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

Caracterização Mecânica de Poliuretano Termoplástico Impresso em 3D por Ensaios de Tração Segundo a ASTM D412

SILVA, Gustavo[1]; CASTRO, Mirella[1]; SENA, Gabriel[1]; SANTOS, Luciano[1]; MELO, Carlos[1]; IDAGAWA, Hugo[1]; CHAPARRO, Michel[1]
[1]UNISENAI Campus "Roberto Mange"

Introdução

O poliuretano termoplástico (TPU) é amplamente empregado em componentes flexíveis produzidos por manufatura aditiva devido à sua elevada deformabilidade, resiliência e capacidade de absorção de energia. Seu comportamento mecânico é fortemente não linear e sensível às condições de ensaio. Assim, a caracterização por tração segundo a ASTM D412 fornece base experimental para a compreensão e modelagem constitutiva do material.

Objetivos

- Caracterizar mecanicamente o TPU 30 HSd impresso por FDM.
- Comparar as geometrias ASTM D412 tipos A, C e F.
- Avaliar a influência das velocidades de 300 e 500 mm/min.
- Comparar os resultados com a literatura e modelos hiperelásticos.

Metodologia

Foram ensaiados 22 corpos de prova: tipo A (n=8), tipo C (n=8) e tipo F (n=6), com espessura aproximada de 3 mm. As amostras foram fabricadas por FDM e submetidas à tração uniaxial na máquina de ensaios Kratos equipada com uma célula de carga de 200 kgf. Os tipos A e C foram testados a 300 e 500 mm/min; o tipo F, a 500 mm/min. As curvas de tensão–deformação de engenharia foram obtidas a partir dos dados de carga e deslocamento.

