

Uso da impressora 3D no desenvolvimento de modelos anatômicos para formação médica: uma revisão integrativa.

Use of 3D printer in the development of anatomical models for medical training: an integrative review.

Maria Clara Oliveira Barbosa¹, Ana Clara Xavier de Souza²,
Eduardo Costa Silva³, Israel Marques Campos⁴

1. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3211-3873> Discente. Graduanda em Medicina. UFRB, Santo Antônio de Jesus, Bahia, e Brasil.
E-mail: mclaraabarbosa@aluno.ufrb.edu.br
2. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8536-8386> Discente. Graduanda em Medicina. UFRB, Santo Antônio de Jesus, Bahia, e Brasil.
E-mail: anaaclara2004@aluno.ufrb.edu.br.
3. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6583-0948> Discente. Graduando em Medicina. UFRB, Santo Antônio de Jesus, Bahia, e Brasil.
E-mail: eduardocosta@aluno.ufrb.edu.br
4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8514-8108> Pesquisador em Pós-Doutorado. Doutor. UFRB, Santo Antônio de Jesus, Bahia, e Brasil.
E-mail: isracamposedh@gmail.com

RESUMO

O uso da impressora 3D tem revolucionado o estudo da anatomia, permitindo a criação de modelos anatômicos personalizados e precisos para a formação médica. Este trabalho objetiva compreender a relevância desta tecnologia e como ela se dá no processo da formação médica. Através da realização de uma revisão integrativa de literatura, o artigo buscou responder a seguinte questão norteadora: “Qual a importância do uso de protótipos impressos tridimensionalmente no estudo da anatomia por acadêmicos de medicina?” Analisando os títulos dos artigos científicos revisados, bem como os principais objetivos e resultados dos artigos selecionados observou-se os seguintes resultados: 25% (N=3) dos artigos abordaram sobre o uso de protótipos impressos tridimensionalmente como simuladores para o treinamento de procedimentos cirúrgicos. Outros 33,3% (N=4) artigos discorreram sobre a aplicação dos protótipos nos estudos de disciplinas presentes no ciclo básico da área médica, como histologia, anatomia e embriologia. Por fim, 25% (N=3) artigos referiram-se às aplicações

dos protótipos para estudos de técnicas cirúrgicas. Os outros 16,7% (N=2) artigos foram classificados como revisões abordando uma análise literária das aplicações da impressora 3D para treinamento médico. Conclui-se que a impressão 3D demonstra uma grande viabilidade para o método ensino-aprendizagem para o curso de medicina, sendo aplicável nas realidades concretas e promovendo o exercício de atividades práticas que serão importantes para a consolidação de um bom profissional.

DESCRITORES: Impressão 3D. Modelo Anatômico. Protótipo.

ABSTRACT

The use of 3D printers has revolutionized the study of anatomy, allowing the creation of personalized and accurate anatomical models for medical training. This work aims to understand the relevance of this technology and how it occurs in the medical training process. By carrying out an integrative literature review, analyzing the titles of the scientific articles reviewed, as well as the main objectives and results of the selected articles, the following results were observed: 25% (N=3) of the articles addressed the use of three-dimensionally printed prototypes as simulators for training surgical procedures. Another 33.3% (N=4) articles discussed the application of prototypes in the studies of disciplines present in the basic cycle of the medical field, such as histology, anatomy and embryology. Finally, 25% (N=3) articles referred to the applications of prototypes for studies of surgical techniques. The other 16.7% (N=2) articles were classified as reviews addressing a literary analysis of 3D printer applications for medical training. It is concluded that 3D printing demonstrates great viability for the teaching-learning method for medical courses, being applicable in concrete realities and promoting the exercise of practical activities that will be important for the consolidation of a good professional.

DESCRIPTORS: 3D Printing. Anatomic Mode. Prototype.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições, desde que o trabalho original seja corretamente citado.

INTRODUÇÃO

A impressão tridimensional, também conhecida como prototipagem rápida, foi criada no final dos anos 1980 [...] e envolve um processo de reconstrução virtual de uma superfície ou objeto a partir de um molde computadorizado (SILVEIRA et al, 2021). Uma das principais aplicações da prototipagem rápida se dá na área da saúde, principalmente próteses, implantes, engenharia do tecido esquelético e modelos anatômicos baseados em imagem¹².

Nesse sentido, o uso da impressora 3D tem se mostrado promissor no que tange o estudo da anatomia, visto que os espécimes ou modelos anatômicos têm sido um método versátil para facilitar o ensino, mesmo para grandes grupos de alunos⁹. Desse modo, o desenvolvimento da habilidade visual por meio dos protótipos é de grande importância para uma disciplina cuja ementa apresenta o reconhecimento de estruturas anatômicas por meio de desenho, imagens ou modelos.

