



ANÁLISE DOS MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS DE PEÇAS MANUFATURADAS ADITIVAMENTE

Igor Cesar de Carlos Rosa¹, Giannini Barcellos de Oliveira², Arthur Alves Fiocch³

RESUMO: As técnicas de manufatura aditiva de polímero tiveram um incremento na demanda industrial e científica nos últimos anos, este acontecimento está diretamente relacionado com o fim da patente da máquina de deposição polimérica da Stratsys (Fused Deposition Modeling - FDM). O carecimento de informações torna a manufatura aditiva uma área fértil para muitos trabalhos científicos, porém ainda não existem normas técnicas específicas para estes estudos e conseqüentemente pode haver a dualidade na interpretação dos dados obtidos. Este trabalho tem o objetivo de apresentar a diferença entre os resultados de tensão máxima de flexão utilizando dois métodos de análise, considerando o momento de inércia de projeto e a inércia aparente. O estudo foi realizado modificando a porcentagem e padrão de preenchimento. Os resultados indicam que o método de análise influencia o valor indicado em corpos fabricados com alta densidade e esta diferença é dependente do padrão de preenchimento.

PALAVRAS-CHAVE: Manufatura aditiva. Propriedades mecânicas. Orientação de preenchimento. Ensaio de Flexão.

ANALYSIS OF TWO METHODS FOR TREATMENT OF DATA IN PARTS PRODUCED IN ADDITIVE MANUFACTURING

ABSTRACT: The polymer additive manufacturing (AM) techniques had an increase in industrial and scientific demand in recent years, this event is directly related to the end of the patent of Stratsys (Fused deposition modeling - FDM). The lack of information makes the AM a fertile area for new scientific studies, however, there is a void in specific technical standards which can lead to a sheer number of interpretations about the data obtained. The main objective of this reserch is to present the difference between the results of maximum bending stress using two methods of analysis, one considering the design's moment of inertia and the second uses the apparent's moment inertia. The study was performed by modifying the percentage and infill pattern. The results indicate that the analysis method drastically influences the value indicated on workpieces manufactured with high density and this difference is dependent on the fill pattern.

KEYWORD: Additive manufacturing. Mechanical properties. Infill pattern. Flexural test.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos processos de manufatura aditiva (MA) iniciou na década de 1980, porém apenas nos últimos anos a oferta de novas tecnologias, pesquisas e mercado cresceram rapidamente. A MA por extrusão de termoplástico é a técnica mais difundida na indústria e mercado doméstico (BALLETTI, BALLARIN e GUERRA, 2017). A tecnologia de extrusão e os termoplásticos vêm sofrendo significativa redução

de preço (BOURELL et al, 2017; LEVI et al., 2003; STANSBURY; IDACAVAGE, 2016).

Embora existam muitos fabricantes de impressoras 3D por extrusão de termoplástico focados na produção de protótipos, peças e conjuntos mecânicos, os estudos científicos na área ainda são incipientes e diversos aspectos do processo carecem de elucidações. Destaca-se também o constante desenvolvimento de novos termoplásticos e seus compósitos. A ampla gama de parâmetros de processo, materiais e características das impressoras abriu caminho para pesquisas tecnológicas e científicas visando compreender melhor o desempenho mecânico de componentes fabricados por MA. No momento ainda existem muitas incertezas relativas ao comportamento estático e, principalmente, dinâmico de peças produzidas por extrusão tridimensional de polímero (SINGH et al., 2015; BRIAN et al., 2014).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os corpos de provas (CP) foram modelados em SolidWorks com dimensões de 127 mm de comprimento, 12,7 mm de largura e 3,2 mm de espessura de acordo com a ASTM D790-17. Em seguida o modelo em STL foi exportado para o programa Cliever Studio para ser convertido no formato CL, específico da impressora Cliever. Para reduzir possíveis diferenças oriundas de influências (térmicas, físicas ou químicas) precedentes à MA da matéria prima foram utilizados dois rolos de filamentos de ácido poliláctico (PLA) do mesmo lote de produção que foram selados e armazenados juntos em ambiente escuro. O armazenamento dos CP's visou diminuir a absorção de umidade do meio externo e a exposição a luz. Os corpos de prova só foram retirados de suas embalagens durante as medições dimensionais, mássicas e ensaios de flexão.

Os testes de flexão 3 pontos foram realizados na máquina universal de ensaios MTS Landmark 647 de acordo com as especificações da ASTM D790-17, destacando-se a velocidade de avanço de 1,3653 mm/minuto e distância entre suportes de garra de 51 mm. Os testes de flexão perduraram até o CP apresentar resistência próxima a zero. Esse critério de encerramento foi necessário aja vista em alguns ensaios os CP's não apresentaram ruptura total.

Os parâmetros analisados são apresentados na Tabela 1. O código de identificação está indicado nas duas últimas linhas da tabela 1. A primeira e segunda letras são dedicadas para a representação do padrão de preenchimento da peça, enquanto os dois últimos números são utilizados para identificação da porcentagem de preenchimento da peça.

Cinco corpos de provas foram produzidos para cada nível de modificação do parâmetro. Após cada impressão as peças foram seladas hermeticamente em sacos de PVC e armazenadas dentro de uma pasta fosca para minimizar a absorção de umidade e possíveis influências da luz. Doze horas antes do início das medições das dimensões o paquímetro digital com faixa nominal 150 mm, resolução 0,01 mm, fabricado pela Mitutoyo® e os pacotes selados foram colocados em uma sala fechada com temperatura constante de 20 °C. Vinte dimensões foram coletadas em cada peça impressa, metade para a espessura e a outra para a largura.

