



Desenvolvimento de um reservatório de água fria de baixo custo para fermentador de bancada utilizando células Peltier

Development of a low cost water cooler for a benchtop fermenter using Peltier cells

Eduardo Watanabe de Oliveira *, Lyssa Setsuko Sakanaka[†],
João Gabriel Franchini Câmara[‡], Giovani Pereira Sella[§],
Romualdo Rubens de Freitas[¶], Claudio Takeo Ueno^{||}, Janksyn Bertozzi[§], Márcio José Alves[§]

RESUMO

Este projeto visa o desenvolvimento de um sistema para controle remoto de temperatura de processos fermentativos, tendo em mente um sistema simples e de baixo custo e sem a necessidade de uso de substâncias não sustentáveis. A água foi utilizada como meio condutor térmico associada a dois reservatórios, sendo um equipado com resistências elétricas para aquecer a água, e outro contendo células de Peltier para a obtenção de água fria. Nos primeiros testes a eficiência do sistema de resfriamento não se mostrou adequado. Com o intuito de descobrir a razão da baixa eficiência, foram realizados testes com cada uma das células Peltier utilizadas no sistema de resfriamento. Para isso, mediu-se as resistências e a eficiência térmica, aplicando tensões e correntes adequadas. O resultado obtido indicou que das doze células de Peltier adquiridas para o projeto, apenas metade demonstraram eficiência de troca térmica satisfatórias, as demais apresentaram baixa eficiência, assim como, foi observado que, para uma tensão fixa a corrente variava entre as células de Peltier, denotando a falta de padronização por parte do fabricante na sua construção. Para a obtenção de um reservatório de água fria eficiente, é preciso ajustar a tensão de trabalho e a corrente aplicada nas células de Peltier.

Palavras-chave: sistema portátil, efeito Peltier, eficiência de troca térmica, fermentação, sustentável.

ABSTRACT

This project aimed to develop a system of remote control of fermentative processes temperature, taking into account a simple and low cost system and without need of non-sustainable substances. The idea of the project originated from the necessity to control the temperature of a double jacketed fermenter used in research projects at UTFPR. Water was used as mean for thermal conduction associated to two reservoirs, being one equipped with electric heaters to heat the water, and the other with Peltier cells to obtain cold water. Preliminary tests showed that the efficiency of the cooling system was poor. To discover the reason of the low efficiency, each of the Peltier cells was analyzed by measuring the resistance and the thermal efficiency applying specific tensions and electric currents. The results indicated that from the twelve Peltier cells acquired for the project, half demonstrated satisfactory thermal exchange efficiency, whereas the rest demonstrated low efficiency. Also, it was observed that, with a fixed tension, the electric current varied from one to the other Peltier cell, denoting lack of pattern by manufacturer. In order to develop a system with good cooling system, Peltier cells should work with specific current and tension.

Keywords: portable system, Peltier effect, thermal exchange efficiency, fermentation, sustainable.

* TINFEM, Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; eduardowatanabe1227@gmail.com

[†] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; lyssa@utfpr.edu.br

[‡] Arbo Imóveis, Londrina, Paraná, Brasil; franchini211@gmail.com

[§] TINFEM, Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; gipereirasella@gmail.com

[¶] Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; romualdo.freitas@ifpr.edu.br

^{||} Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; takeo@utfpr.edu.br

[§] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; janksynbertozzi@utfpr.edu.br

[§] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; marcioalves@utfpr.edu.br



1 INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, o homem utiliza microrganismos para preparar bebidas, alimentos e condimentos por meio de um processo denominado fermentação. A fermentação apresenta, entre outros benefícios, vantagens fundamentais, como a eliminação das substâncias tóxicas de alguns grãos e a preservação dos alimentos (VICENZI, 2011).

De acordo com Vicenzi (2011), o termo fermentação tem origem no latim: “fervere” (ferver), uma referência às bolhas formadas pela produção de dióxido de carbono resultante da ação de microrganismos (leveduras, fungos ou bactérias) sobre o material orgânico. Ainda segundo o autor, os processos fermentativos representam um elo de ligação entre a elaboração artesanal de alimentos nos tempos antigos, que utilizavam uma flora microbiana natural, e a moderna indústria de fermentação de alimentos, a qual emprega cultivos puros e sofisticados equipamentos de controle do processo.

A eficiência e o rendimento dos processos fermentativos dependem de diversos fatores físicos e químicos, tais como: a temperatura, que exerce influência sobre a velocidade de fermentação e produção de compostos secundários; o pH, o qual, dependendo do seu valor, pode inibir o desenvolvimento de determinados microrganismos de interesse; e a oxigenação, que influencia na multiplicação dos microrganismos (AQUARONE et al., 2002).

