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

Caracterização estrutural, térmica e mecânica de compósitos PLA/resíduo de mármore para desenvolvimento de filamento utilizado em manufatura aditiva

Ana Clara Moraes de Oliveira Silva[1]; Amanda Laviola Nogueira[1]; Maria Clara de Senne Guarnier[1]; Simone Pereira Taguchi Borges[1]
[1]Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Programa de pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - PPGCEMAT

Introdução

A manufatura aditiva permite a fabricação de peças personalizadas e a redução do desperdício de matéria-prima[1]. Assim, o compósito PLA/resíduo de mármore surge como alternativa promissora para a valorização de resíduos industriais e a criação de novos materiais para impressão 3D por modelagem de deposição fundida(FMD)[2,3].

Objetivos

Desenvolver filamentos de PLA com 2% e 4% de resíduo de mármore, avaliar suas propriedades estruturais, térmicas e mecânicas, além de modelar uma palmilha em 3D e realizar sua simulação.

Metodologia

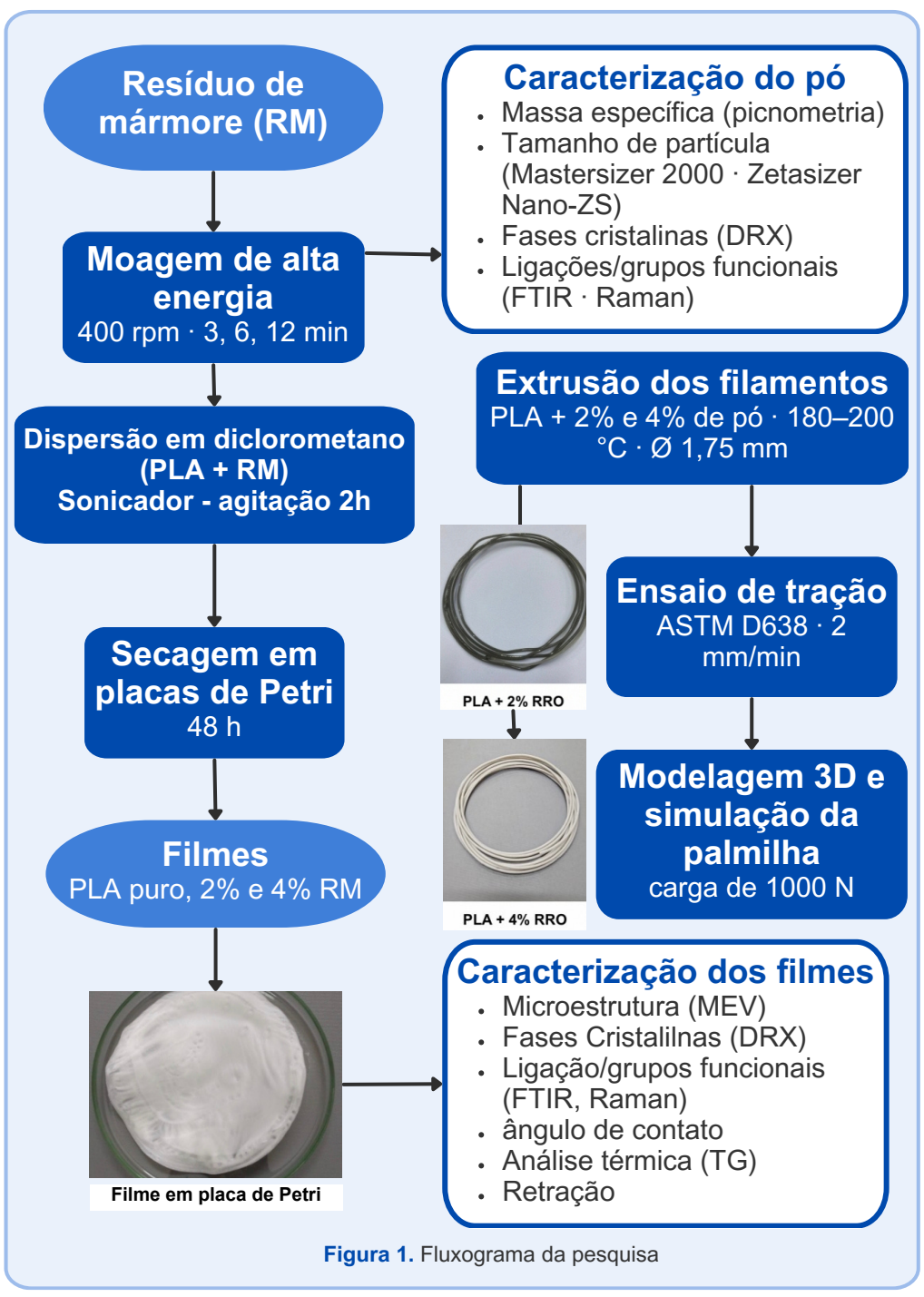


Figura 1. Fluxograma da pesquisa

Resultados e Discussão

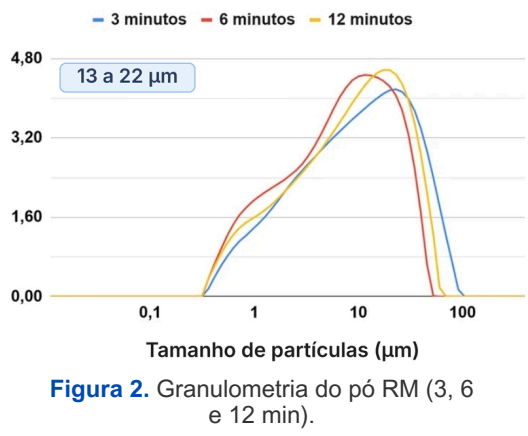


Figura 2. Granulometria do pó RM (3, 6 e 12 min).

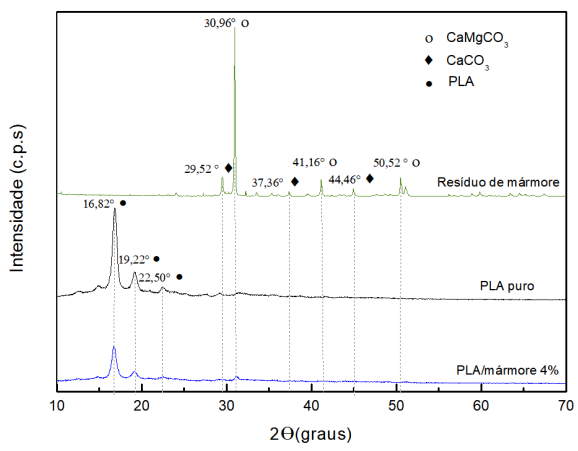


Figura 3. DRX do resíduo, do PLA puro e do PLA/mármore 4%.

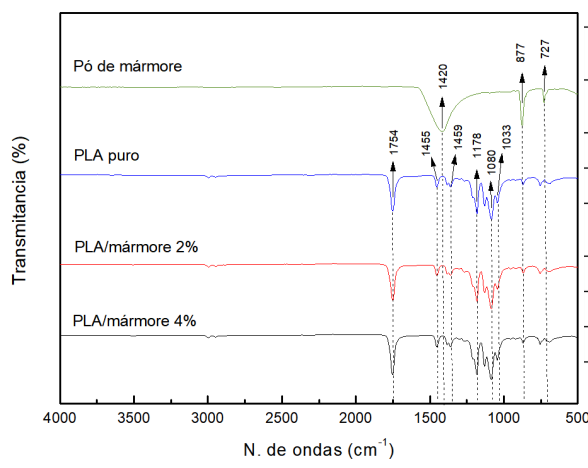


Figura 4. FTIR do pó, do PLA puro e dos compósitos.

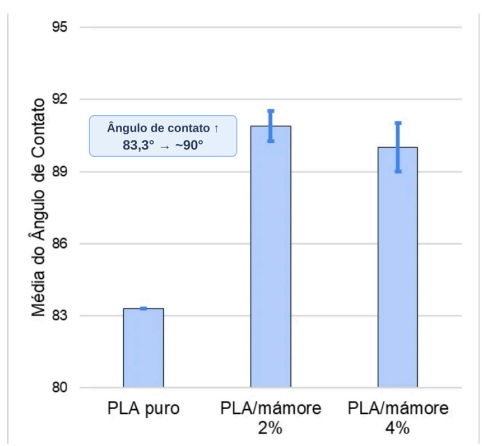


Figura 5. Ângulo de contato dos filmes (média e desvio padrão).

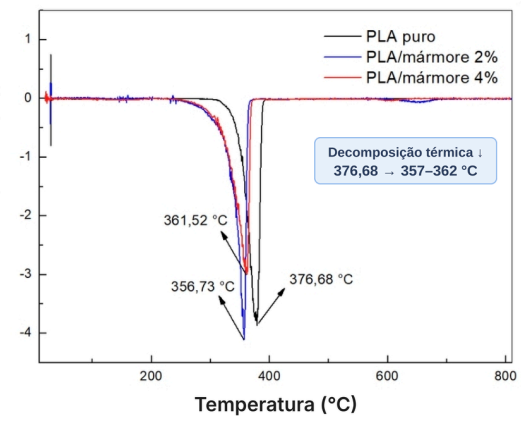


Figura 6. DTG do PLA puro e dos filmes compósitos.

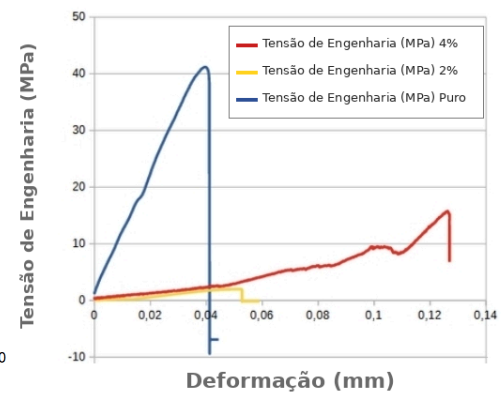


Figura 7. Tensão × deformação dos filamentos (puro, 2% e 4%).

