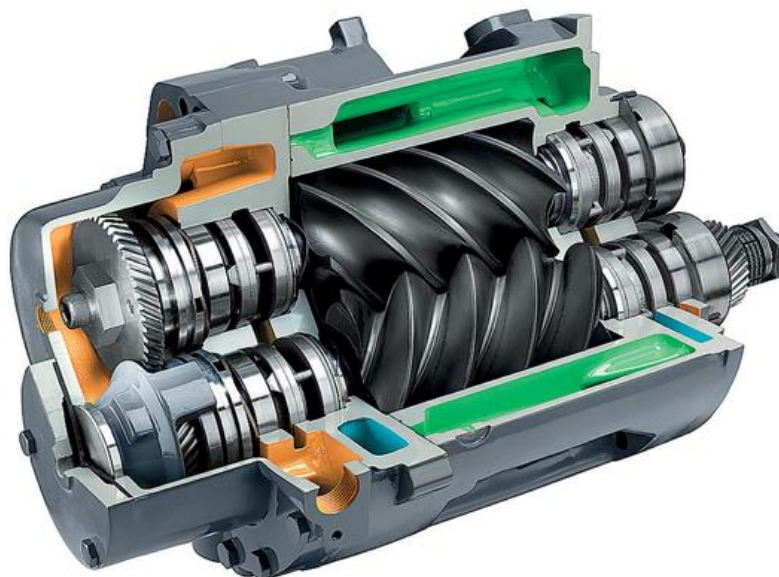


Figura 4.15 – Espirais do compressor Parafuso.



4.2 REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO

Em 1823 foi patenteada a primeira máquina de absorção por Ferdinand E. Carré. Segundo Aparecida (2003) “Os primeiros estudos teóricos em refrigeração por absorção foram realizados por Nairne em 1777”. Ainda segundo Aparecida (2003) “A tecnologia da refrigeração por absorção teve seu desenvolvimento a partir dos trabalhos de Ferdinand E. Carré. De 1859 até 1862, 14 patentes de sistemas de absorção trabalhando com par refrigerante amônia-água foram registradas”. Para Stephan (1983) “Diversos sistemas foram construídos a partir de então, utilizados para a produção de gelo e nas aplicações industriais em processos contínuos”.

4.3 REFRIGERAÇÃO UTILIZANDO A TERMOELETRICIDADE

Segundo Piedade (1997) a termoeletricidade é um conjunto de fenômenos físicos que relacionam a temperatura com as propriedades elétricas dos materiais.

Os primeiros passos da termoeletricidade foi por volta do século XIX, o responsável foi Thomas J. Seebeck (1770 – 1831). Seebeck percebeu que, se dois elementos condutores ligados aos terminais de um galvanômetro sofresse uma variação de temperatura os elementos iriam sofrer uma ddp, sendo indicada pelo galvanômetro. Inicialmente Seebeck achava que essa corrente era proveniente de um campo magnético e que a diferença de temperatura criaria tal ponto.

Jean Charles Athanase Peltier (1785 – 1845) mais tarde descobre um efeito contrário ao efeito de Seebeck, em vez de aquecer um sistema idêntico ao o utilizado por Seebeck para gerar uma corrente, fez o contrário, injetou uma corrente no sistema e viu-se que aquela corrente gerava um gradiente de temperatura. Diante de tal conhecimento Seebeck não soube explicar bem o porquê quando aquecia os condutores gerava uma ddp, semelhantemente Peltier não soube explicar o porquê de quando fazia o inverso gerava um gradiente de temperatura.

Por volta de 1855 o físico e matemático britânico William Thomson (1824 – 1907), com o conhecimento já adquirido relacionou ambos os conhecimentos de Peltier e de Seebeck, no qual resultou no efeito de Thomson, o qual diz que se um pedaço de metal estiver sob um gradiente de temperatura, vai aparecer uma corrente elétrica no metal. Logo segundo Fernandes (2012) num material condutor homogêneo, percorrido, por uma corrente elétrica, além de uma libertação de calor pelo efeito de Joule, existe libertação ou absorção de calor proporcional à intensidade de corrente, desde que exista um gradiente de temperatura no material. Para chegar a tal conclusão, Thomson analisou matematicamente os estudos de Seebeck e de Peltier.

5 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para a obtenção de resultados que permitam avaliar a utilização da célula Peltier na refrigeração, faz-se necessário a construção de um protótipo, que para tal será utilizado um isolante térmico a base de EPS (Poliestireno Expandido), sensores de temperatura, dissipadores de calor, circuitos elétricos, células termoelétricas e Coolers.

Para obtenção dos possíveis e melhores resultados inicialmente trabalhar-se-á com a configuração de volumes de 2,7 L e 8,7 L, com isso será possível também variar tais volumes, uma vez que se deseja obter os melhores rendimentos. Com o protótipo serão feitas medições periódicas da temperatura para observar a quantidade de calor que cada sistema consegue tirar e quanto tempo é necessário para isso.

5.1 MONTAGEM DO MINI REFRIGERADOR

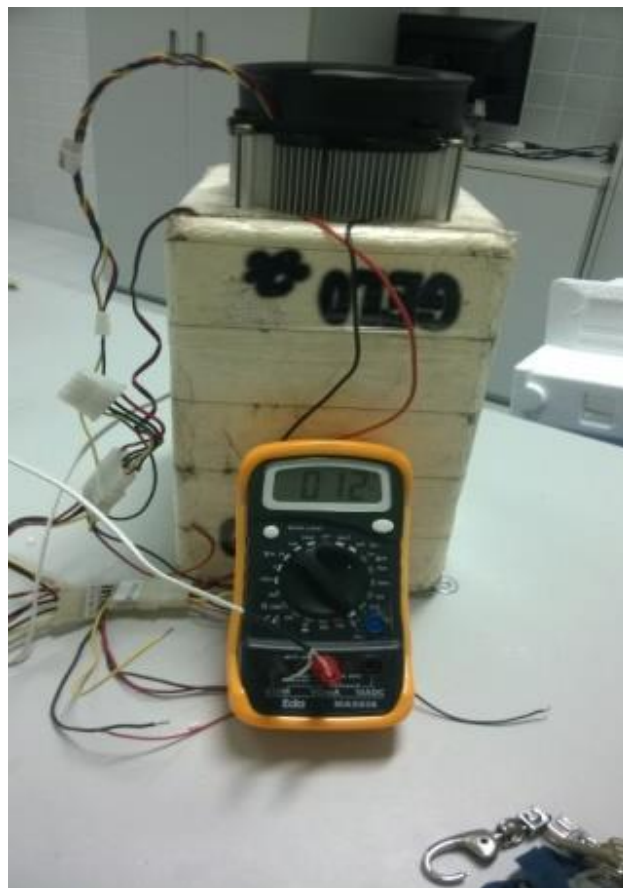
Foi feito a ligação direta da fonte AT e na ATX, foi feito também a identificação das tensões de saída de cada fio da fonte, para posteriormente fazer as ligações elétricas sem o perigo de possíveis incidentes com erro de voltagem e uma possível queima do equipamento.