Desta forma, observa-se a necessidade de conhecer, controlar e monitorar os parâmetros ideais para obter a máxima eficiência da fermentação, pois diferentes microrganismos apresentam diferenças nos valores ótimos de temperatura, pH e oxigenação (VICENZI, 2011).

Vicenzi (2011) afirma que o elemento principal de qualquer processo fermentativo é o fermentador: recipiente em que se mantém o ambiente favorável para o desenvolvimento de um determinado processo biológico. O fermentador pode ser simplesmente um recipiente aberto ou um sistema fechado e muito bem controlado (para processos que exigem condições mais sensíveis).

Fermentadores de camisa dupla com sistema de circulação de água quente ou fria permitem criar um ambiente com condições favoráveis para o processo fermentativo. Entretanto, esses fermentadores necessitam de um banho termostático acoplado que geralmente utilizam compressores para realizar o controle da temperatura do processo e são adquiridos à parte.

A ausência desse sistema de controle de temperatura para o fermentador de camisa dupla do projeto “Fermentação alcoólica e acética de polpa de tamarindo (*Tamarindus Indica L.*)” deu origem ao presente projeto cujo objetivo é desenvolver um sistema para acionar remotamente o sistema de controle da temperatura do fermentador. Um equipamento de controle de temperatura a base de água e acionado remotamente permitirá a redução no consumo de energia, na medida em que entrará em funcionamento somente quando necessário (conforme programado). No reservatório, o sistema de circulação de água possibilitará sua utilização de forma sustentável, sem descarte, reduzindo também o consumo de água. Além disso, como os processos fermentativos podem demorar de 24h até 10 dias, o gerenciamento remoto desse sistema permitirá maior comodidade, economia de tempo e redução de custos.

* TINFEM, Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; eduardowatanabe1227@gmail.com

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; lyssa@utfpr.edu.br

‡ Arbo Imóveis, Londrina, Paraná, Brasil; franchini211@gmail.com

§ TINFEM, Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; gipereirasella@gmail.com

¶ Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; romualdo.freitas@ifpr.edu.br

|| Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; takeo@utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; janksynbertozzi@utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; marcioalves@utfpr.edu.br

Nesse sentido, o objetivo do projeto foi desenvolver um reservatório de água fria para um sistema remoto de controle de temperatura, contendo dois reservatórios, sendo um equipado com resistências elétricas para aquecer a água, e outro contendo células de Peltier para a obtenção de água fria.

2 METODOLOGIA

2.1 Material

Os materiais utilizados neste projeto foram: um micro controlador ESP32, uma fonte chaveada 12V 20A, quatro bombas de água (4,8 W cada uma), doze células Peltier 12V 6A, das quais somente seis foram colocadas no reservatório e as outras ficaram como peças sobressalentes, um reservatório de acrílico (220x220x220 mm), pasta térmica, placa de alumínio (210x210mm com 1,50mm de espessura) da Cinfel-Comércio e Indústria de Ferragens (Londrina, Paraná), 8 sensores de temperatura DS18B20.

2.2 Construção do reservatório de água fria

A construção da caixa de acrílico foi realizada por uma empresa da cidade de Londrina, após envio das dimensões e do desenho. A caixa foi construída sem uma das laterais, onde foi colada uma placa de alumínio, visando uma melhor condução térmica entre as células de Peltier e a água do reservatório. A vedação da placa foi realizada com cola de silicone, as células de Peltier foram fixadas lado a lado com pasta térmica entre a placa de alumínio e o dissipador de calor. Massa epóxi foi utilizada para fixar os parafusos necessários para prender o dissipador na placa de alumínio, e também foram inseridas ventoinhas e o dissipador de calor, conforme mostrado na Figura 1. O sistema montado foi ligado a fonte chaveada e ao circuito eletrônico de controle remoto de temperatura.

Figura 1 - Fotografia do reservatório desenvolvido: vista frontal (a) e vista por trás (b).



(a)



(b)

Fonte: Autoria própria (2021).

* TINFEM, Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; eduardowatanabe1227@gmail.com

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; lyssa@utfpr.edu.br

‡ Arbo Imóveis, Londrina, Paraná, Brasil; franchini211@gmail.com

§ TINFEM, Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; gipereirasella@gmail.com

¶ Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; romualdo.freitas@ifpr.edu.br

|| Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; takeo@utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; janksynbertozzi@utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; marcioalves@utfpr.edu.br

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao finalizar a montagem do reservatório de água fria, preencheu-se com água e fez-se a ligação do sistema. Logo no primeiro teste os resultados não foram satisfatórios em relação à eficiência das células Peltier (Figura 2a), sendo levantadas quatro possíveis hipóteses para tal resultado.

