cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Otimização do Desempenho ao Impacto de Polímeros Impressos em 3D: Uma Abordagem Multicritério para Próteses Biomiméticas

Jéssica Vieira[1]; Giovanna Dimov[1]; Artur Malafaia[1]
1. Programa de Educação Tutorial da Engenharia Mecânica, Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei - MG

Introdução

Embora a manufatura aditiva (FDM) seja amplamente adotada na criação de exopróteses customizadas, a confiabilidade mecânica dos termoplásticos em articulações sob cargas dinâmicas continua sendo um desafio de engenharia. A biomimética surge como solução ao imitar a arquitetura do osso humano, que combina uma casca rígida com um núcleo poroso para absorver choques.

A aplicação de estruturas com padrões geométricos de preenchimento, como a giroide, permite replicar essa porosidade na impressão 3D, otimizando a relação entre peso e resistência sem a necessidade de produzir peças ortopédicas maciças e pesadas.

Objetivos

Geral: Realizar a otimização multicritério do PLA, ABS e PETG com relação à resistência ao impacto Charpy, visando aplicação em componentes estruturais de exopróteses biomiméticas.

Específicos:

- Avaliar o comportamento de diferentes polímeros, geometrias e preenchimento em impacto através do ensaio Charpy.
- Desenvolver um Índice de Desempenho Global (IDG) que correlacione a energia absorvida, a densidade da peça e o custo do filamento.

Metodologia

O estudo baseia-se na norma ASTM D6110 (Impacto Charpy). Os corpos de prova com entalhe em V oram manufaturados contemplando 9 condições operacionais para PLA, ABS e PETG:

- Preenchimento: 50%, 75% e 100% (baseline sólido).
- Geometrias de Infill: Grade, Giroide e Cúbico.

O controle rigoroso de temperatura e uso de brim foram aplicados para mitigar deformações térmicas.

O IDG para avaliação foi calculado usando:

$$IDG = \frac{TENACIDADE\ (J/m)}{CUSTO(R\$/kg)xDENSIDADE(kg/m^3)}$$

Resultados e Discussão

Os resultados evidenciam a superioridade do ABS em todas as nove condições avaliadas, alcançando valores de IDG mais que duas vezes superiores aos do PETG e do PLA. O melhor desempenho global ocorreu na condição C3 (ABS, 50% Cúbico), com $4{,}29 \times 10^{-4}\ (J \cdot m^2/R\$)$, superando inclusive as condições com 100% de preenchimento.

O PETG manteve desempenho intermediário e regular nos padrões grade e cúbico, apresentando queda apenas no preenchimento giroide, enquanto o PLA registrou os menores índices em todas as configurações. Esse comportamento mostra que elevar a porcentagem de preenchimento não garante maior eficiência global, destacando a vantagem das estruturas internas de 50%.

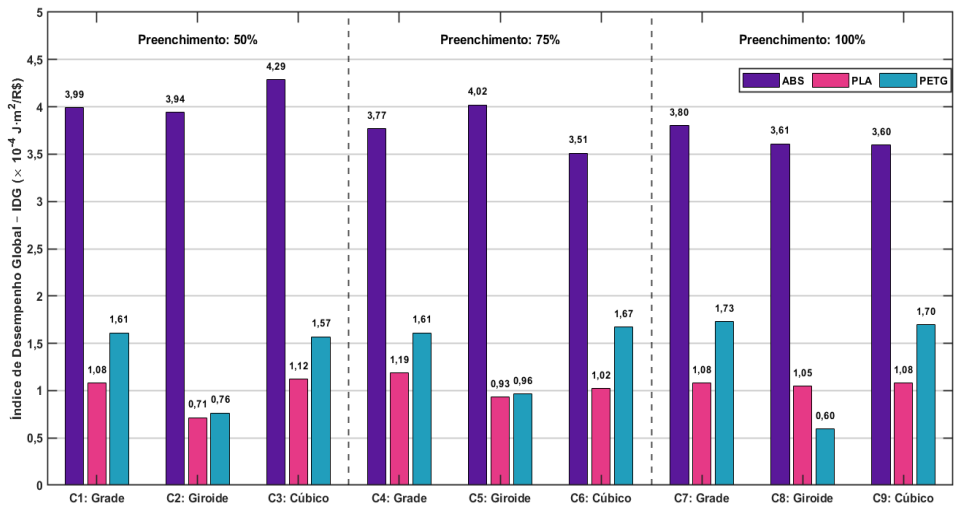

Figura 1. Comparação do IDG entre as condições.



Figura 2. Corpo de prova ABS condição C3.

Conclusões

Este estudo confirma que a replicação da arquitetura do osso humano — combinando paredes externas rígidas a um núcleo poroso — é uma alternativa viável para o desenvolvimento de exopróteses impressas em 3D.

A seleção do ABS aliado ao preenchimento Cúbico de 50% (C3) destacou-se como a configuração ótima ao integrar elevada tenacidade ao impacto, leveza e economia de material, demonstrando que o preenchimento total (100%) é dispensável quando a geometria interna é otimizada.

Referências e Agradecimentos

- ASTM D6110: *Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics*.
- ASHBY, M. F. *Materials Selection in Mechanical Design*. 4. ed. Oxford: Elsevier, 2011.

CAPES mec pet FAPEMIG UFSJ Universidade Federal de São João del-Rei CNPq fnde