

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS EM FAB LABS POR FUSÃO QUÍMICA DE RESÍDUOS DE FILAMENTOS

Danyele Arissa Nakamura (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Marcelo dos Santos Forcato (Co-orientador), Cristina do Carmo Lucio Berrehil El Kattel (Orientadora), Kamilly Gimenes dos Santos (Co-autora), Rodolfo Tsutomu Miyamoto (Co-autor). E-mail: cclucio@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Cianorte, PR.

Ciências Sociais Aplicadas; Desenho Industrial [61200000]

Palavras-chave: Manufatura Aditiva; Impressão 3D; Sustentabilidade.

RESUMO

O crescimento da Manufatura Aditiva (AM) com o uso de impressoras 3D é marcante na indústria 4.0, especialmente no design, gerando acúmulo significativo de resíduos plásticos, frequentemente descartados inadequadamente, aumentando os impactos ambientais. Esta pesquisa elaborou um processo para desenvolver um material a partir de resíduos de impressões 3D via fusão química, com o objetivo de mitigar problemas ambientais e reduzir custos de produção. Foram realizados experimentos com resíduos de PLA e ABS e solventes como D'Limoneno, acetona e acetato de etila. A interação do ABS com o acetato de etila mostrou-se promissora para fins de revestimento, soldagem e compósito, destacando o potencial dessa abordagem para aplicações práticas e sustentáveis.

INTRODUÇÃO

A Manufatura Aditiva (AM) é um avanço significativo na indústria 4.0, transformando a produção de objetos complexos e personalizados de forma eficiente, mas gerando resíduos plásticos que, devido à disposição inadequada, contribuem para a poluição ambiental e ameaçam ambientes aquáticos com microplásticos (Gola et al., 2021). A reciclagem de filamentos de impressoras 3D pode minimizar impactos ambientais e reduzir custos (Lee et al., 2022). A fusão química, que usa solventes para dissolver e reformar materiais plásticos, oferece flexibilidade no processamento de resíduos (Lavecchia et al., 2021), alinhando-se aos princípios da economia circular. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver um processo para reutilizar material plástico residual

proveniente de impressões tridimensionais (3D) por meio da fusão química, promovendo práticas sustentáveis e valorizando o que antes seria descartado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os resíduos de filamentos poliméricos, PLA e ABS, foram obtidos por meio de doações do Fab Lab da UEM, situado no campus regional de Cianorte. Testes preliminares com acetona foram realizados, estabelecendo a base para a hipótese deste estudo. Os solventes selecionados para o projeto foram acetato de etila, acetona e D-Limoneno, com testes realizados no primeiro semestre de 2024.

Inicialmente, os resíduos foram coletados e classificados por tipo de material. Em seguida, triturados em pedaços menores (cerca de 2mm) usando um liquidificador convencional para facilitar o manuseio. Diferentes medidas de solvente foram testadas, utilizando uma balança digital de cozinha para precisão, e seguindo uma tabela experimental previamente estabelecida. Os testes foram realizados em potes de vidro de 200ml e 500ml com tampas de metal e anel de vedação.

Após a aplicação dos solventes, as reações foram analisadas observando mudanças na solubilidade, coloração, viscosidade e volatilidade. A massa resultante foi aplicada em peças impressas de PLA e ABS para verificar sua viabilidade como acabamento. As peças passaram por um processo de secagem de 24h e foram então analisadas por foto nos dias subsequentes, avaliando alterações nas propriedades físicas e estéticas do material.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O PLA não apresentou reações satisfatórias com os solventes selecionados. O D-Limoneno, após 168 horas de exposição, não alterou o polímero significativamente. Acetona e acetato de etila dissolveram parcialmente o PLA, formando agregados granulares, mas a adição de mais solvente não melhorou o resultado. Embora não tenha formado uma massa, esses resultados sugerem a possibilidade de estudos futuros sobre o uso de PLA na formação de compósitos reciclados.

A interação do D-Limoneno com o ABS foi superficial, sem dissolução efetiva. Por outro lado, acetona e acetato de etila provocaram mudanças significativas na estrutura do ABS logo nos primeiros minutos de interação, dissolvendo os resíduos e formando a massa desejada. Os resultados indicam que a exposição do solvente ao ar é crítica para a durabilidade do material. A polaridade dos componentes em

interação é crucial para o sucesso das reações químicas. Devido ao seu potencial inovador e menor toxicidade em comparação a acetona, a massa de resíduos ABS e acetato de etila foi considerada a mais promissora do estudo, tendo a proporção AE2 (Tabela 1) como a mais eficiente.

Tabela 1. Design experimental preliminar com Acetato de Etila e Acetona

Amostra	PLA	ABS	Acetato de etila	Acetona
AC1	15g	0	0	21g
AC2	0	15g	0	13g
AC2*	0	15g	0	17g (13g + 4g)
AC3	0	5g	0	11g
AE1	15g	0	29g	0
AE2	0	15g	24g	0
AE3	0	4g	6g	0

Fonte: A autora (2024)

Testes adicionais avaliaram métodos de aplicação, tempo de cura, uso para soldagem e como compósito (Figura 1). Concluiu-se que o armazenamento da massa em recipientes hermeticamente fechados preserva sua eficácia por pelo menos uma semana. O uso de bisnagas plásticas para aplicação foi o método mais eficiente, proporcionando melhores resultados como massa de revestimento.



Figura 1 – Aplicações da Massa Plástica
Fonte: A autora (2024)

O material resultante apresentou excelente adesão ao ser utilizado como cola plástica, especialmente em superfícies de tecido de algodão e materiais poliméricos de PLA e ABS. A aplicação em moldes resultou em peças plásticas com acabamento superior e reforço físico, ampliando o leque de aplicações potenciais como material reciclado no desenvolvimento de novos produtos.

CONCLUSÕES

Este estudo explorou a interação de resíduos PLA e ABS com D-Limoneno, acetona e acetato de etila. A acetona e o acetato de etila foram eficazes com ABS, destacando-se o acetato de etila por seu menor impacto ambiental. A massa resultante demonstrou potencial como revestimento, cola plástica e como compósito, apresentando uma alternativa viável para reduzir impactos ambientais e criar novos materiais, promovendo economia circular e práticas sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais a Universidade Estadual de Maringá (UEM), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundo Municipal de Ciência, Tecnologia e Inovação (FMCTI) de Cianorte pelo aporte financeiro.

REFERÊNCIAS

GOLA, D. et al. The impact of microplastics on marine environment: a review. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 16, p. 100552, dez. 2021. DOI: doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100552

LAVECCHIA, F.; GUERRA, M. G.; GALANTUCCI, L. M. Chemical vapor treatment to improve surface finish of 3D printed polylactic acid (PLA) parts realized by fused filament fabrication. **Progress in Additive Manufacturing**, v. 7, p. 65-75, 28 jul. 2021. DOI: doi.org/10.1007/s40964-021-00213-2

LEE, D. et al. Thermal and mechanical degradation of recycled polylactic acid filaments for three-dimensional printing applications. **Polymers**, v. 14, n. 24, p. 5385, 9 dez. 2022. DOI: doi.org/10.3390/polym14245385