Tabela 1 Parâmetros do processo de extrusão de PLA

Parâmetros variáveis	Porcentagem de preenchimento (P)	0 %; 10 %; 20 %; 30 %; 40 %; 60 %; 90 %
	Forma de preenchimento	Hexagonal (H); Diagonal (D)
Parâmetros fixos	Diâmetro do bocal	0,35 mm
	Quantidades de peças produzidas por ciclo	3; 2
	Orientação de construção	Flat
	Orientação de preenchimento	45°
	Espessura de contorno	2 Camadas
	Espessuras de base e topo	2 Camadas na base e 2 no topo
	Temperatura de extrusão do bocal	185 °C
	Temperatura da mesa	40 °C na primeira camada e 50 °C nas demais
	Distância entre camadas	0,19 mm
	Distância entre os corpos de provas na mesa	3,0 mm

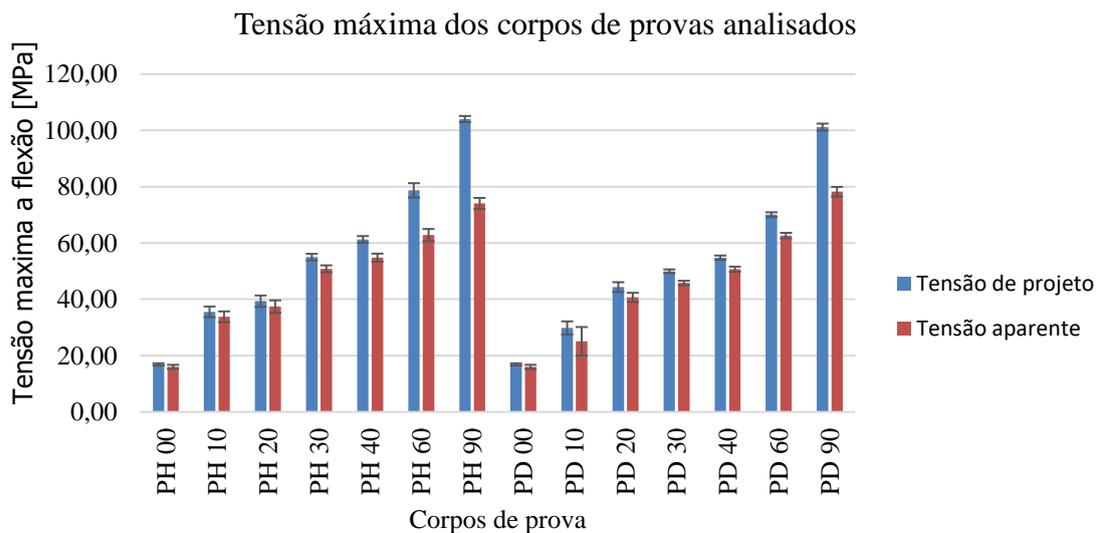
Fonte: Elaborado pelo autor

RESULTADOS PARCIAIS/FINAIS

Na

Figura 1 são apresentados os resultados da tensão máxima de flexão dos corpos de provas analisados por meio das dimensões de projeto (azul) e aparente (vermelho). As duas formas de análise geraram uma tensão máxima de flexão diretamente proporcional a porcentagem de preenchimento, este comportamento pôde ser observado para os padrões de preenchimento hexagonal e diagonal.

Figura 1 Comparação entre resistência mecânica



Fonte: Elaborado pelo autor

A diferença entre a tensão máxima de flexão de projeto e aparente é diretamente proporcional a porcentagem de preenchimento, sendo possível diferenciá-los após 30 % de preenchimento hexagonal e diagonal.

Os corpos de provas preenchidos diagonalmente apresentaram uma diferença entre tensão de projeto e aparente menor, este resultado pode ser correlacionado com a exatidão dimensional dos corpos de provas produzidos com padrão de preenchimento diagonal. Esta

diferença é visível a partir dos 40 % de preenchimento dos corpos de provas.

¹Aluno de graduação, Universidade federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais.

²Aluno de Mestrado, Universidade federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais.

³Prof. Doutor, Universidade federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais.

CONCLUSÃO

A tensão máxima obtida a partir do momento de inércia de projeto e aparente apresentaram diferenças para valores elevados de densidade. O valor da resistência das peças produzidas com o padrão de preenchimento diagonal não apresentou diferenças significativas do preenchimento hexagonal, porém a diferença entre as tensões máximas de flexões obtidas pelos dois métodos foi menor no padrão diagonal.

O método de análise utilizando o momento de inércia aparente demonstrou que o aumento de densidade não proporciona o mesmo nível de elevação da resistência indicado pelo método aplicando o momento de inércia de projeto, de tal forma peças com baixa densidade apresentam uma relação de custo benefício superior ao esperado.

REFERÊNCIAS Bourell, D., Kruth, J.P., Leu, M., Levy, G., Rosen, D., Beese, A.M., Clare, A., 2017. **Materials for additive manufacturing**. Manufacturing Technology, Vol. 66, pp. 659–681.

Brian, N.T.; Robert, S.; Scoot, A.G., 2014. **A review of melt extrusion additive manufacturing processes: I. Process design and modeling**. Rapid Prototyping Journal, Vol. 20, pp. 192–204,

Levy, G. N.; Kruth, S. R.; 2003 **Rapid Manufacturing and Rapid Tooling with Layer Manufacturing (LM) Technologies, State of the Art and Future Perspectives**. CIRP Annals Manufacturing Technology, Vol. 52, pp. 589–609.

Singh, R.; Singh, J.; Singh S., 2015. **Investigation for dimensional accuracy of AMC prepared by FDM assisted investment casting using nylon-6 waste based reinforced filament**. Measurement, Vol. 78, pp. 253–259.

Stansbury, F., Idacavage M., 2016. **3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities**. Dental materials, Vol. 32, pp. 54–64.