

# AVALIAÇÃO DO USO DA IMPRESSÃO 3D NA EDUCAÇÃO MÉDICA

## EVALUATION OF THE USE OF 3D PRINTING IN MEDICAL EDUCATION


Juliana Cadilho da Silva Abrantes<sup>1</sup>, Daniel Gama das Neves<sup>2</sup>, Bernardo Fróes Demier<sup>3</sup>, Davi Shunji Yahiro<sup>4</sup>, D'Angelo Carlo Magliano<sup>5</sup>, Cláudio Tinoco Mesquita<sup>6</sup>


Recebido: julho/2024 Aprovado: setembro/2024


**Resumo:** O uso da impressão 3D tem sido bem-sucedido em diversas áreas, incluindo a educação médica, que pode se beneficiar da impressão 3D para oferecer um espaço de aprendizagem mais interessante e aprimorado. O objetivo do presente estudo foi produzir e avaliar o uso de modelos 3D anatômicos impressos do coração usados como recursos didáticos na formação de alunos de medicina. Para isso, foram produzidos modelos 3D impressos de corações adultos e pediátricos com anomalias cardíacas congênitas, e modelos demonstrativos da formação embrionária do coração. Foram incluídos neste estudo 138 alunos, que estavam distribuídos em dois grupos (controle e impressão 3D). Os grupos foram avaliados por meio de pré-teste e pós-teste, que avaliou o aprendizado dos alunos acerca do entendimento de anatomia e embriologia cardíaca. Os resultados demonstraram que o grupo 3D apresentou resultados significativamente melhores no pós-teste quando comparados ao grupo controle ( $p < 0,05$ ). Dessa forma, sugere-se uma maior eficácia do ensino com a utilização dos modelos 3D impressos. Além disso, um questionário de autossatisfação foi utilizado para avaliar o feedback dos alunos e mostrou que os alunos ficaram satisfeitos com o uso das peças 3D em sala de aula.


**Palavras-chave:** Impressão 3D cardíaca; Anatomia Cardíaca; Modelos Embrionológicos; Educação médica.


**Abstract:** 3D printing has been successful in several areas, including medical education, which can benefit from 3D printing to offer a more interesting and improved learning space. This study aimed to produce and evaluate the use of 3D-printed anatomical models of the heart as teaching resources in the training of medical students. To this end, 3D-printed models of adult and pediatric hearts with congenital heart defects and models demonstrating the embryonic formation of the heart were produced. The study included 138 students, divided into two groups (control and 3D printing). The groups were evaluated through a pre-test and a post-test, which assessed the students' understanding of cardiac anatomy and embryology. The results showed that the 3D


<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-1878-2293> – Mestre em Ciências Cardiovasculares (UFF). Aluna da Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. Rua Marquês do Paraná, 303. Bairro Centro, CEP: 24033-900, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: julianacadilho@gmail.com

<sup>2</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-3030-2718> – Graduado em Medicina (UFF). Aluno da Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. Rua Marquês do Paraná, 303. Bairro Centro, CEP: 24033-900, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: dgneves@gmail.com.

<sup>3</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-8217-851X> – Graduando em Engenharia (UFRJ). Aluno da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. Av. Athos da Silveira Ramos, 149. Bairro Cidade Universitária – Ilha do Fundão., CEP: 24033-900, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: bernardodemier@gmail.com.

<sup>4</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-3988-4304> – Graduando em Medicina (UFF). Aluno da Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. Rua Marquês do Paraná, 303. Bairro Centro, CEP: 24033-900, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: daviyahiro@id.uff.br.

<sup>5</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-0575-961X> - Doutor em Ciências - Biologia Humana e Experimental (UERJ). Professor da Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. Rua Marquês do Paraná, 303. Bairro Centro, CEP: 24033-900, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: dcmagliano@id.uff.br.

<sup>6</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-1466-9413> – Professor Associado de Medicina Radiologia Medicina Nuclear da Universidade Federal Fluminense (UFF), Health, Science & Education Lab, sala 13, segundo andar, Hospital Universitário Antônio Pedro, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. Rua Marquês do Paraná, 303. Bairro Centro, CEP: 24033-900, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: claudiotinocomesquita@gmail.com.

group had significantly better results in the post-test when compared to the control group ( $p<0.05$ ). This suggests that teaching is more effective with the use of printed 3D models. In addition, a self-satisfaction questionnaire was used to assess the students' feedback and showed that they were satisfied with using the 3D pieces in the classroom.

