

Avaliação do comportamento dimensional de furos em impressão 3D e corte a laser para aplicações em fixação mecânica

Tâmara Grasielle Lima Miranda | tamara.glm@aluno.ifsc.edu.br¹

Aurelio da Costa Sabino Netto | asabino@ifsc.edu.br²

Luiz Fernando Segalin de Andrade | luizsegalin@ifsc.edu.br³

André Roberto de Sousa | asousa@ifsc.edu.br⁴

Edital N° 12/2025/PROPI/DAE

Trabalho de Pesquisa

DT 4 - Inovação Tecnológica, Processos Produtivos e Futuro das Tecnologias

Resumo:

Este trabalho investiga as variações dimensionais em peças produzidas por impressão 3D (FFF) e corte a laser, com foco na aplicação de fixadores. A ampla utilização dessas tecnologias evidencia a necessidade de compreender as limitações dimensionais e suas implicações na montagem de sistemas mecânicos. O objetivo consiste em avaliar o comportamento dimensional de furos em diferentes materiais e espessuras, fornecendo subsídios para a utilização adequada de sistemas de fixação. A metodologia baseou-se na fabricação de corpos de prova padronizados com furos entre 2,5 mm e 5 mm, com variando o material e a espessura. Foram analisados os polímeros PLA, PETG e ABS por impressão 3D, e chapas de MDF e acrílico por corte a laser, com medições realizadas em projetor de perfil. Os resultados indicaram que, na impressão 3D, os furos tendem a ficar menores, influenciados pela dificuldade de controle do fluxo de impressão. No corte a laser, observou-se que tendem a ser maiores devido ao efeito de *kerf* e à divergência do feixe. Os dados obtidos permitem propor diretrizes práticas de compensação dimensional, contribuindo para maior precisão e confiabilidade na aplicação de fixadores.

Palavras-chave: impressão 3D; corte a laser; variação dimensional; fixadores mecânicos; prototipagem.

Introdução

A fabricação digital, por meio de tecnologias como a impressão 3D e o corte a laser, tem se consolidado como ferramenta essencial na formação em engenharia, especialmente em atividades de projeto integrador. Essas tecnologias permitem o desenvolvimento rápido de protótipos funcionais (Volpato, 2017), favorecendo a aprendizagem prática e a experimentação. No entanto, apresentam limitações

¹ Estudante do curso de Engenharia Mecatrônica - Bacharelado do IFSC - Câmpus Florianópolis - Centro.

² Servidor do DAMM/Mecatrônica do IFSC - Câmpus Florianópolis - Centro.

³ Servidor do DAMM/Mecânica do IFSC - Câmpus Florianópolis - Centro.

⁴ Servidor do DAMM/Mecânica do IFSC - Câmpus Florianópolis - Centro.

importantes, principalmente relacionadas à precisão dimensional e ao comportamento mecânico dos materiais.

Essas limitações impactam diretamente a aplicação de sistemas de fixação, podendo gerar falhas de montagem, baixa repetibilidade e comprometimento do desempenho dos protótipos.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento dimensional de furos produzidos por impressão 3D e corte a laser em diferentes materiais e espessuras, contribuindo para o estabelecimento de diretrizes práticas com os equipamentos disponíveis. A proposta reforça a integração entre ensino, pesquisa e extensão ao gerar conhecimento aplicado ao contexto acadêmico.

Fundamentação teórica

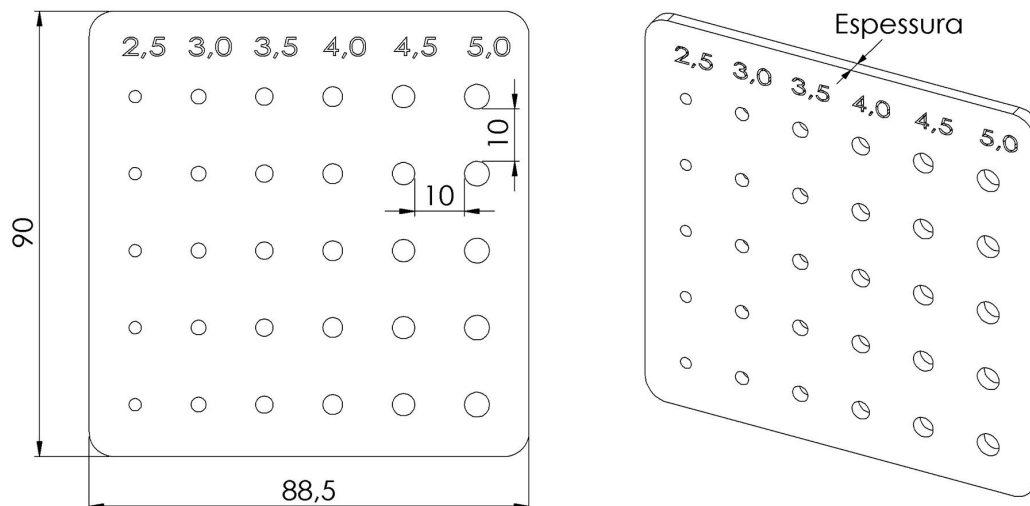
A fabricação digital via impressão 3D (FFF) e corte a laser é essencial na prototipagem e educação em engenharia. Na tecnologia FFF, a liberdade geométrica é limitada por anisotropia mecânica, variações dimensionais e pela contração térmica, que compromete a precisão de geometrias circulares em materiais como o ABS, enquanto o PLA oferece maior estabilidade (Volpato, 2017).