A primeira hipótese era que o sistema de dissipação de calor seria insuficiente para dissipar o calor gerado por um dos lados das células de Peltier, ocasionando a perda de eficiência da mesma. A segunda hipótese era de que o número de células seria insuficiente em relação à quantidade de água do reservatório. A terceira hipótese era que a fonte poderia estar sobrecarregada. E a quarta hipótese, a mais provável, era que os cabos das 6 células Peltier foram emendadas em um único fio em um circuito fechado, havendo então um 'roubo' de voltagem entre elas.

Figura 2 - Fotografia do teste com o reservatório montado (a) e do teste de verificação de uma célula de Peltier (b).



(a)



(b)

Fonte: Autoria própria (2021).

Para verificar as hipóteses acima descritas, foi utilizado o seguinte aparato experimental: 01 fonte de alimentação regulável, 04 multímetros, 01 copo de isopor, 02 dissipadores térmico de CPU, uma ventoinha. Os testes aconteceram no laboratório de Física 3 da UTFPR - campus Londrina. Primeiramente testou-se a corrente aplicada pela fonte chaveada ao sistema de resfriamento, sendo esta uma quantidade muito menor que a esperada pela pesquisa feita no datasheets das células de Peltier. Mediante esse teste levantou-se uma quinta hipótese: a eficiência das células de Peltier poderiam ser diferentes umas das outras. Por isso, o aparato de troca de calor foi desmontado e as células Peltier retiradas do reservatório. A partir de então foram realizados testes com cada célula Peltier separadamente, conforme demonstrado na Figura 2b. Cada célula de Peltier foi testada com uma fonte de alimentação com regulagem de amperagem e voltagem, dois multímetros para medidas precisas de tensão e corrente, e outros dois multímetros para medir as temperaturas fria e quente geradas pelas células Peltier nos dissipadores. Um dos multímetros também foi usado para obter medidas da resistência interna de cada uma das células Peltier.

Nos testes notou-se que a corrente variava para cada tensão aplicada na célula Peltier, por isso decidiu-se fixar a tensão em 11,90 V, que obteve a melhor resposta nos primeiros testes. Constatou-se também, que para uma tensão fixa, havia uma diferença na corrente individual de cada uma das células Peltier, além de uma

* TINFEM, Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; eduardowatanabe1227@gmail.com

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; lyssa@utfpr.edu.br

‡ Arbo Imóveis, Londrina, Paraná, Brasil; franchini211@gmail.com

§ TINFEM, Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; gipereirasella@gmail.com

¶ Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; romualdo.freitas@ifpr.edu.br

|| Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; takeo@utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; janksynbertozzi@utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; marcioalves@utfpr.edu.br



diferença em sua eficiência de retirar calor de um sistema. Durante os testes percebeu-se que ao colocar o dissipador de calor frio em um ambiente fechado, como por exemplo, em uma caixa de isopor, a eficiência de troca térmica era melhor, comparada com o teste feito em ambiente aberto, sobre a bancada sem nenhuma proteção. Segundo Navroski et al. (2010), este resultado já seria o esperado pois, o isopor é um bom isolante térmico, assim sendo, ao colocar a célula de Peltier e dissipador dentro da caixinha de isopor, ficando a ventoinha e o dissipador da parte quente para fora, aumentou-se a eficiência de trabalho da célula de Peltier (esquema mostrado na Figura 2b). Dessa forma, todos os testes com as células de Peltier foram realizados utilizando-se o mesmo procedimento e, após o sistema entrar em equilíbrio, os dados foram coletados e apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Resultados dos testes com as células de Peltier.

| Nº da célula Peltier | Voltagem (DC) | Resistência | Corrente (DC) | Temperatura | Temperatura | Situação |
|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------|--------------|------------------|
| | (V) Escala (20V) | (Ω) Escala (200Ω) | (A) Escala (10 A) | Quente (°C) | Fria (°C) | |
| 1 | 11,90 | 4,40 | 1.991 | 23,9 | -0,4 | Funcional |
| 2 | 11,90 | 4,20 | 2.435 | 23,3 | -3,0 | Funcional |
| 3 | 11,90 | 10,60 | 2.053 | 22,2 | -5,0 | Funcional |
| 4 | 11,90 | 8,10 | 2.380 | 22,9 | -2,7 | Funcional |
| 5 | 11,90 | 9,70 | 2.015 | 37,1 | 8,0 | Baixa Eficiência |
| 6 | 11,90 | 5,70 | 2.375 | 36,0 | -4,1 | Funcional |
| 7 | 11,90 | 3,80 | 2.087 | 35,1 | -0,4 | Funcional |
| 8 | 11,90 | 150,0 k* | ** | ** | ** | Queimado |
| 9 | 11,90 | 4,40 | 2.254 | 36,7 | 11,4 | Baixa Eficiência |
| 10 | 11,90 | 6,90 | 1.716 | 34,1 | 16,0 | Baixa Eficiência |
| 11 | 16,00 | 3,80 | 3.200 | 44,0 | 18,0 | Baixa Eficiência |
| 12 | 11,9 | 11,2 | 1.865 | 37,0 | 12,5 | Baixa Eficiência |

(*): A escala utilizada foi 200 kΩ;

(**): Não foi possível medir os dados.

