



Caracterização de materiais de impressão 3D para aplicações com radiações ionizantes

Jaqueline Tainara Costa | jaqueline.tc06@aluno.ifsc.edu.br¹

Matheus Savi | matheus.savi@ifsc.edu.br²

Marco Antonio Bertoncini | c³

Flávio Augusto Penna Soares | flavio@ifsc.edu.br⁴

Tiago Pereira Wagner dos Santos | tiagopwsantos@gmail.com⁵

Edital 03/2025 PROPPI

Trabalho de Pesquisa

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

Resumo:

A aplicação da impressão 3D na área da saúde tem se consolidado como uma ferramenta relevante para a produção de modelos físicos com propriedades controladas, especialmente em contextos que envolvem radiações ionizantes. A possibilidade de ajustar parâmetros como material, padrão e porcentagem de preenchimento permite a simulação de diferentes tecidos biológicos em exames de tomografia computadorizada, nos quais a interação da radiação com a matéria é expressa em Unidades de Hounsfield (HU). Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo caracterizar materiais de impressão 3D por meio da análise dos valores de HU e densidade específica, visando identificar combinações adequadas para aplicações radiológicas. A metodologia adotada consistiu na fabricação de corpos de prova de 20 × 20 mm, utilizando o software *Creality Print* (versão 7.0), explorando todos os padrões de preenchimento disponíveis, com variações de 40%, 60%, 80% e 100% de densidade. Após uma etapa inicial de triagem, foram selecionados 17 padrões de *infills* considerados mais relevantes para a pesquisa. Esses padrões foram aplicados na impressão utilizando oito diferentes materiais, resultando na produção de 544 amostras. Os resultados encontram-se em fase de obtenção, com análises de densidade específica e valores de HU em andamento. Espera-se estabelecer correlações entre os parâmetros de impressão e as propriedades radiológicas, contribuindo para o desenvolvimento de modelos com maior fidelidade aos tecidos humanos.

Palavras-chave: impressão 3D; tomografia computadorizada; unidades de Hounsfield; radiação ionizantes.

Introdução

A impressão 3D tem se destacado como uma tecnologia relevante na área da saúde, permitindo a criação de modelos físicos personalizados para aplicações clínicas,

¹ Estudante do curso Engenharia Mecatrônica do Instituto Federal de Santa Catarina.

² Servidor curso Tecnólogo em Radiologia, Instituto Federal de Santa Catarina.

³ Servidor curso Tecnólogo em Radiologia, Instituto Federal de Santa Catarina.

⁴ Servidor curso Tecnólogo em Radiologia, Instituto Federal de Santa Catarina.

⁵ Professor, Senac Saúde - Porto Alegre.

educacionais e de pesquisa. Entre suas principais aplicações, destaca-se a produção de modelos anatômicos a partir de exames de imagem, como a tomografia computadorizada, contribuindo para melhor compreensão das estruturas e planejamento de intervenções médicas (Mitsouras et al., 2015).

No contexto das radiações ionizantes, a reprodução das propriedades físicas dos tecidos humanos é fundamental, uma vez que a interação da radiação com a matéria depende de fatores como densidade e composição química. Em exames de tomografia computadorizada, essa interação é expressa em Unidades de *Hounsfield* (HU), que permitem a diferenciação entre tecidos com base na atenuação da radiação (Bushong, 2013). Dessa forma, a produção de modelos com valores de HU semelhantes aos tecidos biológicos torna-se essencial para aplicações como calibração de equipamentos, validação de protocolos e treinamento profissional.

A tecnologia de impressão 3D por modelagem por deposição fundida (FDM) possibilita o controle da densidade interna dos objetos por meio da variação do padrão e da porcentagem de preenchimento (*infill*), influenciando diretamente as propriedades físicas dos materiais (Chua; Leong, 2017). No entanto, ainda existem lacunas na literatura quanto à caracterização sistemática dessas variáveis e sua influência nos valores de HU, especialmente considerando a diversidade de padrões disponíveis.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo caracterizar materiais de impressão 3D a partir da análise de densidade específica e valores de HU, buscando identificar combinações adequadas para aplicações com radiações ionizantes.