Figura 5.1 - Fonte AT.



Foi montado de modo simples o primeiro modelo com a caixa de isopor de 2.7 l e verificamos com ela vazia quanto tempo e qual a temperatura mínima o sistema atingiria, com apenas uma célula, um dissipador de calor e um forçado de ar. Com aproximadamente 10 a 12 minutos a temperatura caiu de 24°C para 10°C, decorridos 40 minutos do início do experimento a temperatura ficou estabilizada em 6°C. Percebeu-se que entre a placa e o trocador de calor criou uma crosta de gelo, logo possivelmente a temperatura não baixou mais porque essa crosta pode ter agido como um isolante térmico. Então para o próximo experimento testou-se com a pasta térmica do lado frio da placa, e verificou-se o resultado.

Figura 5.2 - Protótipo montado com uma placa, momento em que o termômetro mostra 12°C.



Foi montado o mini refrigerador com as duas placas e ambas com pasta térmica para melhorar o contato entre a placa e dissipador de calor do lado frio, com isso evitando assim também a formação de uma camada de gelo entre a placa e o dissi-

pador, para não haver isolamento térmico entre ambos por causa da crosta de gelo. Com os testes posteriores o sistema ainda não conseguia atingir uma temperatura satisfatória, pois se esperava que a temperatura ou chegasse a 0°C ou muito próxima disso, mas mesmo com as duas placas conectadas ao sistema, as medições ainda continuavam a mesmas que no dia anterior. Todos os testes estavam sendo feitos com o sistema sem nenhum corpo de prova. O que chamou atenção era que a placa no lado frio conseguiu chegar a -10°C, mas a temperatura estava estabilizando em 6°C, o que na teoria era para estabilizar a uma menor temperatura, não tinha como estabilizar em -10°C, pois o isolamento não era perfeito, e dentro do isopor tinha as duas ventoinhas que geravam calor, mas não chega a interferir a esse ponto.

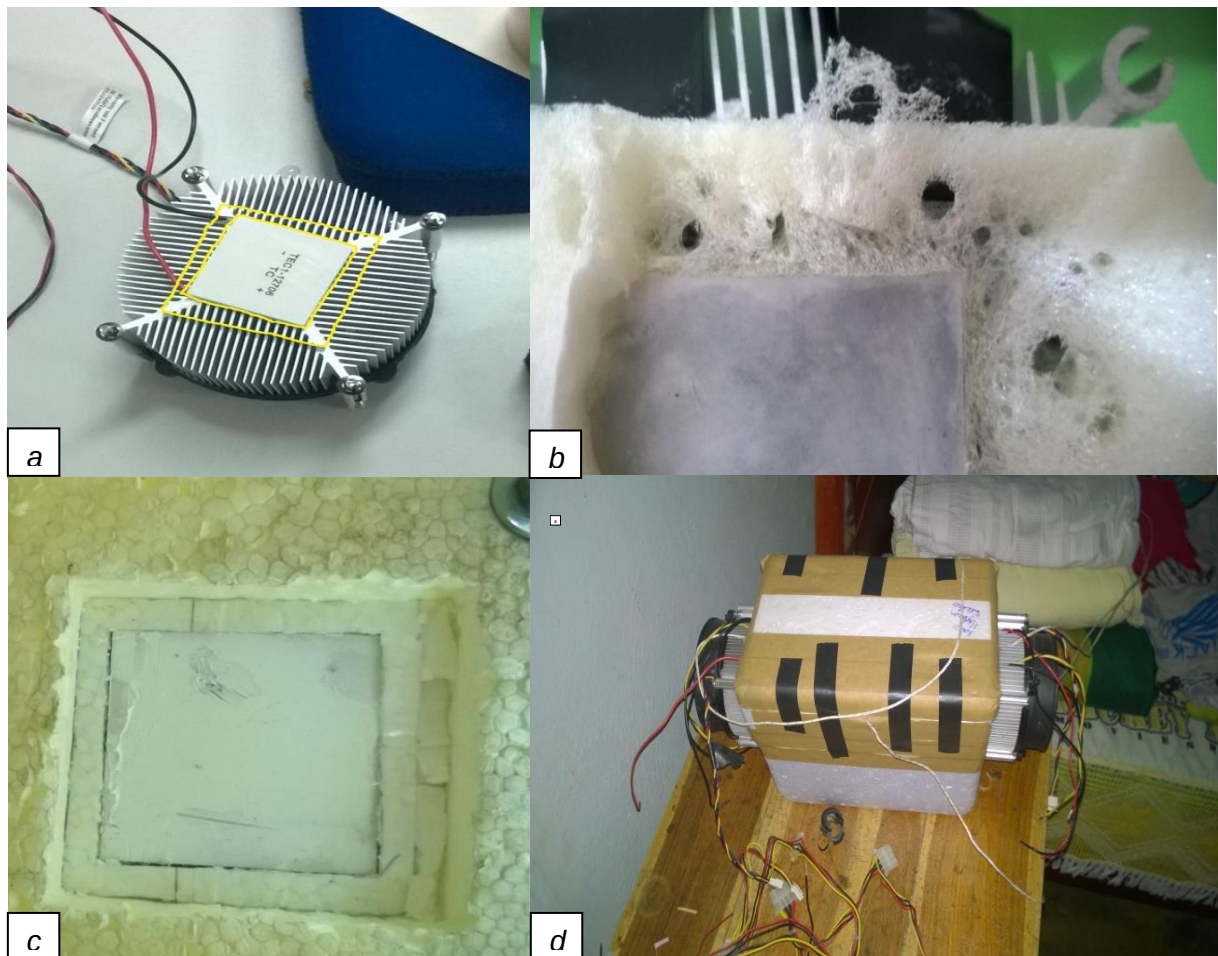
Figura 5.3 - Mini refrigerador montado e com termômetro para verificação das temperaturas atingidas.



