

Dimensionamento de sistema de controle de temperatura com células Peltier para fermentador de laboratório

Sizing Peltier Cell Temperature Control System for Laboratory Fermenter

João Gabriel Franchini
Câmara.

franchini211@gmail.com

Instituto Federal do Paraná -
Londrina, Paraná, Brasil

Lyssa Setsuko Sakanaka

lyssa@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica
Federal do Paraná - Londrina,
Paraná, Brasil

Jefferson Sussumu Aguiar

Hachiya

jefferson.hachiya@ifpr.edu.br

Instituto Federal do Paraná -

Londrina, Paraná, Brasil

Claudio Takeo Ueno

takeo@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica
Federal do Paraná - Londrina,
Paraná, Brasil

Romualdo Rubens de Freitas

romualdo.freitas@ifpr.edu.br

Instituto Federal do Paraná -

Londrina, Paraná, Brasil

RESUMO

O presente trabalho teve como principal objetivo analisar alternativas que melhorem os processos fermentativos, principalmente no monitoramento do processo em tempo real e conseqüentemente, aperfeiçoando-se a qualidade do produto fermentado. Um dos parâmetros que devem ser controlados é a temperatura, cujo calor é obtido a partir de sistemas de compressão de vapor ou termoelétricos. O sistema de células de Peltier é um sistema de aquecimento e resfriamento termoelétrico que apresenta inúmeras vantagens, e poderia ser uma alternativa de controle de temperatura em fermentadores que ainda não possuem tal acessório, a um custo acessível e com boa eficiência de processo. Adicionalmente, o controle em tempo real do processo também evita perdas de tempo e de material, pois permite que medidas corretivas possam ser tomadas imediatamente.

PALAVRAS-CHAVE: Automação. Fermentação. Células de peltier.

ABSTRACT

The present work aimed to search for alternatives that improve fermentation processes, especially by monitoring the process at real time, which consequently provides products quality. One of the parameters that must be controlled is temperature, commonly achieved by steam compression or thermoelectric systems. The peltier cell system is a thermoelectric heating and cooling system that have numerous advantages, and could be an alternative temperature control system to those fermenters that do not have such an accessory, at an affordable cost and with good process efficiency. In addition, real-time process control also avoids time and material waste as it allows corrective action to be taken immediately.

KEYWORDS: Automation. Fermentation. Peltier cels.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

As pastilhas de Peltier operam baseadas no “Efeito Peltier”, descoberto em 1834 por Jean Charles Athanase Peltier. Esse efeito resulta em um processo de aquecimento e resfriamento quando uma corrente é aplicada a dois condutores. A tensão aplicada aos polos de dois materiais condutores diferentes cria uma diferença de potencial, que resulta em dissipação de potência produzindo um aumento de temperatura em um lado da pastilha e, no lado oposto, produzindo um resfriamento. O lado que aquecerá e o lado que esfriará depende de como a corrente flui através da pastilha, conforme mostrado na Figura 1 (FERNANDES, 2012).

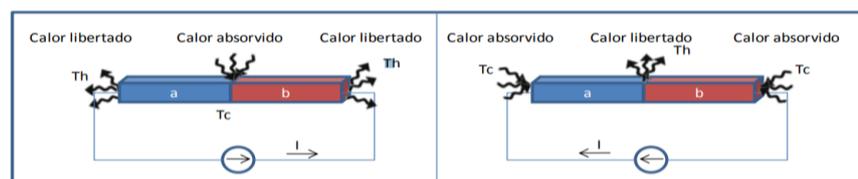


Figura 1 – Exemplificação do efeito Peltier. Fonte: Fernandes (2012).

A pastilha Peltier consiste em vários pares de condutores de tipo-P e tipo-N soldados em duas placas de cerâmicas, que estão ligados eletricamente em série e termicamente em paralelo. Quando uma corrente contínua passa por um ou mais pares desses condutores há uma redução na temperatura, o lado frio, resultando em uma absorção do calor do ambiente. Este calor é transferido pela pastilha através do transporte de elétrons, o lado quente, que se movem de um estado alto para um estado baixo. A capacidade de movimentar o calor de um resfriador é proporcional à corrente e o número de pares de condutores de tipo-N e tipo-P (FERNANDES, 2012).

