



EFEITO DA ORIENTAÇÃO DO PREENCHIMENTO EM PROCESSO DE FDM NA ABSORÇÃO DE IMPACTO DO PLA

Vinicius Cabreira^{1*}, Ruth M. C. Santana²

1 - Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, vinicius_cabreira@msn.com

2 - Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, ruth.santana@ufrgs.br

Resumo: Nos últimos anos a manufatura aditiva vem sendo cada vez mais utilizada pela indústria. No entanto, por se tratar de uma técnica relativamente nova, o pouco explorada sobre as propriedades dos materiais desenvolvidos, e isto torna-se um empecilho na sua utilização. Este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da orientação do preenchimento das peças produzidas por FDM na absorção de impacto do PLA. Amostras com quatro configurações de diferentes orientações de deposição (ângulo 0°, -45°, +45° e 90°) foram criadas. As amostras foram caracterizadas pela resistência ao impacto e ao tipo de fratura. Resultados mostraram que a configuração -45° apresentou uma maior capacidade de absorção ao impacto.

Palavras-chave: *Absorção de impacto. FDM. Impressão 3D, PLA.*

Infill orientation effects on impact absorption in FDM process of PLA

Abstract: Additive manufacturing has been more used in the industry in the last few years. However, as it is a recent process, lack of studies exploring properties from the materials created by these processes have created barriers for its application. This work had the objective of evaluate the effects of infill orientation of FDM made parts of PLA on impact absorption. Samples of different infill orientation (0°, -45°, 45° and 90°) were created. The samples were had theirs impact resistance tested and fracture mode observed. Results show higher energy absorption for samples of -45° infill.

Keywords: *Impact absorption, FDM, 3D printing, PLA.*

Introdução

Os processos de manufatura aditiva foram desenvolvidos como alternativa a prototipagem rápida tradicional dos anos 80. O processo de impressão 3D sofreu grandes avanços nos últimos anos, sendo possível a produção de peças com geometria complexa, com baixos custos e em pouco tempo, ao revés de uma menor resistência mecânica. Na indústria, o processo foi rapidamente adotado para a fabricação de protótipos, componentes finais de alta complexidade, produtos personalizados e partes de reposição.

Ao longo que a técnica de FDM se torna mais utilizada, parâmetros relacionados ao processo necessitam ser ajustados de acordo para que o componente fabricado tenha melhor desempenho. No entanto o ajuste pode se tornar algo complexo devido à quantidade de variáveis envolvidas no processo. Além das variáveis do processo, o objeto é criado através de camadas formadas por linhas de filamento fundido, dando-o propriedades mecânicas com características de materiais laminados. [1] obtiveram bons resultados na correlação de valores experimentais e analíticos deste modo.

Os principais parâmetros de processamento que afetam o comportamento mecânico são a direção da peça, espessura das camadas, ângulo e proporção do preenchimento e tamanho da matriz. A direção da peça, orientação e proporção do preenchimento [2] seguem os mesmos princípios de materiais laminados. No entanto como as camadas e linhas de deposição possuem interface entre elas, a orientação com as quais estas interfaces, e logo a orientação da peça e do preenchimento, tem grande

influência na sua resistência, vista que não é isotrópica[3]. A espessura das camadas e tamanho da matriz determinam a espessura das linhas depositadas, afetando a quantidade de interfaces e possíveis vazios causados pela deposição incompleta do material fundido. No entanto tem menor influência nas propriedades, quando comparadas as orientações de preenchimento e das camadas. Nesse sentido, o objetivo de este trabalho é investigar a influência da configuração do ângulo de preenchimento do polímero fundido nas propriedades físicas das peças de PLA moldadas por FDM.

Experimental

Para a produção dos corpos de prova, foi utilizada uma impressora do modelo Graber, baseada na RepRap, ambas de código aberto e facilmente modificáveis. Assim como as demais impressoras baseadas em FDM, o equipamento apresenta a sua estrutura contendo os componentes eletrônicos e cinemáticos, a superfície de impressão e a cabeça de extrusão.

