

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

FANCOIL RESIDENCIAL PELTIER

Sistema de refrigeração residencial com células de Peltier

Jonas Cornelio Lopes

Pindamonhangaba - SP

2018

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

FANCOIL RESIDENCIAL PELTIER

Sistema de refrigeração residencial com células de Peltier

Jonas Cornelio Lopes

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba para graduação, no Curso Superior de Tecnologia em Mecânica – Processos de Soldagem

Área de Concentração: Refrigeração forçada

Orientador(a): Prof. Me. Marcelo Bergamini de Carvalho

Co-orientador(a): Prof. Me Geraldo Novaes Miranda

Pindamonhangaba - SP

2018

L881f Lopes, Jonas Cornelio.
 FANCOIL RESIDENCIAL PELTIER – Sistema de Refrigeração
 residencial com células de Peltier / Jonas Cornelio Lopes / FATEC
 Pindamonhangaba, 2018.
 42f.; il.

 Orientador: Professor Me. Marcelo Bergamini de Carvalho
 Co-orientador: Professor Me. Geraldo César Novaes Miranda
 Monografia (Graduação) – FATEC – Faculdade de Tecnologia
 de Pindamonhangaba. 2018

 1. Ar condicionado. 2. Refrigeração. 3. Fan Coil. 4. Peltier. I. Lopes,
 Jonas Cornelio. II. Carvalho, Marcelo Bergamini de. III. Miranda,
 Geraldo César Novaes. IV. Título.

CDD 621

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**“FANCOIL RESIDENCIAL PELTIER:
SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO RESIDENCIAL
COM CÉLULAS DE PELTIER”.**

JONAS CORNELIO LOPES

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Pindamonhangaba, para
graduação no Curso Superior de
Tecnologia em Mecânica: Processos de
Soldagem.

Comissão Examinadora

Orientador – Prof. Me. Marcelo Bergamini de Carvalho

Membro – Prof. Me. Geraldo Cesar Novaes Miranda

Membro – Dr. Cesar Alves da Silva Leandro

Pindamonhangaba, 13 de dezembro de 2018.

DEDICATÓRIA

Dedico minha obra e minha vida a uma mulher guerreira, que por falta de condições e oportunidade foi privada do ensino, mas que mesmo cursando somente até a 4 série é detentora de um conhecimento e uma cultura esplendida, dedico a uma mulher que quando eu acordava as 6 e meia da manhã para estudar meu café já estava pronto porque ela acordava as 6 para fazê-lo, dedico a pessoa que sempre incentivou a estudar e nunca me deixou desanimar, dedico a minha amiga que até hoje é meu ombro para chorar e compartilhar minhas alegrias, dedico à senhora mamãe Dirce Cornelio C. Lopes.

Dedico esta obra também a minha esposa Tatiane Valério Lopes e minha filha Nicole Valério Lopes que juntos formamos uma família

AGRADECIMENTO

Aos meus pais José Aparecido Lopes e Dirce Cornelio C. Lopes, irmão Felipe Sávio C. Lopes, minha esposa Tatiane Valério Lopes, minha filha Nicole Valério Lopes e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constante onde não teria chegado até aqui sem muitas vezes o trabalho em equipe e apoio dos colegas.

Ao professor Marcelo Bergamini, pelo inestimável apoio na orientação deste trabalho.

Aos amigos Edvaldo Barros e Cesar Ribeiro pelo apoio e pelos incentivos com injeções de ânimos quando necessário.

Ser professor é professar a fé e a certeza de que tudo terá valido a pena se o aluno sentir-se feliz pelo que aprendeu com você e pelo que ele lhe ensinou...

Ser professor é consumir horas e horas pensando em cada detalhe daquela aula que, mesmo ocorrendo todos os dias, a cada dia é única e original...

Ser professor é entrar cansado numa sala de aula e, diante da reação da turma, transformar o cansaço numa aventura maravilhosa de ensinar e aprender...

Ser professor é importar-se com o outro numa aventura maravilhosa de ensinar e aprender...

Ser professor é importar-se com o outro numa dimensão de quem cultiva uma planta muito rara que necessita de atenção, amor e cuidado.

Ser professor é ter capacidade de “sair de cena, sem sair do espetáculo”.

Ser professor é apontar caminhos, mas deixar que o aluno caminhe com seus próprios pés...

Jairo Lima

LOPES, J. C. **Fancoil Residencial Peltier – Sistema de refrigeração residencial com células de Peltier**. 2018. 42p. Trabalho de Graduação (Curso de Tecnologia Mecânica). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2018.

RESUMO

Este trabalho de graduação apresenta um estudo sobre a utilização e o emprego de células de Peltier na refrigeração residencial, tendo por objetivo a climatização de um ambiente de aproximadamente 20m² à uma temperatura agradável, com o emprego das células de Peltier associado a técnica do sistema Fan Coil que é utilizado em grandes edificações devido seu alto custo de implantação.

Um termômetro digital foi empregado nos testes de temperatura para posterior discussão e análise dos resultados. O funcionamento do sistema de refrigeração criado obteve bons resultados térmicos para aplicação, chegando a atingir 1,3°C inicialmente e posteriormente ao estabilizar a temperatura em 9,6°C. Realizando teste na unidade de resfriamento montada, percebeu-se que a falta de isolamento entre as duas zonas termicamente diferentes, influência na temperatura, aumentando a temperatura de 1,3°C para 9,6°C após alguns minutos.

Tendo em vista a temperatura atingida de 9,6°C a unidade foi então testada com o fluido e a evaporadora split, devido à pequena potência das pastilhas de 50watts, o sistema criado mostrou-se ineficiente para tal função desejada, comprovando assim a teoria do site DANVIC (2018) que é muito enfático ao afirmar que eventualmente será empregado para esta finalidade em escala industrial e que seu custo por watt transferido é muito superior a um compressor que é seu principal concorrente tecnológico

Palavras-chave: Ar condicionado, Fan Coil, Peltier, Refrigeração

LOPES, J. C. **Fancoil Residential Peltier – Residential Refrigeration System by Peltier**. 2018. 42p. Graduation Work (Technological Mechanics Course). Faculty of Technology of Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2018.

ABSTRACT

This work presents a study on the use of Peltier cells in residential cooling, aiming at the air conditioning of an environment of approximately 20 m² at a pleasant temperature, using the Peltier cells associated with the Fan Coil system technique that is used in large buildings due to its high cost of implantation.

A digital thermometer was used in the temperature tests for further discussion and analysis of the results. The operation of the refrigeration system created obtained good thermal results for application, reaching 1.3°C initially and after stabilizing the temperature at 9.6°C. Performing test in the mounted cooling unit, it was noticed that the lack of insulation between the two thermally different zones, influence on temperature, increasing the temperature from 1.3°C to 9.6°C after a few minutes.

