

 <https://doi.org/10.56344/2675-4827.v4n2a2023.2>

## Viabilidade do modelo do plexo braquial 3D produzido pelo método de prototipagem rápida para uso didático

### Feasibility of a 3D brachial plexus model produced by rapid prototyping method for educational use

Amanda Vasconcelos de Oliveira<sup>1</sup>, Túlio Bittencourt Amaral<sup>1</sup>, Arthur Leone Campos Vieira<sup>1</sup>, Gabriela Araújo Werneck<sup>1</sup>, Matheus Bronzon de Araújo<sup>1</sup>, Matheus César Arvelos Gomes<sup>1</sup>, Breno Gontijo do Nascimento<sup>2</sup>, Fernanda Silva Torres<sup>3</sup>

**Resumo:** *Introdução:* Plexos são estruturas anatômicas complexas, de visualização difícil e isolamento limitado em cadáveres, e o processo de fixação pode alterar a forma e aspecto, com perda de fragmentos. O plexo braquial tem importância médica por se relacionar à inervação de ombros e membros superiores, e sua lesão é comum em torções de ombro, estiramento do pescoço e acidentes automobilísticos. *Objetivo:* elaborar modelos didáticos do plexo braquial, como estratégias de ensino de anatomia humana para estudantes de Medicina. *Metodologia:* Neste trabalho foram elaborados três modelos, com canudos, cola, que serviram de molde para o terceiro, de PLA 3D. Esse foi validado por um questionário aplicado aos alunos do 1º período. *Resultados e conclusão:* Os alunos relataram que o modelo 3D facilitou o entendimento da anatomia, posicionamento e detalhes do plexo, representando uma estratégia viável e complementar ao estudo da anatomia, e propuseram o uso de outros modelos tridimensionais.

**Palavras-chave:** Anatomia. Plexo braquial. Materiais Didáticos. Modelos Anatômicos. Educação Médica.

**Abstract:** *Introduction:* Plexus are complex anatomical structures, challenging to visualize, difficult to dissect in cadavers, and the fixation process may alter their shape and appearance. The brachial plexus is medically significant as it relates to the innervation of the shoulders and upper limbs. Its injury is common in shoulder twists, neck strain, and car accidents. *Objective:* to develop didactic models of the brachial plexus as a teaching strategy for medicine students to study human anatomy. *Methodology:* Three models were created in this study. Initially, one model was created using straws and another using glue. These models served as templates for the third model, made of 3D PLA. This 3D model was validated through a questionnaire given to first-year students. *Results and conclusion:* The students reported that the 3D model facilitated their understanding of the positioning/details of the plexus, representing a

<sup>1</sup> Graduados em Medicina pelo Centro Universitário de Belo Horizonte (UNIBH), Belo Horizonte, MG, Brasil. Os dois primeiros autores dividem de forma equivalente a primeira autoria do trabalho.

<sup>2</sup> Doutorado em Engenharia Mecânica pela UFMG. Professor adjunto da Faculdade de Minas (FAMINAS BH), Belo Horizonte, MG, Brasil. Contato: breno.nascimento@professor.faminas.edu.br

<sup>3</sup> Doutorado em Ciências com Ênfase em Bioquímica pela UFMG. Professora adjunta da Faculdade de Minas (FAMINAS BH), Belo Horizonte, MG, Brasil. Contato: fernanda.torres@professor.faminas.edu.br

complementary strategy to study anatomy. They also suggested the implementation of other three-dimensional models.

**Keywords:** Anatomy. Brachial Plexus. Teaching Materials. Models, Anatomic. Education, Medical.

*Recebimento: 19/09/2023*

*Aprovação: 20/11/2023*

## INTRODUÇÃO

A curiosidade pelo saber anatômico é encontrada desde a pré-história, representada por ilustrações e objetos que se referem a novas técnicas de caça e abate de animais, instigando ao conceito de anatomia comparada, bem como a percepção de órgãos nobres. Posteriormente, relaciona-se à civilização antiga, destacado pela coleção hipocrática (Hipócrates; 460 a.C. – 377 a.C.) e a escola egípcia de Alexandria. Esse local foi considerado a maior escola científica da antiguidade clássica, tida como um local de busca do saber científico abrigando desde bibliotecas a museus, sendo o primeiro local no qual a anatomia foi elevada ao status de disciplina e com relação de provável prática de dissecação (PESSINI; RUIZ, 2007; TALAMONI, 2014).

É claro e notório que a curiosidade pelo saber anatômico e a criação de estratégias para que isso seja possível é recorrente na história. O ensino da anatomia vem, desde então, passando por transformações, em um processo de evolução constante, o qual busca o aprimoramento de métodos e estratégias de ensino e aprendizagem. Durante o estudo da anatomia humana busca-se estudar a forma, a estrutura, e iniciar o entendimento das relações entre os diferentes elementos.

Contudo, é perceptível, que inúmeros fatores podem influenciar no aprendizado da anatomia, dentre eles pode-se destacar: a) a limitação dos estudos em cadáveres e peças anatômicas, imposta pelas legislações vigentes; b) a demanda imposta pelo aumento crescente no número de alunos na disciplina de anatomia, dos diferentes cursos na área da saúde; c) a menor disponibilidade de tempo do docente e discentes, para o estudo detalhado de cada estrutura; d) a dificuldade de dissecação das peças anatômicas de forma permitindo a manutenção da sua integridade máxima; e) o

contato com soluções contendo formaldeído, utilizado para a preservação das peças, o qual apresenta odor forte e desagradável, possibilidade de escurecimento e variação do peso e textura da peça, além de poder causar irritações, alergias, e de seu caráter carcinogênico (IARC, 2006; KARAM, 2006; SWENBERG, 2013; SILVA, 2018).