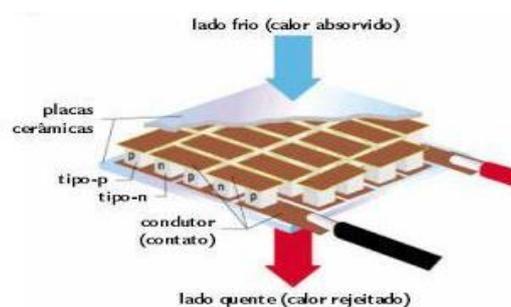


Figura 2 – Demonstração da célula Peltier. Fonte: Fernandes (2012).

As células de Peltier são utilizadas hoje, principalmente em sistemas de resfriamento de pequeno porte por exemplo, bebedouros, cujo resfriamento da água ocorre pelo contato da água com o lado frio da célula de Peltier. Além de eletrodomésticos, a célula Peltier tem sido utilizada em equipamentos de laboratório devido as suas vantagens comparada a outros métodos, principalmente o tamanho (FERNANDES, 2012).

Campos et al. (2010), estudaram a eficiência da refrigeração da água utilizando uma placa de efeito Peltier. Dentre as vantagens da célula Peltier citadas neste trabalho, temos o controle de temperatura preciso, a redução do espaço físico necessário, e a redução da necessidade de manutenção. Outra pesquisa é a dos autores Nishihata, Kido e Ueno (2002), que desenvolveram um trocador de calor líquido onde foi instalado uma célula Peltier para minimizar o consumo de energia elétrica e redução de custos. Por fim, tem-se o projeto de uma mini adega climatizada de

baixo custo, desenvolvida por Strazza e Riberi (2004), neste projeto de mini adega, foi realizado um comparativo entre as vantagens presentes na célula Peltier e outros dois sistemas de resfriamento, o sistema de compressão de vapor e o sistema de absorção de vapor. No comparativo, a célula de Peltier foi a melhor escolha devido ao custo, vibração, ruído e o espaço que seriam reduzidos quando comparados a outros métodos de resfriamento.

Outro método de resfriamento utilizado é o método de absorção de vapor, geralmente utilizado para resfriar água; é utilizado em locais que buscam evitar a perda de calor, por exemplo, uma fábrica que produz calor através da queima do carvão, ou de locais onde o calor é proveniente de painéis solares. Este processo consiste na utilização de uma combinação de duas substâncias, a mais utilizada é a de amônia com água, que atuam como refrigerante e absorvente. O método de absorção tem o mesmo princípio do método de compressão, onde ocorre a evaporação de um líquido refrigerante, e o contato do vapor com o meio a ser resfriado, porém a diferença entre os dois é a forma como ocorre o aumento de pressão, ou temperatura, do vapor. No método de absorção, o vapor de amônia, que atua como refrigerante, é levado a um absorvedor. No absorvedor, o vapor de amônia entrará em contato com a água, resultando na dissolução da amônia na água, após esse processo, uma bomba elevará a pressão dessa substância, depois a substância será levada a um gerador. No gerador, essa substância recebe calor, que resulta na dissociação do vapor da amônia da solução. Esse vapor é enviado ao condensador, onde ocorrerá a troca de calor, resultando no retorno da amônia ao estado líquido, que será expandido novamente ao estado de vapor, e voltará ao evaporador realizando os mesmos passos do método de compressão. A solução resultante no gerador, tem sua pressão corrigida e retorna ao absorvedor, que posteriormente será utilizada em um novo processo. (MENNA, 2008).

BANSAL et al (2000) realizaram um estudo comparativo entre as tecnologias de compressão de vapor, termoelétrica (célula Peltier) e a de absorção direcionada para a aplicação dessas tecnologias em redes hoteleiras. Para realizar o comparativo, foram utilizados containers com alimentos frescos, que deveriam ser mantidos a temperatura de 3°C e avaliaram o consumo elétrico monitorado durante 24 horas, e indicou que o compressor a vapor consumiu 110Wh, seguido do dispositivo termoelétrico que consumiu 330 Wh e o método de absorção consumiu 410Wh. No trabalho, os autores deixam claro que o consumo de um dispositivo termoelétrico pode ser aliviado se a dimensão e o local onde será posto o dispositivo favorecerem no aumento do COP (Coeficiente de Performance), que é a razão entre o calor removido do ambiente e a energia consumida, através de uma relação de eficiência, custo e volume. O melhor COP foi conseguido pelo compressor de vapor (2,59), seguido pelo dispositivo termoelétrico (0,69) e finalmente pelo método de absorção de vapor (0,47).