Considering the temperature reached 9.6°C the unit was then tested with the fluid and the split evaporator, due to the small power of the 50watts pellets, the system created proved to be inefficient for such a desired function, thus proving the theory of the site DANVIC (2018) who is very emphatic in stating that he will eventually be employed for this purpose on an industrial scale and that his cost per watt transferred is far superior to a compressor that is his main technological competitor

Keywords: Air conditioning, Fancoil, Peltier, Refrigeration.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Gastos com Protótipo	28
Tabela 2 - Especificações do Fabricante	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ar condicionado de Janela.....	18
Figura 2 – Ar Condicionado tipo Split Inverter.....	19
Figura 3 - Sistemática Fan Coil.....	20
Figura 4 - Esquemático da pastilha de Peltier.....	21
Figura 5 - 1º Lei da Termodinâmica.....	23
Figura 6 – Unidade de resfriamento do fluido.....	25
Figura 7 – Especificação Técnica.....	27
Figura 8 - Células de Peltier.....	28
Figura 9 - Dissipador de calor.....	28
Figura 10 - Protótipo criado para retirada de dados.....	29
Figura 11 - Temperatura inicial e final.....	32
Figura 12 - Temperatura estabilizada.....	33
Figura 13 - Corrente Consumo.....	33
Figura 14 - Tensão fornecida pela fonte.....	34
Figura 15 - Modulo de refrigeração.....	34

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 PROBLEMA	15
3 OBJETIVOS.....	16
3.1 OBJETIVO GERAL.....	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4 JUSTIFICATIVA	17
5 REVISÃO DA LITERATURA	18
5.1 REFRIGERAÇÃO	18
5.1.1 Ar Condicionado	19
5.1.2 Fan Coil	20
5.2 CÉLULAS DE PELTIER.....	21
5.3 1º LEI DA TERMODINAMICA	22
6 MATERIAIS E MÉTODO.....	24
7 RESULTADOS E DISCUSÃO.....	26
7.1 COMPARATIVO DE POTENCIAL	26
7.2 PROTÓTIPO	27
7.2.1 Parâmetros do módulo Termoelétrico – Célula de Peltier.....	30
7.3 DADOS COLETADOS.....	31
7.3.1 Variação na temperatura da unidade de resfriamento	31
8 CONCLUSÃO.....	35
8 CRONOGRAMA	36
9 REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

À medida que a humanidade evolui maior é sua exigência em relação à saúde e bem-estar. Dessa maneira, um ambiente interno agradável, seja para lazer ou alguma atividade lucrativa é uma preocupação crescente da população, que passa em média de 85% do tempo em locais fechados, incluindo residências, escolas, centros comerciais, escritórios, etc. Dentre os fatores essenciais para a qualidade do ambiente interno estão iluminação, temperatura, umidade, ventilação e ausência de poluentes.

Estudos recentes analisaram a estreita relação entre conforto térmico e desempenho nos locais de trabalho e escolas, e foi possível comprovar o impacto direto na satisfação e produtividade de funcionários e alunos (AKIMOTO, 2010). Aliado a isso, o crescimento populacional e econômico do Brasil, bem como o clima predominantemente quente, faz com que a demanda por eletrodomésticos de refrigeração aumente todos os anos.

As vendas de ar-condicionado aumentaram exponencialmente em todo o mundo em pouco tempo. Tal crescimento é impulsionado por países de renda média como China, Índia e Brasil, onde as famílias e as empresas estão comprando cada vez mais aparelhos. Estima-se que o total de lares com refrigerador de ar pode aumentar de 13% para 70% até meados de 2100 (DAVIS; GERTLER, 2015). No mesmo período, a temperatura média global deve se elevar entre 1,8°C e 4°C (IPCC, 2007).

Nesse cenário, uma melhora na qualidade de vida combinada às previsões de mudanças climáticas, poderia levar a um uso quase universal de ar-condicionado. Porém, isso representaria um aumento de 83% no consumo de eletricidade. Trilhões de dólares de investimentos seriam necessários em infraestrutura de geração e transmissão de energia elétrica (DAVIS; GERTLER, 2015).

A maior parte da energia mundial é proveniente de combustíveis fósseis, o que significaria um aumento de bilhões de toneladas na emissão de dióxido de carbono na atmosfera (DAVIS; GERTLER, 2015). Somam-se ainda os efeitos dos hidrofluorcarbonetos (HFCs) utilizados como fluido refrigerante, que podem vazar para o ambiente e contribuir para o aquecimento.

Se, por um lado, há uma preocupação crescente com a economia de energia, por outro lado, a qualidade do ar interno muitas vezes é prejudicada, pois as construções vêm se tornando cada vez mais fechadas, com poucas aberturas para circulação (CARMO; PRADO, 1999). Ventilação escassa e baixa umidade podem levar ao comprometimento dos sistemas respiratório e cardiovascular, bem como doenças nos olhos, nariz, garganta, pele, cabeça e pulmões (CAIXETA, 2016).

Na busca do equilíbrio entre eficiência energética iremos trabalhar para buscar uma nova tecnologia que traga o conforto térmico necessário e a redução no consumo de energia.

2 PROBLEMA

Como melhorar a qualidade de vida utilizando tecnologias já existentes e com baixo custo de acesso, manutenção e uso? Para responder esta pergunta, vamos estudar, pesquisar e fazer testes utilizando a unidade evaporadora de um ar condicionado modelo split e células de Peltier que são muito utilizadas em refrigeradores de água residencial.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Criar um novo equipamento ou uma nova utilização para tecnologias já existentes como células de Peltier e a unidade evaporadora de um ar condicionado modelo Split, trazendo com este projeto uma melhor qualidade de vida e redução no consumo de energia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo deste trabalho é conseguir reduzir a temperatura de um ambiente fechado (quarto) de aproximadamente 20m² à uma temperatura agradável em torno de 23°C, utilizando um evaporador de ar condicionado tipo split e um circuito de células Peltier acoplados a um pequeno radiador que será o responsável por resfriar o fluido que será bombeado para circular pela evaporadora.

4 JUSTIFICATIVA

Morar em um país tropical como o Brasil não é tarefa fácil, ainda mais quando falamos em temperatura máxima de 43,1° como registrado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no Rio de Janeiro em 2004 (METEOROLOGIA., 2018), a busca por meios para a redução da temperatura dentro de um ambiente fechado como um galpão, escritório e até mesmo nossas residências vêm cada dia mais aumentando, estes meios vão desde simples ventiladores de hélice à sistemas de refrigeração que utilizam gás expansível ou sistemas maiores que trabalham com água gelada para o resfriamento dos ambientes.

Com a execução deste trabalho tecnológico e a elaboração do protótipo é esperado alcançar o controle térmico de um ambiente, trazendo assim um conforto térmico para as pessoas dentro deste ambiente.

É importante que ao alcançar os resultados satisfatórios e até mesmo que não seja o esperado a sua divulgação para que possamos buscar novas aplicações e até mesmo uma aplicação comercial a partir deste estudo.