No corte a laser, o fenômeno do *kerf* influenciado por alguns fatores como: espessura e divergência do feixe resulta em dimensões superiores às nominais (Eltawahni; Olabi; Benyounis, 2011) com o acrílico apresentando estabilidade superior ao MDF. Este cenário demanda estudos experimentais que integrem o comportamento dimensional dos processos à aplicação de fixadores, promovendo o avanço científico e a disseminação de boas práticas acadêmicas.

Procedimentos metodológicos

Para avaliar as variações dimensionais dos processos de impressão 3D e corte a laser foi proposta uma geometria criada através do software Solidworks, contendo uma série de furos, com incremento de diâmetro, sendo que para cada diâmetro foram realizadas 5 replicações (Figura 1). Os furos foram espaçados para evitar interferências relacionadas aos processos de fabricação.

Figura 1 – Geometria utilizada nos estudos de impressão 3D e corte a laser



Fonte: elaborado pelo autor

Por impressão 3D foram utilizados filamentos de PLA, PETg e ABS da marca 3D Fila. As peças com 3 e 6 mm de espessura foram fabricadas utilizando uma impressora Bambulab X1E com um bico de 0,4 mm. Os parâmetros de impressão estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de impressão 3D utilizados

Parâmetros de impressão	PLA	PETg	ABS
Temperatura de impressão	220°C	255°C	260°~270°C
Padrão de preenchimento esparso	Grade	Grade	Grade
Densidade de preenchimento esparsa	15%	15%	15%
Preenchimento/sobreposição de parede	15%	15%	15%
Número de contornos	2	2	2
Velocidade externa	200 mm/s	200 mm/s	200 mm/s
Velocidade interior	350 mm/s	350 mm/s	350 mm/s

Fonte: elaborado pelo autor

Para avaliação do corte a laser foram utilizadas chapas de MDF e acrílico. Os cortes foram realizados na máquina Automatiza Dua 1209 com laser de CO₂ e potência medida de 138,9 W. Para cada material e espessura foram realizados testes preliminares para determinar a velocidade de corte a ser utilizada. Os parâmetros de corte, materiais e espessuras estão listados na tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros de corte, materiais e espessura utilizados no corte a laser

Parâmetros de corte	MDF		Acrílico		
Espessura da chapa	3 mm	6 mm	3 mm	4 mm	6 mm
Potência do laser	100%	100%	100%	100%	100%
Velocidade de corte	1,0 m/s	0,5 m/s	0,5 m/s	0,4 m/s	0,3 m/s