**Keywords:** Cardiac 3D printing; Cardiac anatomy; Embryological models; Medical education.

## 1. Introdução

O ensino com aulas práticas permite que conceitos teóricos possam ser aprofundados e melhor apresentados aos alunos. Em aulas práticas de anatomia nas universidades, o uso de cadáveres já está bem consolidado (Mcmenamin et al., 2018; Vandenbossche et al. 2022). No entanto, o custo de obtenção e manutenção de materiais cadavéricos, bem como considerações culturais e étnico-religiosas em vários países, impõem limitações ao uso de tais materiais em diversas instituições (Shen et al., 2019; Varner et al., 2021). Portanto, o uso de modelos 3D pode se tornar uma das soluções possíveis para a disponibilidade limitada de peças anatômicas cadavéricas (Radzi et al., 2020). No ensino da embriologia, as dificuldades de aprendizagem dos alunos são recorrentes, devido ao alto grau de abstração envolvido no objeto estudado e à falta de recursos didático práticos (Oliva et al., 2019). Sendo assim, na embriologia, o uso da impressão 3D surge como uma opção didática e criativa, pois o aprendizado sobre embriologia é muito relevante, mas também desafiador para os alunos. Em diversas ocasiões, esse conteúdo é rejeitado pelos alunos, devido ao grande número de termos complexos (Griep et al., 2022). A impressão 3D visa ajudar a compreender a embriologia apesar da sua complexidade.

Atualmente, diversas áreas já se beneficiam das diferentes tecnologias de impressão 3D para fins educacionais, dentre elas a medicina (O'Reilly et al., 2016; Sun et al., 2023) e as ciências biológicas (Silva et al., 2023), com modelos anatômicos impressos que se mostraram significativamente úteis para o ensino. Na área da saúde, a impressão 3D tem se tornado cada vez mais presente na educação, com resultados positivos principalmente no ensino de anatomia humana (Ford et al., 2019; Valverde et al., 2021; Abrantes et al., 2024).

Especialmente na cardiologia, modelos anatômicos cardíacos obtidos por impressão 3D têm apresentado alta precisão da anatomia humana e sendo usados em planejamentos cirúrgicos incluindo modelos de corações com cardiopatias congênitas (Smerling et al., 2019; Hermsen et al., 2020; Kiraly et al., 2021) e para educação médica (Radzi et al., 2020; Su et al., 2018; Karsenty et al., 2011). O que é de extrema relevância, pois a formação de profissionais cada vez mais capacitados e seguros na cardiologia é de fundamental importância. As doenças cardíacas, além da mortalidade, podem causar danos irreversíveis que influenciam diretamente a qualidade de vida do paciente (Lucchese et al., 2009).

Para criar essas inúmeras possibilidades de modelos anatômicos impressos e impressão 3D dispõe de variadas técnicas. No entanto, a tecnologia mais utilizada é a fusão por deposição de material (FDM). Nesta técnica, um material termoplástico, geralmente de ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) ou PLA (Ácido Polilático), é aquecido e extrusado por um bico criando uma sobreposição de camadas na mesa de impressão. A movimentação do bico e da plataforma controladas junto a deposição do material sobre a camada anteriormente impressa criam o modelo 3D impresso (Trans et al., 2017; Otton et al., 2017).

Vale ressaltar que tais recursos são satisfatórios para os alunos, pois a criação de materiais didáticos de visualização tridimensional com detalhes anatômicos precisos proporciona feedback tátil para auxiliar na memorização de estruturas anatômicas, tornando o uso da impressão 3D extremamente útil (Tack et al., 2016). Além disso, o benefício do uso de peças anatômicas impressas pode superar os métodos convencionais, pois esses modelos podem ser produzidos em larga escala, criados do zero (Yahiro et al., 2023) ou derivados de imagens obtidas por meio de exames de pacientes (Abrantes et al., 2024). Além disso, os modelos podem ser desmontados e possuem valor acessível (O'Reilly et al., 2016).

Diante disso, este estudo tem como objetivo produzir e avaliar o uso de modelos 3D anatômicos impressos do coração usados como recursos didáticos na formação de alunos de medicina. Além disso, foi avaliada a satisfação dos alunos que utilizaram os modelos 3D impressos durante o ensino para mensurar a experiência deles ao terem os modelos 3D impressos durante as aulas.

## 2. Material e métodos

### 2.1. Participantes da pesquisa

Foram recrutados para o estudo 138 estudantes do curso de graduação em medicina da Universidade Federal Fluminense (UFF), matriculados no segundo ano, de março a dezembro de 2022. Esses alunos estavam matriculados no curso de morfologia, que abordava embriologia e anatomia cardíaca. Este curso foi selecionado por ser a exposição inicial dos alunos à anatomia cardíaca e embriologia, garantindo que eles não tivessem nenhum conhecimento avançado no assunto ao preencher os questionários do estudo.

