

ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE PEÇAS POLIMÉRICAS PRODUZIDAS POR IMPRESSÃO 3D SUBMETIDAS AO ENSAIO DE IMPACTO

YASMIM F. FERREIRA¹, GUILHERME R. MECELIS², CLEITON L. F. DE ASSIS³

¹ Graduando em Licenciatura em Física, Bolsista do PIBIFSP, IFSP, Câmpus Votuporanga, yasmim.f@aluno.ifsp.edu.br

² Doutor em Engenharia Mecânica, Docente, IFSP, Câmpus Votuporanga, guilherme.mecelis@ifsp.edu.br

³ Mestre em Engenharia Mecânica, Docente, IFSP, Câmpus Votuporanga, fazolocla@ifsp.edu.br
Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.03.05.04-7

Apresentado no
10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP
27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

RESUMO: A impressão 3D vem sendo uma aliada na produção industrial pela capacidade de gerar geometrias complexas, com menor desperdício de materiais e possibilidade de novos produtos. Devido a necessidade de melhor compreensão dos fenômenos inerentes nas propriedades mecânicas das peças fabricadas por técnicas de adição, o objetivo deste trabalho é realizar um levantamento do comportamento da tenacidade de corpos de prova impressos por *Fused Deposition Modeling* (FDM), utilizando diferentes materiais poliméricos e modos de deposição. Os materiais utilizados foram o ABS, PETG e PLA. Os padrões de preenchimento concêntrico, entrecruzados 0°/90° e -45°/45° visaram gerar diferentes texturas nas amostras. O teste de impacto de Charpy possibilitou verificar a energia absorvida pelos corpos de prova à temperatura ambiente. Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey foram as ferramentas estatísticas aplicadas aos dados. Os resultados indicaram que a interação entre material polimérico e textura afetam a tenacidade dos corpos de prova, principalmente considerando o material ABS. A combinação adequada de material da peça e modo de deposição podem ser uma contribuição importante para a fabricação de componentes com controle das propriedades mecânicas.

PALAVRAS-CHAVE: ABS; PETG; PLA; Propriedades Mecânicas; Tenacidade; Textura.

STUDY OF POLYMERIC PARTS MECHANICAL BEHAVIOR PRODUCED BY 3D PRINT SUBMITTED TO IMPACT TEST

ABSTRACT: 3D printing has been an ally in industrial production for its ability to generate complex geometries, with less material waste and the possibility of new products. Due to the need for a better understanding of the phenomena inherent to the mechanical properties of parts manufactured by addition techniques, the objective of this work is to conduct a survey of the toughness behavior of Fused Deposition Modeling (FDM) specimens, using different polymeric materials and deposition modes. The materials used were ABS, PETG and PLA. The concentric, intersected 0°/90° and -45°/45° fill patterns, aimed to generate different textures in the samples. The Charpy impact test made it possible to verify the energy absorbed by the specimens at room temperature. Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey Test were the statistical tools applied to the data. The results indicated that the interaction between polymeric material and texture affect the toughness of the specimens, especially considering the ABS material. The proper combination of part material and deposition mode can be an important contribution to the fabrication of components with mechanical properties control.

KEYWORDS: ABS; PETG; PLA; Mechanical Properties; Toughness; Texture.

INTRODUÇÃO

A tecnologia de impressão 3D é baseada na fabricação de objetos tridimensionais a partir de um modelo criado por um software CAD (*Computer Aided Design*), no qual o material é depositado em camadas sobrepostas, podendo executar uma ampla gama de estruturas e geometrias, tornando uma das principais vantagens da manufatura aditiva (NGO, *et al.*, 2018).

A impressão 3D é tendência na indústria automobilística, aeronáutica e médica, mas o limitado conhecimento sobre as propriedades mecânicas das peças impressas dificulta a possibilidade de novos produtos e alternativas de produção, principalmente sobre a técnica de impressão 3D *Fused Deposition Modeling* (FDM). Esta técnica tem como característica o efeito anisotrópico das peças devido a variáveis que influenciam as propriedades mecânicas do produto final (KIM, LEE, SOHN, 2018; RANKOUHI, *et al.*, 2016).

Dentre essas propriedades, a tenacidade das peças se torna um fator decisivo na seleção de materiais e texturas para aplicações 3D na engenharia. A investigação dessa propriedade pode ser feita a partir de realização de testes mecânicos de impacto que determinam a energia absorvida pelas peças durante o ensaio, podendo identificar o comportamento dúctil-frágil das peças a partir da variação de materiais, modos de deposição e temperatura (CORREA, *et al.*, 1999; BAX, MÜSSIG, 2008).

No intuito de investigar o efeito que a textura e o material têm sobre a tenacidade das peças impressas em 3D, foi realizado um estudo comparativo a partir da variação desses parâmetros. Foi aplicado o ensaio de impacto de Charpy em temperatura ambiente e os resultados foram avaliados com auxílio da Análise de Variância (ANOVA) e o Teste de Tukey.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a impressão dos corpos de prova foi utilizada uma impressora 3D da marca Anet, modelo A8, com uma velocidade de impressão de 40 mm/s, altura da camada de 0,2 mm, espessura da parede de 0,8 mm e preenchimento de 100%.