5 REVISÃO DA LITERATURA

5.1 REFRIGERAÇÃO

Refrigeração segundo o site Dicio (2018) é a *redução artificial da temperatura*, esta redução pode ser feita através de Condicionadores de Ar, tecnologia que utiliza gás de expansão como o Ar Condicionado Split ou Ar condicionado de Janela residencial (figura 1) ou até mesmo o sistema Fan Coil que utiliza água gelada para resfriar a serpentina, geralmente utilizado em grandes edificações, devido ao seu custo inicial e tamanho dos *chillers*, a seguir trataremos um pouco melhor sobre estes métodos.

Figura 1 - Ar condicionado de Janela



Fonte 1 - WebArCondicionado

5.1.1 Ar Condicionado

De acordo com Miller e Miller (2012) Ar condicionados são eletrodomésticos que resfriam, desumidificam, filtram e circulam o ar. Estes eletrodomésticos são ligados a energia elétrica e seu alto consumo energético para comprimir o gás de refrigeração acaba gerando alto custo na utilização, embora seja um equipamento de design bonito, moderno (figura 2) e acessível quanto ao custo inicial de aquisição do eletrodoméstico o seu consumo torna-o de uso difícil. A troca de calor gerada por estes equipamentos é satisfatória e atende completamente o quesito de qualidade térmica desejada em um ambiente, mas temos nestes equipamentos o altíssimo consumo energético e é este problema que tentaremos resolver neste trabalho com a utilização de um sistema misto com as tecnologia de refrigeração e o efeito Peltier.

Figura 2 – Ar Condicionado tipo Split Inverter



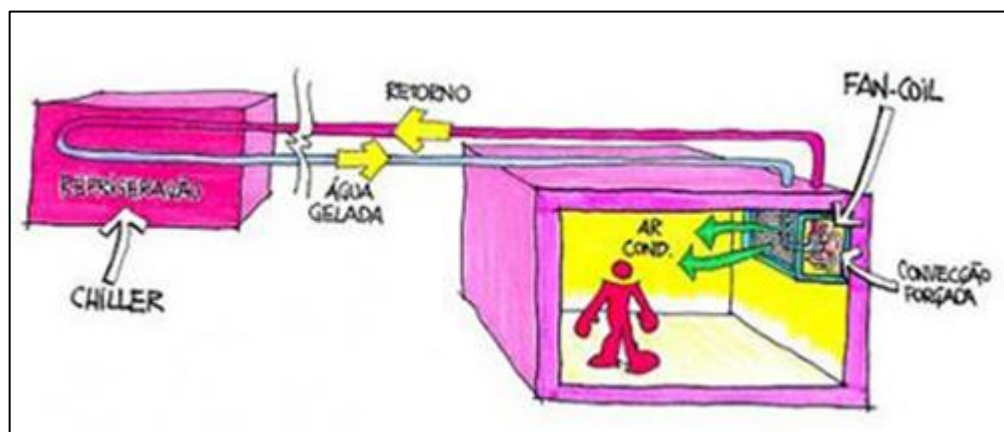
Fonte 2 - (DUFRIO, 2018)

5.1.2 Fan Coil

Segundo o site A GERADORA (2018) o sistema Fan Coil (figura 3) é muito semelhante ao sistema visto posteriormente onde temos basicamente uma unidade condensadora e uma unidade evaporadora, unidade esta que é a responsável pela filtragem do ar e resfriamento do mesmo antes de retorna-lo ao ambiente e a unidade condensadora é a unidade que gera o gás comprimido para que no momento de sua expansão ele gere uma diferença de temperatura que será utilizada através de uma serpentina (unidade evaporadora) para resfriar o ar.

No sistema Fan Coil temos o mesmo princípio de uma serpentina e o ar passando por ela e assim sendo feita a troca de calor com o ambiente, mas neste processo deixamos de utilizar o gás refrigerador e passamos a utilizar a água ou fluido gelado que vêm dos chamado *chillers* (equipamentos robustos e grandes que reduzem a temperatura da água/fluido), neste trabalho tentaremos substituir este robustos *chillers* por pequenas células de Peltier para fazer o resfriamento do fluido.

Figura 3 - Sistemática Fan Coil

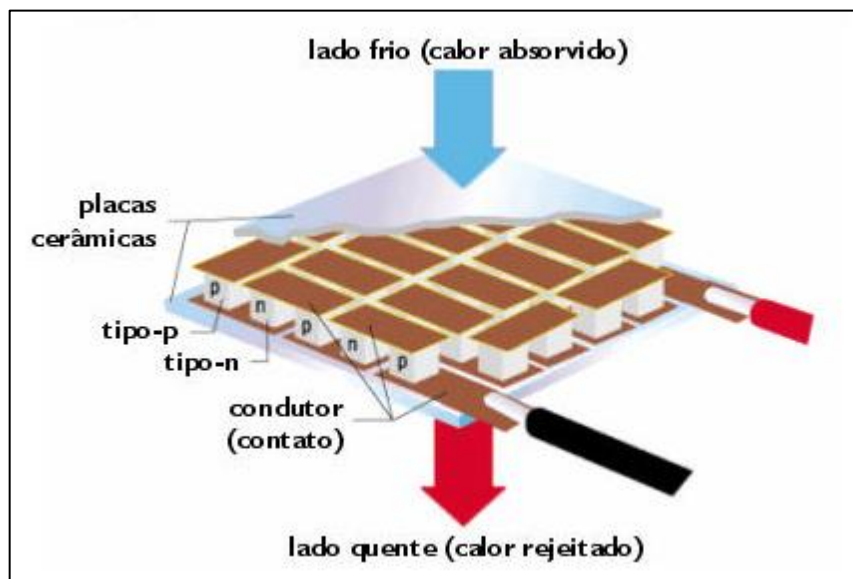


Fonte 3 - Dutra (2018) (Site projeteee)

5.2 CÉLULAS DE PELTIER

Células de Peltier são pequenas pastilhas compostas por materiais metálicos e cerâmicos (figura4) com capacidade de gerar uma diferença de temperatura de até 66°C (Datasheet – Células Peltier) quando aplicado energia elétrica de uma fonte de corrente contínua em suas extremidades. Aplicando pequenas tensões corrente contínua (DC) em seus terminais já é possível perceber e medir a diferença de temperatura entre as faces e ao inverter a polaridade da tensão, temos também a inversão das temperaturas na pastilha, onde anteriormente o lado que aquecia, passa a esfriar (INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING (IJE), 2011), desta maneira podemos facilmente utilizar as pastilhas para aquecer ou resfriar o meio de contato desejado.

Figura 4 - Esquemático da pastilha de Peltier



Fonte 4 - Brito Filho et Al. (2010)

Estas pastilhas podem ser aplicadas em qualquer ambiente que necessite ser resfriado ou aquecido, no entanto, o lado oposto ao utilizado deve possuir uma dissipação do calor muito boa, tendo em vista o diferencial de temperatura. Para termos uma temperatura de resfriamento adequada é necessária uma dissipação com dissipadores de calor de alumínio do lado oposto e se possível, também a utilização de coolers.

As pastilhas Peltier ou pastilhas termoelétricas vêm sendo muito usadas na indústria, para fabricação de bebedouros residenciais menores e com design cada vez mais sofisticados.

