

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ORIENTAÇÃO DAS FIBRAS NA RESISTÊNCIA DE SÓLIDOS POR MANUFATURA ADITIVA

RAFAEL DE LIMA RODRIGUES CHIQUE¹; LAURA DE AVILA JAIME²; LUAN HENRIQUE DOS SANTOS ROCHA³; NORIEL DA SILVA SOUZA⁴; RODRIGO DA COSTA CARDOSO⁵; DANIEL DE CASTRO MACIEL⁶

¹ Universidade Federal de Pelotas – rafael04942@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – lljaime1128@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – luanhsr.h@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas – noriel.s.souza@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Pelotas – rodrigocc3006@gmail.com

⁶ Universidade Federal de Pelotas – daniel.maciell@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Diante da crescente demanda por maior produção, impulsionada pelo aumento da concorrência, as empresas têm buscado estratégias para reduzir o tempo de desenvolvimento, visando aumentar a competitividade de seus produtos no mercado. Para alcançar esse objetivo, é necessário estabelecer uma cadeia eficiente de processos que resultem na geração do produto final. Nesse contexto, o desenvolvimento de protótipos se destaca, pois permite a identificação de defeitos e a implementação de melhorias antes da comercialização do produto. Nesse cenário, a manufatura aditiva, comumente conhecida como impressão 3D, surge como uma tecnologia de destaque, pois proporciona a possibilidade de reduzir o tempo de produção e aproximar as empresas da obtenção de um produto final de forma mais ágil e eficiente (VOLPATO, 2017).

Segundo (HUANG, 2012), a manufatura aditiva proporciona o uso eficiente de matérias-primas, resultando em um mínimo desperdício desses insumos durante a confecção das peças em que é aplicada. Esse processo de fabricação permite a obtenção de geometrias e formas complexas que seriam inviáveis por meio de processos convencionais, como a usinagem.

De acordo com (BANJANIN, 2018), método mais utilizado na impressão 3D, a modelagem por deposição fundida (FDM), consiste na extrusão de um filamento termoplástico. Contudo, há uma ampla variedade de filamentos termoplásticos disponíveis, e os fabricantes raramente divulgam sua composição exata ao usuário final. Esses filamentos podem ser encontrados em diversas composições, como acrilonitrila butadieno estireno (ABS), ácido polilático (PLA), policarbonato (PC), poliéter-éter-cetona (PEEK), nylon, entre outros polímeros, que são usados na fabricação de filamentos posteriormente empregados na impressão 3D. Ainda segundo (BANJANIN, 2018), os dois termoplásticos mais comumente utilizados em impressoras FDM são o ABS e o PLA. O ABS é um copolímero termoplástico à base de petróleo, cujas propriedades combinadas garantem resistência ao calor (acrilonitrila), boa resistência ao impacto (butadieno) e rigidez (estireno), proporcionando resistência adequada ao calor, produtos químicos e umidade, o que permite uma ampla gama de aplicações. Já o ácido polilático (PLA) é um polímero biodegradável, produzido pela polimerização por abertura de anel de lactídeo, cujos monômeros de ácido láctico são obtidos por fermentação de matérias-primas de açúcar. Embora o PLA geralmente apresenta maior resistência do que o ABS, é considerado mais quebradiço.

Motivados por essas questões e orientados por uma aula ministrada por nosso professor tutor, o presente trabalho tem como objetivo o estudo da resistência à pressão de um sólido impresso por meio da manufatura aditiva, utilizando filamento de PLA. A proposta é analisar a resistência do material em função da orientação da impressão (0° ou 90°), uma vez que a orientação afeta a disposição das fibras no material. O estudo busca identificar qual orientação de fibra oferece maior resistência à pressão ou se a resistência à pressão é indiferente à orientação da fibra.

2. METODOLOGIA

Para a condução desta pesquisa, foi empregada a aplicação de força em corpos de prova com o objetivo de provocar um teste de flexão, dessa forma, determinar qual orientação das fibras apresenta maior resistência à pressão que causou sua ruptura. Para tal, foram confeccionados corpos de prova com perfil em "I", com dimensões de $18,5 \times 21,5 \times 160$, utilizando a impressora 3D GTMax 3D Core A3 V2 e filamento PLA. Um dos corpos de prova foi impresso na orientação vertical, enquanto o outro foi impresso horizontalmente, de modo que suas fibras apresentassem orientações diferentes como pode ser visto na Figura 1. Ao posicioná-los horizontalmente para os testes, um corpo apresentava as fibras na direção horizontal e o outro na direção vertical, permitindo uma análise comparativa da resistência de cada orientação.

