

# CARACTERIZAÇÃO DE PROPRIEDADES TERMOMECÂNICAS DE COMPÓSITOS PARA LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS PARA PROCESSO DE MOLDAGEM

Ábda Moriá Soares Cunha

Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos - abda.cunha@fatec.sp.gov.br

Sofia Salles Lantyer Marques

Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos

Rita de Cássia Mendonça Sales Contini

Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos - rita.sales@fatec.sp.gov.br

## 1. Introdução

Os materiais compósitos mais utilizados pela indústria automotiva são os compósitos laminados, os quais são formados pelo empilhamento de camadas de diferentes materiais formadas por fibras de carbono ou vidro envolvidas por uma matriz de resina polimérica termorrígida ou termoplástica.

Dentre os processos de manufatura de alta cadência, os processos de estampagem e moldagem por compressão (compression molding) estão entre os mais promissores.

Portanto, este trabalho tem como objetivo principal coletar e identificar parâmetros da cinética de cristalização, para caracterizar as propriedades mecânicas, físicas e químicas de compósitos termoplásticos após o processo de conformação de termostamping utilizando a técnica de análise térmica DMA (Dynamic Mechanical Analysis).

Também será utilizado o DSC (Differential Scanning Calorimetry). Este estudo auxiliará na compreensão da influência dos efeitos termoquímicos durante a consolidação do material e como isso pode afetar os parâmetros de processos para fabricação de compósitos termoplásticos de aplicação automotiva.

## 2. Metodologia

O prepeg de PA6 Toray Cetex® [1] será utilizado como matéria prima termoplástica. Os materiais foram confeccionados por moldagem a quente (termostamping).

Para as medições de densidade e fração volumétrica, será utilizada a balança Ohaus. Os ensaios de DMA foram realizados no equipamento NETZSCH DMA 242C localizado no laboratório LAT do Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

A proposta de estudo determina que as amostras preparadas em dimensões retangulares de 55mm x 12mm x 5mm para as ensaiadas em deformação de 3 apoios, frequência de 1Hz, força dinâmica de 5N, com a taxa de temperatura de 20-200°C para os termorrígidos e de 20-300°C para os termoplásticos.

Os ensaios foram realizados em triplicatas. As normas avaliadas para elaboração do ensaio são: ASTM D7028 [2], ASTM E1640 [3], ASTM D4065 [4].

Para o teste e análise de tensão residual, a montagem das amostras será feita com uma placa de alumínio e os compósitos termoplásticos Toray TC910, a placa de alumínio possui dimensões retangulares de 400mm x 26mm x 1.25mm, e a de PA6 possui dimensões retangulares de

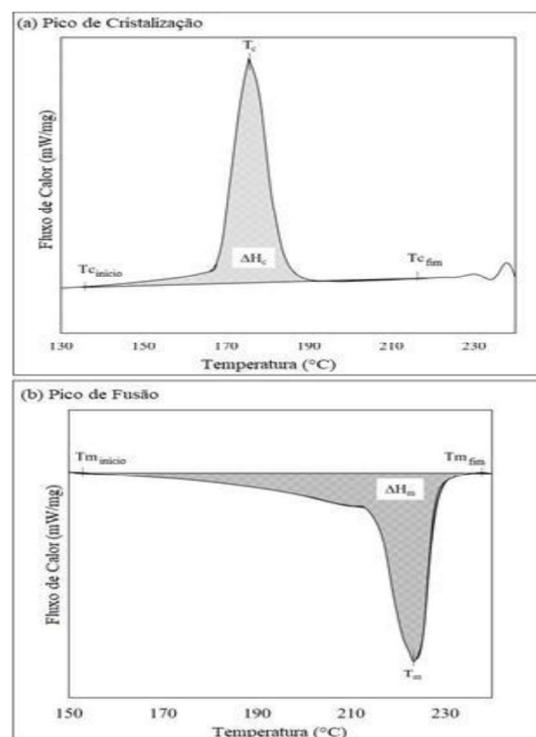
400mm x 26mm x 0.9mm. Foram conduzidos ensaios de DSC no equipamento NETZSCH DSC 242C, e foram utilizadas amostras do material termoplástico puro e para o compósito 5 a 10 mg, sendo dividido nas corridas dinâmicas e corridas isotérmicas.

As corridas se diferenciaram apenas nas temperaturas de fusão  $T_f$ , para o PA6 230°C. E as temperaturas isotérmicas de cristalização  $T_c$  (190°C, 194°C, 198°C e 200°C para o material puro).