O grupo controle foi realizado primeiro, pois os modelos 3D ainda estavam sendo impressos no primeiro semestre de 2022. Portanto, enquanto os modelos eram preparados para o grupo de impressão 3D, os questionários eram aplicados ao grupo de controle. Dos 138 alunos, 73 participaram da disciplina de morfologia no primeiro semestre de 2022, que foi designada como grupo controle. Todos os 73 estudantes foram incluídos no estudo, pois aceitaram participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e realizaram o pré-teste. No dia do pós-teste participaram 68 alunos e faltaram 5 alunos.

No grupo de impressão 3D foram incluídos 65 alunos que participaram da disciplina de morfologia no segundo semestre de 2022. Todos os 65 alunos realizaram o pré-teste e assinaram o TCLE, e 44 alunos participaram do pós-teste. De acordo com o relato dos alunos, a ausência ocorrida foi devido a uma avaliação em outro curso que estava marcada para a mesma data e, portanto, optaram por se ausentar para estudar para esta prova. As datas do pré-teste e pós-teste não foram divulgadas aos alunos para evitar que se preparassem especificamente para as provas. Consequentemente, a ausência de alunos do grupo de impressão 3D no pós-teste ocorreu de forma aleatória.

### 2.2. Produção dos modelos 3D impressos

Conforme demonstrado na Figura 1, os modelos anatômicos foram criados a partir de imagens de tomografia computadorizada (TC) de pacientes com as aprovações éticas

necessárias (ver seção "Aprovação Ética"). As imagens DICOM dos exames de imagem foram importadas para o software de código aberto 3D Slicer® versão 4.8.1 para criação dos modelos anatômicos digitais 3D. No 3D Slicer, estruturas do coração, como ventrículos, átrios, artérias coronárias e vasos principais, foram inicialmente identificadas e delineadas para criar suas superfícies digitais 3D. Um modelo de cada caso adquirido a partir de imagens de TC foi impresso, incluindo um modelo de coração normal, dilatação atrial esquerda, hipertrofia ventricular esquerda (HVE), tetralogia de Fallot, comunicação interventricular (CIV) e comunicação interatrial (CIA).

Os modelos embriológicos não são acessíveis através dos exames de imagem. Portanto, foram modelados livremente com base em informações disponíveis na literatura, com auxílio do software de modelagem digital Blender®. Os modelos embriológicos do coração foram baseados em imagens encontradas em livros e vídeos educativos, conforme descrito por Yahiro (2023). Foram criados modelos embriológicos para demonstrar o processo de looping cardíaco, septação ventricular e septação atrial.

Após os processos de segmentação e modelagem, foram criados arquivos digitais em formato STL para serem utilizados por softwares de impressora 3D. Os modelos digitais STL foram importados para o software de fatiamento Cura® onde foram estabelecidos parâmetros ideais de temperatura, espessura da camada e velocidade de impressão de acordo com o modelo específico e o material de impressão escolhido.

O processo de impressão seguiu as seguintes especificações: bocal de impressão com 0,4mm de diâmetro; Altura da camada de 0,2 mm; Três perímetros de parede, impressos a 30mm/s; Densidade de preenchimento de 20% usando o padrão giroide, com velocidade de impressão de 45 mm/s; Estruturas de suporte com densidade de 10% em padrão de grade, com margem de 0,2mm da superfície de contato do modelo, também impressas a 45mm/s; Temperatura de impressão ajustada em 215°C para o bocal e 70°C para a extrusão da cama de impressão. Fluxo de 105%.

As impressões foram produzidas utilizando a tecnologia Fused Deposition Modeling (FDM), e o material escolhido foi o PLA termoplástico branco de 1,75mm. A impressora 3D utilizada para o processo de impressão foi a Anycubic Modelo Kobra. Todos os modelos foram impressos em escala de tamanho real em relação à tomografia computadorizada do paciente. Os modelos embriológicos foram impressos com dimensões de 3cm de largura, 3cm de profundidade e 6cm de altura.

Após a impressão, as estruturas de suporte foram retiradas e as peças impressas em branco receberam acabamento com tinta acrílica. A tinta foi aplicada para destacar e marcar as estruturas anatômicas, facilitando a identificação de cada parte dos modelos 3D durante sua utilização pelos alunos.

