

# Polímeros Impressos em 3D para Dispositivos Médicos: Uma Abordagem em Saúde Pública

3D Printed Polymers for Medical Devices: a Public Health Approach

Polímeros Impresos em 3D para Dispositivos Médicos: Un Enfoque en Salud Pública

## RESUMO

**Objetivo:** Desenvolver protótipos de dispositivos médicos tubulares por impressão 3D de polímeros, avaliando sua viabilidade técnico-científica e potencial aplicação no Sistema Único de Saúde (SUS), com vistas a contribuir para a incorporação desta tecnologia no âmbito da saúde pública brasileira. **Método:** Estudo experimental utilizando polímeros comerciais (TPU Flex, Nylon, Tritan, PLA Flex e ABS) processados por impressão FDM. Os protótipos foram desenvolvidos mediante modelagem CAD e caracterizados por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), com parâmetros comparativos estabelecidos a partir de dispositivos comerciais da JOTEC. **Resultados:** Os protótipos de TPU flex 98A apresentaram melhor desempenho com destaque para a flexibilidade e homogeneidade superficial. **Conclusão:** A impressão 3D de polímeros comerciais representa uma alternativa tecnologicamente viável para produção de dispositivos médicos personalizados, com potencial impacto na saúde pública brasileira mediante independência tecnológica.

**DESCRIPTORIOS:** Polímeros; Impressão Tridimensional; Saúde Pública; Próteses tubulares; Biocompatibilidade.

## ABSTRACT

**Objective:** To develop prototypes of tubular medical devices using 3D printing of polymers, evaluating their technical-scientific feasibility and potential application in the Brazilian Unified Health System (SUS), with a view to contributing to the incorporation of this technology within the scope of Brazilian public health. **Method:** Experimental study using commercial polymers (TPU Flex, Nylon, Tritan, PLA Flex and ABS) processed by FDM printing. The prototypes were developed using CAD modeling and characterized by Scanning Electron Microscopy (SEM), with comparative parameters established from commercial JOTEC devices. Results: The TPU flex 98A prototypes showed the best performance, especially in terms of flexibility and surface homogeneity. **Conclusion:** 3D printing of commercial polymers represents a technologically viable alternative for the production of personalized medical devices, with potential impact on Brazilian public health through technological independence.

**DESCRIPTORS:** Polymers; Three-dimensional printing; Public health; Tubular prostheses; Biocompatibility.

## RESUMEN

**Objetivo:** Desarrollar prototipos de dispositivos médicos tubulares mediante impresión 3D de polímeros, evaluando su viabilidad técnico-científica y su potencial aplicación en el Sistema Único de Salud (SUS), con el fin de contribuir a la incorporación de esta tecnología en el ámbito de la salud pública brasileña. **Método:** Estudio experimental utilizando polímeros comerciales (TPU Flex, Nylon, Tritan, PLA Flex y ABS) procesados mediante impresión FDM. Los prototipos se desarrollaron mediante modelado CAD y se caracterizaron mediante microscopía electrónica de barrido (MEV), con parámetros comparativos establecidos a partir de dispositivos comerciales de JOTEC. **Resultados:** Los prototipos de TPU flex 98A presentaron un mejor rendimiento, destacando su flexibilidad y homogeneidad superficial. **Conclusión:** La impresión 3D de polímeros comerciales representa una alternativa tecnológicamente viable para la producción de dispositivos médicos personalizados, con un impacto potencial en la salud pública brasileña mediante la independencia tecnoló-

RECEBIDO EM: 16/10/2025 APROVADO EM: 20/11/2025

Como citar este artigo: Jesus JLF, Pereira ES, Ligabue R. Polímeros Impressos em 3D para Dispositivos Médicos: Uma Abordagem em Saúde Pública. Saúde Coletiva (Edição Brasileira) [Internet]. 2025 [acesso ano mês dia];16(103):18184-18193. Disponível em: DOI: 10.36489/saudecoletiva.2025v16i103p18184-18193

**Jeanne Louise Fernandes Jesus**

Mestre em Engenharia e Tecnologia de Materiais. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul/RS  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2610-9325>

**Eduardo da Silva Pereira**

Graduado em Engenharia Mecânica. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul /RS  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4118-0513>

**Rosane Ligabue**

Professora titular da Escola Politécnica e professor permanente do Programa de Pós-Graduação de Engenharia e Tecnologia de Materiais da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7086-8820>