Fundamentação teórica

A tomografia computadorizada baseia-se na atenuação diferencial dos raios X ao atravessarem diferentes materiais, sendo essa interação influenciada principalmente pela densidade e pelo número atômico das substâncias. Essa atenuação é quantificada por meio das Unidades de *Hounsfield* (HU), nas quais a água corresponde a 0 HU e o ar a aproximadamente -1000 HU, permitindo a distinção entre diferentes tecidos biológicos (Bushong, 2013).

A utilização dessa escala é fundamental para a interpretação das imagens tomográficas, uma vez que possibilita a diferenciação entre estruturas anatômicas com base em suas propriedades físicas. Dessa forma, a simulação de tecidos por meio de

materiais sintéticos requer compatibilidade não apenas geométrica, mas também radiológica.

Nesse contexto, a impressão 3D, especialmente pela tecnologia de modelagem por deposição fundida (*FDM*), permite o controle da densidade e da estrutura interna dos objetos por meio da variação de parâmetros como o padrão de preenchimento (*infill*) e sua porcentagem. Esses fatores influenciam diretamente a densidade aparente dos materiais e, consequentemente, sua interação com a radiação.

Estudos indicam que a variação desses parâmetros possibilita a obtenção de diferentes respostas radiológicas, permitindo a simulação de tecidos como pulmão, gordura, músculo e osso (Mitsouras et al., 2015). Além disso, materiais impressos em 3D podem apresentar valores de HU compatíveis com tecidos biológicos, especialmente quando associadas variações de preenchimento e modificações na composição dos materiais (Savi et al., 2020; Savi et al., 2022).

Apesar dos avanços, a diversidade de materiais e configurações ainda representa um desafio para a padronização dos resultados, reforçando a necessidade de estudos experimentais que estabeleçam relações entre parâmetros de impressão e propriedades radiológicas.

Procedimentos metodológicos

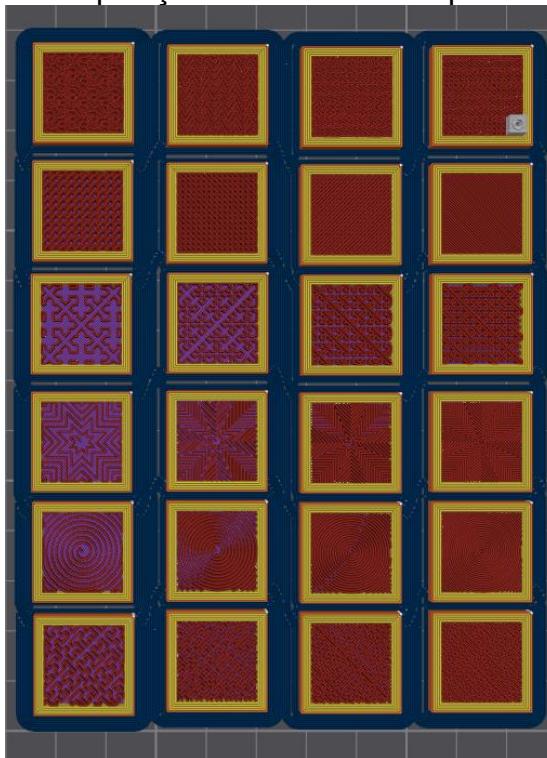
O presente estudo caracteriza-se como experimental, sendo desenvolvido em etapas sequenciais que envolvem a seleção dos parâmetros de impressão, fabricação das amostras e posterior análise física e radiológica.

Inicialmente, foi realizada uma etapa exploratória com o objetivo de avaliar todos os padrões de preenchimento (*infill*) disponíveis no software *Creality Print*, versão 7.0. Para essa análise, utilizou-se o material ABS da marca 3DON. As amostras foram produzidas em uma impressora *Creality K2 Plus*.

Após a fabricação das amostras contendo todos os padrões de *infill*, os corpos de prova foram submetidos à aquisição de imagens por tomografia computadorizada, permitindo a análise comparativa dos diferentes padrões quanto aos seus valores de HU. Com base nesses dados e na avaliação dos valores de HU, foram selecionados 17 padrões de *infill* considerados mais adequados para os objetivos da pesquisa.

A partir dessa definição, iniciou-se a etapa de produção das amostras finais, representada na figura 1. Foram impressos corpos de prova cúbicos padronizados utilizando oito materiais distintos, sendo eles: ABS (3DON), PLA + argila (*PrintALot*), *HIPS PS* (F3D), ABS Stark (3Don), *Polymaker HT - PLA - GF*, *PolyLite PLA - CF*, *PolyLite LW – PLA* e PETG (GTMax3D). Cada material foi impresso com os 17 padrões de *infill* selecionados e com variações de preenchimento de 40%, 60%, 80% e 100%, resultando em um conjunto amostral de 544 cubos.

