



AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PLA E ABS COM DIFERENTES REFORÇOS E CORES PRODUZIDO POR FDM EM IMPRESSORA 3D

**Claudia Facca¹, Raquel M. Bolelli², Viviane T. de Moraes^{3*}; Susana M. G. Lebrão³ e
Guilherme W. Lebrão³**

1 – Departamento de Design, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia.

2- Departamento de Engenharia Civil, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia

3 - Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia.

São Caetano do Sul, SP, Praça Mauá, 1, CEP 09580-900

Autor viviane.moraes@maua.br

RESUMO

A evolução da manufatura mecânica é a manufatura aditiva ou impressão 3D. A impressão 3D (FDM, sigla em inglês Fused Deposition Modeling) é uma das tecnologias utilizada onde são depositados filamentos de materiais termoplásticos, que são fundidos e aplicados em camadas sucessivas a fim de se produzir o modelo. As propriedades mecânicas em cada protótipo dependem das variações dos parâmetros da impressão, como a espessura do filamento e das camadas, a direção que os filamentos são posicionados, a estrutura interna e externa das peças. Neste trabalho estes parâmetros de produção foram fixados e estudou-se materiais adquiridos no mercado quanto à resistência dos protótipos. Foram produzidos e ensaiados corpos de prova impressos de PLA (Poli-acido-lático) com 5 tipos de carga e 3 cores diferentes e de ABS (Acrilonitrila-butadieno-estireno) com 3 cores diferentes. No ensaio de flexão, o componente que teve a maior resistência foi o filamento de PLA com bronze. Já para o ensaio de tração, os resultados com maior desempenho mecânico foi PLA com alumínio. Observou-se que os pigmentos não influenciaram nas propriedades mecânicas do PLA e ABS. Conclui-se que as cargas que melhoram o desempenho mecânico do PLA é o alumínio, e do ABS são cargas de ligas de cobre.

Palavras-chave: PLA, ABS, impressão 3D, FDM.

INTRODUÇÃO

O processo da impressão 3D, apesar de ter sido incorporado desde a década de 1980 ⁽¹⁾, ganhou muito mais relevância nos últimos anos. Tal tecnologia tem sido inserida em diferentes áreas do cotidiano como: na biomedicina para a fabricação de próteses para o corpo humano; na engenharia civil para a construção de casas, pontes e condomínios; na área da ciência para produzir diversos eletrônicos e até mesmo no setor alimentício. Uma das tecnologias utilizadas no recurso da impressão 3D é o Fused Deposition Modeling (FDM), no qual o material vem na forma de um filamento sólido, produzido por polímeros termoplásticos, que será fundido posteriormente.

Na utilização desse método, deve-se levar em consideração a existência de diferentes parâmetros iniciais que devem ser determinados, uma vez que eles são responsáveis por

caracterizar as propriedades mecânicas do protótipo em sua fase final. Dados como cargas adicionadas aos filamentos, padrão de impressão, força da cabeça de extrusão, orientação dos filamentos na amostra e até mesmo sua cor são exemplos desses parâmetros que podem ser alterados, e essencialmente a variação do material do filamento deve ser considerada ⁽²⁾.

O FDM foi responsável pela prosperidade no processo de prototipagem, devido à sua diferenciada velocidade de produção que é oferecida, revolucionando assim, a fabricação e estudos sobre componentes compostos constituídos de polímeros ⁽³⁾

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi dividido em duas etapas: a etapa prévia e a etapa posterior à impressão. Em relação à primeira fase, os protótipos foram modelados computacionalmente de acordo com os ensaios determinados por norma. Para cada material, foram selecionados os mesmos parâmetros iniciais, como a geometria interna do modelo, densidade do preenchimento, orientação no processo de deposição dos filamentos e velocidade de produção, variando apenas suas respectivas temperaturas de impressão - uma vez que estas dependem do ponto de fusão de cada um.

Após a impressão 3D dos protótipos, foi realizada a segunda etapa, que consistiu em submeter os corpos de prova aos ensaios mecânicos. Consequentemente, foi possível determinar as propriedades de cada um, comparando os resultados das amostras para concluir quais as melhores combinações de parâmetros iniciais e materiais quanto à resistência de um modelo impresso na impressora 3D ^(3, 4)

Foi utilizado o software CAD 3D SpaceClaim para o modelamento geométrico dos protótipos impressos de acordo com as normas ASTM D790, ASTM D638 e ASTM D256 ^(5, 6, 7).

Posteriormente, a determinação e inserção dos parâmetros iniciais na impressora 3D foram feitos com o auxílio do Simplify3D Software. Os parâmetros comuns definidos para todos os materiais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros para impressão 3D dos corpos de prova

Formato do preenchimento interno	Triangular
Velocidade de impressão	35 mm/s
Largura da extrusão	0,4 mm
Densidade de preenchimento	50%
Quantidade de camadas sólidas nas paredes laterais	3
Quantidade de camadas sólidas superiores	2
Quantidade de camadas sólidas inferiores	2
Espessura de cada camada	0,2 mm
Orientação da deposição dos filamentos	0°
Diâmetro dos filamentos	1,75 mm

A Figura 1 ilustra o formato de preenchimento interno selecionado para impressão 3D, de formato triangular.