## INTRODUÇÃO

Os polímeros, materiais constituídos por macromoléculas, consolidaram-se como pilares da sociedade moderna, transcendendo seu uso cotidiano em embalagens, utensílios domésticos, componentes eletrônicos e vestuário para se tornarem indispensáveis na área médica<sup>1</sup>. Sua versatilidade química permite a manipulação de propriedades como flexibilidade, resistência, transparência e biocompatibilidade - a capacidade de um material desempenhar uma resposta biológica que não seja adversa no organismo<sup>2</sup>. No contexto médico, os polímeros já são amplamente utilizados em uma infinidade de dispositivos, como bolsas de sangue e soro (policloreto de vinila - PVC), seringas descartáveis (polipropileno - PP), luvas cirúrgicas (poli-isopreno), suturas absorvíveis (Policaprolactona - PCL), lentes de contato (poli(metacrilato de metila) - PMMA) e próteses vasculares convencionais, como as de politetrafluoretileno expandido (ePTFE) e poliéster (Dacron®)<sup>3</sup>.

Apesar dessa ampla adoção, a medicina tradicional frequentemente opera com um modelo de tamanho único, onde dispositivos médicos são produzidos em séries com dimensões padro-

nizadas. Esta abordagem apresenta uma limitação significativa, especialmente em um país de dimensões continentais e diversidade populacional como o Brasil, onde a anatomia dos pacientes pode variar consideravelmente<sup>4</sup>. É neste contexto que a Impressão Tridimensional (3D) de polímeros emerge como uma tecnologia inovadora, possibilitando a transição da produção em massa para a personalização em massa<sup>4</sup>. Esta tecnologia permite a fabricação sob demanda de dispositivos médicos com geometrias complexas e customizadas, ajustadas perfeitamente à anatomia individual de cada paciente, a partir de modelos gerados por imagens de raios-x, de tomografia computadorizada ou ressonância magnética<sup>5</sup>.

A relevância da impressão 3D de polímeros para o Brasil e, em especial, para o Sistema Único de Saúde (SUS), é de possibilitar uma soberania tecnológica e sanitária. O Brasil possui uma expressiva dependência de importação de dispositivos médicos de alta complexidade, o que gera vulnerabilidade nas cadeias de suprimentos, flutuações cambiais e altos custos. O desenvolvimento de capacitação interna para produzir esses dispositivos utilizando matérias-primas poliméricas e equipamentos de fabricação digital reduz essa dependên-

cia e fortalece a autonomia do sistema de saúde nacional<sup>6</sup>.

Ainda, esta tecnologia apresenta potencial de economicidade, através da capacidade de produzir protótipos e dispositivos finais sob demanda, localmente e com uma fração do custo dos equivalentes importados, pode gerar economias substanciais para os cofres públicos. Esses recursos podem ser realocados para outras áreas carentes do SUS, ampliando o acesso da população a tecnologias inovadoras<sup>7</sup>. Adicionalmente, simplifica a cadeia logística, reduzindo custos de armazenagem e distribuição.

Por fim, este artigo tem como objetivo desenvolver protótipos de dispositivos médicos tubulares utilizando polímeros impressos em 3D, com potencial aplicação no SUS. Busca-se, portanto, não apenas avaliar a viabilidade técnico-científica dos dispositivos, mas também contribuir para a incorporação desta tecnologia transformadora no âmbito da saúde pública brasileira.

## MÉTODO

Trata-se de um estudo experimental para o desenvolvimento de dispositivos médicos. Foram escolhidos os seguintes polímeros termoplásticos:

TPU flex (fabricante 3D LAB), nylon (fabricante 3D LAB), Tritan (fabricante GT Max), PLA Flex (fabricante 3D LAB) e ABS (fabricante 3D LAB). Para o desenvolvimento dos protótipos foi utilizado o software de modelagem CAD (desenvolvedor PTC, plataforma CREO PARAMETRIC, licença educacional vinculada à Escola Politécnica da PUCRS), permitindo a obtenção de arquivos em formatos STL, compatíveis com a impressão 3D (CAM) para projetar os formatos mais adequados destes

dispositivos.

A fim de estabelecer parâmetros de referência e adequar o design dos protótipos, foram adquiridos e caracterizados dispositivos médicos comerciais do fabricante JOTEC, especificamente próteses vasculares de PTFE e Dacron®. A comparação direta com esses dispositivos de padrão comercial foi fundamental para orientar a otimização geométrica dos dispositivos impressos.