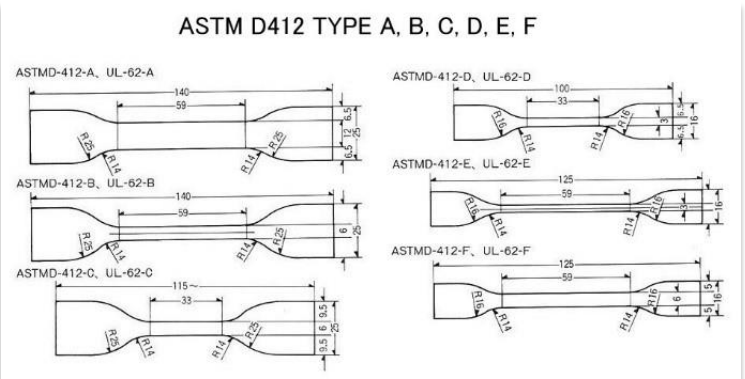


Figura 1. Geometrias ASTM D412 utilizadas: tipos A, C e F

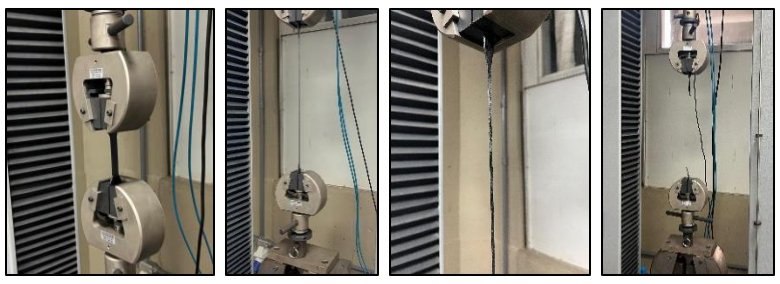


Figura 2. Registros dos ensaios

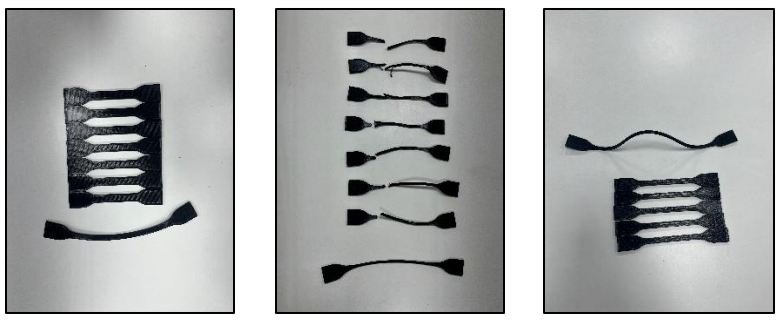


Figura 3. Corpos de prova após ensaio tipos A, C e F, respectivamente

Resultados e Discussão

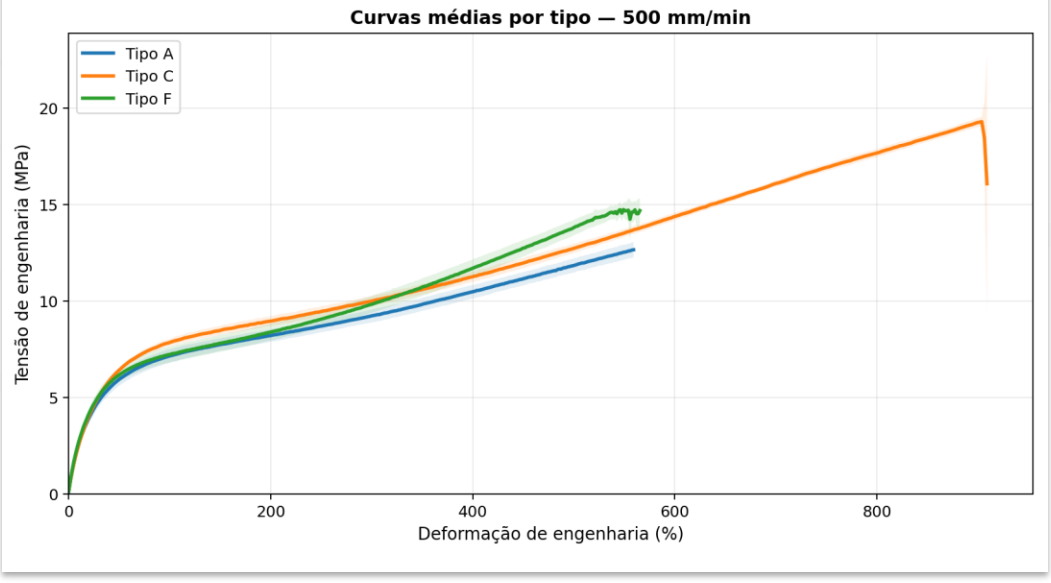


Tabela 1. Comparação entre resultados experimentais e dados de referência.

Grupo	UTS (MPa)	εmáx (%)	σ100 (MPa)	σ300 (MPa)
Tipo A 500 mm/min	12,83 ± 0,27	573 ± 13	7,14 ± 0,34	9,22 ± 0,33
Tipo C 500 mm/min	20,98 ± 1,28	1033 ± 88	7,84 ± 0,19	9,98 ± 0,27
Tipo F 500 mm/min	15,66 ± 0,80	584 ± 18	7,21 ± 0,42	9,82 ± 0,43
Viccica et al. (2025)	50,1 ± 1,8	1162 ± 2	4,3–4,9	8,0–9,5
Jaradat et al. (2023)	26	660	5,05	—

Nota: os materiais, parâmetros de impressão e geometrias da literatura não são idênticos aos deste estudo; a comparação é utilizada como referência de comportamento.

Ajuste do modelo de Mooney–Rivlin para os diferentes corpos de prova
(ajuste utilizando-se os dados de deformação de 8% a 150%)

$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_2 - 3)$$

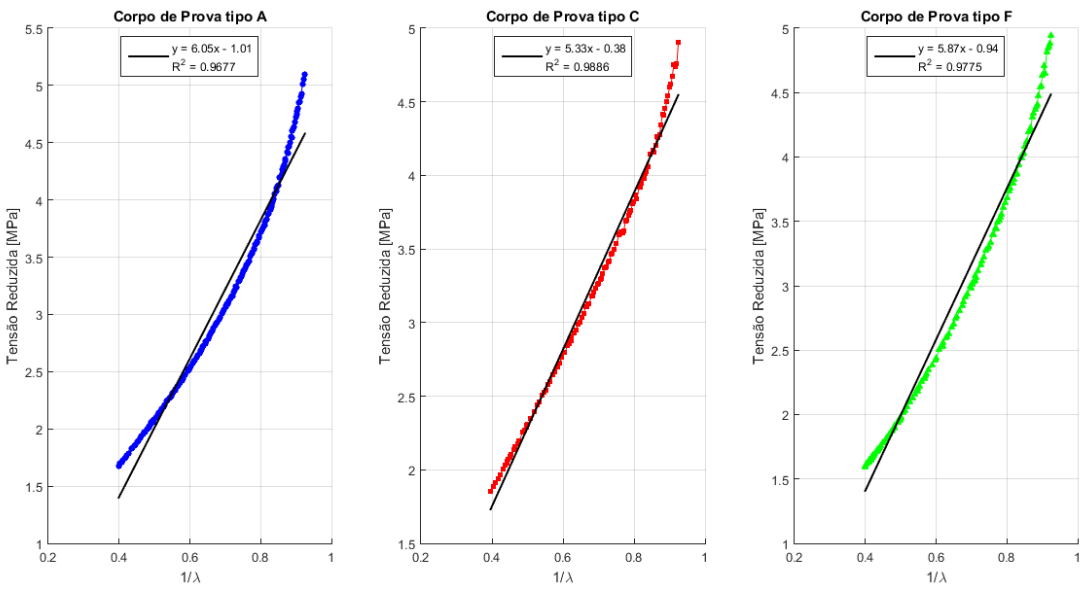


Figura 4. Comparação das constantes C_{10} e C_{01} do modelo de Mooney-Rivlin para os 3 tipos de corpos de prova.

Conclusões

- O TPU 30 HSd impresso por FDM apresentou resposta não linear e elevada deformabilidade.
- O corpo de prova tipo C forneceu os maiores valores médios de resistência e alongamento.
- A redução para 300 mm/min elevou moderadamente os valores médios dos tipos A e C.
- As constantes C10 e C01 do modelo de Mooney-Rivlin são semelhantes entre os diferentes corpos de prova, porém limitadas à faixa de deformação de 8% a 150%.
- Futuramente, outro modelos constitutivos serão avaliados.

Referências e Agradecimentos

ASTM INTERNATIONAL. ASTM D412-06aε2: Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers—Tension. 2006.

CHO, H., Mayer, S., Poselt, ¨ E., Susoff, M., Veld, P.J., Rutledge, G.C., et al., 2017. Deformation mechanisms of thermoplastic elastomers: stress-strain behavior and constitutive modeling. Polymer 128, 87–99.

SERGIO I. Reyes, Michalis F. Vassiliou, Dimitrios Konstantinidis, Experimental characterization and constitutive modeling of thermoplastic polyurethane under complex uniaxial loading, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, Volume 186,

2024, 105582, ISSN 0022-5096.

Qi, H.J., Boyce, M.C., 2005. Stress-strain behavior of thermoplastic polyurethanes. Mech. Mater. 37 (8), 817–839

Os autores gostariam de agradecer ao SENAI São Paulo pela assistência e participação no Grupo de Pesquisa em Engenharia Elétrica, Eletrônica, Automação e Reindustrialização.