cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILAMENTOS COMPÓSITOS DE PLA-SiC PARA MANUFATURA ADITIVA

Kerlon Daniel Fioresi; Luiza Mariana Zanatta; Maria Nalu Verona Márcio Tadayuki Nakaura; Márcio Antônio Fiori; Dalmarino Setti

Instituição do trabalho: UTFPR — Campus Pato Branco · Engenharia Mecânica
Contato: kerlonfioresi@alunos.utfpr.edu.br

Introdução

O PLA é um termoplástico de origem renovável utilizado na Manufatura Aditiva (impressão 3D) por deposição de material fundido (FDM). O carbeto de silício (SiC) é estudado como reforço para modificar suas propriedades, mas o processamento depende de distribuição homogênea das partículas e da interface matriz/reforço[1-2]. O 3-aminopropil-trietoxisilano (APTES) é um agente que tem sido utilizado na modificação da superfície do SiC e favorecer a interação com o PLA[3].

Objetivos

Otimizar a produção e caracterizar filamentos de PLA contendo 2,0% em massa de SiC, com e sem tratamento superficial por APTES, comparando o processamento, as caracterizações FTIR, o diâmetro e a aplicação preliminar em FDM.

Metodologia

Materiais - PLA granulado, SiC 1200# e APTES.
Preparação do SiC - Calcinação a 700 °C por 1 h.
Funcionalização do SiC – Com APTES (1:500 (v/v) em etanol absoluto); agitação por 4 h, seguida de tratamento térmico a 60 °C por 12 h e posteriormente a 90 °C por 2 h; avaliação por FTIR.
Homogeneização – Em moinho de bolas vertical sob atmosfera de Argônio, jarro e esferas de alumina; (esferas:material ≈ 2:1), em 3 ciclos de 10 min com 5 min de intervalo para resfriamento; secagem em estufa a 60 °C por 4 h.
Extrusão - três condições: PLA puro, PLA/SiC 2% e PLA/SiC 2% com APTES. Extrusora Monorrosca, quatro zonas de aquecimento e parâmetros ajustados por formulação (30 a 60 rpm); diâmetro-alvo: 1,75 mm.
Fabricação CP – FDM impressora Creality CR-10, mesa a 65 °C e bico a 210 °C (PLA) ou 205 °C (PLA/SiC).
Caracterização - FTIR na funcionalização; DSC para as 3 condições a 10 °C/min; avaliação dimensional.

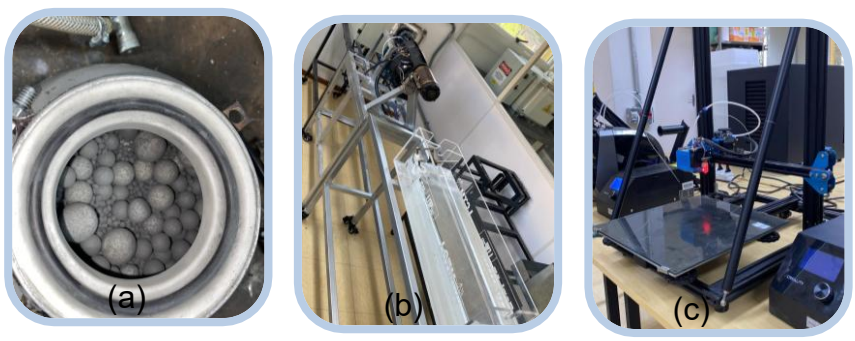


Figura 1 – Equipamentos utilizados. (a) jarro de bolas; (b) Extrusora monorosca; (c) Impressora FFF. Fonte: Autoria própria

Resultados e Discussão

FTIR: Alterações espectrais compatíveis com a modificação superficial do SiC por APTES.

Mistura: Apresentou uma mistura homogênea com Teor real de SiC: 1,95% (sem APTES) e 1,90% (com APTES); recuperação mássica ≈ 99,9%.

Extrusão: PLA/SiC–APTES apresentou maior fluidez do que o PLA puro e PLA/SiC; diâmetros entre 1,30 e 2,00 mm; interrupções de fluxo.