Foi feita uma investigação para verificar a causa do problema, pois o mini refrigerador não conseguia chegar a temperatura menor que 6°C, então o mini refrigerador foi desmontado e analisado cada detalhe que pudesse comprometer o seu rendimento, e foi visto que o corte do isopor tinha um pequeno espaçamento que a placa não cobria totalmente, o mesmo fazia com que existisse uma troca de calor entre os dissipadores externos e interno, com isso a temperatura interna não diminuía, com o problema descoberto, inicialmente foi feito um molde na placa com espuma expansiva da marca CASCOLA®, mas pelo difícil manuseio e a impossibilidade de

controle da densidade a espuma foi descartada, pois, depois de seca ficava muitas bolhas e algumas impossibilitavam o uso como isolante térmico. Então foi feito um “molde” de isopor na placa peltier para poder impedir a troca de calor entre o lado quente e o lado frio.

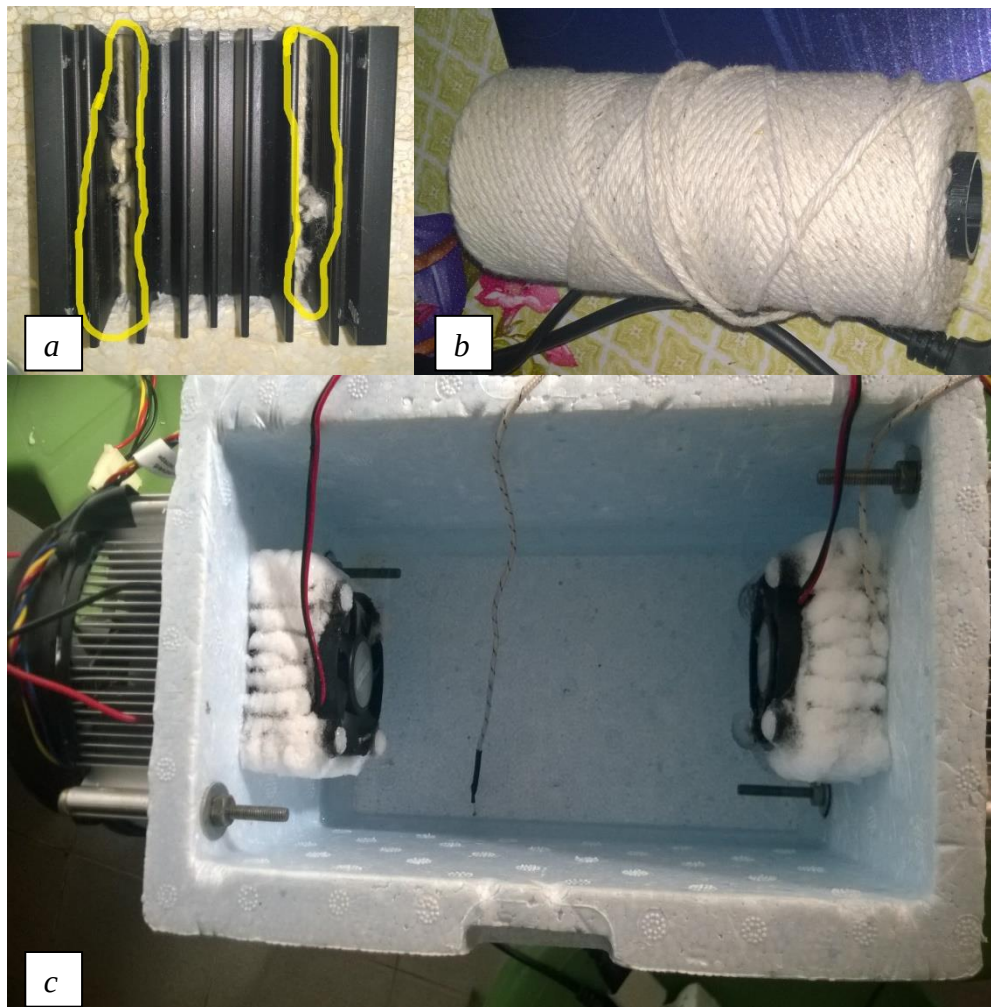
Figura 5.4 - a) Espaço entre a placa e o dissipador; b) Bolhas de ar na espuma expansiva; c) Molde de isopor para preencher o espaço em a; d) Caixa de isopor nova.



Depois de ter sido feito todo isolamento, foi feito um teste prévio, com esse teste foi constatado que o dissipador interno com o tempo, o peso da ventoinha interna, e vibração, o dissipador interno perdia parcialmente o contato com a placa, fazendo com que aumentasse a dificuldade de troca de calor entre a placa e o ambiente interno, então a solução foi fazer uma amarração com barbante, para que o dissipador tivesse sempre em contato direto com o lado frio da placa peltier. Outro problema encontrado foi que, quando a temperatura do dissipador interno já estava abaixo de

zero, começava a congelar a umidade interna nas paletas do dissipador, quando o acumulo de gelo chegava a certo ponto, o gelo começava a interferir no funcionamento das ventoinhas, chegando até a parar completamente de funcionar, com isso, para também a circulação de ar frio dentro do isopor.