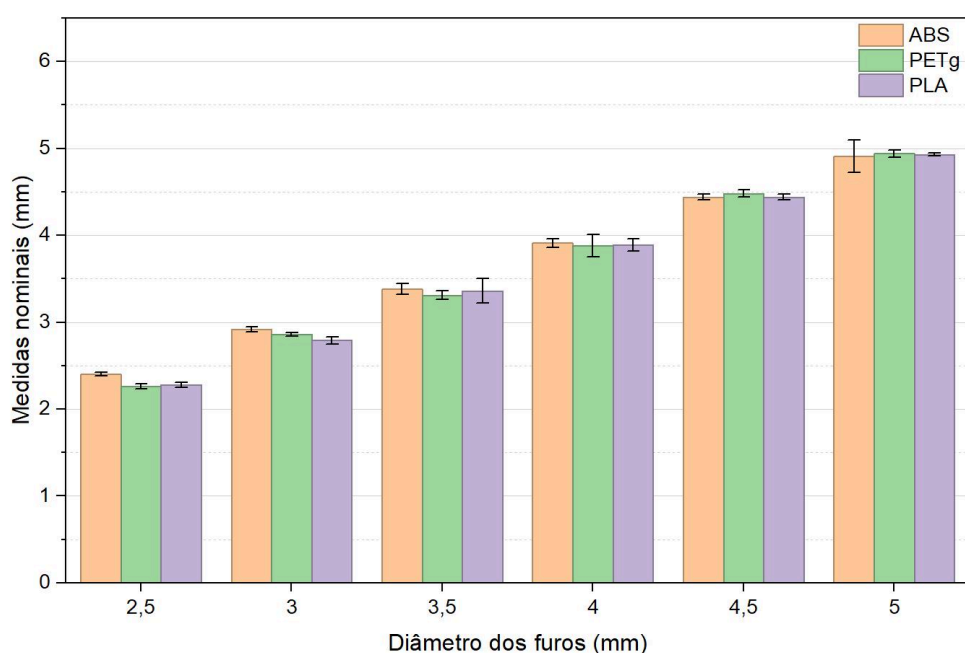
Fonte: elaborado pelo autor

As medições dos corpos de prova foram realizadas em um projetor de perfil Nikon modelo 6C, com uma incerteza de medição de $\pm 0,01$ mm.

Resultados e discussões

Para a impressão 3D, foi possível observar que para o corpo de prova com espessura de 3 mm (Figura 2), o material que mais permaneceu próximo das medidas nominais foi o ABS. A redução no diâmetro de furos é um fenômeno conhecido na impressão 3D e pode estar relacionado às dificuldades de controle do fluxo de impressão em trajetórias curtas, por isso a diferença entre o furo impresso e a medida nominal se mostra decrescente conforme aumento do furo.

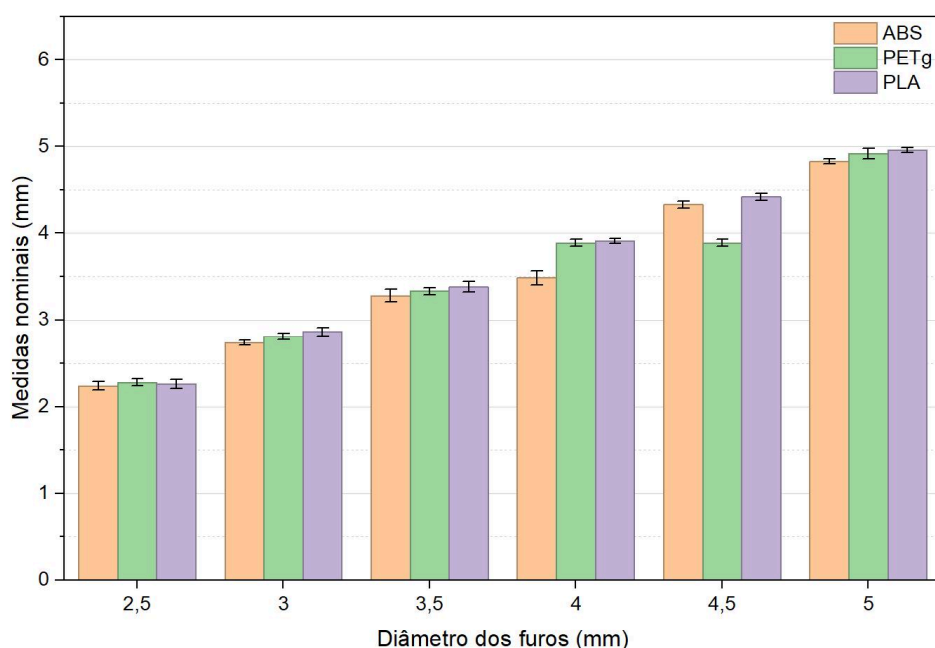
Figura 2 – Gráfico dos diferentes materiais utilizados na impressão 3D para 3 mm



Fonte: elaborado pelo autor

Já para o corpo de prova com espessura de 6 mm, de maneira geral, o PLA foi o material que mais se aproximou das medidas nominais (Figura 3). Da mesma forma que para a espessura anterior, os furos de menor dimensão apresentaram o maior erro em relação às medidas nominais e todos os materiais tiveram comportamentos parecidos.

