

CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES TERMOMECÂNICAS DE NANOCOMPÓSITOS DE PLA E PLA RECICLADO COM ADIÇÃO DE GRAFENO PARA O USO EM IMPRESSÃO 3D

Ana Clara Felizardo de Paula

Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos - ana.paula5@fatec.sp.gov.br

Rita de Cássia Mendonça Sales Contini

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

Heide Heloíse Bernardi

Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos

1. Introdução

O presente estudo tem por objetivo avaliar a melhoria das propriedades mecânicas dos nanocompósitos de PLA e PLA reciclado com adição de grafeno como reforço e a sua eventual utilização em impressoras 3D e, além disso, conta com a produção de um mecanismo de tração para produção dos filamentos.

Com o avanço da indústria 4.0 surge o termo manufatura aditiva ou impressão 3D, definida como impressão de objetos em três dimensões a partir do auxílio de um *software*. Em geral, os polímeros utilizados em impressão 3D possuem propriedades mecânicas relativamente menores quando comparados a materiais processados por outras técnicas tradicionais.

Logo, para melhorar as propriedades mecânicas destes materiais, alguns grupos de pesquisadores têm adicionado grafeno nos polímeros utilizados em impressão 3D. Sendo assim, este trabalho propõe a adição de grafeno aos polímeros utilizados em impressão 3D, a realização de ensaios para a caracterização destes materiais e a manufatura do produto que será ligado a extrusora tracionando o material que será produzido para possibilitar que esses filamentos tenham o mesmo diâmetro ao longo de seu comprimento, consequentemente tornando os resultados dos estudos dessas propriedades mais efetivo.

O presente projeto tem como objetivo dar sequência ao estudo iniciado no 2º semestre de 2019, intitulado: “Melhoria das propriedades mecânicas do ABS e do PLA com adição de grafeno para o uso em impressão 3D”. Nesta etapa do projeto, observa-se a finalização dos ensaios e pesquisas relacionados as mudanças nas propriedades do PLA puro e reciclado acrescido de grafeno, já que a primeira etapa possibilitou a produção dos filamentos a serem estudados.

2. Metodologia

Em geral, foram estudadas as melhores formas para produção do aparato que será responsável por produzir os filamentos recicláveis, notou-se as melhores maneiras de modelar e cotar, além de como seria impresso esse produto na jsjsjs. Em segunda análise, tem-se a modelagem das peças primárias do mecanismo, que foram feitas no Software CATIA V5 usando a licença Sketcher no Part Design, após isso, usou o Assembly Design para unir as estruturas criadas e simular o mecanismo, por meio do Kinematics, verificando sua efetividade.

Deste modo, foi possível gerar um produto final, a partir dele será possível produzir os itens desejados.

Logo após isso, partiu-se para estudos mais aprofundados por meio da técnica DSC, que mostrou que o nanocompósito PLA com grafeno podem revelar mudanças sutis nas propriedades térmicas em comparação com o PLA puro, além de verificar mudanças na cristalinidade, na temperatura de transição vítrea e na resistência termomecânica dos nanocompósitos;

3. Resultados e Discussões

A Figura 1 e 2 apresentam os resultados dos trabalhos que foram projetados, pode-se ver as peças responsáveis pelo funcionamento do aparato de tração, há a engrenagem responsável por enrolar o filete, a suportagem do produto e o mecanismo ligado ao motor de será responsável pela rolagem. Tais resultados foram obtidos a partir de consultas e pesquisas em artigos e mecanismos pré-existentes, possibilitando a contagem e modelagem necessária para o projeto de pesquisa e a produção de um filamento viável para estudo, como observado na Figura 3.

Figura 01 – Vista Isométrica do mecanismo de tração feito no Software CATIA V5



Fonte: Autores, (2023)

Figura 02 – Produção das peças do mecanismo por meio da impressora 3D GTMax3D



Fonte: Autores, (2023).

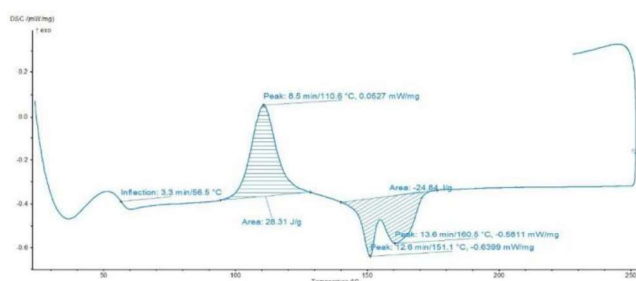
Figura 03 – Filamento de PLA puro ou reciclado sendo extrudado, aplicando ou não grafeno.