Dependendo da aplicação, uma pastilha pode ser infinitamente superior à do que um compressor, por Exemplo, para resfriar um microprocessador, ou até inferior, como no caso de um aparelho de ar-condicionado. Brito Filho et Al. (2010).

Segundo Brito Filho et al. (2010), a utilização da pastilha termoelétrica (célula de Peltier) é inviável para a utilização em aparelhos de ar condicionado, neste trabalho vamos buscar a comprovação de que é possível utilizar a pastilha quando associada a tecnologia de *Fan Coil*, onde iremos resfriar um fluido à aproximadamente 7°C e posteriormente utilizar um evaporador de ar condicionado split para fazer a troca de calor com o ambiente. A tecnologia de *Fan Coil* existe e já é aplicada em grandes estruturas, vamos buscar a sua aplicação a pequenas construções e principalmente residências

5.3 1º LEI DA TERMODINAMICA

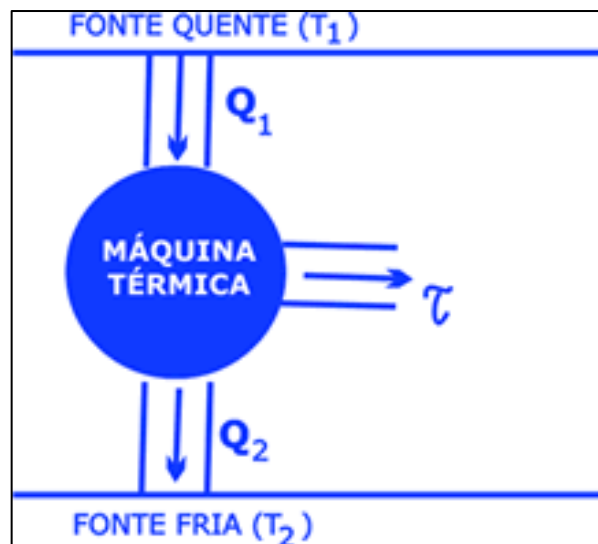
Termodinâmica é a área da física que estuda as leis que tratam a relação entre trabalho, calor e energia térmica, geralmente tratada como energia interna de sistemas. Embora a 1º lei da termodinâmica trate de gases ela pode ser aplicada para quaisquer processos em que envolva a troca de energias de um sistema com o meio externo em forma de calor ou trabalho. Esta lei da termodinâmica diz que, quando fornecemos uma certa quantidade de energia (Q) a um

sistema, esta energia pode ser utilizada de duas maneiras (figura5), onde uma parte desta energia pode ser usada para realizar trabalho (τ) através de sua expansão, contração ou até mesmo não alterando seu volume ($t=0$). A outra parte pode ser absorvida pelo sistema, transformando-se em energia interna que será considerada como a variação de energia (ΔU) do sistema. Hipoteticamente se obtivermos uma variação zero ($\Delta U=0$) seria a utilização de toda energia em forma de trabalho.

$$\Delta U = Q - \tau$$

A variação da energia interna ΔU de um sistema é igual a diferença entre o calor Q trocado com o meio externo e o trabalho τ realizado em uma transformação (SILVA, 2018).

Figura 5 - 1ª Lei da Termodinâmica



Fonte 5 - Site Revolution (2018)

6 MATERIAIS E MÉTODO

Este trabalho de caráter experimental na busca de uma nova aplicação de tecnologias existentes para melhoria da qualidade de vida em relação ao conforto térmico.

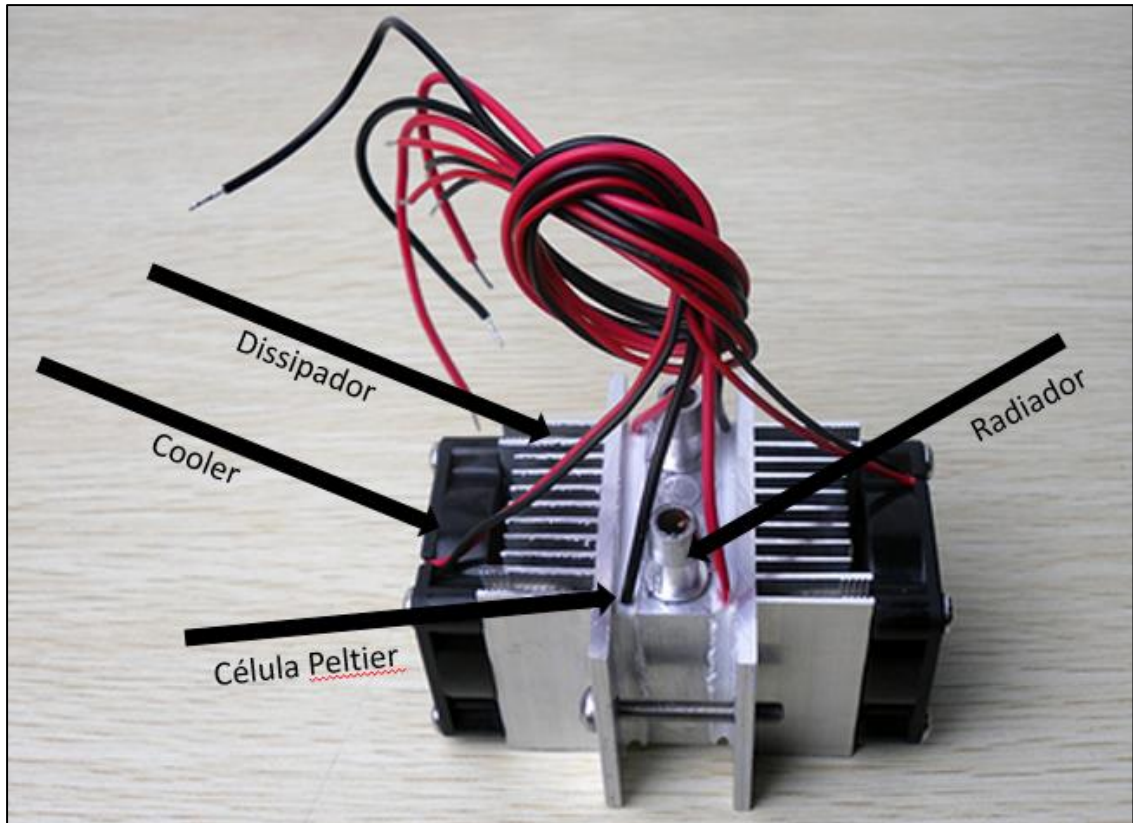
Para execução deste trabalho será feita pesquisa teórica à fim de comprovar e embasar teoricamente e os testes práticos que serão executados na tentativa de criar um equipamento eficiente energeticamente e economicamente viável.

Ao longo deste foi necessário adquirir equipamentos para montagem do protótipo, algumas peças devem ser importadas da China devido ao melhor custo para o projeto, outros equipamentos devem ser adquiridos no mercado nacional e de segunda mão. Para a confecção do protótipo serão utilizados materiais provenientes de sucatas de ar condicionado Split e até mesmo de bebedor de água residencial que possua a tecnologia com células de peltier.