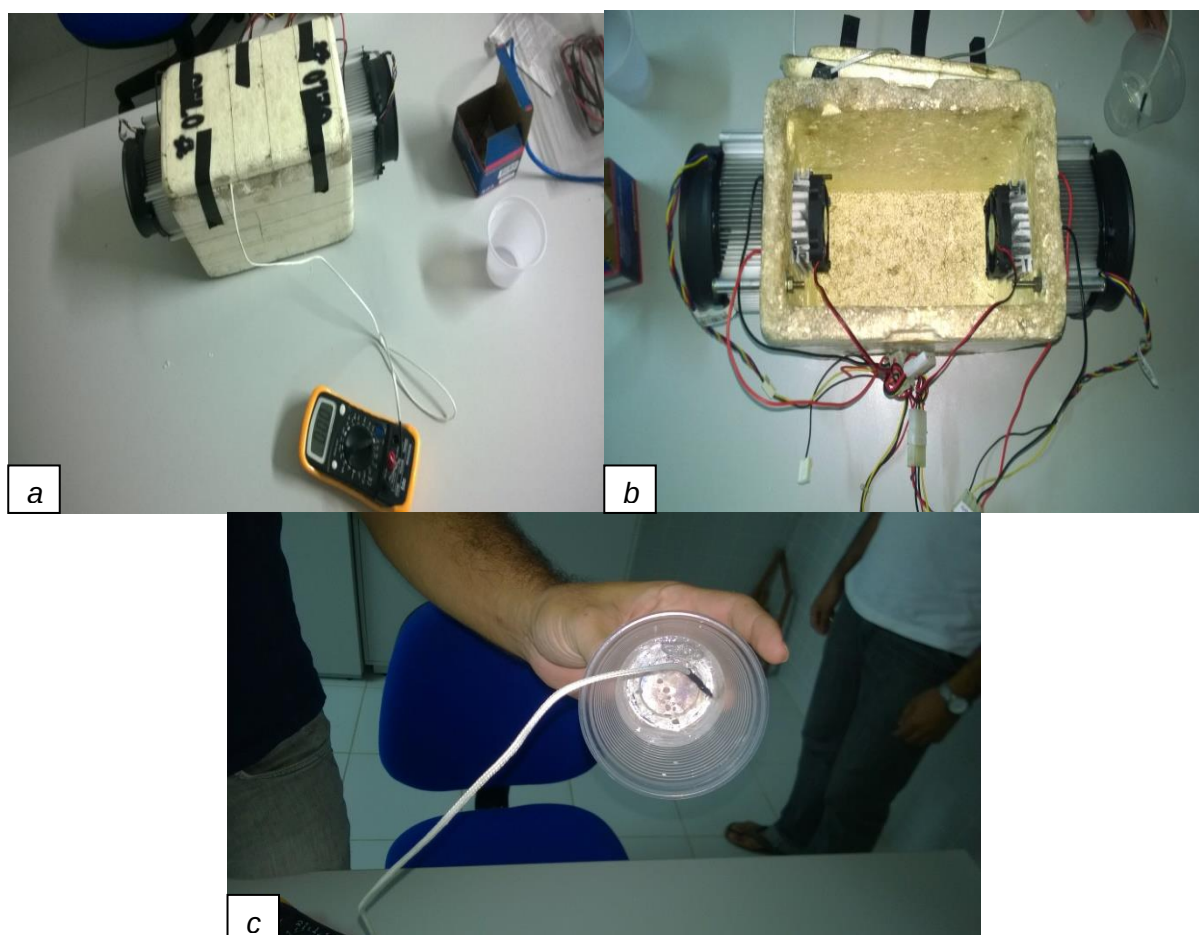
Figura 5.5 - a) Em destaque a amarração no dissipador interno; b) O barbante utilizado para fazer aa amarração; c) As aletas do dissipador interno todas congeladas e as ventoinhas paradas.



Foi feito outro teste depois de todas as mudanças, mas até então, o problema do congelamento ainda não possuía uma solução bem definida, e a caixa usada para os testes preliminares ainda era a velha, que, depois foi trocado a caixa do isopor por uma nova. Então foi feito mais um testes para verificar como ficaria o funcionamento do sistema mesmo congelando as aletas do dissipador, e dessa vez com um

corpo de prova, uma pequena quantidade de água, metade de um copo de água descartável de 180 ml, então aproximadamente 90 ml de água, com esse teste, daria para ter uma noção se o mini refrigerador seria viável e em quanto tempo e quanto que ele resfriaria o corpo de prova. Esse teste para obter uma noção prévia, então não foram necessárias às medições exatas de tempo e temperatura. O resultado foi aparentemente satisfatório, pois o mini refrigerador conseguiu congelar o corpo de prova em aproximadamente 2h30min.

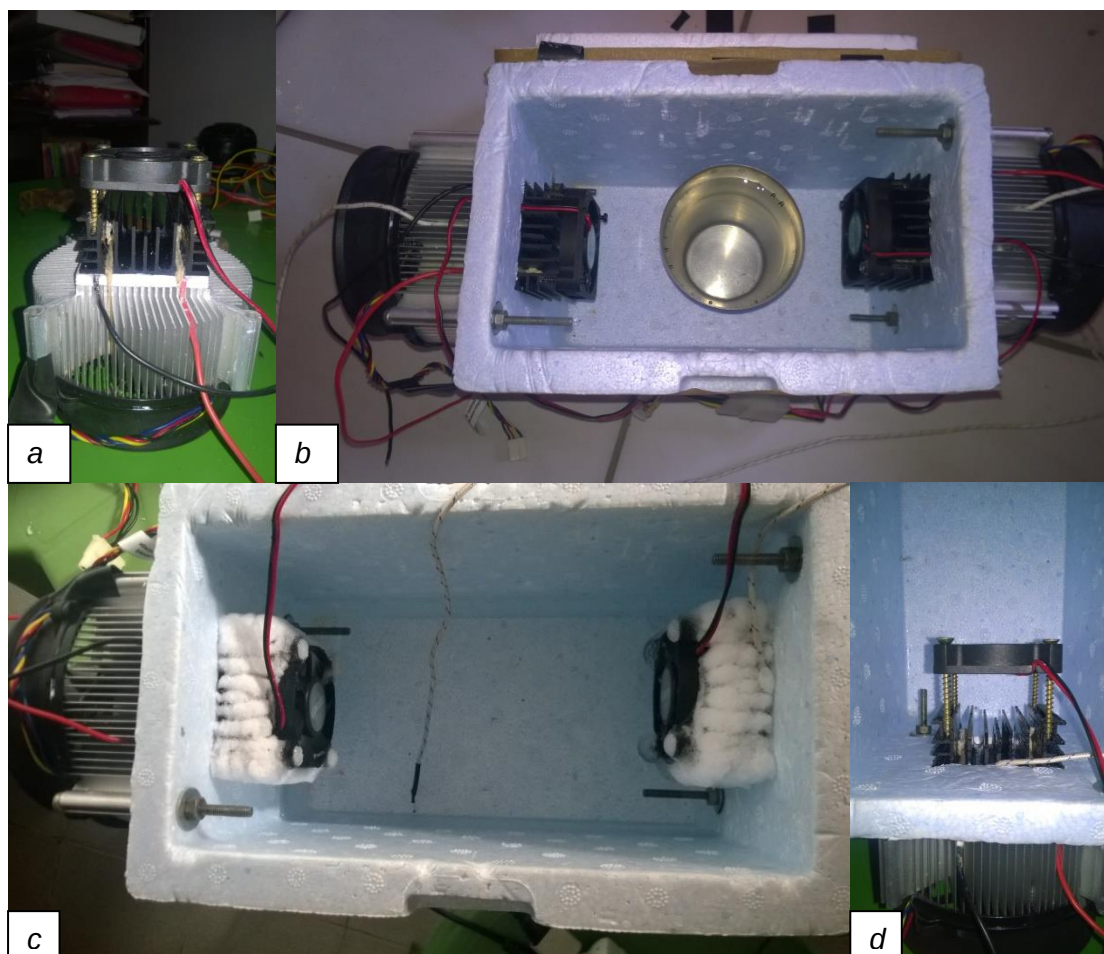
Figura 5.6 - a) Mini refrigerador em teste com o termômetro marcando 0°C; b) As aletas congeladas e no canto superior o corpo de prova já congelado; c) O corpo de prova congelado.