Além disso, a impressão tridimensional oferece amplas possibilidades de customizações⁹, uma maneira de expandir o ensino anatômico para práticas de simulações cirúrgicas personalizadas, criação de modelos para patologias raras como, por exemplo, malformações congênitas, lesões e tumores.

Embora a impressora 3D tenha se popularizado, ainda são poucos os estudos referentes às possibilidades e avanços dessa tecnologia para a formação acadêmica de estudantes de medicina. Dessa maneira, espera-se com esse artigo colaborar com a lacuna científica existente, ao revisar as aplicabilidades da impressão tridimensional para criação de modelos anatômicos que auxiliam no treinamento médico, quais os benefícios e quais são os fatores limitantes para a expansão do uso dessa tecnologia. Ademais, o estudo propõe-se a ser uma ferramenta para divulgação e incentivo para novas pesquisas e descobertas sobre o uso da impressão 3D como instrumento de capacitação de estudantes de medicina.

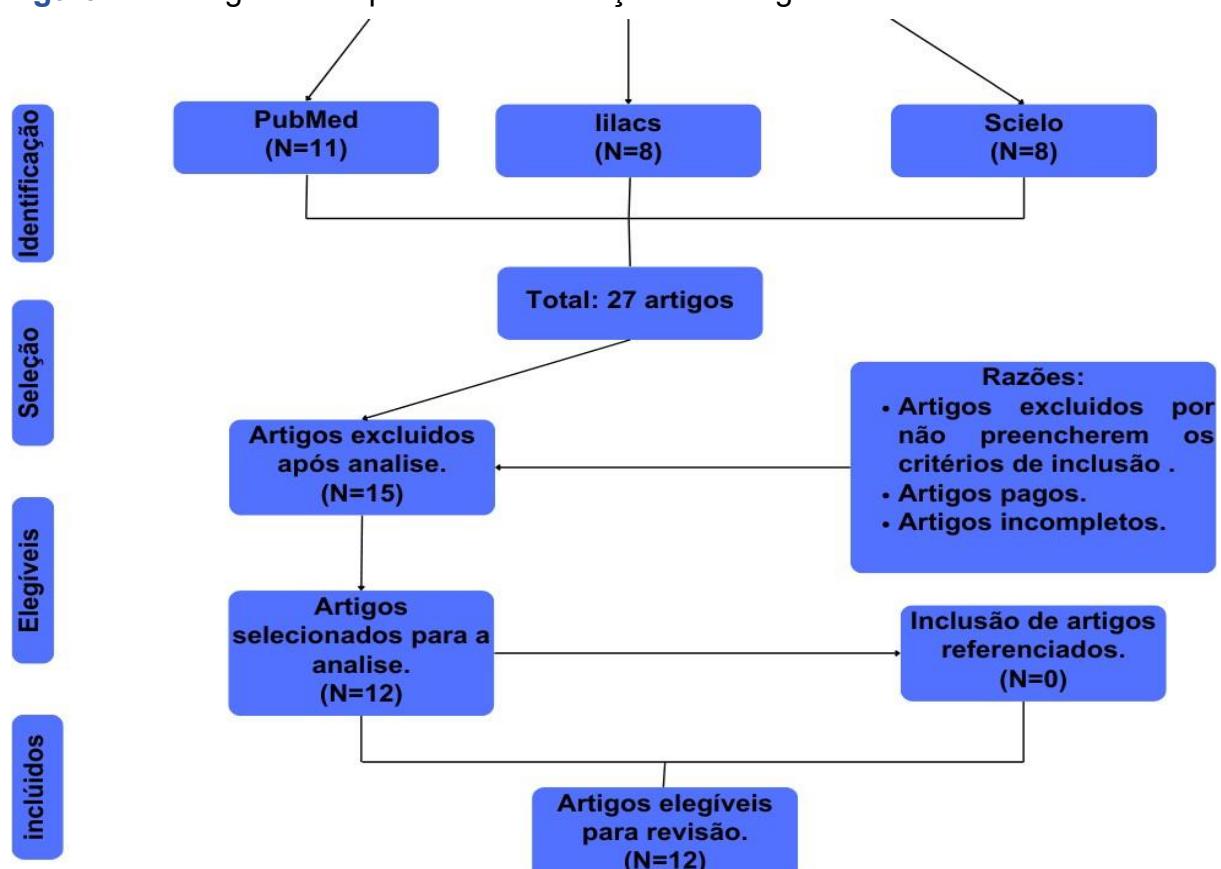
MÉTODO

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, realizada entre os períodos de setembro a novembro de 2024, que visa sistematizar evidências disponíveis sobre os benefícios do uso da impressora 3D para o desenvolvimento de protótipos de modelos anatômicos utilizados como método de estudo nas faculdades de medicina,

sem recorte socioterritorial. Esse método foi escolhido como forma de possibilitar a análise de estudos, a fim de proporcionar ampla, mas validada internacionalmente, visão sobre a aplicabilidade prática sobre o tema. Nesse sentido, não houve a necessidade da sua submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa por ser uma pesquisa construída com base em dados secundários.