O projeto será confeccionado a partir de um evaporador de ar condicionado Split, este item é o responsável por fazer a troca de calor com o ambiente a ser controlado termicamente, por este evaporador será conduzido um fluido resfriado, que será oriundo de uma unidade de resfriamento com células de Peltier (figura 5), este fluxo será forçado por uma pequena bomba.

A unidade de resfriamento é constituída de um radiador de alumínio que será responsável pela troca de calor entre o lado frio da célula de Peltier como o fluido, em contrapartida é necessário ter uma boa dissipação de calor do lado quente da pastilha, sendo necessário a adição de dissipadores de calor fabricados em alumínio comercial (não especificado) que propicia uma melhor propagação de calor e posteriormente um cooler para ampliar o percentual de resfriamento.

Figura 6 – Unidade de resfriamento do fluido



Fonte 6 - Próprio Autor

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 COMPARATIVO DE POTENCIAL

Observando e exemplificando o potencial de um ar condicionado de 9000btus, podemos converter esta potência em watt para comparar com as células de Peltier. Considerando que 1BTU é equivalente à 0.29307107Watt

$$\begin{array}{l} 1 \quad \text{BTU} \quad = \quad 0,293\text{W} \\ 9000 \text{ BTU} \quad = \quad X \text{ W} \end{array} \quad \text{Regra de 3 Básica}$$


Chegamos a equivalência de 2637.64Watts para um ar condicionado de 9000btus


Verificando o *datasheet* das células de Peltier temos a potência em Qmax (Watts) de 57 Watts (figura 6), a partir da potência de um equipamento convencional e a potência máxima de uma célula chegaremos a equivalência em unidades de células.

$$\frac{2637,64 \text{ watts}}{57 \text{ watts}} = 46$$

Para obtermos a mesma potência precisaríamos de aproximadamente 46 pastilhas de Peltier para igualarmos a potência de um ar condicionado tradicional que utiliza gás de expansão e refrigeração para a climatização.

Figura 7 – Especificação Técnica

		Thermoelectric Cooler	
Performance Specifications			
Hot Side Temperature (°C)	25° C	50° C	
Qmax (Watts)	50	57	
Delta Tmax (°C)	66	75	
I _{max} (Amps)	6.4	6.4	
V _{max} (Volts)	14.4	16.4	
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30	



Fonte 7 - Datasheet Peltier TEC1-12706

7.2 PROTÓTIPO

Para obtenção dos dados para análise de viabilidade do projeto foi necessário investimento em equipamentos abaixo descrito na Tabela 1. A evaporadora Split foi adquirida de segunda mão, usada, as fontes de energia são reutilizadas do vídeo game XBOX 360, já os demais produtos como por exemplo as pastilhas de Peltier (figura 8) e o dissipador de calor (figura 9), foram comprados novos pelo site Mercado Livre, já os itens radiador e bomba d'água foram importados da China antes do início da montagem do protótipo através de aplicativos de celular

Tabela 1 - Gastos com Protótipo

Projeto Fancoil Residencial Peltier		
Evaporadora (usado)	R\$ 250,00	MARCOS TOLEDO
Niples de cobre	R\$ 7,00	REFRIBASSO
Radiador (importado)	R\$ 29,78	BANGGOOD
Bomba (importado)		
Fonte 12V	R\$ -	REUTILIZADO XBOX
Dissipador de calor	R\$ 48,90	MERCADO LIVRE
Células de Peltier	R\$ 108,31	MERCADO LIVRE
Cooler	R\$ 15,00	BYTEWAY
Investimento	R\$ 458,99	

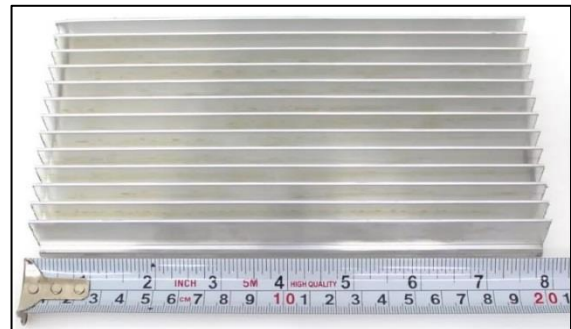
Fonte 8- Próprio autor

Figura 8 - Células de Peltier



Fonte 9 - Próprio autor

Figura 9 - Dissipador de calor



Fonte 10 - Próprio autor

Com o investimento deste protótipo (figura10) é possível verificar a eficácia do processo de resfriamento do fluido refrigerante que é o alvo principal do projeto e posteriormente a refrigeração do ambiente através da evaporadora split ou a comprovação da teoria no site da empresa DANVIC (2018) onde afirma a ineficiência das células de Peltier na aplicação na

refrigeração.

Figura 10 - Protótipo criado para retirada de dados



Fonte 11 - Próprio Autor

Para montagem e execução deste protótipo foi necessário não apenas os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos ao longo destes 3 anos de FATEC, mas também conhecimentos adquiridos ao longo de minha vida acadêmica.

A ideia inicial deste protótipo é armazenar no reservatório de água um fluido *ANTI FREZZE*, que é utilizado em veículos automotores para refrigeração do motor e através da bomba forçar a passagem deste fluido pelo sistema de refrigeração Peltier e assim reduzir a temperatura do fluido refrigerante e posteriormente passa-lo pela evaporadora que fará a troca de calor com o meio externo.

7.2.1 Parâmetros do módulo Termoelétrico – Célula de Peltier

O dispositivo termoelétrico depende de três parâmetros, sendo eles a temperatura da superfície quente, a temperatura da superfície fria, e a máxima quantidade de calor a ser absorvida na superfície fria. A face termicamente quente é o lado que libera calor ao ser aplicado a tensão em corrente contínua nos seus terminais.

O fabricante *HB Eletronic Component from China* fornece suas especificações e parâmetros de desempenho e curvas de desempenho para temperaturas diversas. A Tabela 2 a seguir mostra as especificações fornecidas pelo fabricante para o modelo TEC1-12706 que foi utilizado nesta pesquisa.