Figura 3 – Gráfico dos diferentes materiais utilizados na impressão 3D para 6 mm



Fonte: elaborado pelo autor

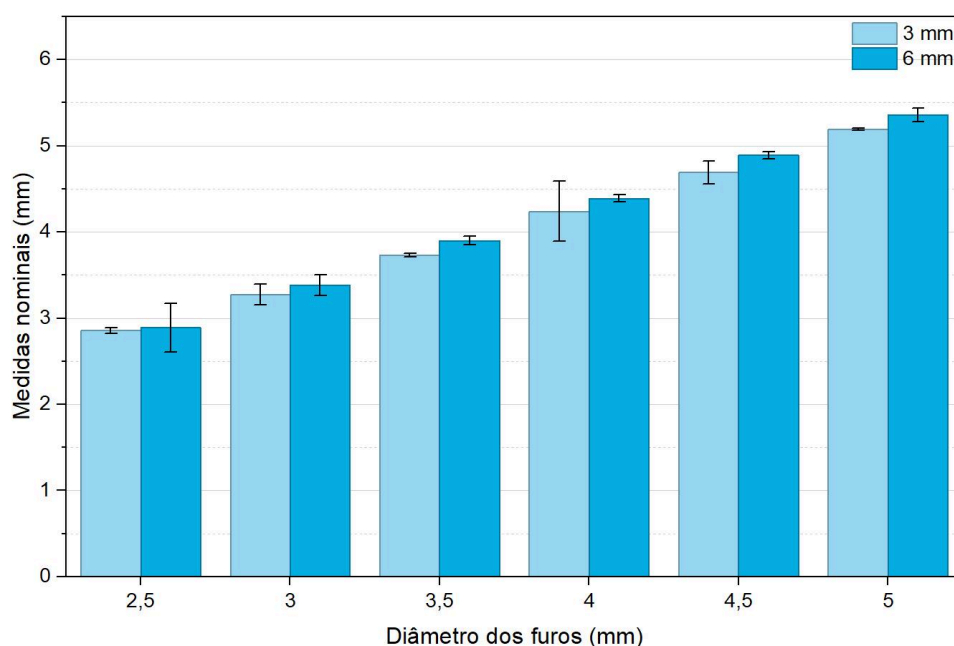
A análise comparativa entre PLA e ABS revela comportamentos térmicos opostos, enquanto o PLA apresenta uma menor contração, resultando em maior estabilidade dimensional e menor incidência de warping, o ABS possui elevada contração, sendo mais propenso a empenamentos e delaminação (Ramian, Jakub; Ramian, Jan; Dziob, 2021).

A análise dos resultados indica que, em placas mais finas (3 mm), a dissipação térmica rápida e o menor volume de material permitem um controle mais efetivo da contração do ABS, resultando em furos com maior proximidade ao diâmetro nominal. Contudo, em espessuras maiores (6 mm), o resfriamento lento do ABS gera tensões internas que provocam distorções acentuadas (Agarwal, *et al.*, 2022), cenário em que o PLA se destaca pela estabilidade dimensional.

No corte a laser, observa-se um comportamento oposto à impressão 3D, com furos apresentando dimensões superiores às nominais. Este fenômeno decorre do kerf e da

divergência do feixe. Além do foco, a largura do corte varia conforme parâmetros, material e, principalmente, espessura. Conforme pode ser observado na figura 4, no corte de MDF, essa discrepância se mostrou proporcional à espessura e ao diâmetro do furo, tornando-se mais expressiva para a espessura de 6 mm.