A cabeça de extrusão utilizada pertence ao modelo J-Head, comumente utilizado nestes equipamentos. O filamento (espaguete) de PLA a ser utilizado é empurrado através do cabeçote por um mecanismo de alimentação. A ponta da cabeça de extrusão aquece o filamento acima da sua temperatura de fusão, por onde este passa pelo bocal de extrusão para ser depositado, dando forma à peça.

Para assegurar a planicidade e adesão da peça sem alterar sua composição, as peças foram impressas sobre uma superfície de vidro de 5mm, a temperatura ambiente, e recoberta com fita para pintura.

As amostras foram impressas com enchimento de 100%, em diferentes ângulos de deposição, cujas quatro configurações são mostradas na figura 1. Os parâmetros de processamento utilizados são apresentados na tabela 1.

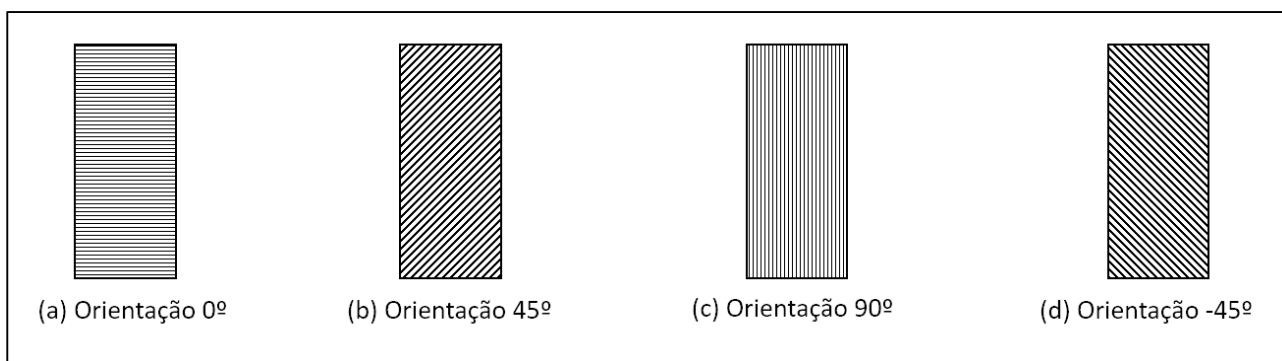


Figura 1: Configuração das peças a ser moldada segundo o ângulo de preenchimento.

Tabela 1: Parâmetros de processamento por impressão 3D.

Parâmetro	Valor
Orientação do enchimento	0°, -45°, +45° e 90°
Temperatura	200°C
Espessura de camada	0,3mm
Velocidade de deposição	15mm/s

Todas as amostras foram moldadas com apenas uma linha de contorno para minimizar o efeito da borda, enquanto mantem a estabilidade dimensional.

As amostras foram analisadas por teste de impacto de acordo com a norma ASTM D256 utilizando o equipamento iImpact Izod machine CEAST Impactor II e pendulo de 2,75 J.

Resultados e Discussão

Efeito da orientação do preenchimento

Para avaliar a influência das orientações diferentes da deposição do filamento do PLA fundido no desempenho mecânico do material, as amostras foram testadas ao ensaio de impacto Izod, e cujos resultados podem ser observados na figura 2.