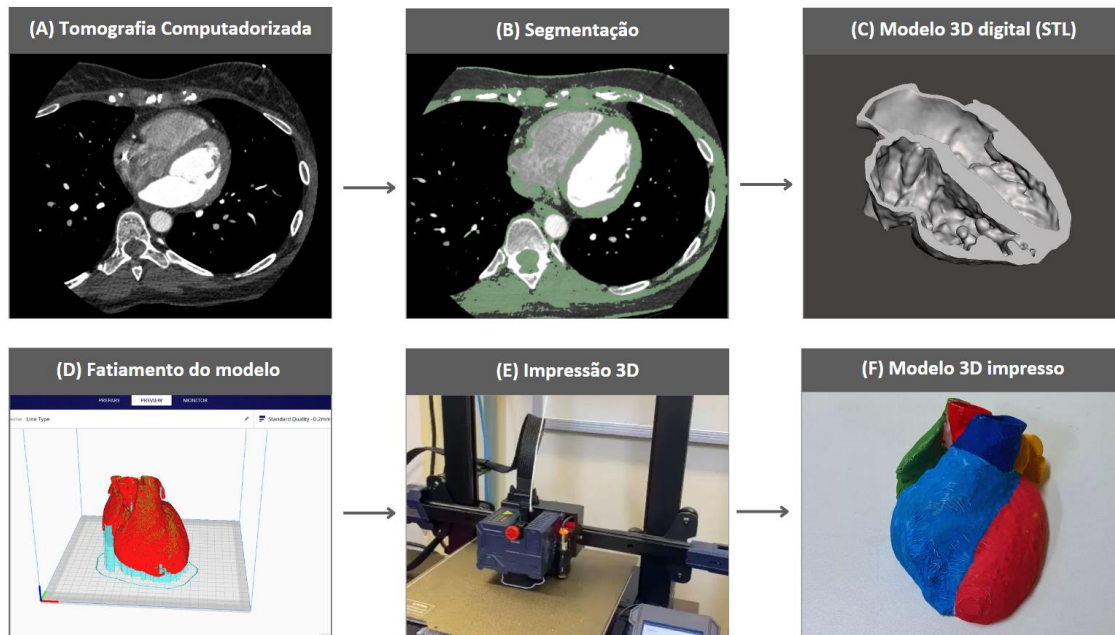


Figura 1 – Criação de um modelo impresso em 3D. O processo inicia-se com a segmentação (B) da imagem de TC (A), que gera o modelo 3D digital em STL. Em seguida, o modelo é fatiado no software da impressora (D) e finalmente é realizada a impressão 3D (E). Por fim, a peça impressa é submetida ao pós-processamento e acabamento (F).

### 2.3. Avaliação dos alunos

O estudo comparou dois grupos de estudantes: o grupo de controle e o grupo de impressão 3D. O grupo controle recebeu ensino convencional com aula teórica em sala de aula utilizando recursos multimídia com duração de 2 horas, e posteriormente aula prática no Instituto Anatômico da mesma universidade (Departamento de Morfologia) utilizando espécimes cadavéricos, sem acesso a modelos impressos em 3D. O grupo que recebeu a intervenção, denominado grupo de impressão 3D, passou pelo mesmo ensino do grupo controle com aula teórica de 2 horas e aula prática com espécimes cadavéricos, mas com acréscimo do uso de modelos impressos em 3D durante a aula teórica.

Ambos os grupos foram avaliados por meio de avaliações objetivas realizadas antes do período de ensino (pré-teste) e imediatamente após o período de ensino (pós-teste). A avaliação objetiva consistiu em 10 questões relacionadas à anatomia do coração e embriologia cardíaca, sendo: 3 questões sobre a embriologia cardíaca, 3 questões sobre anatomia cardíaca saudável, 3 questões sobre malformação do coração e 1 questão envolvendo embriologia cardíaca e malformação. Ambos os grupos receberam os mesmos testes, apenas com a ordem das questões diferente. Para avaliar a satisfação com o método de ensino, foi aplicada uma avaliação de 7 questões em escala *likert* ao grupo 3D para validar sua satisfação com o uso de modelos 3D.

### 2.4. Análise estatística

Os dados obtidos no pré-teste e pós-teste foram submetidos ao teste de normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk realizado em Statistics Kingdom (disponível em: <http://www.statskingdom.com>). Em seguida, devido as variações apresentarem distribuição



normal e para avaliar possíveis diferenças de desempenho de aprendizagem entre os grupos, os dados dos testes foram submetidos a uma análise estatística paramétrica por meio da utilização do Teste T para amostras independentes ( $p < 0,05$ ), realizado em Microsoft Office Excel®, versão 2023 para Windows® 64 bits. As médias atingidas por cada grupo também foram calculadas em Microsoft Office Excel®, versão 2023 para Windows® 64 bits.

## 2.5. Aprovação ética

Todos os pacientes cujos exames foram utilizados para impressão 3D e os estudantes participantes deste estudo forneceram autorização por escrito para participar deste projeto de pesquisa mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este trabalho recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal Fluminense, CAAE: 39172320.3.0000.5243 - Parecer nº: 4.480.311.

