



Análise de desempenho de um refrigerador termoeétrico portátil

Rafael Coan Sardinha Pontes¹, rafael.coan@hotmail.com

Micael Szwako Bellini¹, micaels-b@hotmail.com

Arianne Angélica Alves¹, alvesarianne@outlook.com

Mariane Oliveira de Jesus¹, marianeoliveira15@hotmail.com

Rofolfo Rodrigues Barrionuevo Silva¹, rodolfo.silva@ifpr.edu.br

Ricardo Toshiyuki Kato¹, ricardo.kato@ifpr.edu.br

Resumo: Um protótipo de um refrigerador portátil utilizando módulo termoeétrico foi construído e instalado em uma câmara térmica, juntamente com dissipadores de calor e *coolers*. O princípio do Efeito Peltier faz com que esse sistema atue como uma bomba de calor. O objetivo do presente trabalho foi testar a eficiência do protótipo construído e analisar os custos e a viabilidade técnica. Os resultados obtidos demonstraram que a temperatura no interior da câmara térmica chegou a 10°C e foi capaz de estabelecer uma diferença de temperatura de 15°C com o ambiente externo. O sistema apresentou baixo consumo, visto que o módulo termoeétrico tem uma potência de 20,5W e os *coolers* de 4W. Com essa demanda, seria possível alimentar o sistema com baterias como as de automóveis, possibilitando, por exemplo, uma autonomia de aproximadamente 21 horas em uma bateria de 60A.h. Outra vantagem observada foi a capacidade do sistema de manter a temperatura constante, diferente de quando se utiliza gelo. Além disso, o projeto apresentou baixo custo, R\$ 181,90, logo, acredita-se que seja viável desenvolver esse produto em escala comercial.

Palavras-chave: Refrigerador portátil; módulo termoeétrico; Efeito Peltier.

1. Introdução

Diariamente produtos são desenvolvidos para proporcionar conforto e comodidade para as pessoas. Neste sentido, este trabalho visou realizar testes de eficiência de um protótipo de um equipamento portátil capaz de refrigerar alimentos, bebidas e demais produtos. O objetivo do protótipo é possibilitar a preservação dos alimentos e/ou bebidas por longos períodos, sem a necessidade da utilização de gelo.

Diante disso, levantou-se uma hipótese de desenvolver um refrigerador portátil baseado nos princípios da termoeletricidade, que consiste em fenômenos físicos que relacionam temperatura

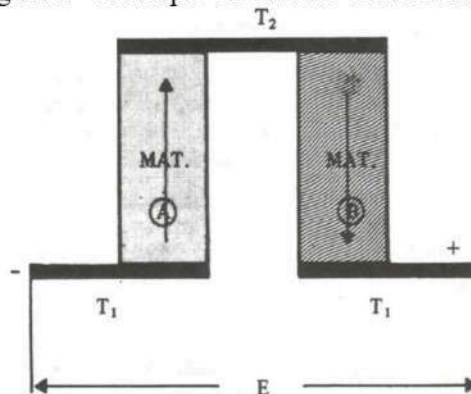
com as propriedades elétricas dos materiais. Um desses fenômenos é o Efeito Peltier, atuando como uma bomba de calor (FERNANDES, 2012).

Portanto, este trabalho realizou, por métodos experimentais, testes de desempenho do protótipo de um refrigerador portátil utilizando módulos termoeétricos instalados em uma câmara térmica, juntamente com dissipadores e *coolers*. A fim de verificar a viabilidade do protótipo, mediu-se a temperatura interna atingida e o consumo de energia.

2. Sistema de refrigeração termoeétrica

A termoeletricidade, como sugere o nome, consiste em fenômenos que relacionam temperatura e eletricidade. E o Efeito Peltier, presente nos módulos termoeétricos utilizados neste trabalho, define que ao passar uma corrente elétrica contínua em um circuito elétrico, constituído por materiais semicondutores negativos e positivos (A e B), como ilustrado na Figura 1, uma das junções (T1) irá absorver calor enquanto a outra (T2) irá dissipar calor (COSTA, 1982).