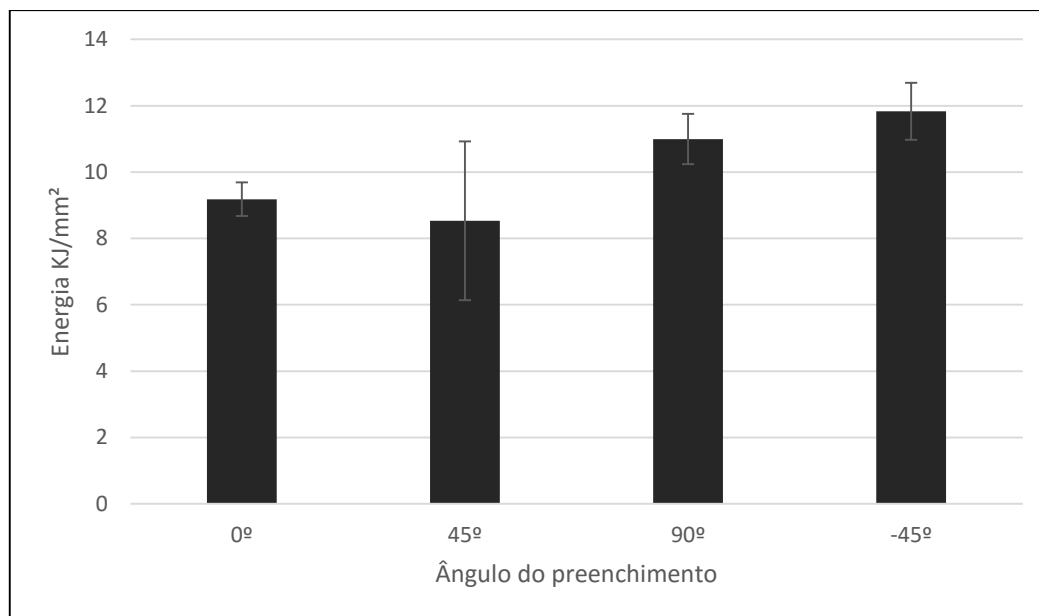


Figura 2: Absorção de energia ao impacto em função do ângulo de preenchimento na moldagem das amostras.

Observa-se diferenças na capacidade absorção de impacto das amostras dos diferentes ângulos de preenchimento, onde é possível verificar que a amostra com configuração de ângulo de preenchimento de 0° foi a que apresentou a menor resistência ao impacto, por outro as amostras com as configurações dos ângulo de preenchimento de 90° e -45° foram as que apresentaram maior desempenho, destacando-se o de -45°[4]. Pesquisas da literatura mostram que a variação das configurações do processo, leva a características mecânicas muito parecidas com as de materiais laminados [5] [6], uma vez que apresentam linhas contínuas de material, separados por interfaces, sendo análogo a fibras, mas tendo efeito de interface diretamente entre elas ao invés de uma matriz. Na figura 3 são mostradas as imagens da fratura das amostras das quatro diferentes configurações após ensaio de impacto. As amostras processadas com ângulo de preenchimento de 0° e 45° foram as que apresentam resistências menores, e possuem padrões de fratura seguindo as descontinuidades das camadas criadas pelas linhas de deposição. As peças com ângulo de preenchimento de 90° e de -45° não apresentaram essa característica, possivelmente pelo fato das linhas de deposição se encontrarem em orientações desfavoráveis a propagação da trinca, uma vez que a deformação do impacto leva a compressão destas zonas.