## 3. Resultados e Discussão

Foram impressas peças com estruturas claramente identificáveis que facilitaram o aprendizado dos alunos (Figura 2). As pontuações iniciais médias mostraram que o conhecimento básico dos alunos dos grupos controle e impressão 3D em anatomia cardíaca e embriologia foi semelhante, pois não houve diferença estatística entre as pontuações médias dos grupos controle e impressão 3D no pré-teste (média controle = 3,29; média do caso 3D = 3,43; teste t = 0,6; p-valor do teste t = 0,271), indicando que os grupos tinham o mesmo nível de conhecimento no início do experimento.

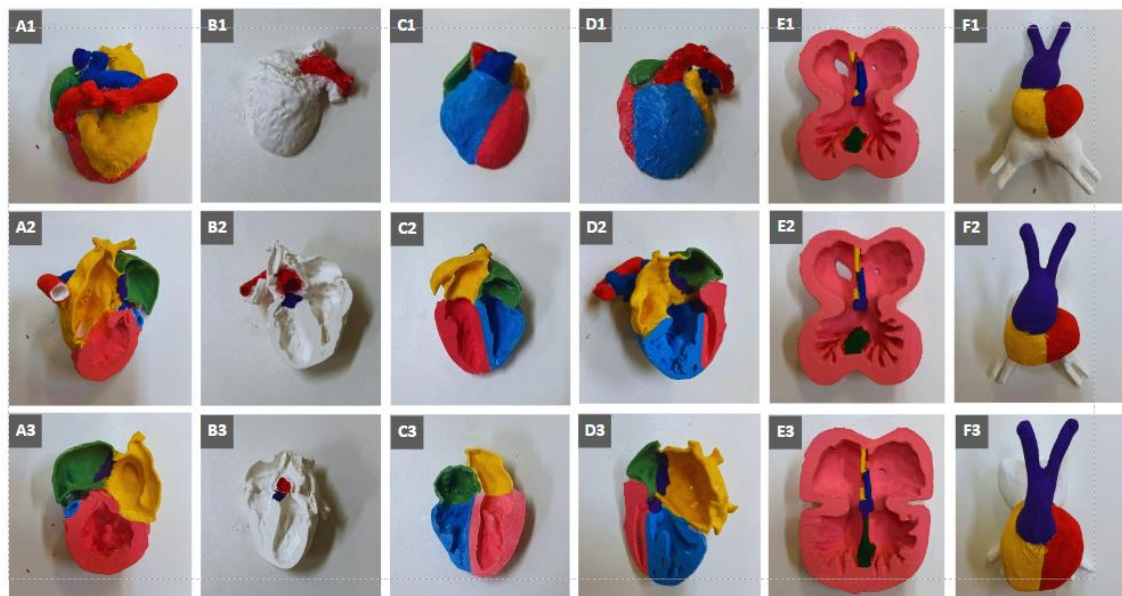


Figura 2 – Modelos impressos em 3D. Nas imagens estão alguns dos modelos que foram impressos para serem utilizados pelos alunos. Após a impressão 3D, as peças receberam cores adicionais para diferenciar as estruturas cardíacas. A1;A2;A3: coração com cardiopatia congênita; B1;B2;B3: coração com Tetralogia de Fallot; C1;C2;C3: coração adulto saudável; D1;D2;D3: coração com cardiopatia congênita; E1;E2;E3: modelos embriológicos demonstrando o processo de formação dos septos do coração; F1;F2;F3: modelos embriológicos apresentando o looping cardíaco.

Houve diferença estatística no desempenho entre os grupos controle e 3D no pós-teste (média de controle = 6,06; média do caso 3D = 7,64; teste t = 4,75; p-valor do teste t < 0,0001; intervalo de confiança de 95%). O pós-teste foi realizado na última aula do período letivo após cada turma receber seus respectivos métodos de ensino. Conforme observado, o grupo que utilizou os modelos 3D obteve média superior ao grupo controle, sendo que o grupo controle teve média de 6,06 e o grupo 3D teve média de 7,64. Considerando a exigência de nota 6 para aprovação da universidade, o percentual de alunos que obtiveram nota para aprovação (6 ou superior) foi de 59,4% no grupo controle e 86,4% no grupo 3D (valor p-valor do teste t = 0,0023; confiança de 95% intervalo).

A Figura 3 demonstra que tanto o grupo controle quanto o 3D tiveram uma distribuição semelhante de pontuações no pré-teste. Em ambos os grupos, os alunos obtiveram nota média de aproximadamente 3 pontos para cerca de 50% da turma. No pós-teste fica evidente que 50% dos alunos do grupo controle obtiveram nota 6 ou superior. Em comparação, os alunos que usaram impressão 3D obtiveram uma pontuação igual ou superior a 6 em mais de 75% dos casos. Portanto, considerando a média de aprovação, pode-se observar que após as aulas com utilização dos modelos impressos, menos de 25% dos alunos não obtiveram aprovação, indicando que mais de 75% dos alunos do grupo impressão 3D foram aprovados, em comparação com a taxa de aprovação de 50% no grupo de controle.