Foram aplicados três diferentes materiais poliméricos nos experimentos, sendo o ABS (Acrilonitrila-Butadieno-Estireno), PETG (Polietileno Tereftalato modificado com Glicol) e PLA (Poli Ácido Láctico), empregando três tipos de padrões de preenchimento $-45^{\circ}/45^{\circ}$, $0^{\circ}/90^{\circ}$ e concêntrico. A combinação de materiais e texturas gerou uma matriz fatorial 3^3 . Os experimentos foram repetidos, gerando 3 valores de energia absorvida para cada condição de ensaio, totalizando 27 ensaios de impacto. Os dados foram avaliados com a ferramenta estatística Análise de Variância (ANOVA), visando identificar o efeito das variáveis no valor de energia absorvida. O Teste de Tukey também foi aplicado com o propósito de comparação das médias.

Na realização dos ensaios de impacto Charpy, foi utilizada uma máquina com capacidade máxima de 50 Joules, desenvolvida pelos alunos do ensino técnico do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de São Paulo, Câmpus Votuporanga, seguindo a norma específica de testes de impacto em polímeros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o gráfico da energia absorvida pelos corpos de prova no ensaio de impacto Charpy, considerando os diferentes materiais poliméricos e texturas empregadas nos testes. De acordo com as análises, a textura $-45^{\circ}/45^{\circ}$ apresentou menor variação de tenacidade ao alterar o tipo de material, enquanto a textura concêntrica apresentou maior variação de energia absorvida. Também foi possível observar um aumento de tenacidade ao relacionar o material ABS com a textura concêntrica.

A Análise de Variância (ANOVA) revelou que somente a interação entre o material e a textura afetam a variação de energia absorvida pelos corpos de prova, com significância estatística $P \approx 0$. Com o auxílio do Teste de Tukey, ao comparar as médias a combinação entre o ABS e a textura concêntrica apresentou a maior diferença quando comparada as outras combinações. Este fenômeno estaria associado a relação das fibras do ABS com a desconexão das camadas depositadas com textura concêntrica, influenciando os mecanismos de absorção de energia durante o ensaio de impacto, resultando em maior tenacidade (BAX, e MÜSSIG, 2008).

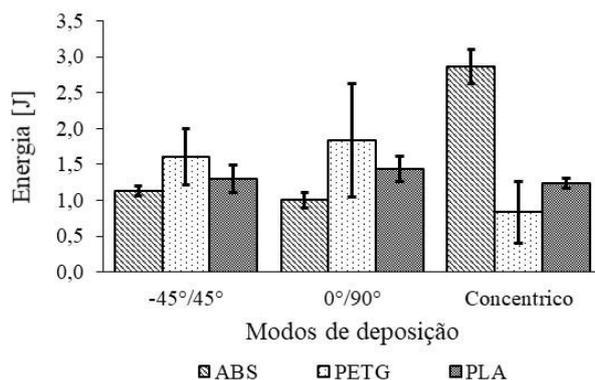


FIGURA 1. Gráfico da energia absorvida, considerando os materiais e respectivas texturas.

De acordo com a ANOVA, os fatores de controle Material e Textura não afetaram a tenacidade dos corpos de prova ($P > 0,05$). Segundo Correa *et al.* (1999), a relação da tenacidade de peças poliméricas envolve diversas variáveis, portanto é classificada como uma análise comparativa. A Figura 2 apresenta o gráfico do efeito da interação entre os materiais e as texturas na energia absorvida pelos corpos de prova no ensaio de impacto. A interação ABS-Concêntrico apresentou a maior tenacidade dentre as combinações propostas para este trabalho.

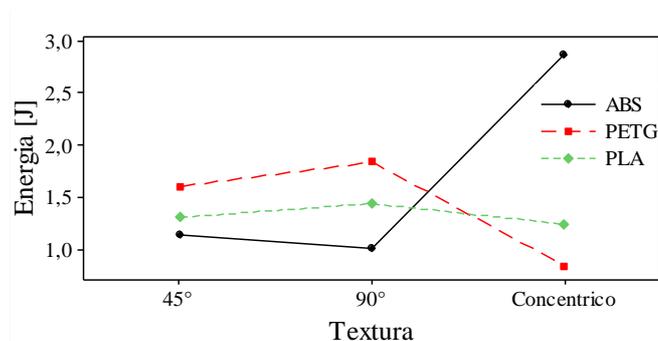


FIGURA 2. Gráfico do efeito da interação material-textura na energia absorvida.

CONCLUSÕES

Este trabalho investigou o efeito de diferentes materiais poliméricos e modos de deposição na energia absorvida no ensaio de impacto Charpy. A interação entre o material da peça e a textura gerada pelo modo deposição foi o fator de controle estatisticamente influente nos resultados. Uma combinação adequada entre material da peça e modo de deposição pode ser decisivo para o controle das propriedades mecânicas de peças produzidas por impressão 3D.

REFERÊNCIAS

- BAX, B.; MÜSSIG, J. Impact and tensile properties of PLA/Cordenka and PLA/flax composites. **Composites science and technology**, v. 68, n. 7-8, p. 1601-1607, 2008.
- CORREA, C.A. et al. Determinação de Temperatura de Transição Dúctil-frágil de Plásticos Através de Testes de Impacto Instrumentado. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 76-84, 1999.
- KIM, B.J; LEE, H.T; SOHN, Il.S. A study of mechanical properties with FDM 3D printing layer conditions. **한국금형공학회지**, v. 12, n. 3, p. 19-24, 2018.
- NGO, T.D. et al. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. **Composites Part B: Engineering**, v. 143, p. 172-196, 2018.
- RANKOUHI, B. et al. Failure analysis and mechanical characterization of 3D printed ABS with respect to layer thickness and orientation. **Journal of Failure Analysis and Prevention**, v. 16, n. 3, p. 467-481, 2016.