Com os testes anteriores foram obtidos os resultados preliminares do mini refrigerador. Assim começou-se a tentar resolver ou mesmo diminuir o problema do congelamento das aletas, e se possível otimizar o tempo de resfriamento do corpo

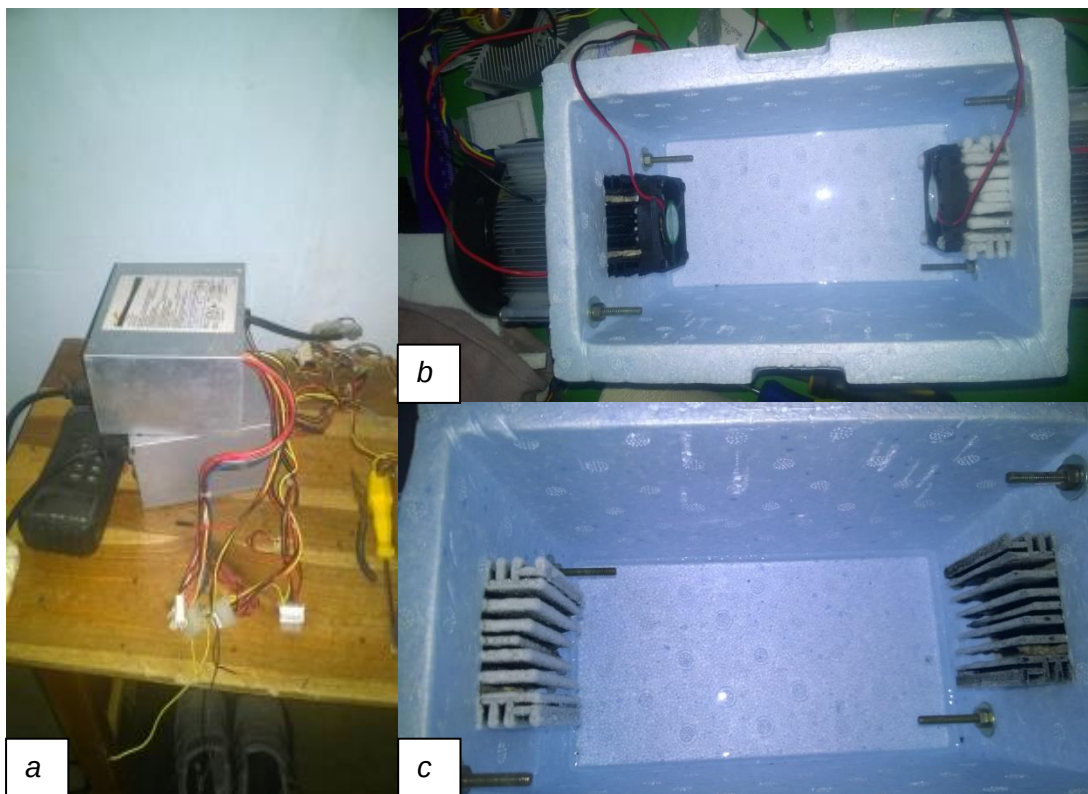
de prova. Como o sistema estava bem isolado, então foram alteradas as configurações, tais como, inverter o sentido do ventilador e se possível até o tamanho do mesmo. A princípio foi escolhido pela viabilidade e facilidade à inversão do sentido das ventoinhas e não deixá-las em contato direto com o dissipador, para isso fixando-a com parafusos maiores, dessa forma existe a possibilidade de vários tipos de configurações. Então começou-se com a configuração de forma que ela ficasse o mais distante possível, dessa forma a intenção não era evitar a criação de gelo nas aletas, e sim para ver se com essa configuração iria melhorar o rendimento, diminuindo assim o tempo de resfriamento, então novos testes foram feitos, mas não foram satisfatórios, pois o sistema não atingia temperaturas abaixo de 3°C, e assim foi mudada novamente as configurações até se obter um resultado satisfatório.

Figura 5.7 – a) Ventoinha interna, na configuração mais distante das aletas e mantida o sentido da ventilação; b) Ventoinha com o sentido de ventilação invertido; c) Aletas congeladas e ventoinhas paradas devido ao acúmulo de gelo; d) Ventoinha instalada no sistema com a configuração mais distante das aletas.



Com o sistema já pronto para os experimentos, foi notado que uma placa peltier estava gelando mais que a outra, aparentemente estava montada da mesma forma que a outra, estando bem isolada e firmemente em contato com os dissipadores, então uma possível causa do problema poderia ser a fonte de alimentação que estava sendo usada. Então, para tentar resolver tal problema, foi decidido reservar uma fonte só para as placas peltier e outra para ligar as ventoinhas; e assim foi feito e depois de alguns testes as placas conseguem ficar na mesma temperatura ou com uma variação de 1°C de uma para a outra.

Figura 5.8 – a) Duas fontes, a que está em cima é uma do tipo AT e a de baixo uma ATX; b) Aleta da esquerda totalmente descongelada e da direita completamente congelada; c) Aleta da esquerda mais congelada que a da direita.