Pode-se concluir que mais alunos não tiveram sucesso no grupo controle. Continuando a análise e considerando um desempenho ainda mais significativo, nota-se que 75% dos alunos do grupo impressão 3D obtiveram nota 7 ou superior, contra apenas 25% dos alunos do grupo de controle. Em resumo, os alunos que utilizaram impressão 3D não só tiveram maior número de aprovações em anatomia cardíaca e embriologia como também demonstraram desempenho superior em relação aos alunos que não receberam os modelos 3D (Figura 3).

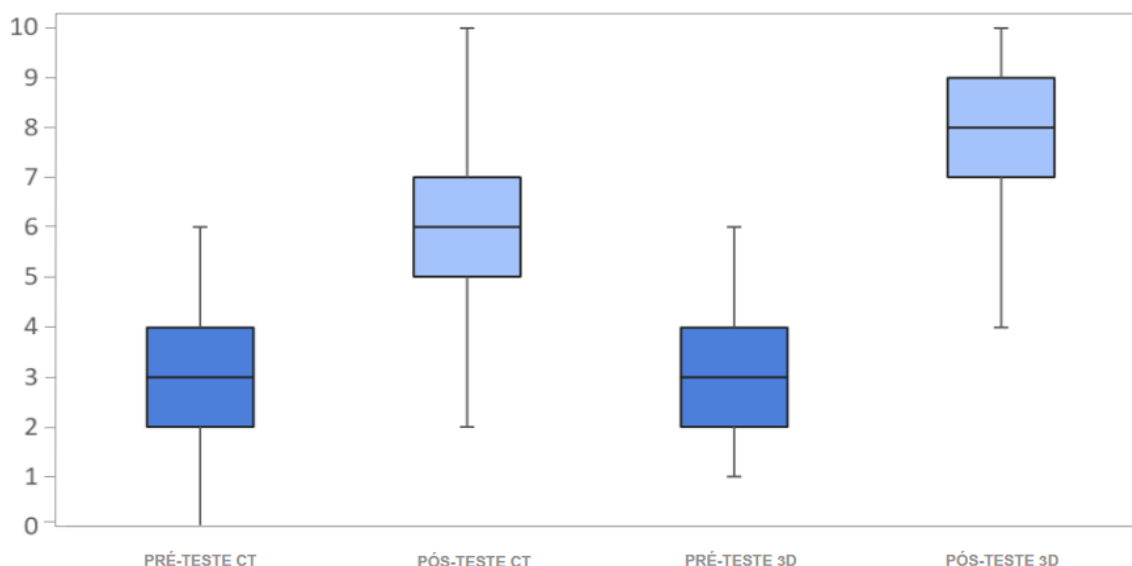


Figura 3 – No gráfico, é possível verificar que 50% dos alunos do grupo controle obtiveram notas iguais ou superiores a 6 no pós-teste, em comparação com os alunos que utilizaram a impressão 3D, que obtiveram mais de 75% de notas iguais ou superiores à média de 6. Pré-teste (média do grupo controle = 3,29; média do grupo impressão 3D = 3,43; p-valor do teste t = 0,271); Pós-teste (média do grupo controle = 6,06; média do grupo impressão 3D = 7,64; p-valor do teste t = <0,0001).

Dos 44 alunos que utilizaram impressão 3D, 43 responderam ao questionário de autossatisfação em escala *likert*. No geral, as avaliações dos inquiridos aos alunos foram muito positivas e indicaram que o modelo de coração impresso em 3D foi um recurso útil para a sua aprendizagem. A maioria dos alunos (93%) concordou ou concordou totalmente que o modelo impresso em 3D é altamente detalhado para fins de aprendizagem. Também concluíram (97,7%) que as cores adicionadas ao modelo ajudaram no reconhecimento mais fácil das estruturas e manifestaram satisfação com o manuseio dos modelos (93,1%), relatando não ter dificuldade ou medo no manuseio dos mesmos. Além disso, 93% dos alunos afirmaram que o uso dos modelos ajudou no seu aprendizado, enquanto 95,4% se sentiram satisfeitos em ter os modelos 3D como ferramenta auxiliar para a aprendizagem do conteúdo, e 76,8% relataram um aumento na vontade de aprender o conteúdo devido à presença dos modelos. Por fim, 97,7% dos alunos recomendaram o uso de modelos impressos em 3D como ferramenta de ensino de Anatomia e Embriologia.