A revisão foi conduzida com inspiração na metodologia PRISMA- ScR (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses for Scoping Review), que consiste em um checklist com as etapas que foram seguidas (Figura 1). A metodologia é utilizada para além na revisão de escopo, como a revisão integrativa¹⁵. A revisão integrativa tem origem brasileira, tendo um rigor científico que se aproxima e se inspira na revisão de escopo e sistemática, mas que também permite a originalidade e inventividade, condizente com os procedimentos científicos¹⁶.

Figura 1. Fluxograma do processo de seleção dos artigos



Fonte: Próprios autores.

Para a estruturação da pesquisa foram utilizadas algumas ferramentas metodológicas. Na formulação da pergunta, houve utilização da estratégia PEO (Person-Environment-Occupation), adaptação da estratégia PICO e pertinente à

revisões qualitativas como a apresentada no presente trabalho. A partir disso, formulou-se a seguinte pergunta: “Qual a importância do uso de protótipos impressos tridimensionalmente no estudo da anatomia por acadêmicos de medicina?”.

Para o levantamento e análise dos artigos na literatura foi realizado uma busca pelos três autores de maneira independente, nas seguintes bases de dados: Scientific Electronic Library Online (SciELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e National Library of Medicine (PubMed), como critério de adoção, utilizou-se os seguintes descritores com base no DeCS/MeSH: “Impressão 3D”, “Modelos anatômicos”, “Protótipos”, “3D printing”, “Anatomic model” e “Prototype”. A busca foi realizada combinando as palavras-chaves com o operador booleano “AND”.

Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram: artigos publicados nos últimos dez anos, entre os anos de 2014 a 2024, sem filtro por data, artigos escritos no idioma português, inglês e espanhol. Além da duplicidade entre as buscas realizadas, constituíram como critérios de exclusão, no processo de seleção dos estudos: artigos que abordavam as atuações dos protótipos tridimensionais em outras áreas de atuação; artigos com o texto incompleto; artigos pagos; artigos que, apesar de apresentar em sua estrutura alguns dos descritores, não correspondia ao objetivo da revisão; livros; notícias e resenhas.

Após a aplicação do filtro, foram considerados e classificados de acordo alguns critérios prévios. No total, selecionou-se 27 artigos e estes foram avaliados, sendo 8 proveniente da base de dados SCIELO, 11 da base de dados PUBMED e 8 da base de dados LILACS. Desse total, excluiu-se 1 artigo duplicado, 1 artigo incompleto, 3 artigos pagos e 10 artigos que não atendiam aos objetivos propostos pela revisão. Assim, foram obtidos como material preliminar de uso 12 artigos que atendiam os propósitos estabelecidos. As referências dos estudos selecionados também foram verificadas, e nenhum artigo foi incluído.

RESULTADOS

Após o processo de seleção, 12 artigos foram escolhidos conforme os critérios apresentados na seção metodológica (Tabela 1).

Tabela 1. Especificidades dos artigos selecionados para revisão.

Título do artigo	Autores	Tipo do estudo	Objetivos	Ano
Three-dimensional printing of orbital computed tomography scan images for use in ophthalmology teaching	Sassaki, Yuka Kimura; Costa, Ana Luiza Fontes de Azevedo; Yamanaka, Pedro Gabriel; Chrispin, Thyeres Teixeira Bueno; Daros, Kellen Adriana Curci; Choi, Stefano Neto Jai Hyun; Santos, Vagner Rogerio dos.	Artigo original.	Propor um protocolo para criação de arquivos digitais a partir de imagens de tomografia computadorizada para serem impressas em 3D e utilizadas como material didático na área de oftalmologia, utilizando os softwares de código aberto InVesalius®, Blender® e Repetier-Host®.	2022.
Simulador de dreno de tórax: desenvolvimento de modelo de baixo custo para capacitação de médicos e estudantes de medicina.	Bettega, Ana Luísa; Bueno, Luis Fernando Spagnuolo; Nazar, Guilherme Augusto; De-Luca; Giovanni Yuji Enomoto; Sarquis, Lucas Mansano; Wiederkehr, Henrique de Aguiar; Foggiatto, José Aguiomar; Pimentel, Silvania Klug.	Artigo original.	Criar, em impressora 3D, um simulador de baixo custo de caixa torácica humana que permita a reprodução da técnica de drenagem fechada de tórax (DFT) comparando sua eficácia com a do modelo animal.	2019

