

AVALIAÇÃO DO EFEITO BAROCALÓRICO EM COMPÓSITOS DE ELASTÔMERO TERMOPLÁSTICO (TPE) E NANOTUBOS DE CARBONO (NTC)

Daniel Ruivo Costa (NAPI, FA, UEM), Flávio Clareth Colman (Coorientador), Sílvia Luciana Fávaro (Orientadora). E-mail: ra95377@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia e Ciências, Maringá, PR.

Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Materiais não Metálicos /Polímeros, Aplicações

Palavras-chave: Barocalórico, Nanotubos de Carbono, Polímero

RESUMO

Materiais compósitos de matriz polimérica e carga de alótropos de carbono possuem resultados promissores no efeito barocalórico. Neste trabalho foram sintetizadas e caracterizadas amostras de compósitos de elastômero termoplástico estireno-etileno-butileno-estireno (SEBS) com polietileno (PE), e carga de nanotubo de carbono (NTC). A adição de NTC no compósito resultou em um aumento de 109% na condutividade térmica em relação ao SEBS puro e um aumento de 3 K na variação de temperatura, resultante do efeito barocalórico. Portanto, a adição de NTC em matriz elastomérica apresenta uma excelente alternativa na aplicação em refrigeração em estado sólido.

INTRODUÇÃO

O aumento da temperatura média global, que cresceu em 1,2 °C no último século e possui previsão de aumentar em mais 1,5 °C dentre os próximos 15 anos, leva a uma crescente necessidade de sistemas térmicos de condicionamento de ar.

Os sistemas convencionalmente mais utilizados para a climatização de ambientes são os baseados no ciclo de compressão de fluidos refrigerantes, estes, por sua vez, possuem um histórico danoso ao meio ambiente, seja por meio de depreciação da camada de ozônio com o uso dos hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs), hoje em desuso, ou os mais contemporâneos hidrofluorcarbonetos (HFCs) que possuem alto valor de Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential – GWP*).

Como alternativa a esses sistemas convencionais, existem os sistemas baseados em matérias sólidos ou semissólidos, a refrigeração em estado sólido. Esta se aproveita das propriedades *i*-calóricas dos materiais para se obter a variação de

temperatura necessária. O efeito barocalórico, objeto de estudo deste trabalho, surge a partir da aplicação de uma pressão hidrostática sobre o material, causando nele uma variação adiabática de temperatura tanto no momento da compressão quanto na descompressão.

Usuda, Bom e Carvalho (2017) mostram que polímeros elastoméricos, como a borracha natural vulcanizada, possuem grande efeito barocalórico, mas apresentam baixa condutividade térmica quando comparados a fluídos refrigerantes e ligas metálicas, o que dificulta a aplicação destes materiais em sistemas térmicos. Frente a isso, Colman *et al.* (2023), propõe adicionar cargas de alótropos do carbono em matriz elastomérica com o intuito de aprimorar as propriedades térmicas dos materiais.

Neste trabalho, será realizado a síntese e caracterização de compósitos fabricados a partir de um elastômero termoplástico de estireno-etileno-butileno-estireno (SEBS), com um compósito de polietileno (PE) com carga de nanotubos de carbono (NTC), e será realizada a análise do efeito barocalórico e verificação de como a presença do NTC afeta a condutividade térmica do material.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram fabricadas por extrusão e embutimento a partir de dois materiais comerciais: Fortiprene TPE 7104A65CO, da marca FCC, elastômero termoplástico do tipo SEBS; TUBALL™ PLAST_Polyethylene; compósito com matriz de 98% de polietileno com 2% de nanotubo de carbono de parede simples. Definiu-se uma amostragem baseada na porcentagem de NTC, apresentada na tabela 1.

Tabela 1 – Porcentagens programadas para as amostras

Amostra	TPE 7104 [%]	TUBALL™ PLAST_PE [%]	NTC [%]
A100-0	100	0	0,0
A90-10	90	10	0,2
A70-30	70	30	0,6
A50-50	50	50	1,0
A30-70	30	70	1,4
A10-90	10	90	1,8
A0-100	0	100	2,0

As amostras passaram por ensaio de compressão segundo norma ASTM D695, ensaio de dureza seguindo a norma ASTM D220, ensaio de condutividade térmica segundo norma ASTM E1530-6 adaptada, ensaio de efeito barocalórico em maquinário desenvolvido por Bocca et al. em 2021, com registro de patente nº BR 20

2021 021907-1, ensaio de densidade, microscopia eletrônica de varredura, ensaio de difração por faixa de raio-X, Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier, e calorimetria exploratória diferencial segundo norma ASTM E1269-11.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os materiais fabricados possuem um aumento na tonalidade da cor preta com o aumento do nanotubo de carbono, como observado na figura 1, possuindo também um incremento em sua dureza e módulo de elasticidade seguindo o mesmo padrão.



