

ESTUDO DO EFEITO MECANOCALÓRICO EM ÓLEOS NATURAIS E SEUS DERIVADOS

Fernanda Ignatti Contardi (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Flávio Clareth Colman, Cleber Santiago Alves (Orientador). E-mail: ra134929@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Mecânica,
Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Engenharia Mecânica/ Engenharia Térmica

Palavras-chave: efeitos i-calóricos, óleos vegetais, efeito barocalórico

RESUMO

Sistemas de refrigeração convencionais, ou seja, os de compressão a vapor, continuam sendo grandes contribuintes para o aquecimento global. Com efeito, o desenvolvimento de máquinas refrigeradoras baseadas em outras tecnologias se dá de grande importância e urgência. Nosso projeto tem como objetivo estudar o efeito barocalórico em óleos naturais, associado aos efeitos mecanocalóricos, que pode vir a ser empregado em uma máquina térmica. O trabalho a seguir conta com a análise de variação de temperatura dos óleos de gordura residual e andiroba, que demonstram boa resposta térmica ao efeito, se tornando opções viáveis e sustentáveis para a utilização em sistemas maiores.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda energética global dado o avanço de tecnologias e a consequente dependência de aparelhos de refrigeração, como em laboratórios, casas e hospitais (TAKEUCHI; SANDEMAN, 2015), novas alternativas tiveram de ser pensadas para a substituição dos métodos tradicionais, que causaram grande impacto para o aquecimento global, uma vez que o sistema de compressão à vapor emite gases nocivos à camada de ozônio, como os HCFCs e os CFCs.

Somando-se a preocupação com o meio-ambiente com os esforços para se encontrar alternativas mais sustentáveis e menos nocivas do que os meios convencionais de geração de calor, pesquisas sobre outros tipos de refrigeração começaram a ser feitas, e, dentre elas, a de refrigeração em estado sólido, que ganhou grande destaque com seus efeitos i-calóricos. Esses efeitos podem ser observados de acordo com suas variações, sendo elas a variação adiabática de temperatura (ΔT_s) e variação isotérmica de entropia (ΔS_T). (IMAMURA et al., 2020).

O processo se dá por uma aplicação de um campo externo ao objeto, podendo ser ele magnético, elétrico ou mecânico. O efeito mecanocalórico ($E\sigma-C$) pode ser, também, dividido em elastocalórico, torsiocalórico e barocalórico, de acordo com a natureza da pressão aplicada, sendo último um dos mais promissores, por apresentar resultados mais avantajados em relação aos outros efeitos (USUDA et

al., 2019). O efeito barocalórico se destaca pelos seus altos efeitos em polímeros, sendo assim alvo de pesquisas para outros componentes, comocompósitos, com seus materiais sendo de baixo custo e com boa resposta térmica ao contato com um campo hidrostático. Outra alternativa para o estudo se mostra pelos óleos naturais, pela sua facilidade de busca e organização química, além de serem ainda pouco estudados para uso como materiais mecanocalóricos.

Nesse sentido, esta pesquisa busca investigar o efeito barocalórico para óleos naturais, visando compreender suas propriedades térmicas e potenciais usos para sistemas de refrigeração alternativos. O projeto tem como objetivo contribuir para a sustentabilidade e eficiência de alternativas para a refrigeração de forma barata e que seja acessível para larga escala.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o projeto, sua análise foi feita a partir dos óleos de andiroba e gordura residual, com aproximadamente 2,1 g dos materiais em temperatura ambiente inseridos dentro da câmara de pressão. A medida de variação de temperatura ΔT_s foi feita de forma direta para o intervalo temperatura de 293 K a 323 K ($\pm 0,1$ K), com pressões hidrostáticas de 42, 86, 130, 174 e 218 Mpa (± 3 Mpa). Os ensaios ocorreram em uma prensa desenvolvida pelos membros do GEMMAT, que isola a amostra dentro de uma câmara hermeticamente fechada e sobre ela é aplicada e removida uma carga controlada de pressão em um intervalo curto de temp. O processo pode ser considerado quase sem troca de calor, ou seja, adiabático. Os cálculos e gráficos foram feitos a partir dos programas OriginLab 2025 e Mathematica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do efeito barocalórico em ambos os óleos mostra que há uma variação de temperatura ΔT_s significativa e de forma principalmente crescente com o aumento da pressão aplicada, como é possível observar através dos gráficos obtidos (Figura 1a e 1b). Tal comportamento pode ser explicado pela existência de transição de fase dos materiais, sendo ela da fase sólida, em que os componentes se encontram em forma de cera, para a forma líquida, sendo essa em forma de óleo. Próximos à transição de fase, os efeitos se tornam mais evidentes e acentuados devido à sobreposição das mudanças conformacionais com a transformação de estado (IMAMURA et al., 2025).