Figura 4 – Gráfico de comparação de corte em MDF com 3 e 6 mm

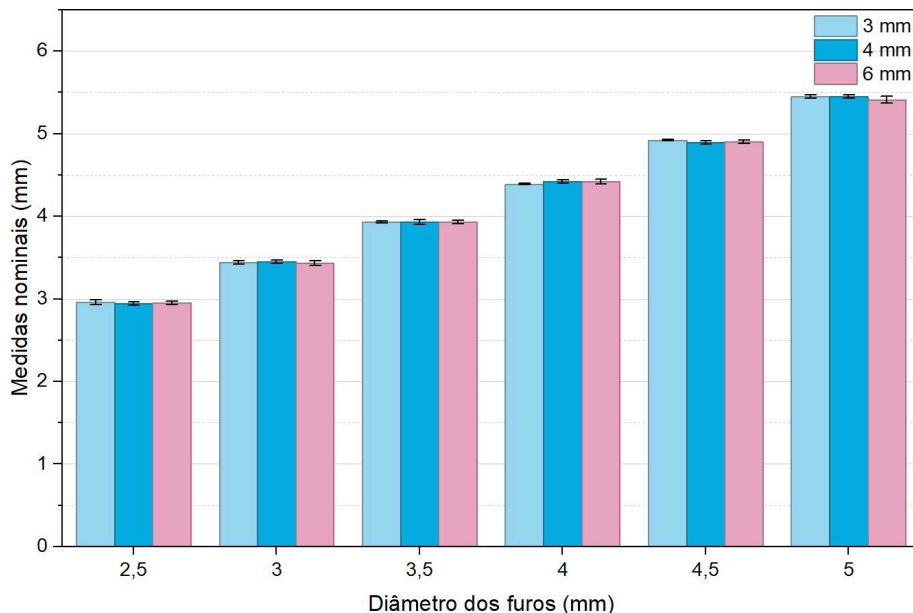


Fonte: elaborado pelo autor

De forma análoga, o corte utilizando acrílico resultou também em furos maiores (Figura 5). Apesar dos erros serem maiores que em MDF, não houve diferença significativa entre as diferentes espessuras e menor variabilidade nas medidas, ou seja, os furos apresentam um erro sistemático que pode ser compensado com mais facilidade.

Para o MDF, que é um material à base de madeira, o processo de corte envolve a queima e vaporização da celulose e lignina. Isso resulta em uma zona afetada pelo calor (HAZ - Heat Affected Zone) e na formação de um kerf. Um furo cortado a laser sempre terá um diâmetro maior do que o caminho programado do centro do feixe, pois o diâmetro final do furo será o diâmetro nominal mais a largura do kerf.

Figura 5 – Gráfico de comparação de corte em acrílico com 3, 4 e 6 mm



Fonte: elaborado pelo autor

A divergência do feixe laser, de geometria cônica, provoca o aumento do kerf ao longo da espessura do material. Em chapas de 6 mm, esse efeito é intensificado pelo maior percurso do feixe e pelo tempo prolongado de interação térmica, resultando em furos com diâmetros superiores ao nominal e geometria ligeiramente cônica devido à carbonização e dissipação de calor.

Diferente do MDF, o corte de acrílico apresentou um kerf consistente e independente da espessura. Em faixas mais espessas que as analisadas podem ocorrer variações no kerf (Andrade *et al.*, 2024).

Considerações finais

Os resultados mostraram que a precisão dimensional na impressão 3D depende da interação entre as propriedades do polímero e a geometria da peça; enquanto o ABS se mostrou mais adequado para seções finas, o PLA foi superior em peças espessas devido sua estabilidade dimensional frente à contração térmica. No corte a laser, a precisão se mostrou bastante dependente do material. Enquanto o MDF apresentou diferenças

significativas com a espessura devido à carbonização e divergência do feixe, o acrílico manteve estabilidade dimensional em espessuras de até 6 mm.

Com base nos resultados das medições, a etapa seguinte será montar uma tabela de compensação e realizar novamente as impressões e corte de corpos de prova, e posteriormente avaliar o comportamento dimensional. Pretende-se assim auxiliar usuários destes processos para obter peças mais próximas das dimensões pretendidas tornando o uso de fixadores mais eficiente.

Referência ao fomento recebido

Os autores agradecem ao CNPq, MEC/SETEC e FAPESC pelo financiamento dos equipamentos e ao IFSC pelo apoio concedido para execução do projeto.

Referências

AGARWAL, Krishna Mohan et al. Analyzing the impact of print parameters on dimensional variation of ABS specimens printed using fused deposition modelling (FDM). **Sensors International**, [s. l.], v. 3, 100149, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100149>. Acesso em: 22 abr. 2026.

ANDRADE, Luiz Fernando Segalin de et al. Análise geométrica de peças fabricadas por máquina de corte a laser de CO₂. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 16., 2024, Concepción. **Anais [...]**. Concepción: [s. n.], 2024. p. 1-9.

ELTAWAHNI, H. A.; OLABI, A. G.; BENYOUNIS, K. Y. Investigating the CO₂ laser cutting parameters of MDF wood composite material. **Optics & Laser Technology**, [s. l.], v. 43, n. 4, p. 648-659, jun. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2010.09.006>. Acesso em: 22 abr. 2026.

RAMIAN, Jakub; RAMIAN, Jan; DZIOB, Daniel. Thermal deformations of thermoplast during 3D printing: warping in the case of ABS. **Materials**, [s. l.], v. 14, n. 22, p. 7070, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14227070>. Acesso em: 22 abr. 2026.

VOLPATO, Neri (org.). **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo: Blucher, 2017. 400 p.