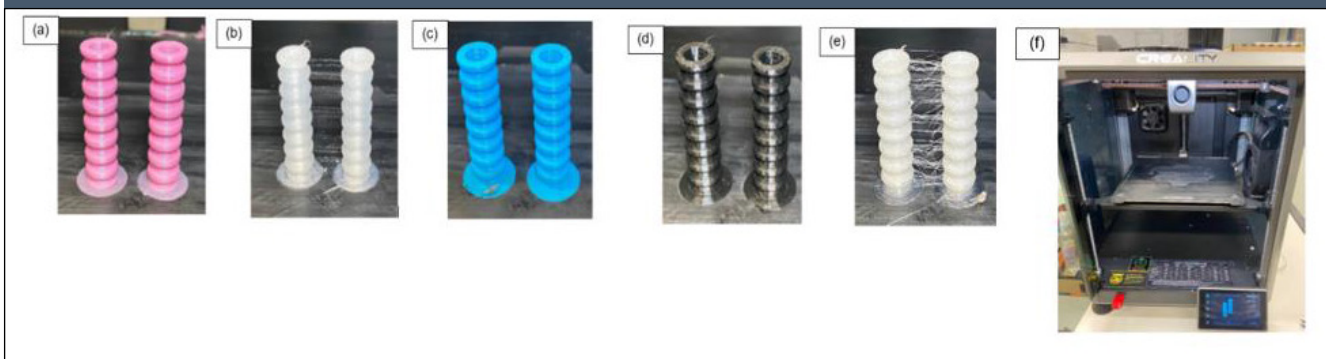
Os protótipos foram seccionados longitudinal e transversalmente para re-

alização de ensaios de Análise estrutural e de superfície através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para avaliar a qualidade da impressão 3D, a homogeneidade, a presença de falhas ou porosidade e a adesão entre camadas.

## RESULTADOS

Inicialmente produziram-se tubos sanfonados utilizando impressora 3D Creality K1c, como descrito na Figura 1.

**Figura 1. Protótipos iniciais de tubos sanfonados obtidos por impressão 3D (tecnologia FDM) a partir dos polímeros: (a) ABS; (b) Nylon; (c) PLA; (d) Tritan; (e) TPU Flex, (f) impressora 3D.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

so de impressão dos tubos sanfonados

Os parâmetros usados para o proces-

**Tabela 1: Parâmetros de impressão dos protótipos de tubos sanfonados**

Filamento	Tbico (°C)	Tmesa (°C)	V (mm/s)	E (mm)	D (mm)	H (mm)	L (mm)	C (mm)
ABS	260	105	40	1,6	0,4	0,2	0,42	60
Nylon	245	105	40	1,6	0,4	0,2	0,42	60
PLA	220	60	40	1,6	0,4	0,2	0,42	60
Tritan	265	100	40	1,6	0,4	0,2	0,42	60
TPU flex	240	70	40	1,6	0,4	0,2	0,42	60

T: temperatura; v: velocidade média do cabeçote; E: espessura da parede do tubo;

D: diâmetro do bico; H: altura das camadas; L: largura de extrusão; C: comprimento do tubo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na sequência, foram testados a impressão dos filamentos a base de ABS, PLA flex, TPU flex 98A e TPU flex 65D, como descrito na Figura 2. Nota-se o destaque da flexibilidade adquirida pelo TPU flex 98A e TPU flex 65D,

portanto, para a etapa subsequente de análise da superfície das próteses, através de MEV (Figura 3) esses protótipos foram selecionados devido ao seu melhor desempenho.

DISCUSSÃO

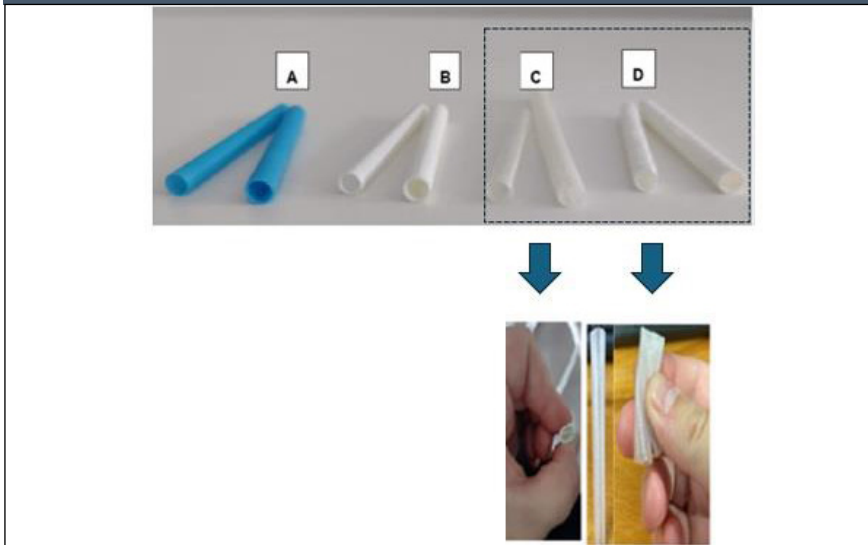
O desenvolvimento de protótipos de tubos sanfonados permitiu estabelecer a customização de parâmetros para diferentes materiais poliméricos, conforme detalhado na Tabela 1. A significativa variação nas temperaturas do bico (220-265°C) entre os polímeros demonstra a necessidade de ajustes térmicos específicos para cada material, consistente com princípios de processamento de termoplásticos<sup>9</sup>. Esta customização térmica é essencial para garantir adequada fluidez do material durante a extrusão, assegurando completa consolidação das camadas e integridade estrutural dos protótipos<sup>9</sup>.