Foi feito o preparatório do protótipo para fazer os testes e anotações definitivas. O primeiro passo foi ver como posicionar os termopares tipo K da marca minipa, de forma que o ambiente interferisse o mínimo possível, para isso foi utilizados quatro termopares, um para verificar a temperatura do ambiente, um para a verificação da temperatura da água, este que seria o corpo de prova, um para verificação do lado frio da placa peltier e mais um para a verificação da temperatura do lado quente da placa peltier. Os termopares para a verificação da temperatura da água e do meio não tiveram problemas para posicioná-los, foi problema com os da placa, pois não podia interferir na distribuição de calor entre a placa e os dissipadores, mas tinha que ficar em contato direto com a placa para minimizar o máximo a chance de erro de leitura ou de interferência do meio. No lado frio, a forma mais viável foi fixá-lo ao dissipador interno o mais próximo possível da placa, como mostra a figura. No lado quente, o termopar foi colocado entre as aletas do dissipador externo e em contato direto com o lado quente da placa peltier.

Figura 5.9 – a) Desenho da imagem frontal de como fica o termopar no dissipador interno; b) termopar no dissipador interno; c) A ponta do termopar em contato com o lado quente da placa peltier; d) Termopar fixado com as aletas do dissipador externo.

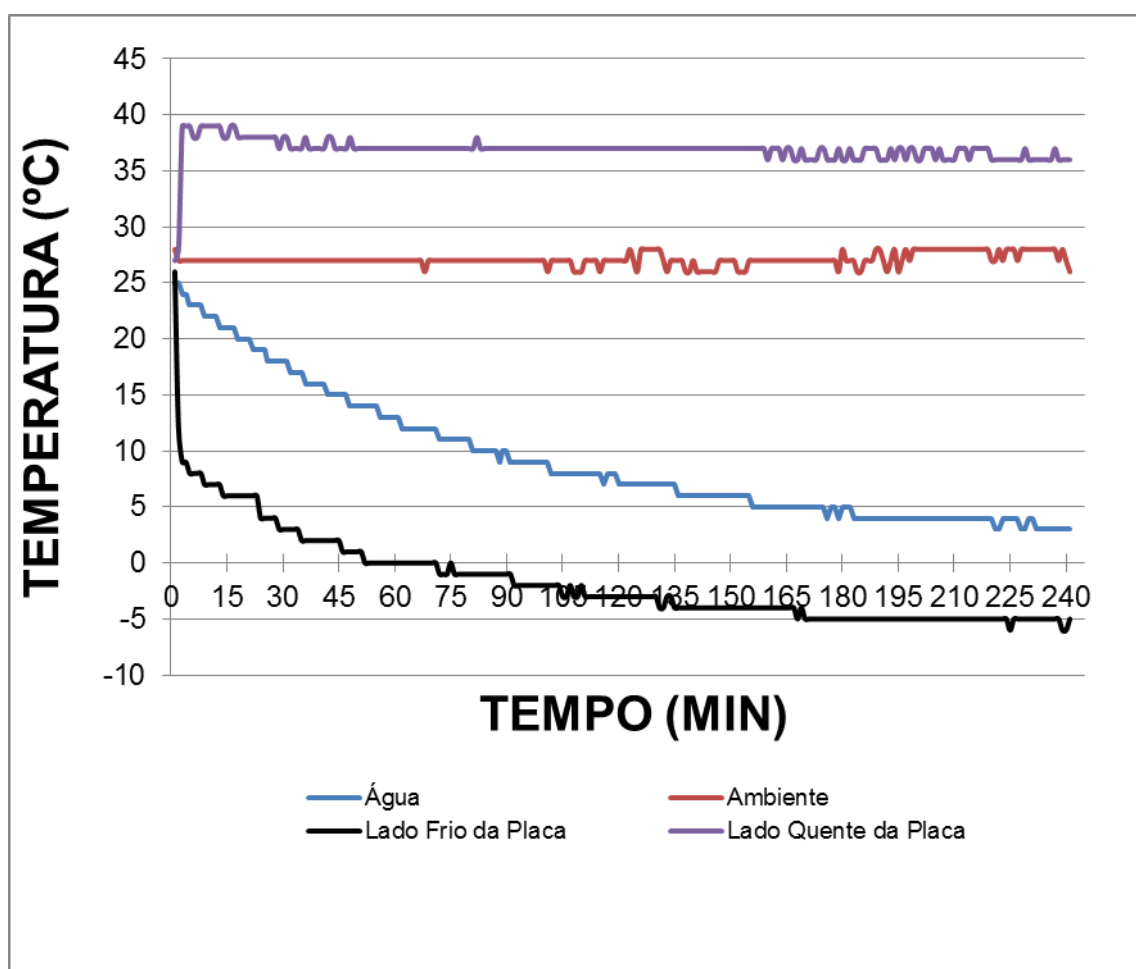


Com os termopares todos colocados, foi feito um teste preliminar para ver se todos estavam funcionando bem, como todos se mostraram satisfatório para o funcionamento, já foi possível iniciar os testes.

6 RESULTADOS E DISCURSÃO

Antes de iniciar os testes, foi necessário adotar alguns padrões, então foi decidido fazer todos os testes com 500 ml de água, e primeiro ia-se ver em quanto tempo essa quantidade de água chegaria em 0°C. Mas o primeiro teste e em posteriores foi visto que para essa quantidade de água, os testes teriam que ser muito extensos. As medições eram verificadas a cada um minuto. Os 500 ml demorou cerca de 4 horas para ir de 25°C para 3°C como mostra o gráfico.

Figura 6.1 – Gráfico do primeiro teste para a análise e adequação de parâmetros.