3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review.	Tack, Philip; Victor, Jan; Gemmel, Paul; Annemans,Lieven.	Revisão sistemática da literatura.	Resume a literatura sobre aplicações cirúrgicas de impressão 3D usadas em pacientes, com foco nos resultados clínicos e econômicos relatados.	2016
Criação de Modelos Embriológicos Cardíacos para Impressão 3D para Ensino de Anatomia e Embriologia.	Yahiro, Davi Shunji; Abrantes, Juliana Cadilho da Silva; Magliano, D'Angelo Carlo; Mesquita, Claudio Tinoco.	Artigo original.	Relata o desenvolvimento de modelos 3D para facilitar o aprendizado médico, buscando demonstrar o looping cardíaco e a septação atrial e ventricular, pontos críticos do desenvolvimento do coração.	2023.
Modelling and Manufacturing of a 3D Printed Trachea for Cricothyroidotomy Simulation.	Doucet, Gregory; Ryan, Stephen; Bartellas, Michael; Parsons, Michael; Dubrowski, Adam; Renouf, Tia.	Artigo original.	Melhorar as técnicas de simulação atuais utilizando prototipagem rápida usando tecnologia de impressão 3D e opiniões de especialistas para desenvolver simuladores de traqueia baratos e anatomicamente precisos.	2017.

Prototyping and 3D Printing of Computed Tomography Images with an Emphasis on Soft Tissues, Especially Muscles, for Teaching Human Anatomy.	Da silva, a. f.; Donato, m. c.; Da silva, m. o.; De sousa, s. d. g.; Simão, t. r. p.; kietzer, k. s.; liberti, e. a.; frank, p. w.	Artigo original.	Modelos impressos em 3D a partir de imagens de tomografia computadorizada (3D-CT) para o estudo da anatomia humana, com ênfase em partes moles, especialmente músculos.	2023.
Práctica Experimental de Disección y Modelación 3D de Oído Medio e Interno para la Construcción Significativa de Conocimiento en el Área de Anatomía Humana.	Toro, Sonia Osorio.	Artigo original.	Construção de conhecimento na compreensão da Anatomia do ouvido médio e interno humano, com base na dissecação e modelação 3D do experimento.	2020
Engineering functional and anthropomorphic models for surgical training in interventional radiology: A state-of-the-art review.	Zhao, Zhuo; Ma, Yangmyung; Mushtaq, Adeel; Radhakrishna n, Vignesh; Hu, Yihua; Ren, Hongliang; Song, Wenzhan; Tse, Zion Tsz Ho.	Artigo de Revisão.	Este artigo de revisão focou na pesquisa em andamento em protótipos de phantoms anatômicos desenvolvidos por pesquisadores e médicos.	2022.

Dynamic three-dimensional printing: The future of bronchoscopic simulation training?	Fu, Rao; Hone, Nicole G; Broadbent, James R; Guy, Bernard J; Young, Jeremy S..	Artigo original.	Aplicação da mecânica pneumática e de fluidos na criação de movimentos dinâmicos dentro de um modelo 3D, aumentando assim o realismo visual e criando feedback tátil no ambiente broncoscópico.	2023.
Diseño y Fabricación de Modelos Impresos en 3D como Complemento para las Clases Prácticas de Histología Médica.	Toledo-Ordoñez, I.; Oneto, N.; Concha, M.; Sanhueza, S.; Osses, M.; Padilla-Meza, J.; Godoy-Guzmán, C..	Artigo original.	Projetar e fabricar modelos impressos em 3D como complemento às aulas práticas de Histologia Médica.	2022.
3D Rapid Prototyping Heart Model Validation for Teaching and Training - A Pilot Project in a Teaching Institution.	Krishnasamy, Sivakumar; Mokhtar, Raja Amin Raja; Singh, Ramesh; Sivalingam, Sivakumar; Aziz, Yang Faridah Abdul; Mathaneswara n, Vickneswaran.	Artigo original.	Criar um modelo cardíaco 3D RP e verificar a precisão anatômica do modelo entre os clínicos.	2021.

Efectos de la impresión 3D en la planificación quirúrgica de las cardiopatías congénitas. Impact of 3D printing in surgical planning of congenital heart disease.	Zárate, Roberto Cano; Barajas, Erick K. Hernández; Barajas, Helios H. Hernández; González, Aloha Meave; Zavaleta, Nilda Espínola.	Artigo original.	Fazer modelos cardíacos impressos em 3D, a fim de fornecer réplicas táteis 3D reais da anatomia cardíaca que permitam uma visualização detalhada de todas as perspectivas possíveis, sejam de estruturas extracardíacas ou intracardíacas.	2021.
--	---	------------------	--	-------

Fonte: Próprios autores.

A compilação de dados revelou uma predominância de produções realizadas nos últimos quatro anos ($n=9$); os demais estudos foram produzidos antes de 2020 ($n=3$). Além disso, dos artigos lidos 16,67% ($n=2$) são revisões de literatura, enquanto os outros 83,33% ($n=10$) correspondem a artigos originais.