Figura 1. Estrutura interna dos corpos de prova.

Os ensaios realizados foram com os filamentos de ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) condutor, PLA (Poliácido Lático) com fibra de carbono, PLA com cobre, PLA com bronze e PLA com alumínio, PLA branco, preto e cinza e ABS branco, preto e cinza.

As temperaturas de impressão foram determinadas especificamente para cada material, como indica a Tabela 2.

Tabela 2. Temperaturas de impressão relativas a cada material

Materiais	Temperatura de impressão
PLA com carga (cobre, alumínio, bronze e fibra de carbono)	217 °C
PLA (branco, preto e cinza)	217 °C
ABS conductor (cobre)	235 °C
ABS (branco, preto e cinza)	217°C

Em seguida, foram impressos três corpos de prova relativos a cada material para realização dos ensaios mecânicos. Os ensaios mecânicos realizados foram flexão e tração seguindo as respectivas normas ASTM D790 e ASTM D638.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos dos ensaios de flexão e tração foram divididos em 3 categorias: PLA com carga, PLA colorido e ABS, apresentados na Figura 2.

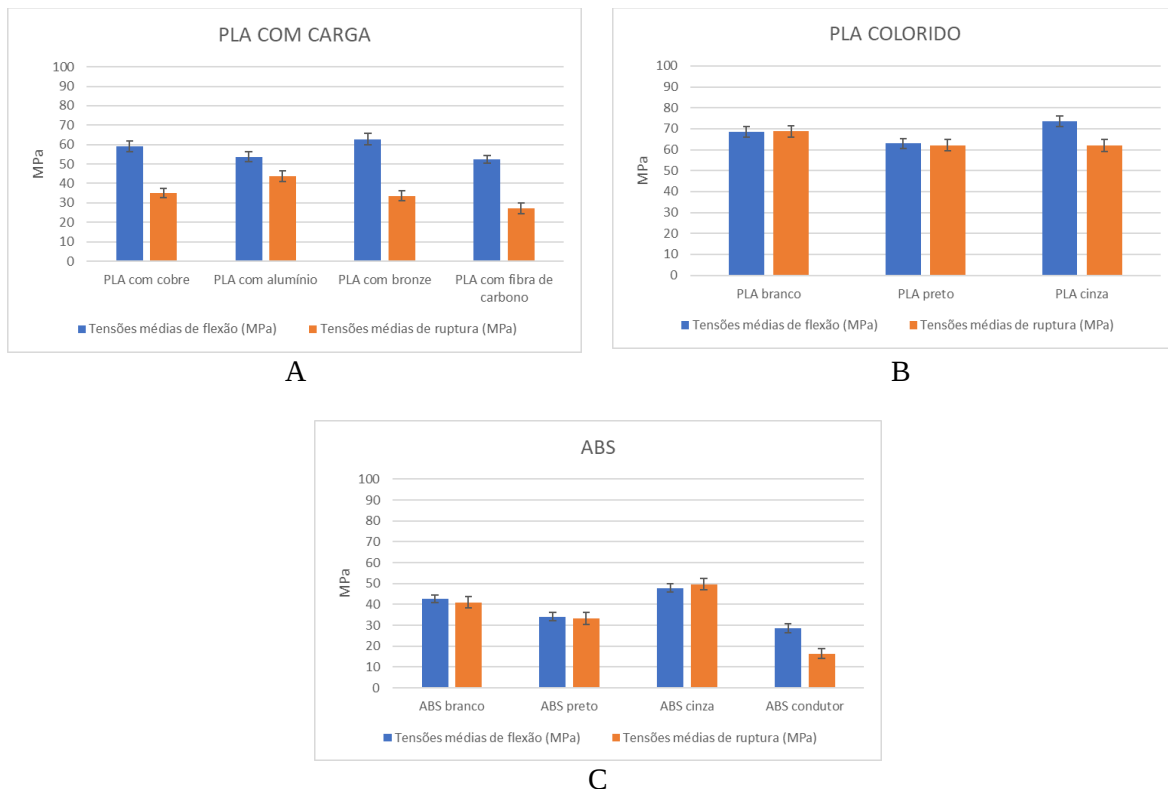


Figura 2: Tensão média de flexão e de ruptura dos filamentos de: A-PLA com carga; B-PLA colorido e C-ABS

Comparando PLA com cargas e o PLA colorido (com aditivos orgânicos), pode-se visualizar que houve um decréscimo na resistência a ruptura e a flexão do PLA com cargas, essa diminuição do desempenho mecânico está relacionada a presença de partículas que possuem menor ligação intermolecular na matriz polimérica. Este processo não ocorre quando o aditivo tem origem orgânica como o encontrado nos pigmentos do PLA, assim as ligações intermoleculares são preservadas e, portanto, não há diminuição do desempenho mecânico.