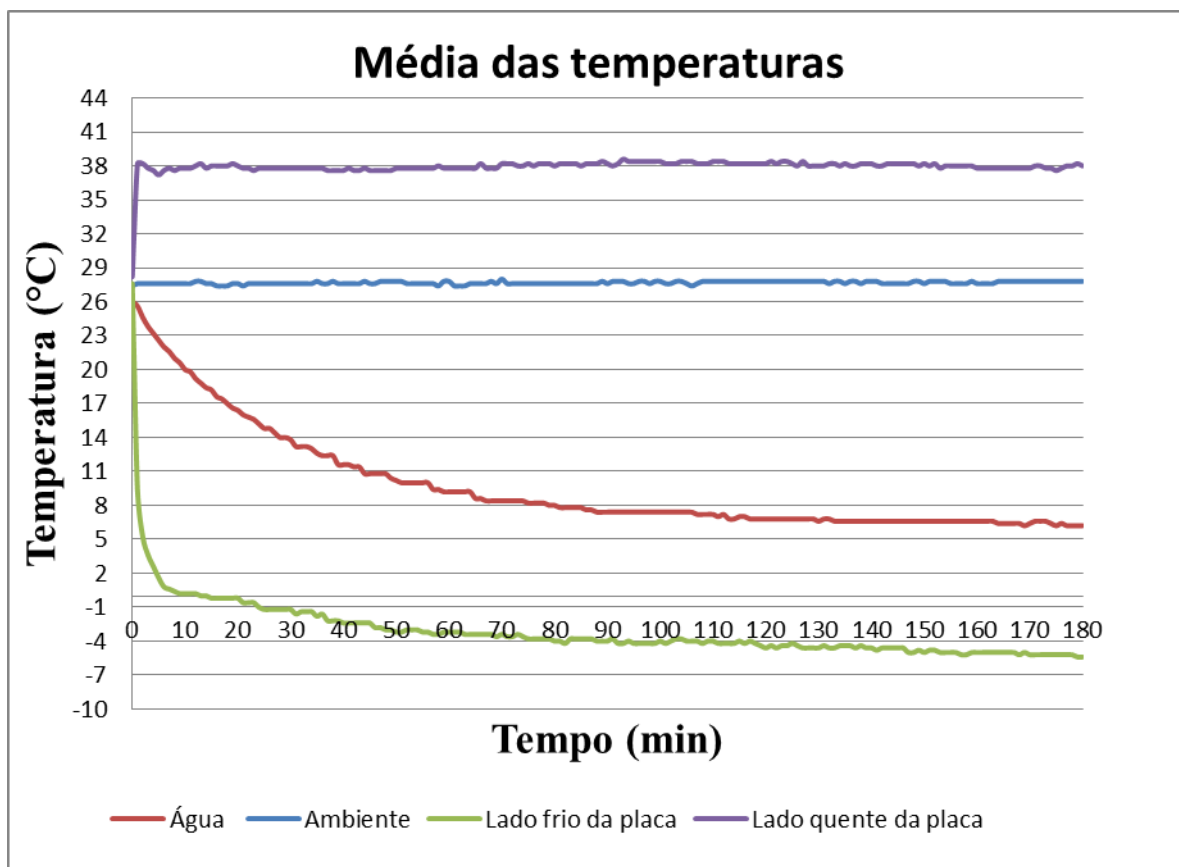
Com esse resultado, dava para ter uma ideia que à medida que a temperatura cai, o tempo para diminuí-la vai aumentando, então o melhor era diminuir a quanti-

dade de água para 250 ml e o tempo de teste para 3 horas em todos, e cinco repetições para diminuir a margem de erro.

No terceiro teste, depois de decorridos 62 minutos, o termopar que fazia a leitura da temperatura ambiente começou a apresentar um erro de leitura, como a temperatura ambiente tinha uma variação pequena a ponto de não interferir nos resultados finais, então foi decidido fazer só a primeira leitura no começo dos testes e adota-la como padrão.

Com todos os testes feitos, então foi feito uma média de todas as temperaturas como mostra o gráfico a seguir.

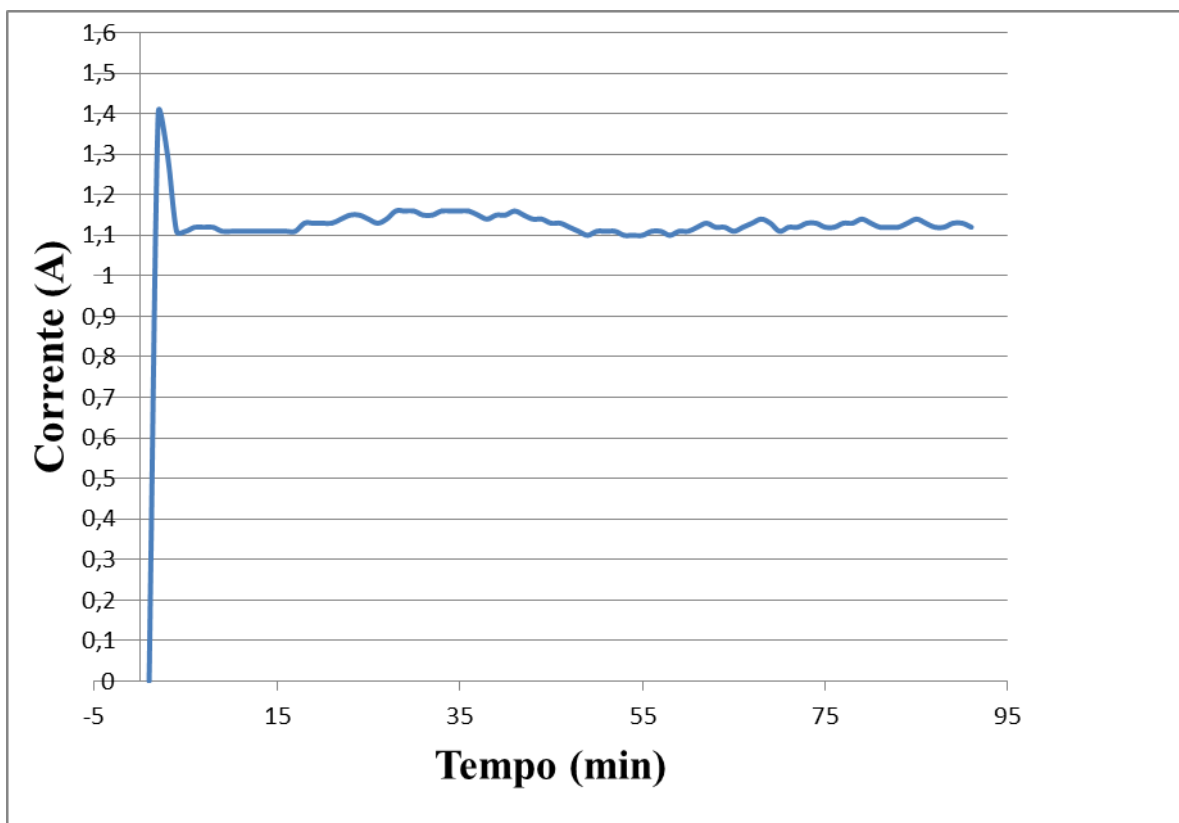
Figura 6.2 – Gráfico das médias das temperaturas.