Número de onda observado (cm⁻¹)	Atribuição	Material
2995 e 2945	ν(C–H) de CH₃ (assimétrico e simétrico)	PLA
1754	ν(C=O) de éster	PLA
1455	δ(CH₃) e δ(CH)	PLA
1178 e 1080	ν(C–O–C) assimétrico e simétrico	PLA
1420	ν₃(CO_3^{2-}), larga e intensa	Calcita
877	ν₂(CO_3^{2-})	Calcita
727	ν₄(CO_3^{2-})	Calcita

Tabela 1. Bandas de absorção no infravermelho (FTIR) observadas e suas atribuições ao PLA e à calcita.

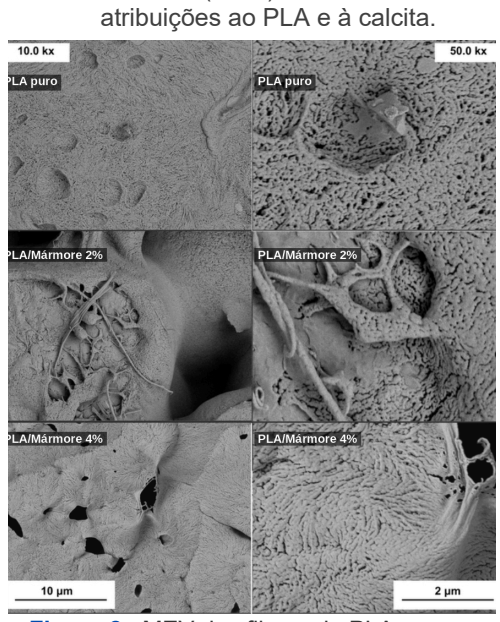


Figura 8. MEV dos filmes de PLA puro, PLA/Mármore 2% e PLA/Mármore 4%, com ampliações de 10 kx e 50 kx.

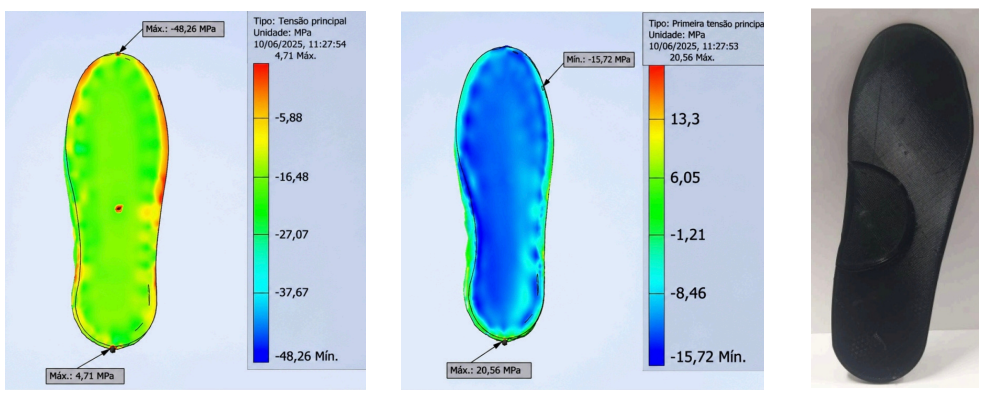


Figura 9. Simulação (1000 N) da palmilha Modelo 2: (a) tensão principal mínima e (b) primeira tensão principal (MPa); (c) Modelo 1 impresso em PLA preto.

Conclusões

O compósito PLA/mármore agrega valor ao resíduo industrial, haja vista que os filmes apresentaram boa homogeneidade e maior hidrofobicidade, a simulação estrutural da palmilha de PLA também indicou baixa tensão e deformação sob carregamento de 1000 N.

Referências

[1] PLAMADIALA, I. et al. Enhancing polylactic acid (PLA) performance: a review of additives in fused deposition modelling (FDM) filaments. *Polymers*, v. 17, n. 2, art. 191, 2025. DOI: 10.3390/polym17020191.
[2] SIQUEIRA, V. C. R. et al. Utilização do resíduo de mármore para aplicação como carga de filamentos de PLA visando aplicação na impressão 3D. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, v. 10, n. 1, art. 17140, 2024. DOI: 10.18540/jcecvl10iss1pp17140.
[3] CRUZ, A. C. S. Avaliação da viabilidade técnica da utilização de resíduos de mármore e granito na produção de pavers. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2021.

Agradecimentos

PPGCEMat Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais | UFRRJ
LNanoC2 Laboratório de Nanotecnologia Cerâmicas e Compósitos | UFRRJ
UFRRJ
GPEMaC Grupo de Pesquisa e Extensão em Materiais Cerâmicos