Figura 1 – Disposição dos cubos na impressão.



Fonte: Autores (2026).

Durante o processo de impressão, foram identificadas dificuldades relacionadas principalmente à aderência das peças à mesa de impressão, especialmente em materiais com características térmicas distintas. Para minimizar esses efeitos, ajustes nos parâmetros de impressão foram realizados e aplicação de estratégias auxiliares de adesão.

Além dos corpos de prova cúbicos destinados às análises de densidade e tomografia computadorizada, foram confeccionadas amostras complementares em formato de placas, com dimensões de 6 × 6 cm e espessuras de 1 mm, 2 mm e 3 mm. Foram ainda produzidos dois modelos para avaliação mecânica dos materiais. Adicionalmente, foi confeccionada

uma peça de geometria concêntrica, com o objetivo de avaliar a influência da espessura na variação dos valores de Unidades de *Hounsfield* (HU).

As etapas subsequentes do estudo incluem a determinação da densidade específica das amostras, por meio da relação entre massa e volume, e a análise dos valores de Unidades de *Hounsfield* (HU) obtidos por tomografia computadorizada. Os dados coletados serão tratados de forma comparativa, visando identificar correlações entre os as propriedades físicas e o valor de HU atingido pelos materiais.

Resultados e discussões

Até o momento, foram concluídas as etapas de seleção dos padrões de preenchimento e fabricação das amostras. A análise inicial por tomografia computadorizada permitiu a seleção de 17 padrões de *infill* mais relevantes.

Na etapa seguinte, foram produzidos corpos de prova cúbicos com oito materiais distintos, totalizando 544 amostras, além de peças adicionais para análise mecânica. Durante a impressão, foram observadas dificuldades de aderência à mesa, exigindo ajustes nos parâmetros e evidenciando a influência das propriedades dos materiais no processo.

As análises de densidade específica e valores de HU estão em andamento. Espera-se que os resultados indiquem a relação entre o preenchimento e o comportamento radiológico dos materiais, contribuindo para a identificação de combinações adequadas à simulação de tecidos biológicos.

Considerações finais

O presente estudo encontra-se em desenvolvimento, tendo concluído as etapas iniciais de seleção dos parâmetros de impressão e fabricação das amostras. A utilização da tomografia computadorizada como ferramenta de triagem dos padrões de *infill* representou um diferencial metodológico, permitindo uma escolha mais fundamentada dos parâmetros a serem analisados.

A principal contribuição até o momento está na estruturação de um banco experimental amplo e padronizado, que possibilitará análises detalhadas das propriedades físicas e radiológicas dos materiais. Como desafios, destacam-se as dificuldades relacionadas à impressão de determinados materiais e a necessidade de controle rigoroso das variáveis experimentais.



Espera-se que, com a conclusão das análises, o estudo contribua para o desenvolvimento de modelos impressos com propriedades radiológicas compatíveis com tecidos humanos, fortalecendo a aplicação da impressão 3D na área da radiologia. Além disso, o trabalho promove a integração entre ensino, pesquisa e extensão, contribuindo para a formação técnica e científica dos envolvidos.

Referência ao fomento recebido

O presente trabalho foi desenvolvido com apoio do edital 03/2025/PROPPI, do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC).

Referências

BUSHONG, Stewart C. **Radiologic science for technologists: physics, biology, and protection**. 10. ed. St. Louis: Elsevier Mosby, 2013.

CHUA, Chee Kai; LEONG, Kah Fai. **3D printing and additive manufacturing: principles and applications**. 5. ed. Singapore: World Scientific, 2017.

MITSOURAS, Dimitris et al. Medical 3D printing for the radiologist. **Radiographics**, v. 35, n. 7, p. 1965–1988, 2015.

SAVI, Matheus Brum Marques Bianchi *et al.* **Material imaging study of 3D printing materials for diagnostic radiology phantom development**. Radiation Physics and Chemistry, [S. l.], 2020.

SAVI, Matheus *et al.* **Development of radiopaque FFF filaments for bone and teeth representation in 3D printed radiological objects**. Brazilian Journal of Radiation Sciences, v. 10, n. 1, p. 1–20, 2022.