Com o custo, e o resultado dos comparativos, os autores BANSAL, P. K., & Martin, A. (2000) concluíram que o compressor de vapor apresenta a melhor relação entre o custo e o benefício para o cenário hoteleiro. Este projeto foi desenvolvido no ano de 2000, desta época em diante, os dispositivos termoelétricos sofreram melhoras que afetaram diretamente a sua performance, que atualmente são melhores que os dispositivos termoelétricos disponíveis na época do comparativo realizado pelos autores.

Assim, optou-se por utilizar células de Peltier para elaborar um controlador de temperatura de fermentador utilizando-se água como elemento de controle de temperatura

MATERIAIS E MÉTODOS

Sistema de gerador de calor e frio:

Foi selecionada como fonte de calor e frio as células de Peltier devido ao seu porte pequeno, de fácil transporte e custo, além de ser possível a utilização de Arduino para controle. Em seguida foi realizado o cálculo para determinar quantas células de Peltier serão necessárias para resfriar um determinado volume de água.

O cálculo é dividido em 3 partes:

A primeira parte consistiu em determinar a quantidade de calor que deverá ser retirado ou adicionado. O cálculo consiste em multiplicar o valor da massa pelo calor específico do material que será utilizado e o intervalo de temperatura (Equação 1). O resultado é expresso em unidade de caloria.

$$Q = m * c * \Delta T \quad (\text{Equação 1})$$

A segunda parte consistiu em converter o resultado da quantidade de calor em Joule, unidade de medida da energia térmica. Para realizar a conversão, deve ser multiplicado o valor da quantidade de calor por 4,18. Esse resultado será utilizado na terceira parte.

$$\frac{1 \text{ cal}}{x \text{ cal}} = \frac{4,18 \text{ J}}{J} \quad (\text{Equação 2})$$

Na terceira parte foi realizado o cálculo de potência, que é a taxa de variação da quantidade de energia fornecida por um sistema em um determinado período de tempo. Para realizar o cálculo deve-se dividir a energia pelo tempo, que segundo o SI deve ser em segundos (o tempo deverá ser definido pelo usuário, que determinará quanto tempo deve ocorrer o processo de resfriamento da água), o resultado final será a quantidade de energia que a Peltier deverá retirar da água para fazê-la chegar a temperatura desejada. O resultado foi expresso em unidade de watts.

$$\text{Potência} = \frac{E}{\Delta T} \quad (\text{Equação 3})$$

Para determinar a quantidade células de Peltier necessárias, foi necessário considerar as informações da célula que será utilizada (corrente e tensão de operação da célula), com esses valores, procedeu-se a multiplicação dos valores, e o resultado dessa multiplicação foi expresso em unidade watts. Para determinar o número necessário de Peltier, utilizou-se o resultado final em watts do cálculo da potência e dividiu-se com o resultado da multiplicação da corrente e tensão da Peltier.

RESULTADOS

Os valores que foram utilizados para o cálculo da quantidade de calor

$$\begin{aligned} V_{\text{Água}}/m_{\text{Água}} &= 10L = 10000\text{ml ou } 10000g \\ \Delta T &= 30^{\circ}\text{C} - 18^{\circ}\text{C} = -12^{\circ}\text{C} \\ c &= 1g \frac{\text{cal}}{^{\circ}\text{C}} \end{aligned}$$

(Para essa exemplificação, a água deverá ser resfriada de 30°C para 18°C)

Substituindo os valores de massa, calor específico e intervalo de temperatura:

$$\begin{aligned} Q &= 10000 * 1 * (-12) \\ Q &= -120000 \text{ cal} \end{aligned}$$

Substituindo o valor de x caloria na equação de conversão em Joule.

$$\frac{1 \text{ cal}}{120000 \text{ cal}} = \frac{4,18 \text{ J}}{J}$$

$$J = 501600$$

Substituindo os valores de Energia e tempo (em segundos) na equação de potência:

$$\text{Potência} = \frac{E}{\Delta T} = \frac{501600 J}{900s} = 557,3W$$
$$\text{Potência} = \frac{E}{\Delta T} = \frac{501600 J}{1800s} = 278,7W$$

Para este exemplo, a placa de Peltier de 12V e 6A foi utilizada nos cálculos. Ela foi utilizada devido a sua corrente e tensão, que são compatíveis com a maioria das fontes presentes no mercado. Ela pode ser usada em fontes com uma corrente, porém poderá afetar o desempenho da Peltier.