Ao analisar o título, os principais objetivos e resultados dos artigos selecionados observou-se que 25% ($N=3$) dos artigos abordaram sobre o uso de protótipos impressos tridimensionalmente como simuladores para o treinamento de procedimentos cirúrgicos. Outros 33,3% ($N=4$) artigos discorreram sobre a aplicação dos protótipos nos estudos de disciplinas presentes no ciclo básico da área médica, como histologia, anatomia e embriologia. Por fim, 25% ($N=3$) artigos referiram-se aplicações dos protótipos para estudos de técnicas cirúrgicas. Os outros 16,7% ($N=2$) artigos foram classificados como revisões abordando uma análise literária das aplicações da impressora 3D para treinamento médico.

Os artigos completos, com exceção das revisões de literatura, foram analisados conforme características estruturais recorrentes, tendo como base os custos-benefícios, os resultados positivos e as limitações do uso dos protótipos.

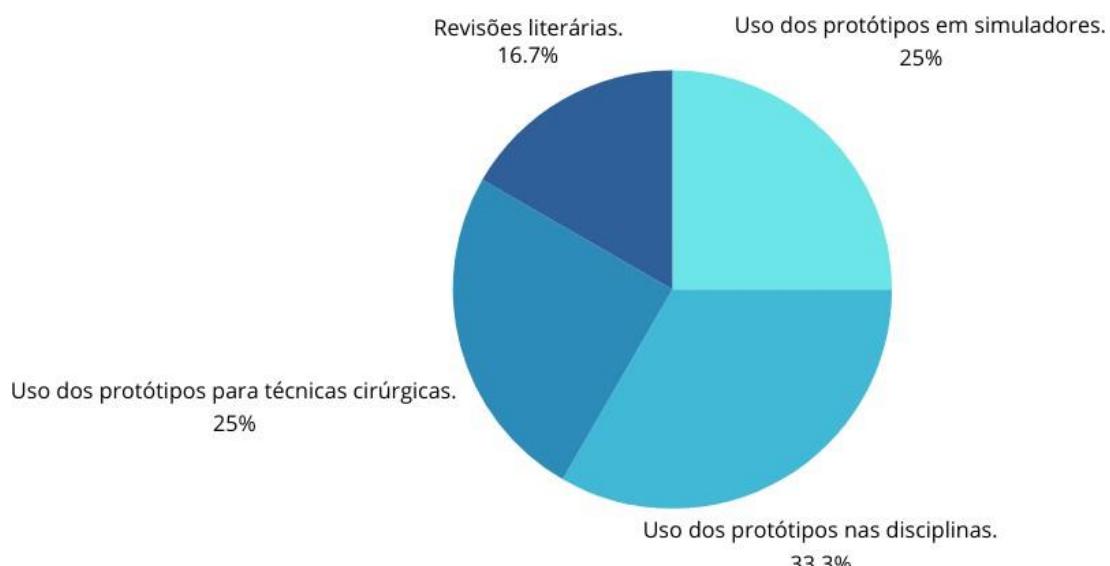
Dante disso, foi possível analisar, com uma abordagem da revisão categorial que, em relação ao custo, 20% ($N=2$) destacaram custo inicial de produção elevado, outros 50% ($N=5$) destacaram custo acessível dos protótipos em comparação a outros modelos sintéticos como ponto favorável e 30% ($N=3$) dos artigos não mencionaram o custo durante seus resultados e discussões.

Em relação aos resultados positivos do uso de protótipos tridimensionais, observou-se que 100% dos artigos analisados apontaram como benefício a precisão dos modelos na representação das estruturas anatômicas. Dentre esses, 20% (N=2) dos artigos também pontuaram como benefício a possibilidade de compartilhar os modelos produzidos digitalmente de forma colaborativa para outras instituições de ensino. Além disso, 30% (N=3) dos artigos pontuaram a rapidez do processo de impressão como um benefício, somado a possibilidade de fazer alterações dos designs conforme patologias raras adquiridas por Tomografias Computadorizadas (TC). Além disso, 10% (N=1) dos artigos também ressaltou como benefício a melhor acessibilidade dos modelos tridimensionais em comparação ao uso de modelos humanos que passam por questões culturais, religiosas e de biossegurança.

No que se diz respeito aos 20% (N=2) artigos que abordaram o uso da impressora 3D em simuladores cirúrgicos. Destacou-se feedbacks positivos das duas pesquisas quanto à fidelidade do modelo e preferência em relação ao modelo animal para o treinamento. Entretanto, em relação às limitações, um dos artigos analisados ressalta a subjetividade dos itens analisados na pesquisa, como fator limitante por dependência de interpretações das experiências individuais, já o outro artigo pontuou que o material utilizado pode causar limitações em relação à durabilidade das peças.