Figura 1 – Princípio do circuito termoeétrico.



Fonte: Costa (1982).

Neste circuito, a corrente pode fluir nos dois sentidos, assim, se um determinado sentido de corrente faz com que uma das faces da célula esquente e a outra esfrie, a inversão no sentido dessa corrente fará com que esse comportamento do sistema também seja invertido (FERNANDES, 2012). Invertendo-se o sentido da corrente, o sentido da bomba de calor também se inverte.

Para a construção de um sistema de refrigeração termoelétrica, utiliza-se uma montagem em série de vários semicondutores positivos e negativos de maneira alternada (COSTA, 1982).

3. Sistema de troca de calor

Calor é a energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperaturas no espaço. A transferência de calor pode ocorrer de três modos: condução, convecção e radiação (INCROPERA; WITT, 2012).

No protótipo do refrigerador portátil construído, são predominantes os princípios de troca de calor por condução e por convecção, descritos a seguir.

3.1 Condução

Condução é a transferência de energia das partículas mais energéticas para as menos energéticas de uma determinada substância em decorrência das interações entre essas partículas, ocorrendo necessariamente através de um corpo sólido ou fluido. Temperaturas mais elevadas estão associadas a maiores energias moleculares e, quando moléculas se chocam, uma transferência de energia das moléculas mais energéticas para as moléculas menos energéticas ocorre (INCROPERA; WITT, 2012).

No protótipo, a condução é utilizada para aumentar a eficiência entre dissipadores e o módulo termoelétrico e assim acelerar e melhorar as trocas de calor entre o interior do refrigerador e o ambiente externo. O material utilizado para desempenhar esse fim foi a pasta térmica.

3.2 Convecção

A convecção térmica ocorre somente em fluidos e consiste no transporte de calor de uma

região à outra por meio do transporte de matéria. A movimentação das partes do fluido acontece pela diferença de densidade que surge em consequência do seu resfriamento ou aquecimento (FERRARO; JUNIOR; SOARES, 2003).

Visando melhorar a troca de calor por convecção foram instalados os *coolers* na unidade de refrigeração, ou seja, os *coolers* funcionando juntamente com o módulo termoelétrico, a convecção ocorre de forma mais rápida. Essa convecção ocorrerá tanto no interior da câmara quanto no ambiente externo, porém o foco da coleta de dados foi a temperatura no interior da câmara.

4. O protótipo

O protótipo foi construído com materiais de baixo custo e é formado basicamente pela unidade de refrigeração e a câmara térmica. A Figura 2(a) apresenta o protótipo montado e pronto para ser testado. Em Alves *et al.* (2018), podem ser consultados mais detalhes do projeto e da construção do protótipo analisado neste trabalho.