Os resultados demonstram, de acordo com Lim et al. (2015), que a utilização da impressão conduz a melhores resultados de aprendizagem (Lim et al., 2015). As pontuações pós-teste foram maiores no grupo que utilizou impressões 3D em comparação ao grupo controle. Em nosso estudo, a tecnologia FDM foi utilizada para produzir corações impressos em 3D, e as avaliações dos alunos foram relatadas. O modelo impresso foi criado a partir de dados de tomografia computadorizada de exames de pacientes, e a segmentação da imagem foi realizada para criar um modelo digital 3D (Little et al., 2016).

Uma das principais descobertas deste estudo foi a diferença estatisticamente significativa no desempenho entre o grupo de controle, que recebeu ensino tradicional em sala de aula usando imagens e espécimes cadavéricos, e o grupo 3D, que teve acesso adicional aos modelos impressos em 3D durante as aulas. A média de desempenho dos alunos do grupo 3D foi consideravelmente superior à do grupo controle, indicando uma maior eficácia de ensino com a utilização dos modelos impressos. A presença de cores nas impressões 3D oferece reconhecimento visual instantâneo e clareza na identificação das estruturas cardíacas, o que é especialmente útil para estudantes que estão aprendendo anatomia (Smith et al, 2017).

Adicionalmente, a impressão 3D mostra-se particularmente interessante por proporcionar uma percepção tátil, aumentando a chance de memorização e aprendizagem do conteúdo pelo aluno (Mogali et al, 2017). Demonstrando ser viável considerar que é possível imprimir modelos de alta qualidade a baixo custo utilizando a impressão 3D com tecnologia FDM, pois o material de impressão utilizado tem um preço acessível, tornando econômica a impressão frequente de modelos a longo prazo.

O questionário de autossatisfação aplicado aos alunos também revelou resultados positivos quanto à utilização de modelos impressos em 3D. Os alunos manifestaram satisfação e interesse em aprender por meio dessa abordagem, indicando que os modelos impressos podem contribuir para um ambiente de aprendizagem mais estimulante e gratificante. Esta resposta favorável pode ser um fator motivador para a incorporação contínua de tecnologias de impressão 3D no currículo médico.



As limitações do estudo incluem o pequeno número de alunos avaliados, pois menos alunos participaram da avaliação pós-teste no grupo impressão 3D, apesar das diferenças encontradas. Isto pode ter introduzido algum viés, pois alunos mais motivados e interessados podem ter participado da avaliação neste grupo. Contudo, a significância estatística observada com o aumento das notas obtidas na avaliação foi consistente e demonstrou impacto na aprendizagem.

Outra limitação é que os alunos pertenciam a turmas diferentes do curso de medicina, o que pode estar associado a um tipo de viés não mensurável. Idealmente, o estudo deveria ter sido randomizado dentro da mesma turma, mas não foi viável randomizar os alunos para o estudo. Considerando estas limitações, a utilização de modelos 3D surge como uma solução prática para superar os obstáculos étnico-culturais e financeiros que muitas universidades têm na utilização de cadáveres.

Para estudos futuros, o grupo pretende avaliar a utilização de modelos 3D em outras áreas do ensino médico além da cardiologia.

## 4. Conclusão

Este estudo conclui que a impressão 3D traz benefícios para o aprendizado de anatomia cardíaca e embriologia cardíaca quando utilizada em conjunto com o método de aulas teóricas presenciais e aulas práticas com peças cadavéricas, pois a utilização de modelos 3D durante as aulas teóricas proporcionou melhores resultados em comparação com a impressão 3D. grupo de alunos que não utilizou modelos impressos em 3D.

## 5. Referências

- ABRANTES et al. Impressão 3D na Avaliação de Pericardite Constrictiva. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 121, n. 2, 1 jan. 2024.
- FORD, S.; Minshall, T. Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. **Additive Manufacturing**, v. 25, n. 25, p. 131–150, jan. 2019.
- GRIEP, et al. A embriologia humana no ensino de biologia: a embriologia humana no ensino de biologia: uma análise do conteúdo nos livros didáticos de biologia publicados no Brasil no século XX. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 12, n. 3, p. 21–36, 8 dez. 2022.
- HERMSEN, J. L.; ROLDAN-ALZATE, A.; ANAGNOSTOPOULOS, P. V. Three-dimensional printing in congenital heart disease. **Journal of Thoracic Disease**, v. 12, n. 3, p. 1194–1203, mar. 2020.
- KARSENTY C, GUITARTE A, DULAC Y, BRIOT J, HASCOET S, VINCENT R, et al. The usefulness of 3D printed heart models for medical student education in congenital heart disease. **BMC Medical Education**. 2021 Sep 8;21(1).
- KIRALY, L. et al. Three-Dimensional Virtual and Printed Prototypes in Complex Congenital and Pediatric Cardiac Surgery—A Multidisciplinary Team-Learning Experience. **Biomolecules**, v. 11, n. 11, p. 1703, 16 nov. 2021.