Figura 1 – Amostras de 0 a 2% (esq. à dir.) de Nanotubo de Carbonos

A condutividade, apresentada na figura 2-A, aumentou com a adição de nanotubos de carbono, tendo seu maior valor registrado nas amostras de 1,8% de NTC com valor de $k = 0,46 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, representando assim um incremento de 109% em relação ao valor do TPE puro (0% NTC).

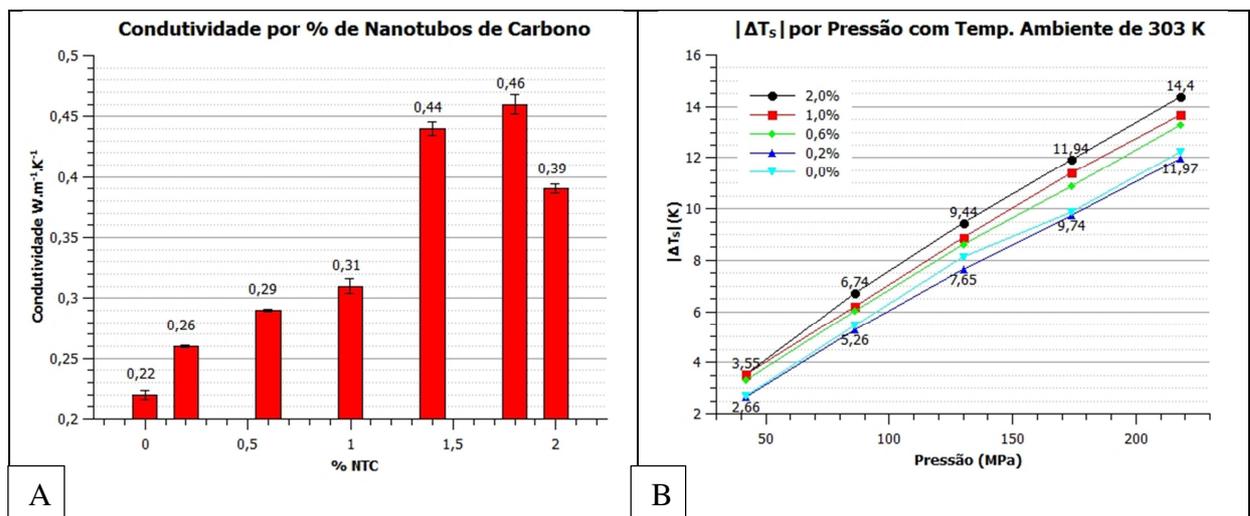


Figura 2 – (A) Gráfico de condutividade por % de NTC, (B) Gráfico de $|\Delta T_s|$ por pressão a temperatura ambiente de 303 K

O efeito barocalórico possuiu também um incremento com o aumento da porcentagem de NTC presente no material. A figura 2-B apresenta os resultados obtidos em uma temperatura ambiente de 303 K (30 °C), para as diferentes pressões aplicadas e para os materiais de 0, 0,2, 0,6, 1 e 2% de NTC. Nota-se que os maiores valores são os apresentados pela amostra de 2% NTC tendo sua maior variação $|\Delta T_S|$ de 14,4 K com pressão aplicada de 218 MPa.

Usuda, Bom e Carvalho (2017) estudaram a borracha natural vulcanizada, que apresentou $|\Delta T_S|$ de 10,50 K com pressão aplicada de 174 MPa a 303 K. Já Colman et al. (2023) apresentou, em sua análise de compósitos de poliuretano com carga de grafite natural, com mesmos parâmetros iniciais, um $|\Delta T_S|$ de 8 K, com a condutividade de $0,66 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, para amostra com 40% de grafite em sua composição. Os materiais de SEBS com PE e NTC obtiveram valores de efeito barocalórico superiores ao elastômero com carga de grafite natural, e manteve dentro de parâmetros comparáveis a elastômeros puros, requerendo baixas quantidades de NTC para estes resultados.

CONCLUSÕES

Os materiais desenvolvidos apresentaram aumento de suas propriedades mecânicas e térmicas com o aumento de porcentagem de NTC presente em sua composição, notoriamente o incremento de mais de 100% na sua condutividade térmica e aumento de 3 K na variação de temperatura do efeito barocalórico são resultados promissores para a aplicação de carga de NTC em polímeros para a melhoria destas propriedades.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Fundação Araucária pelo incentivo financeiro a pesquisa, assim como ao programa NAPI-EZC pela oportunidade, e aos laboratórios do COMCAP e DEM na UEM pelo apoio durante as atividades.

REFERÊNCIAS

COLMAN, F. C. et al. **On the mechanocaloric effect of natural graphite/thermoplastic polyurethane composites**. Journal of Materials Science, p. 1-15, 6 jul. 2023.

33° Encontro Anual de Iniciação Científica
13° Encontro Anual de Iniciação Científica Júnior



10 e 11 de Outubro de 2024

USUDA, E. O.; BOM, N. M.; CARVALHO, A. M. G. **Large barocaloric effects at low pressures in natural rubber.** European Polymer Journal, v. 92, p. 287-293, 1 jul. 2017.