4.1 Unidade de refrigeração

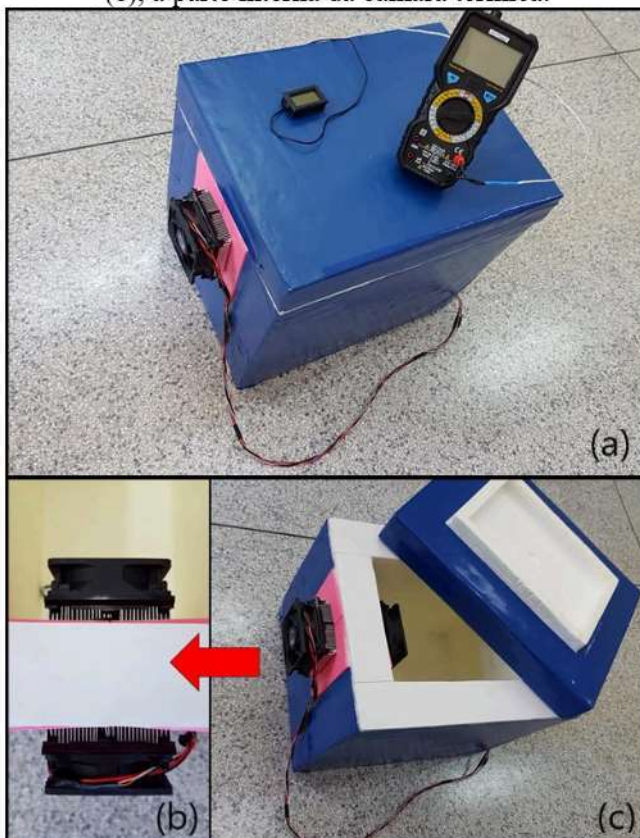
A unidade responsável pela refrigeração consiste no conjunto: *coolers*, dissipadores, borracha isolante e módulo termoelétrico. O módulo termoelétrico foi posicionado entre os dois dissipadores e o espaço restante entre eles foi isolado com borracha para evitar a transferência de calor do lado quente para o lado frio. A pasta térmica foi aplicada nos dois lados do módulo termoelétrico e, em seguida, as peças foram fixadas com porcas e parafusos. Finalmente, os *coolers* foram encaixados nos dissipadores e o conjunto ficou montado conforme apresentado na Figura 2(b).

4.2 Câmara térmica

O projeto da câmara térmica envolveu, inicialmente, a definição do material e da espessura de isolamento. Foi escolhido o poliestireno expandido (isopor) devido às propriedades deste material, detalhadas por Costa

(1982), serem favoráveis à construção do protótipo. Na Figura 2(c), pode-se visualizar a câmara aberta, demonstrando a camada de isolamento utilizada.

Figura 2 – Protótipo de um refrigerador portátil. Visualiza-se: em (a), a câmara térmica finalizada; em (b), o detalhamento da unidade de refrigeração; e em (c), a parte interna da câmara térmica.



Fonte: Os autores (2019).

5. Resultados

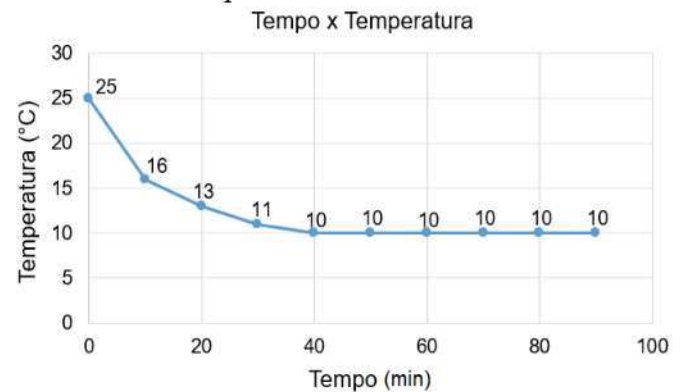
Os resultados apresentados no presente trabalho estão relacionados aos testes realizados quanto ao desempenho do protótipo em resfriar a câmara interna e quanto à potência elétrica demandada pelo sistema.

5.1 Desempenho quanto ao resfriamento

A fim de coletar dados a respeito do resfriamento da câmara térmica, um termopar foi instalado no fundo do protótipo. O Gráfico 1 apresenta informações sobre o decaimento da temperatura no protótipo por tempo de funcionamento. As medidas de temperatura foram realizadas em intervalos de 10 minutos, durante um total de 90 minutos. No instante $t=0$, o

protótipo estava em equilíbrio térmico com o ambiente externo, assim, a temperatura de 25°C refere-se a temperatura do ambiente, medida momentos antes do protótipo ser ligado.

Gráfico 1 – Gráfico de resfriamento do protótipo por tempo de funcionamento.



Fonte: Os autores (2019).

Portanto, como mostrado no gráfico, o protótipo atingiu 10°C após 40 minutos de funcionamento, aproximadamente. Tal resultado foi satisfatório, uma vez que o protótipo atingiu uma temperatura adequada para a conservação de alguns alimentos como frutas, sanduíches e bebidas.

