

Estudo do comportamento elástico de metaestruturas auxéticas sob compressão

Autores:

Adiel Lima Pessôa

Eliene Oliveira Lucas; Gean Marcelo Barros de Macedo Filho; Gustavo de Souza Veríssimo

ODS 9

Pesquisa

Introdução

A busca por novas estruturas com melhor desempenho mecânico tem levado ao estudo dos metamateriais auxéticos, que apresentam Coeficiente de Poisson Negativo (NPR). Diferente dos materiais convencionais, eles se expandem lateralmente quando tracionados e se contraem sob compressão, comportamento que favorece aplicações em absorção de impacto e proteção estrutural. Corpos de prova cúbicos foram impressos em 3D, utilizando estruturas auxéticas como reentrant, tri-chiral, anti-tri-chiral, anti-tetra-chiral, e honeycomb não auxética (PPR) como base de comparação.

Objetivos

Por meio de ensaios de compressão axial com instrumentação de alta precisão, buscou-se determinar o Coeficiente de Poisson de cada estrutura, identificando seu comportamento auxético ou não-auxético, além de analisar a influência da geometria no desempenho mecânico e anisotropia.

Metodologia

As geometrias selecionadas — honeycomb (PPR), reentrante, tri-quiral, anti-tri-quiral e anti-tetra-quiral — foram escolhidas por suas respostas distintas sob carga, permitindo uma análise comparativa baseada no coeficiente de Poisson e nos padrões de deformação, conforme mostrado pela análise de (Pessôa et al., 2025). A modelagem dessas estruturas foi feita no software SolidWorks, e os arquivos CAD gerados foram exportados em formato STL, posteriormente impressos numa Sethi3D S3, sendo que cada cubo possuía aresta de 60 mm. Os cubos foram ensaiados numa EMIC DL-60000, o qual detém alta precisão e sensibilidade, junto de um transdutor de força, dois transdutores de deslocamento horizontal e um transdutor de deslocamento vertical, como pode ser visto na figura 1.



Figura 1: Aspecto de montagem e instrumentação do ensaio.

Resultados

Nos ensaios, a honeycomb apresentou comportamento não-auxético, com Poisson entre +0,5 e +1,1 e carga média de 130 kgf. A reentrant obteve o melhor desempenho, com até 195 kgf e Poisson entre -2,2 e -1,7. A anti-tri-chiral mostrou menor resistência, cerca de 34 kgf, com Poisson de -0,22, enquanto a anti-tetra-chiral alcançou 59 kgf e Poisson próximo de -1,0. Já a tri-chiral apresentou comportamento anisotrópico, com resistência média de 74 kgf e Poisson de -0,25 em uma das direções.

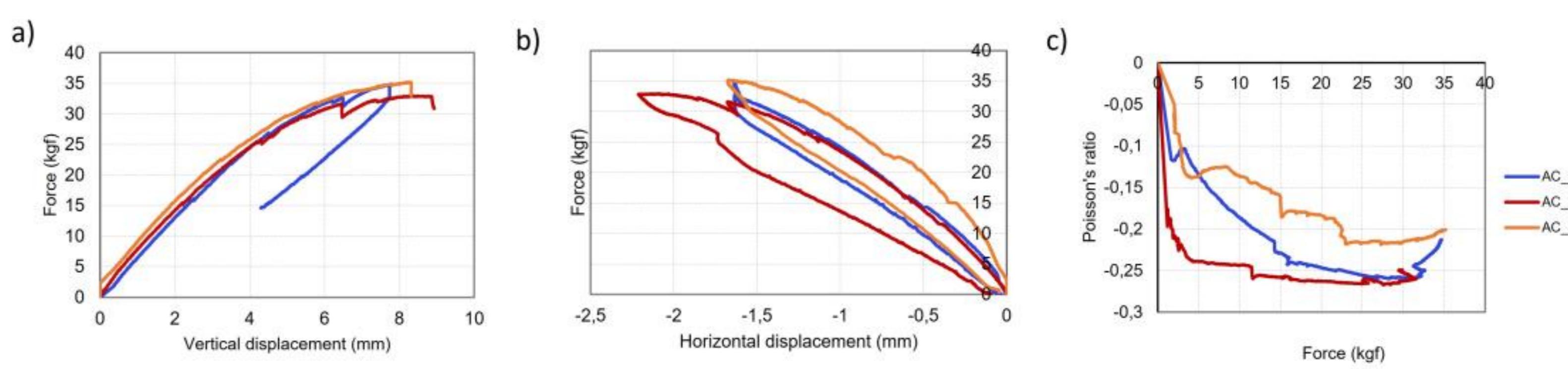


Figura 2: Curvas – Anti-tri-chiral a) Force x Vertical displacement; b) Force x Horizontal displacement and c) Poisson's ratio x Force.

Conclusões

Os resultados confirmaram a natureza auxética das geometrias reentrant, anti-tri-chiral e anti-tetra-chiral, com destaque para a reentrant, que apresentou a maior capacidade de carga (183 kgf) e o coeficiente de Poisson mais negativo (-1,29). A anti-tri-chiral mostrou estabilidade com valores próximos de -0,22, enquanto a anti-tetra-chiral atingiu -1,01, sustentando cargas médias de 59 kgf. A tri-chiral revelou comportamento anisotrópico, apresentando auxeticidade apenas em determinada direção, com Poisson mínimo de -0,25 e carga média de 74 kgf. Já a honeycomb, usada como referência, manteve-se não-auxética, com Poisson positivo de +0,75. Em síntese, o estudo comprova a viabilidade da impressão 3D em PLA para obtenção de estruturas auxéticas e evidencia o papel decisivo da geometria no desempenho mecânico.

Bibliografia

- Pessôa, A.L., Oliveira Lucas, E., de São José, L.M., Silva Almeida, V.B. and de Oliveira Siqueira, A.M., 2025. "Analysis of mechanical properties of 3d-printed auxetic reentrant structures." *Environmental & Social Management Journal/Revista de Gestão Social e Ambiental*, Vol. 19, No. 5.
- Li, K., Zhang, Y., Hou, Y., Su, L., Zeng, G. and Xu, X., 2023. "Mechanical properties of re-entrant anti-chiral auxetic metamaterial under the in-plane compression". *Thin-Walled Structures*, Vol. 184, p. 110465.
- Novak, N., Vesenjak, M., Tanaka, S., Hokamoto, K. and Ren, Z., 2020. "Compressive behaviour of chiral auxetic cellular structures at different strain rates". *International Journal of Impact Engineering*, Vol. 141, p. 103566.