Caso seja necessário resfriar a água mais rapidamente, o consumo será maior e também a quantidade de células de Peltier. Neste cálculo observa-se a quantidade de Peltier necessária para resfriar 10L em 15 minutos (900 segundos).

$$\text{Quantidade de Peltier} = \frac{\text{Peltier}}{\text{Potência}} = \frac{557,3w}{12 * 6} = \frac{557,3w}{72} = 7.74$$

O resultado foi próximo de 7 células de Peltier, algo inviável devido a energia que será necessária para alimentar as células.

Caso não seja necessário um tempo muito curto, o consumo será menor e a quantidade de Peltier também. Neste próximo cálculo observou-se a quantidade de Peltier necessária para resfriar 10L em 30 minutos (1800 segundos). O resultado foi de em torno de 4 células de Peltier, um número mais viável comparado ao anterior, juntamente com o menor consumo de energia das células.

CONCLUSÃO

Conclui-se que para este projeto, a utilização das células de Peltier para o resfriamento da água ter um melhor-custo benefício quando comparado a outros métodos. Para a utilização da Peltier ter um menor custo e consumo de energia, será necessário aumentar o tempo no qual a água poderá ser resfriada, tornando o uso da Peltier mais viável para o projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores professores, ao CNPq pela bolsa PIBIC EM concedida, à UTFPR e o IFPR pela oportunidade.

REFERÊNCIAS

FERNANDES, Alberto Emanuel Simões dos Santos. Alberto Emanuel Simões dos Santos Fernandes Licenciatura em Engenharia Electrotécnica – **Conversão de Energia com Células de Peltier**. 2012. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energias Renováveis - conversão Eléctrica e Utilização Sustentáveis, Faculdade de Ciências e Tecnologia e A Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/8084/1/Fernandes_2012.pdf. Acesso em: 28 jun. 2019.

CAMPOS, Antonio Luiz P. S. et al. **REFRIGERAÇÃO UTILIZANDO PASTILHAS DE EFEITO PELTIER**. Holos, [s.l.], v. 2, p.25-31, 13 jun. 2010. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Disponível em: <https://>. Acesso em: 12 jul. 2019.

NISHIHATA, H.; KIDO, O.; UENO, T. **Peltier cooling system utilizing liquid heat exchanger combined with pump**. Twenty-first International Conference On Thermoelectrics, 2002. Proceedings Ict '02., [s.l.], p.551-553, 2002. IEEE. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1190377>. Acesso em: 14 jul. 2019.

STRAZZA, Fabricio; RIBERI, Rodrigo Midusauskas. **PROJETO DE UMA MICRO-ADEGA CLIMATIZADA DE BAIXO CUSTO**. 2004. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.peltier.com.br/tese.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2019.

GOMES, Alberto Régio. **ANÁLISE COMPARATIVA DE MECANISMOS DE COMPRESSÃO PARA APLICAÇÃO EM REFRIGERAÇÃO DOMÉSTICA**. 2006. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89029/234136.pdf?sequence=1>. Acesso em 10 jul. 2019.

BANSAL, P. K., & Martin, A. (2000). **Comparative study of vapour compression, thermoelectric and absorption refrigerators**. International Journal of Energy Research, 24(2), 93–107. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291099-114X%28200002%2924%3A2%3C93%3A%3AAID-ER563%3E3.0.CO%3B2-6>. Acesso em 26 jul. 2019.

MORAES, Thiago Finotti de. **IMPLEMENTAÇÃO DE PROTÓTIPO DE RESFRIADOR TERMOELÉTRICO POR EFEITO PELTIER APLICADO A DISPOSITIVOS SEMICONDUTORES DE POTÊNCIA**. 2014. 216 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14598/1/ImplementacaoPrototipoResfriador.pdf>. Acesso em 16 jul. 2019.