

## MATERIAIS BAROCALÓRICOS E REFRIGERAÇÃO

Emilly Ramos Freitas da Silva (PIBIC/NAPI EZC), Flavio Clareth Colman  
(Orientador). E-mail: ra126649@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de tecnologia, Maringá, PR.

**Área e subárea do conhecimento: 3.00.00.00-9 Engenharias** (3.05.00.00-1 Engenharia Mecânica/ 3.05.02.03-9 Aproveitamento da Energia).

**Palavras-chave:** Efeito Barocalórico; Tecnologias de Refrigeração; Regeneradores Ativos.

### RESUMO

A crescente preocupação com os impactos ambientais associados aos sistemas tradicionais de refrigeração tem impulsionado a busca por alternativas tecnológicas mais sustentáveis e eficientes. Os refrigerantes baseados em gases como CFCs, HCFCs e HFCs têm contribuído significativamente para o aquecimento global e problemas relacionados. Como uma possível resposta a esses desafios, o desenvolvimento de tecnologias de refrigeração baseadas em sólidos tem ganhado destaque, eliminando a necessidade de gases refrigerantes. Com o cenário dessas mudanças e tecnologias, analisou-se tecnologias emergentes de refrigeração em estado sólido, com ênfase em tecnologias barocalóricas. A pesquisa abrange a análise das propriedades termodinâmicas desses materiais e a avaliação de sua eficácia em sistemas de regeneradores barocalóricos ativos, a abordagem inclui a análise experimental e a simulação numérica, com o objetivo de otimizar o desempenho dos sistemas de refrigeração e avançar o conhecimento na área utilizando a simulação computacional para validar os resultados obtidos numericamente. O efeito barocalórico foi observado a partir das curvas de  $\Delta T_S$  (medida direta) vs.  $T$  (diferentes temperaturas iniciais), através do ensaio barocalórico foi obtido as curvas para o TPU, medidas na faixa de temperatura entre 293K e 333 K e variação de pressão de 42 a 218 MPa. A diferença de temperatura máxima alcançada foi de  $|\Delta T_S| = 11,97$  K em 333 K para uma  $|\Delta \sigma| = 218$  MPa.

### INTRODUÇÃO

Esta pesquisa está focada no desenvolvimento de tecnologias de refrigeração que se baseiam em materiais barocalóricos e têm como foco principal explorar o efeito

barocalórico como uma alternativa sustentável e eficiente aos refrigerantes convencionais. O objetivo central é avaliar o desempenho desses materiais em sistemas de regeneradores barocalóricos ativos através da análise de suas propriedades tanto em condições experimentais quanto numéricas. A metodologia empregada envolve o estudo das propriedades e realização de simulações computacionais utilizando o método dos elementos finitos para otimizar a estrutura dos regeneradores. Os resultados indicam que os materiais barocalóricos têm variações de temperatura significativas em resposta à pressão, o que é crucial para o funcionamento eficiente dos sistemas de refrigeração. A discussão destaca o potencial desses materiais para serem utilizados em sistemas de refrigeração e sugere que a otimização dos processos de transferência de calor pode melhorar o desempenho dos regeneradores térmicos. Em resumo, o estudo aponta que a tecnologia barocalórica representa uma alternativa promissora para refrigeração, com capacidade para diminuir o impacto ambiental dos sistemas tradicionais e aumentar o desempenho dos regeneradores ativos.

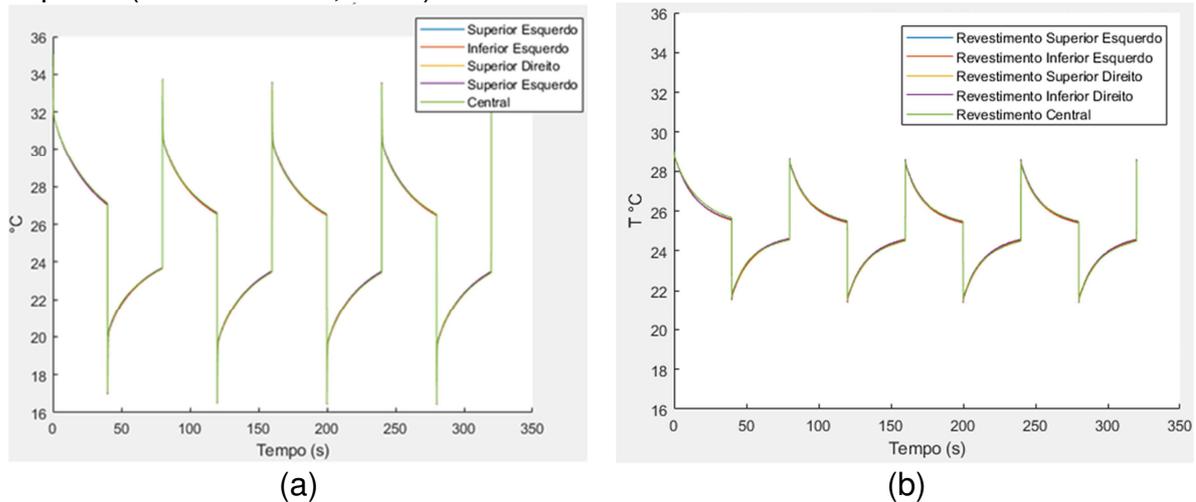
## MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta pesquisa, para compreender o comportamento do efeito barocalórico em polímeros, realizou-se uma verificação experimental do efeito barocalórico em amostra de TPU (COLMAN et al., 2023), termoplástico de poliuretano. A partir das amostras obtidas foi realizada uma primeira análise para o estudo da influência dos parâmetros como a velocidade de entrada do fluido de transferência de calor, utilizando o método dos elementos finitos. Para o protótipo analisado foi considerado um regenerador com 5 tubos (ou invólucros), constituídos de Aço-Níquel 9% com espessura de 1,72 mm para a pressão de 130 MPa e o fluido de trabalho sendo uma mistura de 50% de água e 50% de etilenoglicol. Para a simulação realizada inicialmente utilizou-se o ANSYS® (*Engineering Simulation Software*).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