Fonte: Autores, (2023).

Em relação aos ensaios feitos, nota-se que as variações dependerão da concentração de grafeno, da qualidade da dispersão do grafeno na matriz de PLA e da interação entre o grafeno e o PLA. Os resultados obtidos por DSC, observados nas Figuras 4 demonstraram que a adição de grafeno não afetou de forma significativa na temperatura de fusão (T_m) do material em relação ao puro. Quando analisadas as temperaturas de transição vítrea (T_g) nota-se um aumento com relação a amostra de PLA reciclado com grafeno, por conta do material apresentar um aumento no grau de cristalinidade, devido ao aparecimento de picos exotérmicos, que representam este evento, e antes imperceptível no material PLA puro. Além disso, a adição de grafeno ao PLA reciclado melhora a resistência termomecânica do nanocompósito, tornando-o mais resistente e durável.

Figura 04 – Termograma obtido a partir da varredura dinâmica da amostra de PLA reciclado com taxa de aquecimento de $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$



Fonte: Autores, (2023).

4. Conclusões

Conclui-se que os filamentos produzidos pelo mecanismo de tração foram funcionais para os testes necessários. Deste modo, conseguiu-se chegar a ensaios

satisfatórios pelo método DSC, analisando a na mudança da cristalinidade, na temperatura de transição vítrea e na resistência termomecânica dos nanocompósitos. Chegando à conclusão final que o PLA, seja ele puro ou reciclado, se beneficia quando acrescido ao grafeno, tendo sua resistência mecânica melhorada, sem haver muita alteração na temperatura de fusão do material.

5. Referências

CAMARGO, J.C., MACHADO, Á.R., ALMEIDA, E.C. et al., Mechanical properties of PLA-graphene filament for FDM 3D printing Int J Adv Manuf Technol (2019) 103: 2423.

CHEN, Y., YAO, X., ZHOU, X., PAN, Z., GU, Q., Poly(lactic acid)/Graphene Nanocomposites Prepared via Solution Blending Using Chloroform as a Mutual Solvent, Journal of Nanoscience and Nanotechnology, Volume 11, Number 9, September 2011, pp. 7813-7819(7).

DUL, S., FAMBRI, L., & PEGORETTI, A. (2016). Fused deposition modelling with ABS-graphene nanocomposites. Composites Part A-applied Science and Manufacturing, 85, 181-191.

LIAO, K.H.; AOYAMA, S.; ABDALA, A.A.; MACOSKO, C. Does graphene change T_g of nanocomposites? Macromolecules, 2014, 47, 23, 8311-8319

MARQUES, K. M. Manufatura Aditiva: O Futuro do Mercado Industrial de Fabricação e Inovação. Disponível em

http://www.eesc.usp.br/portaleesc/index.php?option=com_content&view=article&id=1934:manufatura-aditiva-o-futuro-do-mercado-industrial-de-fabricacao-e-inovacao&catid=115&Itemid=164 . Acesso em: 04/10/2017.

POLLI, H., PONTES, L.A.M., ARAUJO, A.S. et al. Degradation behavior and kinetic study of ABS polymer. J Therm Anal Calorim 95, 131-134 (2009). <https://doi.org/10.1007/s10973-006-7781-1>

WANG, F., ZHANG, Y., ZHANG, B., HONG, R.Y., KUMAR, M., & XIE, C.R.(2015). Enhanced electrical conductivity and mechanical properties of ABS/EPDM composites filled with graphene. Composites Part B-engineering, 83, 66-74.

Agradecimentos

Os autores agradecem a bolsa de iniciação tecnológica fornecida pelo CNPQ (159345/2022-7) para o desenvolvimento desta pesquisa, ao Laboratório de Novos Conceitos em Aeronáutica (LNCA) localizado no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) pela cessão dos equipamentos para a realização do processo de extrusão e fornecimento de material e a 3D Tecnologia pelo fornecimento de material e impressão das amostras para a realização dos ensaios mecânicos.