Tabela 2 - Especificações do Fabricante

Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
I_{max} (Amps)	6.4	6.4
V_{max} (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30

Fonte 12 - HB ELECTRONIC COMPONENTS from China

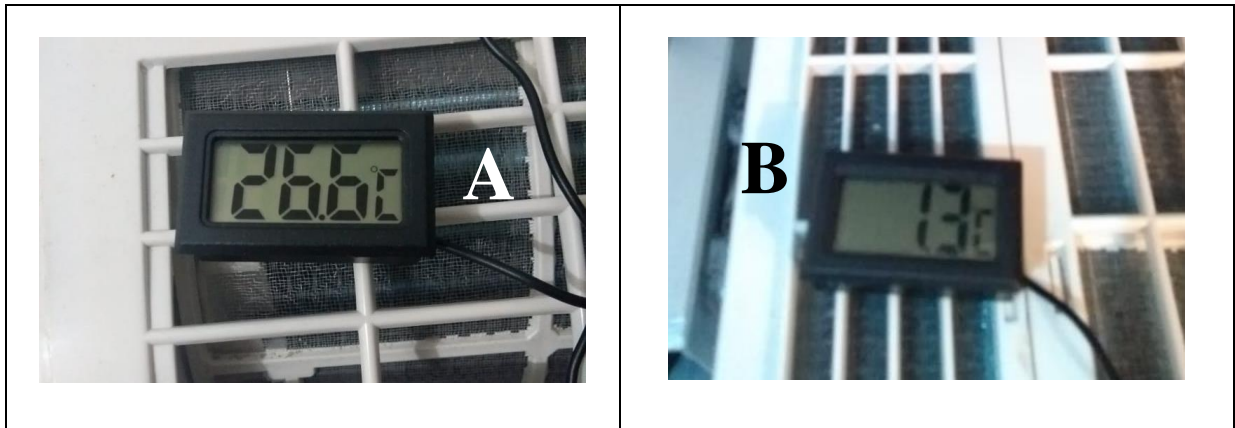
7.3 DADOS COLETADOS

Após a montagem do protótipo, foram iniciados os testes com o sistema de refrigeração para obtenção de dados térmicos. Inicialmente a necessidade apresentada pelas pastilhas de maior potência das fontes de 12V DC foi necessário a utilização de 3 fontes de energia, ficando 2 para as pastilhas, sendo 1 fonte para cada conjunto de 3 pastilhas e uma de menor potencial para bomba e coolers

7.3.1 Variação na temperatura da unidade de resfriamento

As medições de temperatura e umidade foram efetuadas utilizando um Termômetro Digital LCD de -50°C a $+110^{\circ}\text{C}$ com sonda de 1 metro. Nas Figuras abaixo podem ser visualizados os resultados obtidos em testes realizados em diferentes condições de temperatura e umidade, bem como a carta psicrométrica que ilustra o processo de resfriamento.

Figura 11 - Temperatura inicial e final



Fonte 13 - Próprio Autor

Podemos verificar na Figura 13 a diferença de temperatura alcançada na unidade de resfriamento sendo o quadro A, a temperatura ambiente no dia do teste e o quadro B, a temperatura mínima alcançada internamente do radiador medido através da sonda do termômetro que foi inserido através da tubulação.

Após alguns minutos de teste foi possível verificar que a temperatura começa a subir gradativamente e chegando a estabilizar depois de 10 minutos em 9,6°C conforme figura 14.

As medições de tensão e corrente foram efetuadas utilizando um Multímetro Digital marca HOUSE TOOLS.

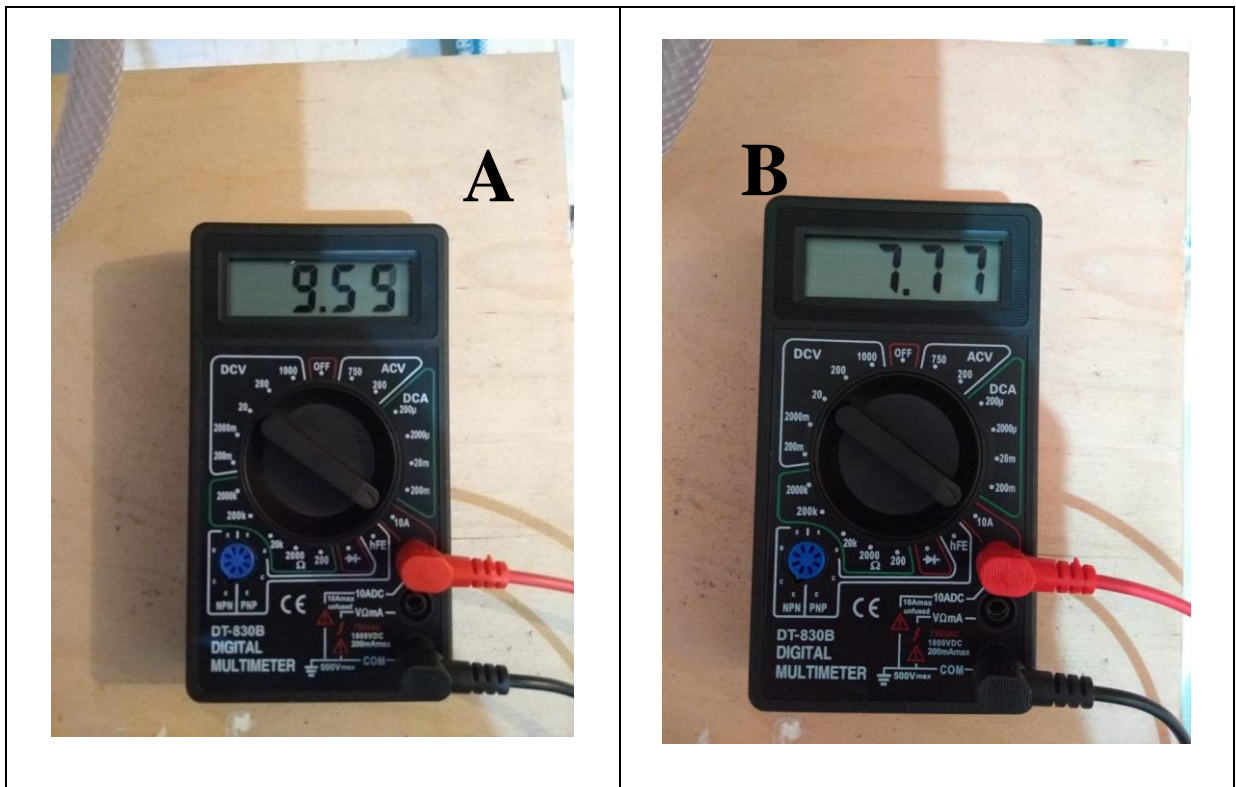
Para verificação do datasheet foi necessário fazer a medição da corrente necessária das pastilhas, onde chegamos a dois valores (figura15), sendo o primeiro (A) ao ligar o equipamento e o segundo (B) após 10 minutos quando estabilizado a temperatura e a corrente.