LIM, K. H. A. et al. Use of 3D printed models in medical education: A randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. **Anatomical Sciences Education**, v. 9, n. 3, p. 213–221, 15 out. 2015.

LITTLE, S. H. et al. 3D Printed Modeling for Patient-Specific Mitral Valve Intervention. **JACC: Cardiovascular Interventions**, v. 9, n. 9, p. 973–975, maio 2016.

LUCCHESI R, MUNARI DB, MEDEIROS M. Reflexões sobre o uso de atividades grupais na atenção a portadores de doenças crônicas. **Ciência, Cuidado e Saúde**. 2009 Dec 31;8(0).

MCMENAMIN, P. G. et al. Do we need cadavers anymore to learn anatomy in undergraduate medicine? **Medical Teacher**, v. 40, n. 10, p. 1020–1029, 28 set. 2018.

MOGALI, S. R. et al. Evaluation by medical students of the educational value of multi-material and multi-colored three-dimensional printed models of the upper limb for anatomical education. **Anatomical Sciences Education**, v. 11, n. 1, p. 54–64, 19 maio 2017.

O'REILLY, M. K. et al. Fabrication and assessment of 3D printed anatomical models of the lower limb for anatomical teaching and femoral vessel access training in medicine. **Anatomical Sciences Education**, v. 9, n. 1, p. 71–79, 24 jun. 2015.

OLIVA, HNP, DIAS, RN, RODRIGUES, HG. Design and manufacture of embryological models for didactic use. **Bioscience Journal**. 2019 Ago 08; 1256-1261.

OTTON JM, BIRBARA NS, HUSSAIN T, GREIL G, FOLEY TA, PATHER N. 3D printing from cardiovascular CT: a practical guide and review. **Cardiovascular Diagnosis and Therapy**. 2017 Oct;7(5):507–26.

RADZI, S. et al. Development of a three-dimensional printed heart from computed tomography images of a plastinated specimen for learning anatomy. **Anatomy & Cell Biology**, v. 53, n. 1, p. 48, 2020.

SHEN, Z. et al. The process of 3D printed skull models for anatomy education. **Computer Assisted Surgery**, v. 24, n. sup1, p. 121–130, 23 abr. 2019.

SILVA et al. Modelos de dentes de mamíferos impressos em 3d e sua aplicação ao ensino de ciências biológicas. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 13, n. 1, p. 78–97, 28 abr. 2023.

SMERLING, J. et al. Utility of 3D Printed Cardiac Models for Medical Student Education in Congenital Heart Disease: Across a Spectrum of Disease Severity. **Pediatric Cardiology**, v. 40, n. 6, p. 1258–1265, 25 jun. 2019.

SMITH, M. L.; JONES, J. F. X. Dual-extrusion 3D printing of anatomical models for education. **Anatomical Sciences Education**, v. 11, n. 1, p. 65–72, 14 set. 2017.

SU W, XIAO Y, HE S, HUANG P, DENG X. Three-dimensional printing models in congenital heart disease education for medical students: a controlled comparative study. **BMC Medical Education**. 2018 Aug 2;18(1).

SUN Z, WONG YH, YEONG CH. Patient-Specific 3D-Printed Low-Cost Models in Medical Education and Clinical Practice. **Micromachines**. 2023 Feb 16;14(2):464.

TACK, P. et al. 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. **BioMedical Engineering OnLine**, v. 15, n. 115, 21 out. 2016.

TRAN, Ngoc-Hien et al. Study on the effect of fused deposition modeling (FDM) process parameters on the printed part quality. **Int J Eng Res Appl**, v. 7, p. 71-77, 2017.

VALVERDE I, GOMEZ G, COSERRIA JF, SUAREZ-MEJIAS C, URIBE S, SOTELO J, et al. 3D printed models for planning endovascular stenting in transverse aortic arch hypoplasia. **Catheterization and Cardiovascular Interventions**. 2015 Feb 12;85(6):1006–12.

VANDENBOSSCHE, V. et al. From bones to bytes: Do manipulable 3D models have added value in osteology education compared to static images? **Medical Education**, v. 57, n. 4, p. 359–368, 9 dez. 2022.

VARNER C, DIXON L, SIMONS MC. The Past, Present, and Future: A Discussion of Cadaver Use in Medical and Veterinary Education. **Frontiers in Veterinary Science**. 2021 Nov 10;8.

YAHIRO, D. S. et al. Creation of Cardiac Embryological Models for 3D Printing to Teach Anatomy and Embryology. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 120, n. 4, mar. 2023.12.