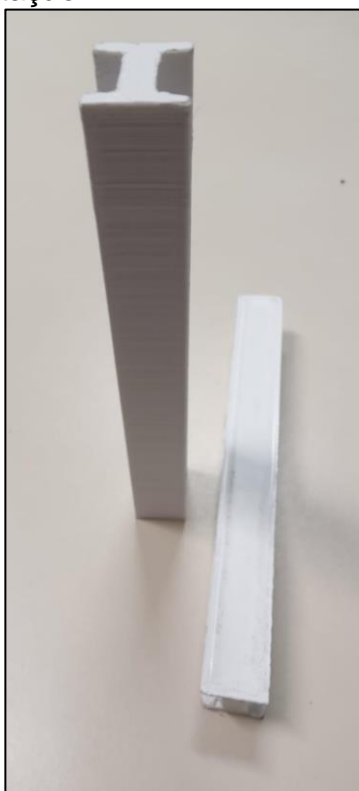


Figura 1: Corpos de prova.

Com os corpos de prova confeccionados, iniciou-se a busca por um equipamento capaz de medir a força aplicada e identificar o momento exato da ruptura. Para isso, foi utilizado um anel dinamométrico com capacidade de 500 kgf, o qual permitiu tanto a aplicação da força quanto a mensuração precisa do seu valor, sua estrutura possui duas alavancas, uma para avanço rápido da haste de pressão e outra para ajuste fino. Posteriormente, foram realizados os preparativos

para o ensaio, sendo que, para o posicionamento adequado das amostras, utilizou-se duas placas de prensagem em formato de "T", comumente empregadas em prensas hidráulicas. As placas foram apoiadas sobre uma base de madeira quadrada, conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2: Anel Dinamométrico de 500kgf.

Os corpos de prova foram apoiados sobre as placas de prensagem, com o devido ajuste das medidas do vão que possuía 93,5mm para garantir a centralização precisa das peças nos dois testes realizados. Após a centralização, iniciou-se a aplicação da carga. No primeiro teste, o corpo de prova com orientação das fibras na horizontal foi posicionado e a mesa elevada por meio da alavanca de avanço rápido, até que a haste de pressão do dinamômetro, com diâmetro de 16 mm, tocasse o corpo de prova de forma centralizada, posteriormente pressão foi aplicada utilizando a alavanca de ajuste fino. O mesmo procedimento foi repetido com o corpo de prova cuja orientação das fibras era vertical.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para mensurar a resistência à pressão, aplicou-se pressão, utilizando a alavanca de ajuste fino, sobre o corpo de prova com fibras orientadas horizontalmente, resultando em um deslocamento de 2,60 mm antes da fratura, conforme indicado pelo relógio comparador. O procedimento foi repetido com o corpo de prova de fibras orientadas verticalmente. Nesse caso, a leitura do deslocamento foi de 1,30 mm antes da fratura, mediante a isso foram realizados os cálculos para determinar os valores de força e pressão aplicada sobre os corpos de prova.

Utilizando a Equação 1 e aplicando os dados de deslocamento coletados durante os testes, foi possível calcular a força de ruptura para ambos os corpos de prova. Para o corpo de prova com orientação horizontal das fibras, a força exercida no momento da fratura foi de 5,316 kgf.

$$F(\text{kgf}) = 2,0576 * L - 0,033$$

L = medição realizada pelo relógio comparador

Equação 1: Equação de conversão de deslocamento para força.

No entanto, o corpo de prova com orientação vertical das fibras apresentou uma força de ruptura de 2,642 kgf. Esses cálculos evidenciam que a simples diferença de 90° na orientação das fibras geradas pela impressão 3D impacta de maneira significativa a resistência da estrutura à esforços de pressão, resultando em uma redução de aproximadamente metade da força necessária para a ruptura.

Por fim, utilizando a equação 2, foi calculada a pressão aplicada sobre cada corpo de prova. Para o corpo com fibras orientadas na horizontal, a pressão foi de 26.443,39 kgf/m² ou 259,32 kPa, enquanto o corpo com fibras orientadas na vertical apresentou uma pressão máxima de 13.139,63 kgf/m² ou 128,86 kPa. Esses resultados reforçam a influência notável da orientação das fibras na resistência à pressão, destacando uma variação significativa entre as duas configurações.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

P = Força aplicada (compressão ou tração)

A = Área

Equação 2: Equação da tensão.

4. CONCLUSÕES

Através dos dados visualizados pode-se concluir que a orientação das fibras na impressão 3D influencia diretamente a resistência dos corpos de prova. A orientação vertical apresentou aproximadamente 50% da resistência em relação à horizontal, com forças de ruptura de 2,642 kgf e 5,316 kgf, respectivamente. Isso ressalta a importância de considerar a orientação das fibras no processo de impressão para maximizar a resistência estrutural em aplicações práticas no uso diário.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VOLPATO, N. et al. **Manufatura Aditiva: Tecnologias e Aplicações da Impressão 3D**. São Paulo: Blucher, 2017.

HUANG, S. H et al. Additive Manufacturing And Its Societal Impact: A Literature Review. **Springer**, Londres, v.67, p. 1191–1203, 2012.

BANJANIN, Bojan et al. Consistency analysis of mechanical properties of elements produced by FDM additive manufacturing technology. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, p. e12250, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **COMUNICADO TÉCNICO**: ISSN 1678-1937, Dezembro, 2010, Aracaju, SE: EMBRAPA, 2010.

BEER, F. P. et al. **Mecânica Dos Materiais**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.