Figura 12 - Temperatura estabilizada



Fonte 14 - Próprio Autor

Figura 13 - Corrente Consumo



Fonte 15 - Próprio Autor

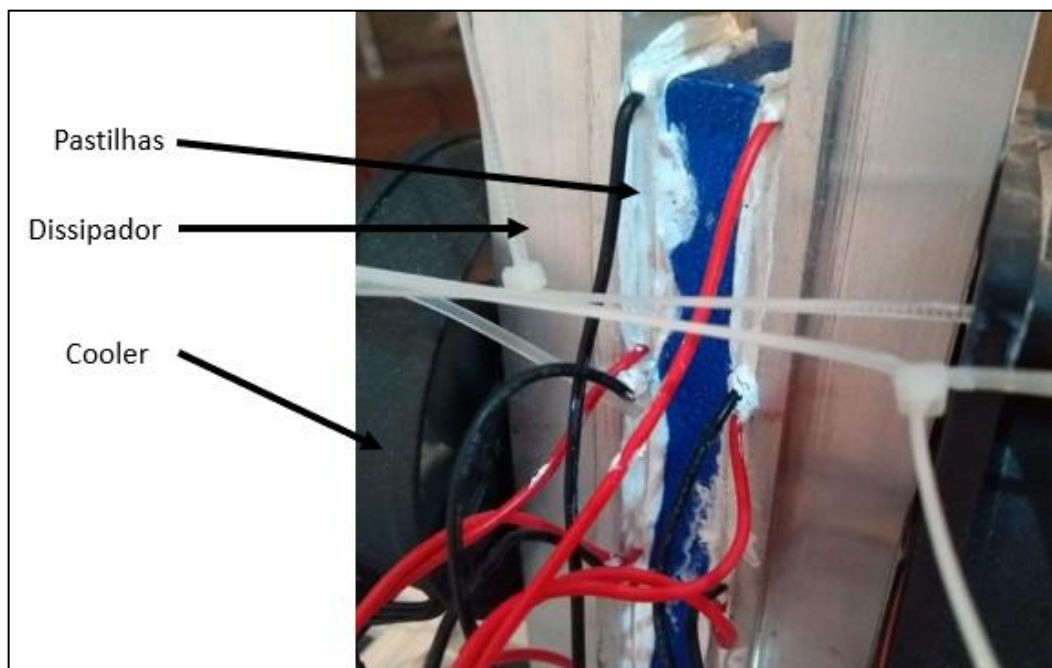
Figura 14 - Tensão fornecida pela fonte



Fonte 16 - Próprio Autor

Estes dados levantados através do termômetro e do multímetro, são oriundos de um dos lados da unidade de resfriamento sendo composta por 3 pastilhas de peltier, 1 dissipador de calor em alumínio e 1 cooler de refrigeração conforme figura 17.

Figura 15 - Modulo de refrigeração



Fonte 17 - Próprio Autor

8 CONCLUSÃO

Nos primeiros testes realizados, conseguimos chegar a uma temperatura inicial de 1,3°C como visto anteriormente em Materiais e Métodos, esta temperatura tende a estabilizar em 9,6°C após alguns minutos, este se deve à falta de isolamento entre as áreas termicamente diferentes.

Tendo em vista um sistema Fancoil cuja temperatura de trabalho do fluido refrigerante é de 7°C (Site A GERADORA, 2018) a variação do sistema de refrigeração está muito próxima do esperado utilizando como parâmetro os valores supracitados.

Como mostrado nos testes realizados e demonstrados anteriormente a temperatura necessária de 7°C é facilmente atingida pelas células de Peltier, mas o que podemos notar é que devido à baixa potência das pastilhas, torna-se inviável a sua utilização, uma vez que precisaríamos de aproximadamente 46 pastilhas para a equiparação potencial com um ar condicionado split de 9000BTUs

8 CRONOGRAMA

Tarefas	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Levantamento linhas de pesquisa										
Definição Tema Trabalho Graduação										
Definição Metodologia do Trabalho										
Pesquisa Literária do PTG										
Escrita de Resenhas										
Execução e formatação PTG										
Apresentação PTG						*				
Compra material Importado										
Compra material Nacional										
Montagem do Protótipo										
Teste Protótipo										
Finalização Trabalho Graduação Teórico										
Apresentação Trabalho Graduação										

* 28 de Junho

9 REFERÊNCIAS

A GERADORA,. **Fan Coil – Entenda como funciona e suas vantagens.** Disponível em: <<https://www.ageradora.com.br/fan-coil-como-funciona-vantagens/>>. Acesso em: 14 maio 2018.

AKIMOTO, T. et al. **Thermal comfort and productivity-Evaluation of workplace environment in a task conditioned office.** *Building and environment*, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013230900167X>>. Acesso em: 02 abril 2018.

BRITO FILHO, João Pereira et al. **AQUECIMENTO, RESFRIAMENTO E CONTROLE DE TEMPERATURA DE UM AMBIENTE FECHADO UTILIZANDO CÉLULAS PELTIER.** In: VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 6., 2010, Paraíba. **Congresso.** Campina Grande: Abcm, 2010. p. 1 - 8.

CARMO, A.T; PRADO, R. T. A. **Qualidade do ar interno. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: EPUSP,** 1999. Disponível em: <www.saudeetrabalho.com.br/download/qualidade-ar-interno.pdf>. Acesso em: 02 abril 2018.

CAIXETA, D. S. et al. **Monitoramento da Qualidade do Ar Interior de uma Escola da Rede Pública Localizada no Município de Cuiabá-MT.** *E&S Engineering and Science*, 2016. Disponível em: <www.periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/download/3207/2621>. Acesso em: 02 abril 2018.

DANVIC. **Gostaria de construir um Ar Condicionado/Geladeira Industrial utilizando o Efeito Peltier. Isto é viável?** Disponível em: <<http://www.peltier.com.br/index.php?url=faq>>. Acesso em: 31 out. 2018.

DAVIS, L. W.; GERTLER, P. J. **Contribution of air conditioning adoption to future energy use under global warming.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015. Disponível em: <www.pnas.org/content/112/19/5962.full.pdf>. Acesso em: 02 abril 2018.

DICIO. **Refrigeração.** Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/refrigeracao/>>. Acesso em: 04 maio 2018.

DUFRIO. **Ar Condicionado Split Hi Wall LG Smart Inverter ArtCool 22000 BTUs.** Disponível em: <https://www.dufrio.com.br/ar-condicionado-split-hi-wall-lg-smart-inverter-artcool-22000-btus-quente-frio-220v-as-w242crg2.html?utm_exp=8Gek4cTFQrqlai3RvQ06w.0&utm_referrer=https://www.google.com/#&gid=1&pid=1>. Acesso em: 04 maio 2018.

DUTRA, Luciano. **Ar Condicionado – Chiller e fan-coil**. Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br/equipamento/ar-condicionado-chiller-e-fan-coil/>>. Acesso em: 31 maio 2018.

G1, Jornal Nacional. **Saiba qual é a temperatura ideal para aliviar o calor sem prejudicar a saúde**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2016/12/saiba-qual-e-temperatura-ideal-para-aliviar-o-calor-sem-prejudicar-saude.html>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (Ed.)]. Geneva, Switzerland, 2007. 104 p. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_full_report.pdf>. Disponível em: 23 março 2018.

INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING (IJE): Peltier Thermoelectric Modules Modeling and Evaluation. Malaysia, 01 mar. 2011.

METEOROLOGIA., Inmet Instituto Nacional de. **NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO BRASIL**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais2/index.php>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

MILLER, Rex; MILLER, Marlk R.. **Ar-Condicionado e Refrigeração**. 2. ed. New York: Ltc, 2012. 565 p.