No gráfico 6.2 pode-se perceber uma rápida queda na temperatura média da água do corpo de teste, em apenas 30 minutos a temperatura média da água caiu de 26°C para aproximadamente 14°C, terminando o teste em aproximadamente 6°C, o que mostra um bom resultado se comparado à temperatura de um gelo água com sistema de compressão de gás, que fica em torno de 8°C.

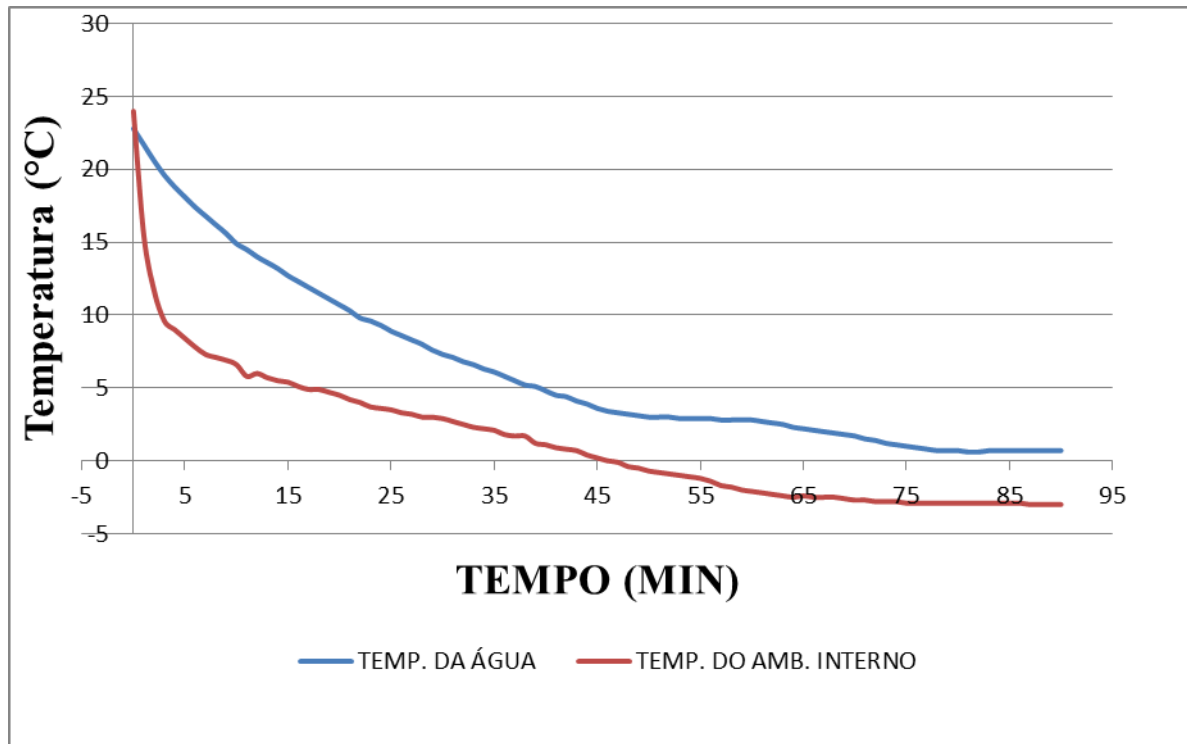
Com uma avaliação feita dos dados colhidos em experimentos, pode-se comprovar uma real capacidade de utilização do efeito peltier na refrigeração. Uma possível utilização pode ser para uma mini geladeira veicular, para poder gelar ou manter gelado alimentos ou bebidas diversas.

Figura 6.3 – Gráfico da corrente.



Com o gráfico 6.3 pode-se verificar que a variação da corrente é pouca.

Figura 6.4 – Gráfico da temperatura da água e do ambiente interno.



Já com o gráfico 6.4, pode-se perceber que inicialmente a temperatura da água e do ambiente interno cai rapidamente nos primeiros 45 minutos e depois tende a ir estabilizando aos poucos.

7 CONCLUSÃO

O uso das placas termoelétricas pode ser utilizado na refrigeração dependendo de sua finalidade.

Pode ser utilizada como um acessório automobilístico, uma vez que a caixa produzida no experimento é de pequeno porte, logo pode ser adaptada para funcionar em automóveis, sendo assim, poderia se transportar algo refrigerado durante toda uma viagem.

Para estudos futuros, pode-se ver a inclusão de um tipo de bateria, assim poderia ser visto o tempo de duração, tamanho da bateria, e o quanto isso acrescentaria no projeto final.

Também pode ser visto os materiais que são construídos às placas termoelétricas, com o estudo dos materiais, pode-se ver o melhoramento da placa.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APARECIDA, Diovana dos Santos Napoleão. **Determinação da Entropia de Mistura Amônia e Água para Aplicações em Processos de Refrigeração por Absorção**. 2003. 157 f. Tese, Doutorado em engenharia mecânica, Faculdade de Engenharia, Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2003.

ERNESTO, João Schreiner. **Desenvolvimento de metodologias de simulação para a análise de soluções de gerenciamento térmico aplicadas a compressores alternativos de refrigeração**. 2008. 218 f. Dissertação, mestre em engenharia mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FERNANDES, Alberto Emanuel Simões dos Santos. **Conversão de Energia com Células de Peltier**. 2012. 119 f. Dissertação, Mestre em energias renováveis - conversão Elétrica e Utilização Sustentáveis, Faculdade de ciências e tecnologia universidade nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

LUIZ, Evandro Lange Pereira. **Análise de sistemas de válvulas automáticas de compressores alternativos**. 2006. 143 f. Dissertação, mestre em engenharia mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PIEIDADE, P. M. (1997). **Efeitos Termoelétricos e suas aplicações**. Aquisição e Processamento de Sinais. IST - Lisboa.

RÉGIO, Alberto Gomes. **Análise comparativa de mecanismos de compressão para aplicação em refrigeração doméstica**. 2006. 136 f. Dissertação, mestre em engenharia mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SARKIS, Sávio Raidel Matos. Compressores para processo industrial. Apostila. Centro Federal de Educação Tecnológica- 2002.

STEPHAN, K. History of absorption heat pumps and working pair of development in Europe. Int. Journal of Refrigeration, v. 6, p. 152-160, 1983.

Vettorazzo, Lucas. ONS diz que não houve apagão, mas desligamento preventivo de carga. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/01/1577935-ons-diz-que-nao-houve-apagao-mas-desligamento-preventivo-de-carga.shtml>>. Acesso em: 07 de abril de 2015.