Avaliando o PLA com diferentes colorações pode-se identificar que não houve variação considerável no desempenho mecânico em função da cor.

O PLA com cobre apresentou melhor desempenho sob flexão devido a ductilidade das ligas de cobre, portanto PLA com cobre e PLA com bronze apresentaram os valores mais elevados de resistência a flexão. Contudo a presença de cobre ainda não é favorável as ligações intermoleculares e, portanto, diminuem os valores de tensão de ruptura.

O ABS é um polímero com melhor resistência mecânica do que o PLA, contudo na forma de filamento é comum que a proporção de estireno seja aumentada para melhorar seu processamento no momento da impressão 3D e com isso ocorre a redução da resistência mecânica.

Aditivos como negro de fumo e grafite são comuns na preparação do ABS condutor (cobre), assim o ABS pode ser metalizado (cromado) em por exemplo para-choques automotivos. Apesar destes aditivos melhorarem desempenho elétrico do polímero, esses materiais diminuem as ligações intermoleculares, criando plano de escorregamento, que diminuem a adesão entre as camadas impressas do ABS condutor e com isso resulta numa diminuição da aderência entre camadas e, portanto, na diminuição da resistência mecânica do ABS condutor.

Os aditivos utilizados para pigmentar a coloração branca tanto no PLA quanto no ABS em geral favorecem ligações intermoleculares e, portanto, melhoram o desempenho mecânico tanto do PLA, quanto do ABS, quando comparado as demais colorações de seus respectivos filamentos. O desempenho mecânico do PLA não foi melhorado com adição das cargas metálicas ou fibra de carbono. PLA colorido apresentou resultados mais próximos dos valores de flexão e ruptura, demonstrando que há melhor homogeneidade nos pigmentos do que nas cargas.

CONCLUSÕES

O PLA com cargas metálicas e fibra de carbono diminuíram o desempenho mecânico tanto de resistência a ruptura quanto à flexão em relação ao PLA colorido.

O PLA colorido apresentou melhor desempenho mecânico que o PLA com cargas metálicas e fibra de carbono tanto na resistência a ruptura quanto à flexão. Os valores de tensão de ruptura e de flexão do PLA colorido foram equivalentes.

O ABS colorido e condutor apresentou pior resistência mecânica, inferior à 50MPa que o PLA colorido, com carga metálica ou fibra de carbono.

REFERÊNCIAS

1. ASSIS, M. A. P. Impressão 3D, modelos de negócios e os novos cenários para a propriedade intelectual. 2018, 128p. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
2. LIU, Z.; LEI, Q.; XING, S. Mechanical characteristics of wood, ceramic, metal and carbon fiber based PLA composites fabricated by FDM. Journal Of Materials Research And Technology, v.8, n. 5, p. 3741-3751, 2019.

3. BRANCO, R. R. C. Elaboração de protocolo de ensaios mecânicos para avaliação da performance do material PLA através da manufatura aditiva por meio do processo FDM. 2016, 71p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia em Saúde) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciência e Tecnologia.
4. MARTINEZ, A. C. P.; SOUZA, D. L.; SANTOS, D. M.; PEDROTI, L. G.; CARLO, J. C.; MARTINS, M. A. D. Avaliação do comportamento mecânico dos polímeros ABS e PLA em impressão 3D visando simulação de desempenho estrutural. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos-USP, v.14, n.1, p.125-141, set.2019.
5. ASTM D790. Standard Test Methods: Flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials. USA, 2001.
6. ASTM D638-03. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. USA, 2003.
7. ASTM D 256-4. Standard Test Method for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics. USA, 2008.

EVALUATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF PLA AND ABS WITH DIFFERENT REINFORCEMENTS AND COLORS PRODUCED BY 3D PRINTER FDM

ABSTRACT

The evolution of mechanical manufacturing is additive manufacturing or 3D printing. 3D printing (FDM, acronym in English Fused Deposition Modeling) is one of the technologies used where filaments of thermoplastic materials are deposited, which are melted and applied in successive layers in order to produce the model. The mechanical properties in each prototype depend on variations in printing parameters, such as the thickness of the filament and layers, the direction in which the filaments are positioned, the internal and external structure of the parts. In this work these production parameters were fixed and materials acquired in the market were studied regarding the resistance of the prototypes. Printed specimens of PLA (Poly-lactic acid) with 5 types of filler and 3 different colors and ABS (Acrylonitrile-butadiene-styrene) with 3 different colors were produced and tested. In the bending test, the component that had the highest strength was the PLA filament with bronze. As for the tensile test, the results with the highest mechanical performance were PLA with aluminum. It was observed that the pigments did not influence the mechanical properties of PLA and ABS. It is concluded that the fillers that improve the mechanical performance of PLA are aluminum, and that of ABS are copper alloy fillers.

Keywords: PLA, ABS, 3D printer, FDM.