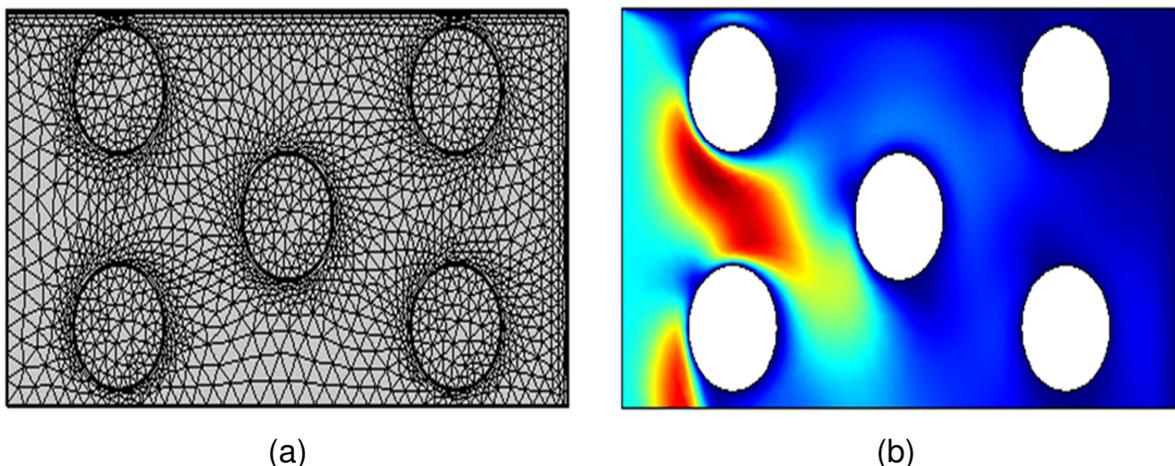
Em uma primeira análise o método dos elementos finitos foi utilizado para o estudo da influência de parâmetros como velocidade de entrada do HTF, espessura da parede do tubo, pressão aplicada sobre o refrigerante no rendimento de um regenerador com 5 tubos (ou invólucros). Os resultados iniciais para um ciclo de temperatura são mostrados para o material barocalórico (MB) e para os seus revestimentos de acordo com a sua posição no regenerador considerando uma pressão de 130 MPa. Como esperado, o invólucro possui uma temperatura inferior à do MB disponível para realizar a troca térmica com o HTF. Assim, entende-se que

não somente a espessura da parede do invólucro, mas também as suas propriedades térmicas são determinantes para um bom rendimento do equipamento proposto (FOLEIS et al., 2024).



**Figura 1**– Comportamento no Ciclo de Temperatura (a) MB e (b) Invólucros (ou revestimentos). De acordo com a sua posição no regenerador.

Nestas simulações, o banco de tubos foi constituído de Aço-Níquel 9% com espessura estimada de 1,72 mm para a pressão de 130 MPa. Novos estudos estão sendo contemplados utilizando para a simulação ferramenta computacional do tipo CAE. O fluido de trabalho é uma mistura de 50% de água e 50% de etilenoglicol.



**Figura 2** – Simulação em software. (a) malha inicial (b) resposta nos primeiros segundos para a velocidade de escoamento.

## CONCLUSÕES

Estudos adicionais estão sendo conduzidos a fim de melhorar o escoamento do fluido entre o banco de tubos, bem como, para tornar mais eficiente a troca de calor entre as diferentes regiões do regenerador. O modelo momentaneamente considera apenas a temperatura da parede externa do tubo (após a troca de calor por condução com o MB) e do tempo de escoamento do fluido ao passar na matriz de banco de tubos. Contudo análises multifísicas estão em desenvolvimento.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação Araucária por financiar os meios para a condução desta pesquisa e ao NAPI-EZC. Ao meu Orientador Flávio Clareth Colman, por me auxiliar e instruir, e aos meus pais e familiares por me apoiarem durante o processo até a conclusão desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

COLMAN, F. C. et al. On the mechanocaloric effect of natural graphite/thermoplastic polyurethane composites. **Journal of Materials Science**, v. 58, n. 27, p. 11029–11043, 6 jul. 2023.

FOLEIS, G. L. et al. Two-dimensional modeling and simulation of a conceptual barocaloric **regenerator with polydimethylsiloxane rubber in a tube bank matrix design**. **Applied Physics A**, v.130, n. 7, p. 1–14, 14 jun. 2024.