NICO, M. A.; LIUZZI, S.; STEFANIZZI, P. **Evaluation of thermal comfort in university classrooms through objective approach and subjective preference analysis**. Applied ergonomics, , 2015. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687014002877>. Acesso em: 05 abril 2018

REVOLUTION, Industria. **A física e a Revolução industrial: Termodinâmica**. Disponível em: <<http://industriarevolution.blogspot.com/2008/09/fsica-e-revoluo-industrial.html>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

SILVA, Domiciano Correa Marques da. **Primeira Lei da Termodinâmica**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/primeira-lei-termodinamica.htm>>. Acesso em: 15 out. 2018.

WEBARCONDICIONADO. **Evite que o ar condicionado janela seja uma passagem para criminosos**. Disponível em: <<http://www.webarcondicionado.com.br/evite-que-o-ar-condicionado-janela-seja-uma-passagem-para-criminosos>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

APÊNDICE



Thermoelectric
Cooler

TEC1-12706

Performance Specifications

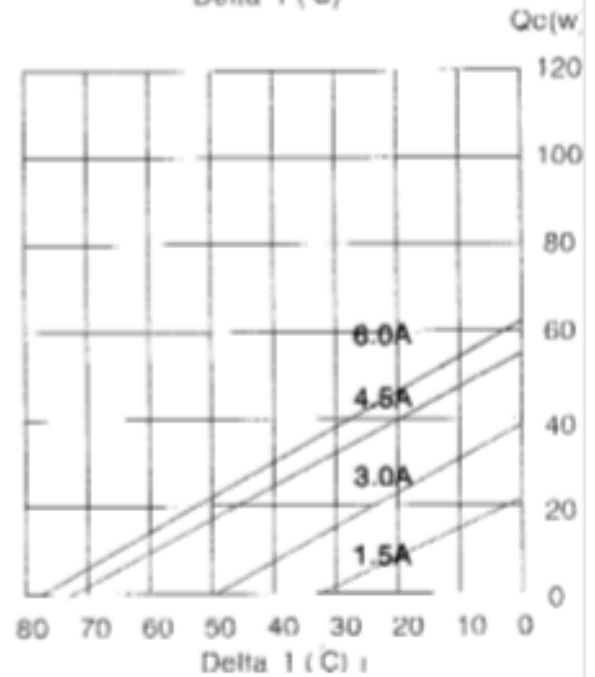
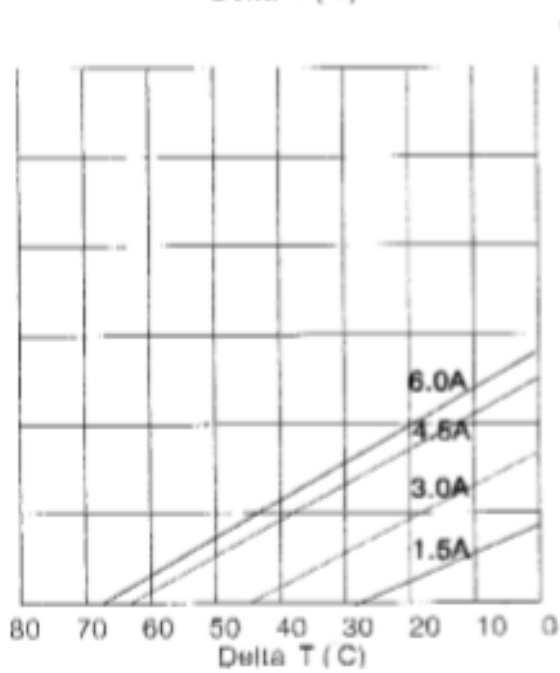
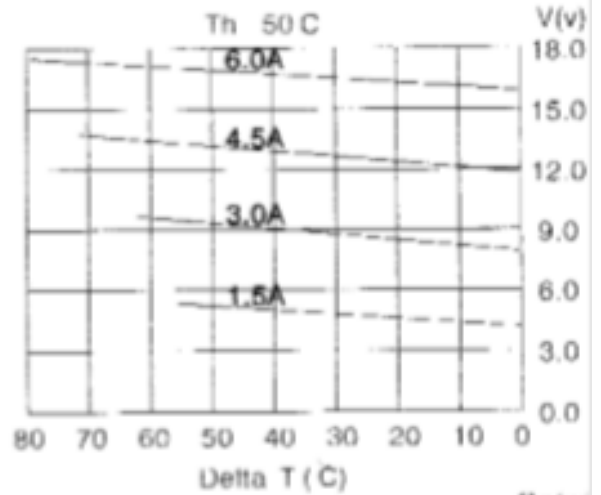
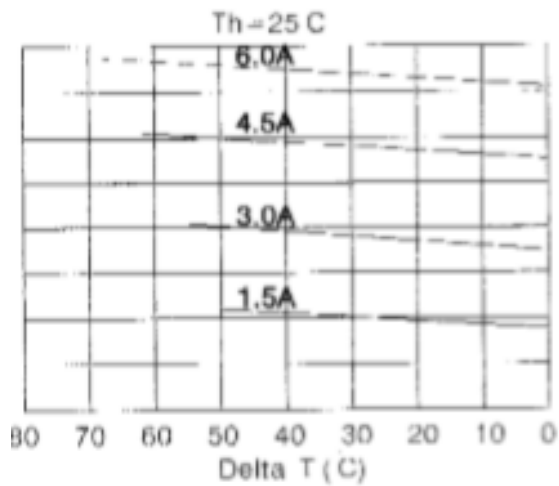
Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
I _{max} (Amps)	6.4	6.4
V _{max} (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30



Performance curves on page 2

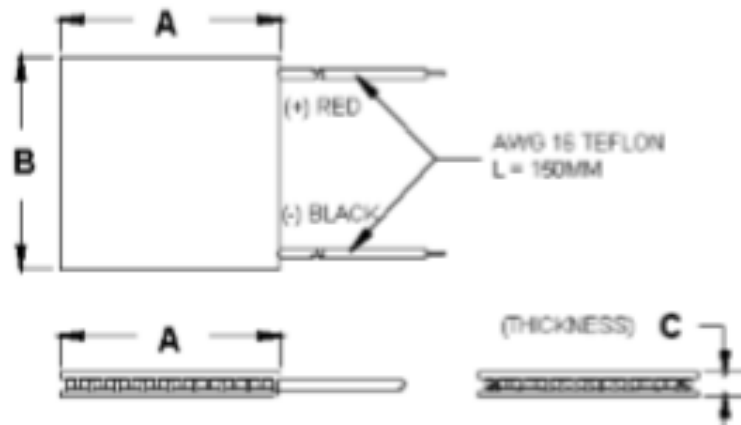


TEC1-12706





TEC1-12706



Ceramic Material: Alumina (Al_2O_3)
Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (BiSn)

Size table:

A	B	C			
40	40	3.8			

Operating Tips

- Max. Operating Temperature: 138°C
- Do not exceed I_{max} or V_{max} when operating module.
- Life expectancy: 200,000 hours
-
- Please consult HB for moisture protection options (sealing).
- Failure rate based on long time testings: 0.2%.

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica do autor

Jonas Cornelio Lopes

Pindamonhangaba, Dezembro de 2018