A padronização dos parâmetros geométricos (E=1,6mm, H=0,2mm, L=0,42mm) para todos os materiais, contrastando com a variação dos parâmetros térmicos, revela uma abordagem metodológica que busca isolar o efeito do material na qualidade final dos protótipos. Esta estratégia enfatiza a importância de controlar variáveis geométricas em estudos comparativos de materiais para manufatura aditiva<sup>5</sup>.

A transição do design sanfonado para tubos retos, ilustrada na Figura 2, representou na análise comparativa com dispositivos médicos comerciais de referência. Esta abordagem, permitiu focar no melhor layout, reduzindo variáveis geométricas complexas que poderiam mascarar propriedades intrínsecas dos polímeros<sup>10</sup>. A seleção dos filamentos de TPU flex (nas versões de dureza 98A e 65D) para etapas subsequentes justificou-se por seu desempenho mecânico superior, particularmente na flexibilidade - propriedade crítica para aplicações vasculares onde a conformabilidade e resistência à kinking (colapso por torção) são essenciais<sup>11</sup>.

A análise por Microscopia Eletrônica de Varredura revelou aspectos cruciais da qualidade de impressão (Figura 3). O protótipo TPU flex 98A apresentou superfície mais homogênea com menor incidência de defeitos quando compara-

Figura 2. Protótipos de tubos retos obtidos por impressão 3D (tecnologia FDM) a partir dos polímeros comerciais: (a) ABS, (b) PLA flex, (c) TPU flex 98A e (d) TPU flex 65D. Fonte: Elaborado pelos autores.



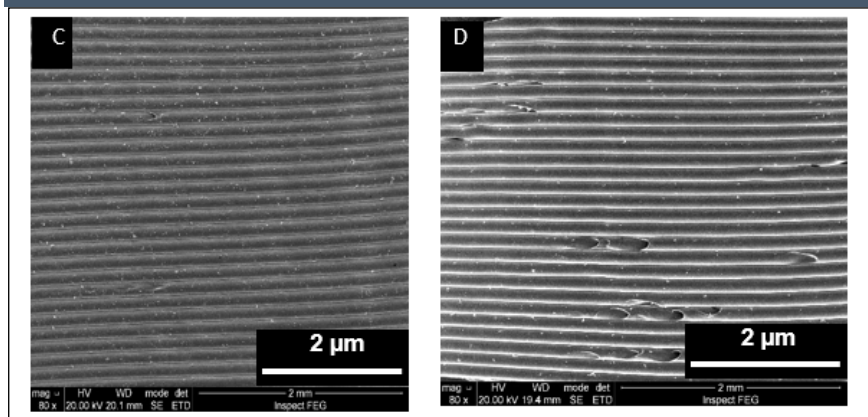
Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2: Parâmetros de impressão dos protótipos de tubos retos.

Filamento	Tbico (°C)	Tmesa (°C)	V (mm/s)	E (mm)	D (mm)	H (mm)	L (mm)	C (mm)
ABS	260	60	20	0,8	0,4	0,12	0,42	60
PLA flex	220	60	20	0,8	0,4	0,12	0,42	60
TPU flex 98A	220	60	20	0,8	0,4	0,12	0,42	60
TPU flex 65D	220	60	20	0,8	0,4	0,12	0,42	60
TPU flex	240	70	40	1,6	0,4	0,2	0,42	60

T: temperatura; v: velocidade média do cabeçote; E: espessura da parede do tubo; D: diâmetro do bico; H: altura das camadas; L: largura de extrusão; C: comprimento do tubo. Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3. Resultado da superfície dos Protótipos 3D a partir dos polímeros comerciais: (c) TPU flex 98A e (d) TPU flex 65D.