5.2 Potência demandada

Visando analisar a viabilidade técnica do protótipo, buscou-se dados de demanda de corrente elétrica e tensão. Para isso utilizou-se uma fonte de alimentação DC. A Figura 3 mostra os visores da fonte de alimentação. Pode-se observar, nos visores à esquerda, que o módulo termoeletrônico demandou $2,5\text{A}$ e $8,2\text{V}$. Enquanto que, nos visores à direita, os *coolers*, que foram ligados em paralelo, demandaram $0,33\text{A}$ e $12,1\text{V}$. Tais medições se mantiveram constantes ao longo dos testes.

Figura 3 – Demanda de corrente e tensão dos elementos do sistema.



Fonte: Os autores (2019).

Com os parâmetros de corrente elétrica e tensão conhecidas, pode-se calcular a potência elétrica do sistema. Sabe-se que a potência consumida por um componente elétrico pode ser calculada pela seguinte equação:

$$P = V.I \quad (1)$$

Para o cálculo da potência total, considerou-se a soma das potências demandadas pelo módulo termoeletrico e pelos *coolers*, conforme a seguir:

$$P_{total} = P_{módulo} + P_{coolers} = 8,2V.2,5A + 12.1V.0,33A$$

$$P_{total} \cong 20,5 + 4 = 24,5 \text{ W}$$

Desta forma, como o refrigerador demandou uma potência baixa, de 24,5W, seria possível alimentá-lo com uma bateria de automóvel, tornando-o independente da rede elétrica. Considerando apenas a potência demandada e a utilização de uma bateria automotiva, por exemplo, de 60A.h, pode-se estimar uma autonomia de 21 horas aproximadamente.

5.3 Custos

Ao calcular o custo estimado de investimento nos materiais e equipamentos utilizados na confecção do protótipo, obteve-se o valor total de R\$ 181,90.

Com os resultados alcançados, pode-se considerar a possibilidade deste modelo de refrigerador ser fabricado comercialmente, o que provavelmente reduziria o seu custo.

6. Considerações finais

Através de experimentos reais, foi mostrado que é possível utilizar módulos termoeletricos em pequenos sistemas de refrigeração. O baixo custo de produção do protótipo permite que ele seja comercializado em maior escala.

O sistema montado conseguiu atingir os resultados esperados: o protótipo chegou a 10°C e foi capaz de criar uma diferença de temperatura de 15°C com o ambiente externo; e a temperatura de 10°C é suficiente para a conservação de uma

variedade de alimentos e bebidas, bem como para manter muitos produtos em temperaturas adequadas ao consumo, dispensando a necessidade de gelo.

Como o sistema possui baixa potência, menos de 25W, o protótipo pode ser conectado em baterias, como aquelas utilizadas em automóveis. Uma bateria de 60A.h., por exemplo, é capaz de alimentar o protótipo por 21 horas, aproximadamente. Um tempo maior quando comparado com caixas de isopor que dependem exclusivamente de gelo para refrigeração. Além disso, o módulo termoeletrico mantém a temperatura da caixa constante durante todo o tempo de funcionamento, o que não ocorre quando se utiliza gelo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. A.; JESUS, M. O. de; SZWAKO-BELLINI, M.; PONTES, R. C. S. **Projeto e construção de um refrigerador portátil utilizando módulo termoeletrico**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Eletromecânica). Instituto federal do Paraná, Paranavaí, 2018.
- COSTA, Ê. C. da. **Refrigeração**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1982. 322 p.
- FERNANDES, A. E. S. dos S. **Conversão de Energia com Células de Peltier**. 119 f. Tese (Mestrado) – Setor de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2012. Disponível em <https://run.unl.pt/bitstream/10362/8084/1/Fernandes_2012.pdf>. Acesso em 16 set. 2019.
- FERRARO, N. G.; JUNIOR, F. R.; SOARES, P. A. de T. **Os fundamentos da física**. 8. ed. São Paulo: Moderna, 2003.
- INCROPERA, F. P.; WITT, D. P. de. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 643 p.