O óleo de andiroba alcançou ΔT_s máximo de 18,1 K para compressão e -16,6 K para descompressão, para temperatura de 278 K e pressão de 218 Mpa, com um índice de mérito de 81,1 K·GPa⁻¹. O Óleo de gordura residual apresentou resultados de ΔT_s máximo de 16,1 K em compressão e -13,6 K para descompressão, a uma temperatura de 323K a 218 Mpa, com um índice de mérito de 76,6 K·GPa⁻¹. Ambos os resultados comprovam um efeito barocalórico expressivo e de acordo com suas propriedades químicas.

Na Tabela 1, são apresentados os principais resultados de variação adiabática de temperatura ΔT_s , o módulo aplicado (Δp) e o índice de mérito ($\Delta T_s \Delta p^{-1}$), a fim de comparar o resultado obtido com outros já existentes na literatura.

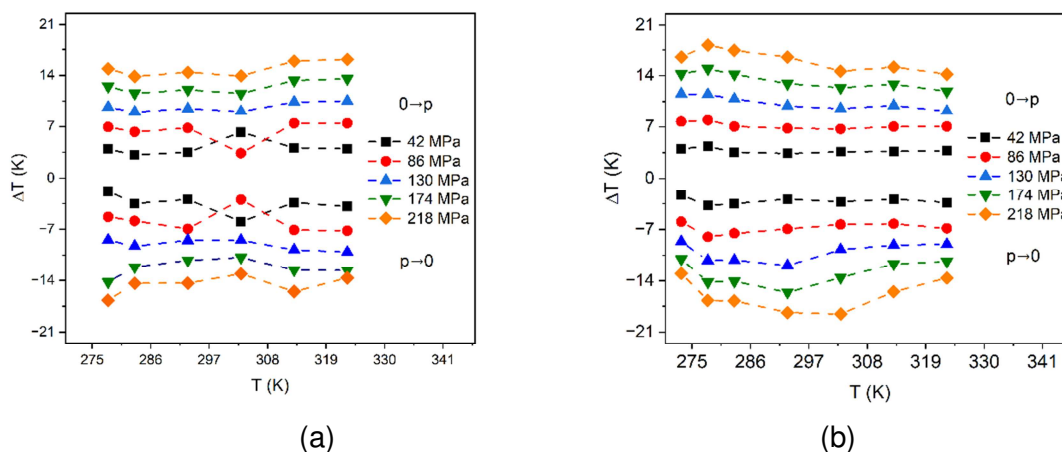


Figura 1 – (a) Variação adiabática de temperatura para o óleo de gordura residual e (b) Variação adiabática de temperatura para o óleo de andiroba

Tabela 1. Propriedades barocalóricas de materiais poliméricos e óleos

Material	T (K)	ΔT (K)	$ \Delta p $ (GPa)	$ \Delta T_s \Delta p^{-1} $ (K GPa ⁻¹)
Óleo de gordura residual	323	16,1	0,21	76,6
Óleo de andiroba	278	18,1	0,21	86,1
NBR	303	8,6	0,17	49,7
ASR	298	41,1	0,39	105,4
PDMS	304	28,2	0,39	72,4

CONCLUSÕES

Os óleos de gordura residual e de andiroba apresentaram efeitos barocalóricos promissores, com suas variações adiabáticas de temperatura para compressão de 16,14 K e 18,13 K, respectivamente. Com índices de mérito também elevados, sendo 76,6 K·GPa⁻¹ para o primeiro óleo e 81,1 K·GPa⁻¹ para o segundo óleo. Com

efeito, ambos os casos se dão como componentes promissores para sistemas de refrigeração utilizando efeitos i-calóricos, sendo alternativas sustentáveis e viáveis para a aplicação em equipamentos de troca de calor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida, a Universidade Estadual de Maringá e aos colegas do GEMMAT que colaboraram comigo no desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

IMAMURA, William *et al.* Colossal Barocaloric Effect in Fatty Acids: Eco-Friendly Refrigerants for Use in Alternative Cooling Technologies. **The Journal of Physical Chemistry C**, v. 129, n. 28, p. 12727–12737, 17 jul. 2025.

IMAMURA, William *et al.* Giant barocaloric effects in natural graphite/polydimethylsiloxane rubber composites. **Journal of Materials Science**, v. 57, n. 1, p. 311–323, 3 jan. 2022.

IMAMURA, William *et al.* Supergiant Barocaloric Effects in Acetoxy Silicone Rubber over a Wide Temperature Range: Great Potential for Solid-state Cooling. **Chinese Journal of Polymer Science**, v. 38, n. 9, p. 999–1005, 22 set. 2020.

TAKEUCHI, Ichiro; SANDEMAN, Karl. Solid-state cooling with caloric materials. **Physics Today**, v. 68, n. 12, p. 48–54, 1 dez. 2015.

USUDA, E. O. *et al.* Giant Reversible Barocaloric Effects in Nitrile Butadiene Rubber around Room Temperature. **ACS Applied Polymer Materials**, v. 1, n. 8, p. 1991–1997, 9 ago. 2019.