Acerca das limitações presentes nos outros 8 artigos, analisou-se que 37,5% (N=3) dos artigos não pontuou limitações do estudo. Enquanto 50% (N=4) sinalizaram como limitação a resolução de algumas imagens das tomografias computadorizadas, que podem influenciar na precisão dos protótipos, apontando como dependência o uso de softwares mais evoluídos para melhorar a visualização das estruturas. Dentre esses, 25% (N=2) dos artigos também abordou como limitação a impossibilidade de dissecação de peças impressas tridimensionalmente, ocasionando ainda uma dependência do uso tradicional de corpos cadavéricos para a prática.

Figura 2. Síntese do conteúdo geral dos artigos.



Fonte: Próprios autores.

Tabela 2. Análise dos principais pontos abordados nos artigos.

Título do artigo	Custo-benefício	Principais benefícios	Principais limitações
Three-dimensional printing of orbital computed tomography scan images for use in ophthalmology teaching	Não mencionado.	Vantajoso quanto a similaridade do protótipo em relação às estruturas anatômicas reais.	Limitações quanto a perda de representação de pequenas estruturas ósseas e quanto a dependência do uso de softwares para o refinamento dos protótipos.
Simulador de dreno de tórax: desenvolvimento de modelo de baixo custo para capacitação de médicos e estudantes de medicina.	Custo final do modelo inferior ao do simulador comercial.	Simulador se mostrou equivalente ao modelo animal quanto à simulação da técnica.	Subjetividade dos itens avaliados na pesquisa devido às formas de resposta ao questionário.

Criação de Modelos Embriológicos Cardíacos para Impressão 3D para Ensino de Anatomia e Embriologia.	Baixo custo.	Vantajoso quanto a sua reprodutibilidade de perspectivas que não é possível visualizar em livros didáticos e possibilidade de disponibilizar online para uso diversos.	Não mencionados.
Modelling and Manufacturing of a 3D Printed Trachea for Cricothyroidotomy Simulation.	Baixo custo.	Vantajoso quanto a rapidez na impressão e pela flexibilidade de ajustar o design para representação de patologias raras.	Não mencionadas.
Prototyping and 3D Printing of Computed Tomography Images with an Emphasis on Soft Tissues, Especially Muscles, for Teaching Human Anatomy.	Alto custo para alguns laboratórios, devido o método ainda não ser popularizado.	Imagens obtidas de pacientes reais demonstrando variações anatômicas.	Impossibilidade de dissecação de peças impressas e dependência de softwares para aprimorar o processamento de algumas imagens com baixa resolução.
Práctica Experimental de Disección y Modelación 3D de Oído Medio e Interno para la Construcción Significativa de Conocimiento en el Área de Anatomía Humana.	Não mencionado.	Vantajoso quanto a representação precisa das estruturas anatômicas. Além de permitir a disponibilização de arquivos digitais para acesso por outras instituições de ensino.	Limitações quanto a experiência de dissecação de cadáveres.
Dynamic three-dimensional printing: The future of bronchoscopic simulation training?	Alto custo.	Representação de movimentos dinâmicos de lesões dentro de um modelo anatômico, permitindo a simulação com alta fidelidade.	Limitações quanto a longevidade do material usado para os modelos 3D.

Diseño y Fabricación de Modelos Impresos en 3D como Complemento para las Clases Prácticas de Histología Médica.	Redução dos custos.	Foi pontuado com positivo a alta reprodutibilidade, redução do tempo necessário para produção em massa, precisão de impressão e capacidade de fazer modificações em objetos. Outros aspectos positivos pontuados foram melhor acessibilidade dos modelos à realidade humana evitando conflitos de disponibilidade, biossegurança, culturais e religiosos.	Não mencionadas.
3D Rapid Prototyping Heart Model Validation for Teaching and Training - A Pilot Project in a Teaching Institution.	Não mencionado.	Modelo útil com relação a estruturas anatômicas complexas e distúrbios que não são facilmente capturados ou compreendidos em duas dimensões	A anatomia da estrutura não foi adequadamente integrada ao modelos devido a dificuldade de integrar as imagens de TC.
Efectos de la impresión 3D en la planificación quirúrgica de las cardiopatías congénitas. Impact of 3D printing in surgical planning of congenital heart disease.	Custo aproximado de 7.000 pesos.	A utilização de peças impressas em 3D demonstra melhor orientação espacial da anatomia e facilita procedimentos cirúrgicos ou intervencionistas e modifica o encurtamento do tempo cirúrgico e a morbidade e mortalidade dos pacientes.	Subjetividade com que as cardiopatias congênitas são percebidas no momento da modelagem e necessidade de aprimoramento das técnicas de aquisição, processamento e manipulação 3D.

Fonte: Próprios autores.