## 3. Resultados e Discussões

Os testes de DSC foram realizados nas amostras de 5 a 10mg fatiadas de PA6 pura. A Figura 1 mostra a curva com o comportamento térmico do material, Figura 1.a a curva de cristalização e Figura 1.b mostra a curva de fusão. Uma compilação dos dados obtidos a partir das análises de DSC é apresentada na Tabela 1.

**Figura 01** – DSC (a) Curva de Cristalização e, (b) Curva de Fusão.



Fonte: Autores, (2023).

**Tabela 01** – Propriedades térmicas e parâmetros obtidos por varredura dinâmica de PA6.

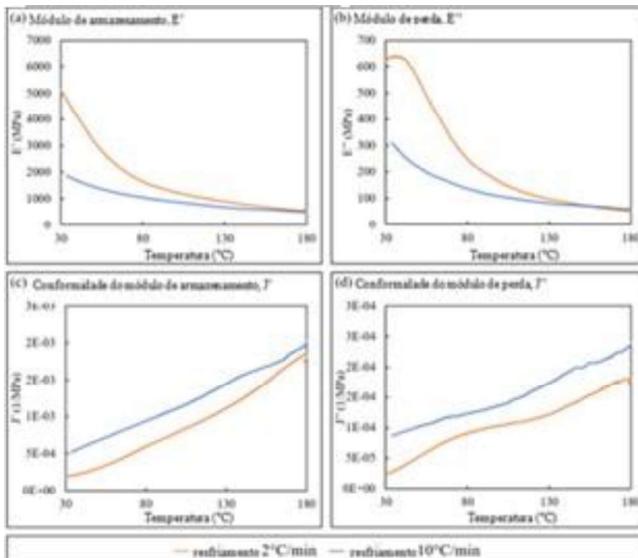
Propriedades	Abreviação	Resultados
Temperatura de Fusão	T <sub>m</sub>	223.8°C
Temperatura de Fusão inicial	T <sub>m</sub> Início	216.3°C
Temperatura de Fusão final	T <sub>m</sub> Fim	228.2°C
Temperatura de Cristalização	T <sub>c</sub>	125.6°C
Temperatura de Cristalização inicial	T <sub>c</sub> Início	168.8°C
Temperatura de Cristalização final	T <sub>c</sub> Fim	183.6°C
Calor de Fusão	ΔH <sub>m</sub>	-61.2J/g
Calor de Cristalização	ΔH <sub>c</sub>	56.36J/g
Entalpia de fusão para PA6 100% cristalino	ΔH <sub>0</sub>	240J/g
Grau de Cristalinidade	X <sub>vc</sub>	49.98%

Fonte: Autores, (2023).

Na Figura 2, pode-se observar os resultados para J' e J'', que são parâmetros cruciais utilizados na análise DMA para descrever o comportamento viscoelástico de um material. J' representa a rigidez do material, enquanto J'' indica sua capacidade de absorver energia.

A relação entre J'' e J' é fundamental para avaliar a capacidade de amortecimento do material, também conhecida como fator de perda ou tan δ.

**Figura 02** – Análise DMA para amostra pura de PA6 a diferentes taxas de resfriamento, 2°C/min e 10°C/min; (a) Módulo de armazenamento, E'; (b) Módulo de perda, E''; (c) Conformidade do módulo de armazenamento, J'; (d) Conformidade do módulo de perda, J''



Fonte: Autores, (2023).

#### 4. Conclusões

Conhecer as propriedades dos materiais compósitos permite compreender os limites estruturais aos quais os componentes fabricados com este material estão sujeitos, garantindo um projeto adequado a realidade a qual foram submetidos.

A partir de análises DMA, fração volumétrica, os parâmetros podem ser adotados com segurança para a vida produtiva do material. Neste sentido, os materiais compósitos, principalmente com PA6, apresentam vantagens produtivas únicas como a conformação de peças com geometrias complexas e com resistência elevada em um curto período.

O objetivo foi alcançado na medida em que fornece as informações necessárias para que haja precisão e eficiência ao executar o processo de termoestampagem utilizando o modelo.

#### 5. Referências

- [1] TORAY, Toray Cetex® TC910 PA6 PPS Product Data Sheet, 2019.
- [2] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). D7028: Glass Transition Temperature (DMA T<sub>g</sub>) of Polymer Matrix Composites by Dynamic Mechanical Analysis (DMA), Reapproved 2015.
- [3] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). E1640: Assignment of the Glass Transition Temperature By Dynamic Mechanical Analysis, 2018. 9
- [4] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). D4065: Plastics: Dynamic Mechanical Properties: Determination and Report of Procedures, 2012.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a bolsa de monitoria de iniciação tecnológica fornecida pelo CNPQ (#105880/2023-0) para o desenvolvimento desta pesquisa e ao Centro Paula Souza e FATEC-SJC pelo suporte e acadêmico.