Fonte: Autoria própria (2021).

Observa-se pelos dados apresentados na Tabela 1 que, mesmo sendo do mesmo fabricante, as tensões, amperagens e resistências são distintas. Esse fato pode ser considerado um fator negativo e compromete a eficiência das células Peltier, uma vez que, dependendo da fonte utilizada para conectá-las, a corrente que irá

* TINFEM, Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; eduardowatanabe1227@gmail.com

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; lyssa@utfpr.edu.br

‡ Arbo Imóveis, Londrina, Paraná, Brasil; franchini211@gmail.com

§ TINFEM, Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; gipereirasella@gmail.com

¶ Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; romualdo.freitas@ifpr.edu.br

|| Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; takeo@utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; janksynbertozzi@utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; marcioalves@utfpr.edu.br



passar por cada uma pode ser diferente, pelo fato da resistência ser diferente. Assim sendo, dependendo de quais células Peltier forem utilizadas em associação paralela a uma mesma fonte de alimentação, a eficiência não será a mesma, prejudicando todo o sistema. As diferenças observadas na temperatura do lado quente das células de Peltier, se devem em parte a influência da temperatura ambiente, pois como os testes foram realizados em dias diferentes, com temperaturas distintas entre si. É possível que a umidade relativa tivesse algum fator de impacto na eficiência do processo, mas esta não é tão relevante para o sistema analisado. O que mais impactou foram a resistência e corrente ótima de atuação de cada célula Peltier.

Com as informações disponíveis após os testes, foram feitas classificações para cada célula Peltier, “baixa eficiência”, para aquelas células que não atingiram as menores temperaturas, e “funcional”, para aquelas células Peltier que apresentaram melhor eficiência de troca térmica. A célula Peltier número 8 apresentou uma resistência muito alta, muito provavelmente devido a algum defeito de fabricação, pois os valores da corrente não pararam de subir até queimar.

4 CONCLUSÃO

Inicialmente a equipe do projeto não considerou que pudessem ter características de fabricação tão distintas, e não fez o teste com cada uma previamente à montagem. Essas diferenças entre as células Peltier, podem ter afetado diretamente os resultados do primeiro teste. Foi perceptível a relevância de testar as células Peltier, antes de utilizá-las no sistema.

As células Peltier adquiridas apresentaram diferenças em sua eficiência, muito provavelmente devido à falta de padronização no processo de fabricação ou da baixa qualidade do produto vendido pelo fornecedor. Entre as 12 células Peltier foram selecionadas seis que apresentaram uma melhor eficiência (temperaturas negativas ou próximas a zero), as quais foram divididas em dois grupos, de acordo com a eficiência em função da corrente: um com corrente próxima a 2,000 A, e o outro próximo a 2,300 A, ambas trabalhando com uma voltagem de 11,9V. Novos testes serão realizados com o reservatório de água fria, com esses dois grupos para verificar e sua funcionalidade e a eficiência da troca de calor do sistema remoto de temperatura.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores professores, ao CNPq pela bolsa concedida (PIBIC-EM a GPS e EWO), à UTFPR - campus Londrina, ao IFPR - campus Londrina pela oportunidade e pelo financiamento e a Cinfel-Comércio e Indústria de Ferragens Londrina pela placa de alumínio doada.

REFERÊNCIAS

- AQUARONE, Eugênio et al. **Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na Produção de Alimentos**, v. 4. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. 544 p.
- NAVROSKI, Marcio C. et al. Avaliação do isolamento térmico de três diferentes materiais usados na construção e preenchimento de paredes externas. **Ciência da Madeira**, v. 01, n. 01, p. 41-51, 2010.
- VICENZI, Raul. **Biotecnologia de alimentos**. UNIJUI. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/6703108/Apostila-Biotecnologia-de-Alimentos>. Acesso em: 26 abr. 2021.

* TINFEM, Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; eduardowatanabe1227@gmail.com

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; lyssa@utfpr.edu.br

‡ Arbo Imóveis, Londrina, Paraná, Brasil; franchini211@gmail.com

§ TINFEM, Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; gipereirasella@gmail.com

¶ Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; romualdo.freitas@ifpr.edu.br

|| Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; takeo@utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; janksynbertozzi@utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil; marcioalves@utfpr.edu.br