DISCUSSÃO

A impressão 3D se consolida como uma forte ferramenta de ensino no meio acadêmico, tanto para os alunos de medicina, quanto para os residentes de cirurgia. A literatura estudada evidencia a existência de um elo forte entre os eixos de pesquisa, por mais distintos que sejam: o baixo custo dessa tecnologia, atrelado sua à praticidade, precisão e adaptabilidade, que é capaz de moldar peças anatômicas, modelos cirúrgicos e próteses cirúrgicas, oferecendo um ensino prático e palpável aos discentes, de modo a enriquecer a formação acadêmica, que depende fortemente de uma base teórico-prática bem consolidada^{1,11}.

Na medicina, sabe-se que a simulação com peças anatômicas de qualidade, com modelagem fiel à peça biológica, possibilita o exercício da prática, o aperfeiçoamento da técnica pelo ganho de experiência, a diminuição dos riscos de execução da técnica e eleva a qualidade do atendimento ao paciente¹. Paralelo a isso, com a técnica de impressão 3D, torna-se possível a construção de modelos palpáveis que reproduzem as propriedades mais essenciais dos tecidos para posterior manuseio e estudo¹³. Esse fator contorna alguns desafios enfrentados por instituições de ensino superior atualmente, como o alto custo para a aquisição de peças comerciais, cujas estruturas são padrões e caso se deseje adquirir modelos com variações morfológicas e anatômicas, maiores investimentos serão necessários. Além disso, percebeu-se a necessidade de investimento em técnicas de refrigeração e conservação adequada dos modelos biológicos, necessitando de investimentos em estrutura laboratorial para que não haja perda de função e qualidade dessas peças, algo que seria minimizado pelo uso de modelos sintéticos impressos tridimensionalmente¹.

No que tange o processo de ensino-aprendizagem nas residências médicas, a literatura revela forte aceitação ao uso da impressão 3D como meio para a construção de modelos físicos, como malformações ósseas, osteossarcomas, complexos vasculares, assim como a impressão de estruturas modelo para treinamento de técnicas de rotina nas áreas de anestesiologia, medicina respiratória, terapia intensiva, otorrinolaringologia e cirurgias torácica^{5 10}. O uso de exames de imagem se mostrou essencial como modelos digitais para guiar as impressões, a exemplo de tomografias computadorizadas, que produzem imagens tridimensionais ideais para essa função⁸.

Contudo, a literatura revelou um empecilho no uso dessa tecnologia no ensino de residências médicas, algo que não se observou nos materiais de estudos com os graduandos de medicina: a qualidade das impressões para o estudo em residências deve ser mais refinada e sutil para representar com maior fidelidade as propriedades dos tecidos, como a diferenciação das partes moles da traqueia nos estudos de broncoscopia, por exemplo^{5 6 10}. Visto isso, as peças devem emular o cenário patológico presente da forma mais fiel possível, o que requer impressoras com capacidade de impressão ainda mais precisa e polímeros específicos, elevando bastante o custo da produção, o que segmenta mais as instituições que podem aderir a essa técnica^{5 8 10}.

Além disso, outros fatores se mostram limitadores do ensino aprendizagem, como a impossibilidade de dissecação de peças anatômicas, devido à rigidez e composição dos materiais termoplásticos das peças impressas^{4 7}. As propriedades tátteis das peças cadavéricas também não se reproduzem nos modelos impressos, com isso, por mais que a experiência com a morfologia da peça seja passível de reprodução, ela não será completamente fiel⁴.

CONCLUSÃO

A impressão 3D é uma tecnologia viável e prática para o método de ensino-aprendizagem nas faculdades de medicina, apresentando baixos custos de implementação, revolucionando as técnicas de ensino, exercitando a prática médica pelo uso de patentes e fortificando a base metodológica dos futuros profissionais, o que impacta diretamente na qualidade do atendimento prestado aos usuários do sistema de saúde. Percebe-se que essa ferramenta contorna alguns gastos comuns para as aulas laboratoriais, como o uso de modelos anatômicos comerciais de alto valor e investimentos em técnicas de conservação em caso de uso de peças biológicas. O uso dessa técnica em residências é promissor, porém, o custo se eleva devido à necessidade de máquinas com capacidade de impressão mais sofisticada e precisa, o que distancia a implementação dessa impressão 3D em relação ao uso nas faculdades de medicina.