Fonte: Elaborado pelos autores.

do ao TPU flex 65D, sugerindo melhor adequação aos parâmetros de impressão estabelecidos.

A melhor qualidade superficial do TPU 98A não indica necessariamente que seja material superior, mas sim que os parâmetros de impressão utilizados estavam superiores para suas características mecânicas específicas, enquanto o TPU 65D exigiria ajustes mais específicos em velocidade, temperatura e retração para atingir qualidade equivalente<sup>12</sup>.

A comparação dos parâmetros de impressão entre os tubos sanfonados (Tabela 1) e retos (Tabela 2) evidenciou o refinamento processual, com redução da velocidade de impressão para 20 mm/s e da altura de camada para 0,12 mm nos protótipos retos - ajustes que promoveram maior precisão dimensional e qualidade superficial<sup>13,14</sup>.

## CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que o filamento TPU 98A obtive protótipos mais promissores para aplicações vasculares. Este material apresentou um equilíbrio ideal de flexibilidade e design compatíveis com a dinâmica vascular - e qualidade superficial satisfatória, com homogeneidade e ausência de defeitos críticos que poderiam comprometer o desempenho em uso clínico<sup>11,15</sup>.

Esses achados reforçam o potencial da impressão 3D de polímeros para o desenvolvimento de dispositivos médicos acessíveis no contexto do Sistema Único de Saúde (SUS), alinhando inovação tecnológica com as necessidades de saúde pública<sup>6</sup>. No entanto, é fundamental ressaltar que a validação clínica desses protótipos depende da realização de estudos complementares de

biocompatibilidade, que devem avaliar a resposta tecidual, o potencial trombogênico e a estabilidade fisiológica a longo prazo desses materiais<sup>15</sup>.

A continuação desta linha de pesquisa, com foco na caracterização biológica e na adequação regulatória, é essencial para transformar esses protótipos promissores em dispositivos médicos seguros e eficazes, contribuindo para a autonomia tecnológica e a melhoria do cuidado em saúde no Brasil.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Código de Financiamento 001 e ao Centro de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico da PUCRS (Ideia) pelo suporte e

## REFERÊNCIAS

1. Callister WD, Rethwisch DG. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC; 2017.
2. Ratner BD, Hoffman AS, Schoen FJ, Lemons JE. *Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine*. 4th ed. Cambridge: Academic Press; 2020.
3. Heim F, Durand B, Chakfé N. Textile Heart Valve Prosthesis: The Effect of Fabric Construction on the Latex Sizing and Performance. *Textile Research Journal*. 2010;80(13):1303-1313.
4. Ventola CL. *Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses*. P T. 2014;39(10):704-711.
5. Tack P, Victor J, Gemmel P, Annemans L. 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. *Biomed Eng Online*. 2016;15(1):115.
6. Oliveira MVB, Freitas EDS, Silva JVL, Noritomi PY. A Impressão 3D no Contexto da Saúde no Brasil: Potencialidades e Desafios. *Revista de Engenharia Biomédica*. 2021;25(2):45-58.
7. Li P, Li Z, Yang L, Hou J, Wang C, Tang W. The application of 3D printing in medicine: a review. *Ann Transl Med*. 2022;10(18):1016.
8. Martelli N, Serrano C, van den Brink H, Pineau J, Prognon P, Borget I, et al. Advantages and disadvantages of 3-dimensional printing in surgery: A systematic review. *Surgery*. 2016;159(6):1485-1500.
9. Gibson I, Rosen D, Stucker B. *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing*. 2nd ed. New York: Springer; 2015.
10. Tack P, Victor J, Gemmel P, Annemans L. 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. *Biomed Eng Online*. 2016;15(1):115.
11. Valvez S, Reis PNB, Susmel L, Berto F. Fused deposition modeling of polymers: a review. *Adv Eng Mater*. 2022;24(10):2100873.
12. Christ S, Schnabel M, Vorndran E, Groll J, Gbureck U. Fiber reinforcement during 3D printing of filaments with flexible materials. *Mater Lett*. 2017;207:1-4.
13. Goh GD, Yap YL, Agarwala S, Yeong WY. Recent progress in additive manufacturing of fiber reinforced polymer composite. *Adv Mater Technol*. 2019;4(1):1800271.
14. Wang X, Jiang M, Zhou Z, Gou J, Hui D. 3D printing of polymer matrix composites: a review and prospective. *Compos Part B Eng*. 2017;110:442-58.
15. Li P, Li Z, Yang L, Hou J, Wang C, Tang W. The application of 3D printing in medicine: a review. *Ann Transl Med*. 2022;10(18):1016.