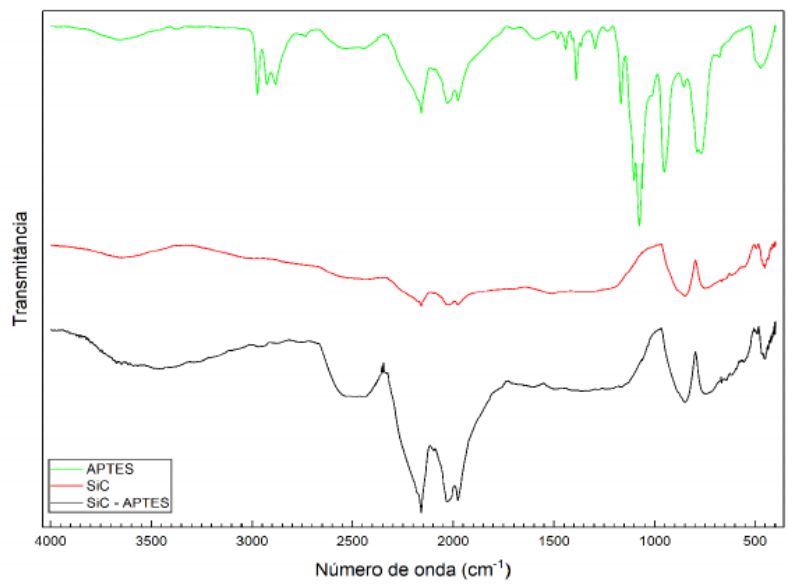


Figura 2 — Espectros de FTIR; APTES, SiC, SiC-APTES. Fonte: autoria própria

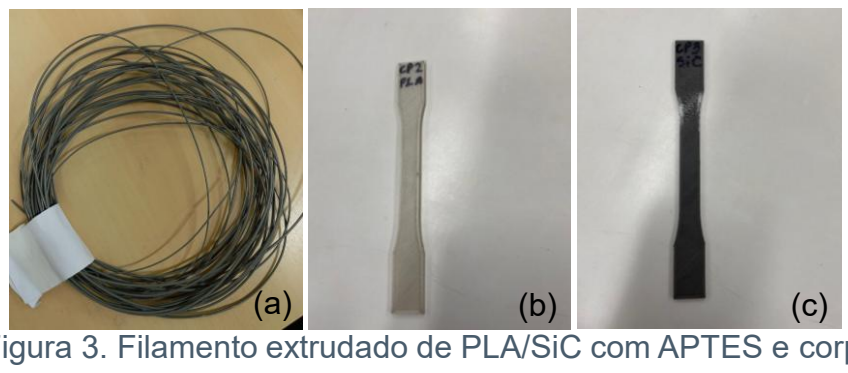


Figura 3. Filamento extrudado de PLA/SiC com APTES e corpos de prova obtidos em testes de impressão 3D. (a) filamento PLA/SiC-APTES; (b) CP PLA; (c) CP PLA/SiC-APTES. Fonte: Autoria Própria.

Conclusões

A rota experimental permitiu obter filamentos das três formulações, com teores reais de SiC próximos ao nominal.
O processo de mistura foi adequado para garantir a homogeneidade do compósito produzido sem aglomerar o SiC na etapa de extrusão do filamento.
O FTIR indicou alterações compatíveis com a modificação superficial por APTES, e o DSC mostrou diferenças no comportamento térmico.
O aprimoramento do controle dimensional dos filamentos produzidos, assim como a adequação dos parâmetros de impressão é necessário para a fabricação por Manufatura Aditiva FDM.

Referências

[1] KAKANURU, P.; POCHIRAJU, K. Moisture ingress and degradation of additively manufactured PLA, ABS and PLA/SiC composite parts. **Additive Manufacturing**, v. 36, 101529, 2020.
[2] SKORDA, S. et al. Influence of SiC doping on the mechanical, electrical, and optical properties of 3D-printed PLA. **Journal of Composites Science**, v. 8, 79, 2024.
[3] BRANDA, F. et al. Effect of the coupling agent (3-aminopropyl) triethoxysilane on the structure and fire behavior of silica-epoxy nanocomposites. **Polymers**, v. 14, 3853, 2022.

Agradecimentos