CONFLITO DE INTERESSE:

Os pesquisadores afirmam que não houve conflito de interesse nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Bettega AL, Brunello LFS, Nazar GA, De-Luca GYE, Sarquis LM, Wiederkehr H de A, et al.. Simulador de dreno de tórax: desenvolvimento de modelo de baixo custo para capacitação de médicos e estudantes de medicina.. Rev Col Bras Cir [Internet]. 2019;46(1):e2011. Available from: <https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20192011>.
2. Cano-Zárate R, Hernández-Barajas EK, Hernández-Barajas HH, Meave-González A, Espínola-Zavaleta N. Efectos de la impresión 3D en la planificación quirúrgica de las cardiopatías congénitas. Arch. Cardiol. Méx. [revista en la Internet]. 2021 Mar [citado 2024 Dic 08] ; 91(1): 1-6. Available from: <https://doi.org/10.24875/acm.20000395>.
3. Doucet G, Ryan S, Bartellas M, Parsons M, Dubrowski A, Renouf T. Modelling and Manufacturing of a 3D Printed Trachea for Cricothyroidotomy Simulation. Cureus. 2017;9(8):e1575. Available from: <http://doi.org/doi:10.7759/cureus.1575>
4. Ferreira da-Silva A, Donato MC, Oliveira da-Silva M, Gonçalves de-Sousa SD, Parada STR, Simone KK et al . Prototyping and 3D Printing of Computed Tomography Images with an Emphasis on Soft Tissues, Especially Muscles, for Teaching Human Anatomy. Int. J. Morphol. [Internet]. 2023 Feb [cited 2024 Dec 08] ; 41(1): 73-78. Available from. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022023000100073>.
5. Fu R, Hone NG, Broadbent JR, Guy BJ, Young JS. Dynamic three-dimensional printing: The future of bronchoscopic simulation training? Anaesth Intensive Care. 2023;51(4):274-280. Available from: <http://doi.org/10.1177/0310057X231154015>.
6. Krishnasamy S, Mokhtar RAR, Singh R, Sivallingam S, Aziz YFA, Mathaneswaran V. 3D Rapid Prototyping Heart Model Validation for Teaching and Training - A Pilot Project in a Teaching Institution. Braz J Cardiovasc Surg [Internet]. 2021Sep;36(5):707–16. Available from: <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2020-0433>
7. Osorio-Toro S. Práctica Experimental de Disección y Modelación 3D de Oído Medio e Interno para la Construcción Significativa de Conocimiento en el Área de Anatomía Humana. Int. J. Morphol. [Internet]. 2020 Ago [citado 2024 Dic 08] ; 38(4): 997-1002. Available from: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022020000400997>.
8. Sasaki YK, Costa ALF de A, Yamanaka PG, Chrispin TTB, Daros KAC, Choi SNJH, et al.. Three-dimensional printing of orbital computed tomography scan images for use in ophthalmology teaching. Rev brasoftalmol [Internet]. 2022;81:e0042. Available from: <https://doi.org/10.37039/1982.8551.20220042>.
9. Silveira EE, Silva AF, Neto AL, Pereira HCS, Ferreira JS, Santos AC, et al. Digitalização e impressão tridimensional de crânio canino como ferramenta educacional para estudo anatômico. J Vet Med Educ. 2021;48(6):774–80. Available from: <https://doi.org/10.3138/jvme-2019-0132>.

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(115):1-21. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12938-016-0236-4>.
11. Toledo-Ordoñez I, Oneto N, Concha M, Sanhueza S, Osses M, Padilla-Meza J et al . Design and Manufacturing of 3D Printed Models as a Complement for Medical Histology Practical Classes. Int. J. Morphol. [Internet]. 2022 [cited 2024 Dec 08] ; 40(2): 355-359. Available from: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022022000200355>.
12. Wong JY, Pfahl AC. Impressão 3D de instrumentos cirúrgicos para missões espaciais de longa duração. Aviat Space Environ Med. 2014;85(7):758-63. Available from: <https://doi.org/10.3357/ASEM.3898.2014>.
13. Yahiro DS, Abrantes JC da S, Magliano DC, Mesquita CT. Criação de Modelos Embriológicos Cardíacos para Impressão 3D para Ensino de Anatomia e Embriologia. Arq Bras Cardiol [Internet]. 2023;120(4):e20220632. Available from: <https://doi.org/10.36660/abc.20220632>.
14. Zhao Z, Ma Y, Mushtaq A, Radhakrishnan V, Hu Y, Ren H, et al. Engineering functional and anthropomorphic models for surgical training in interventional radiology: A state-of-the-art review. Proc IMechE Part H: J Engineering in Medicine. 2023;237(1):3–17. Available from: <https://doi.org/10.1177/09544119221135086>.
15. Brandão A, Silva Júnior AA, Balázs J, Andrade CB . Saúde mental dos povos ciganos: revisão de literatura integrativa. Ciência & Saúde Coletiv. 2025; 30, 1-15. Available from: <https://doi.org/10.1590/1413-81232025304.15662023>.
16. Mendes KDS, Silveira RCCP, Galvão CM. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde. Texto & Contexto Enfermagem, 2008 17(4), 758–764. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018>.

RECEBIDO: 19/02/2025
APROVADO: 14/10/2025