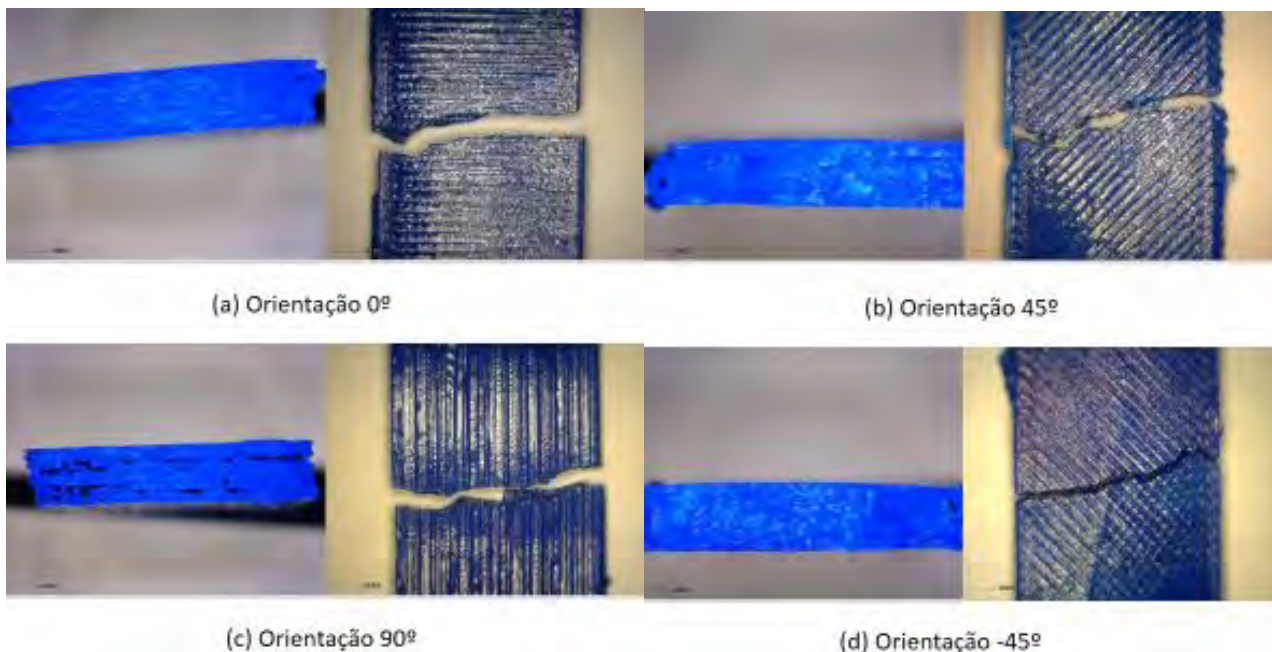


Figura 3: Imagens da fratura das amostras após ensaio de impacto.

Observa-se também, um efeito de delaminação nas amostras com preenchimento de 90°, reforçando a ideia da natureza análoga a de laminados. Possivelmente uma melhor adesão entre as camadas poderia levar a uma maior resistência neste caso.

Conclusões

Resultados do ensaio de impacto em corpos de prova de PLA criados por FDM com diferentes ângulos de preenchimento, podem ser atribuídas as seguintes conclusões: (i) existência de influência da orientação do preenchimento na capacidade de absorção de energia ao impacto; (ii) o modo de fratura está relacionado ao ângulo da orientação; (iii) orientações que criem dificuldades na propagação da trinca possuem melhores resistências, análogo ao comportamento de um laminado. Os resultados obtidos foram promissores e que sugere mais estudos podem ser realizados, com o intuito de melhorar a performance de peças criadas por FDM.

Agradecimentos

Os autores agradecem a equipe do Lapol pela ajuda no processamento por injeção e nos ensaios, a Capes/CNPQ pelo auxílio financeiro, e a RESAG-SIBRATEC.

Referências Bibliográficas

1. D. Croccolo; M De Agostinis; G. Olmi. *Comp. Material Science*. 2013. 79. 506-518.
2. C. Casavola; A. Cazzato; V. Moramarco; C. Pappalettere. *Materials and Design*. 2016. 90. 453-458.
3. I. Durgun; R. Ertan. *Rapid Prototyping Journal*. 2014. 20. 228-235.
4. R. Zou; S. Liu; W. HOu; Q. Hu; C; Shan. *Composites Part B*. 2016. 99. 506-513.
5. J.M. Chacón, M.A. Caminero, E. García-Plaza, P.J. Núñez, *Materials and Design*. 2017.
6. A. Tsouknidas, M. Pantazopoulos. I. Katsoulis, et all. *Materials and Design*. 2016.102.41-44.