Entretanto, mesmo havendo algumas limitações em relação ao uso de cadáveres, essa deveria ser a principal ferramenta de estudo anatômico, por reproduzir com fidelidade a estrutura anatômica a ser encontrada no paciente, no momento da prática clínica. No entanto, há alguns anos, as peças cadavéricas vêm sendo substituídas por modelos sintéticos. Essa estratégia justifica-se por uma maior facilidade de aquisição, manuseio e preservação, quando comparada com as peças do cadáver, além do fato de que peças sintéticas não são controladas por legislações.

Todavia, mesmo com a diminuição do uso de peças cadavéricas, observa-se um apreço dos estudantes pelo estudo da anatomia. No entanto, também é importante destacar que frequentemente, observa-se a perda de motivação, por alguns alunos, ao estudo dessa disciplina, justamente pelo receio as peculiaridades de aprendizagem de certos conteúdos, como por exemplo, o entendimento anatômico dos plexos nervosos.

Os plexos nervosos são redes que ocorrem em ambos os lados do corpo, formadas por meio da ligação de vários axônios de ramos anteriores de nervos espinais adjacentes. Existem, descritos, 5 plexos, a saber: cervical, braquial, lombar, sacral e coccígeo (MOORE, 2018). Especificamente o plexo braquial e devido à sua complexidade, por seus inúmeros ramos oriundos da conjugação nervosa, o entendimento desse plexo, utilizando somente conceitos teóricos, pode dificultar a aprendizagem. Contudo, quando há compreensão acerca da posição anatômica específica, todo o processo é facilitado, por ser concretizado e não apenas memorizado e facilmente esquecido.

Evidencia-se ainda que não é comum ver peças anatômicas de plexo braquial, devido a sua complexidade de dissecação, o que dificulta seu estudo. Complementar a isso, visualizar e entender esse plexo em desenhos de atlas e livros e abstrair a localização das estruturas em cadáveres, é uma tarefa complexa que requer uma tridimensionalização, que nem todo estudante possui.

Assim, com o desenvolvimento da tecnologia, destaque é dado para a grande relevância do uso de prototipagem rápida - tecnologia que permite a criação de peças a partir de modelos digitais desenvolvidos em software - para a confecção de modelos anatômicos 3D. Essa tecnologia tem sido cada vez mais utilizada para permitir a produção de objetos tridimensionais, que apresentam formas, muitas vezes, complexas a partir de vários tipos de matérias-primas.

Além disso para aprender anatomia não basta o conhecimento teórico, mas esse deve ser associado à prática anatômica tornando o processo o mais didático possível. Com esse objetivo, o uso de modelos 3D relacionados a estruturas anatômicas vem sendo difundido, sendo evidentes os benefícios para o entendimento prático dos estudantes. Dessa forma, uma das principais justificativas para o uso é o baixo preço, quando comparado com os modelos sintéticos já existentes.

Para tanto e visando a modernização do estudo da anatomia, esse trabalho buscou promover uma complementação ao estudo da anatomia humana dos plexos por meio de uma proposta de modelo 3D do plexo braquial. Essa proposta parte do princípio de que o uso desses modelos favorece um estudo mais efetivo, e um instrumento facilitador da aprendizagem. A escolha do plexo braquial justifica-se, pois, essa estrutura é complexa, e tem grande relevância médica, pois lesões nessa região comprometem o movimento dos ombros e membros superiores trazendo limitações para o paciente e desafios para ortopedistas e fisioterapeutas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Essa pesquisa segue uma abordagem qualitativa-exploratória, com base na experiência dos pesquisadores da necessidade de estratégias de modelos que facilitem o entendimento de anatomia e a escassez de alternativas viáveis. Nesse trabalho, foram produzidos três modelos tridimensionais com o uso de diferentes materiais para representar aspectos da anatomia e morfologia do plexo braquial.

Na construção dos diferentes modelos foram utilizados canudos de polipropileno, cola quente, filamento PLA. Os dois primeiros modelos não foram apresentados aos alunos, eles serviram como moldes para a modelagem 3D. O primeiro modelo foi construído com canudos de polipropileno e pigmentos atóxicos,

do tipo “shake” (210 x 8mm), da marca Strawplast. Os canudos foram mantidos unidos por cola de silicone em bastão (7,4 x 300 mm), aquecida com pistola elétrica bivolt de potência de 10-12 Watts, da marca Tramontina. Durante o desenvolvimento desse modelo as seguintes etapas foram seguidas: a) obtenção das raízes e dos troncos, b) complementação com a rede de fascículos, c) conclusão com os ramos terminais do plexo braquial. O segundo modelo foi feito utilizando-se cola de silicone de bastão fino, sendo que primeiro foram construídos raízes, troncos e fascículos, em seguida foram feitos os ramos terminais e colaterais. Para facilitar a visão e identificação das partes específicas como as raízes, troncos, fascículos e ramos terminais as partes foram pintadas por cores diferentes utilizando-se, para isso, de esmalte de unha. O modelo 3D foi desenvolvido pelo software de CAD 3D, para sistema operacional Windows, SolidWorks e impresso em equipamento 3D Sethi<sup>3D</sup> AiP<sub>A3</sub>, bivolt (40cm x 35cm x 40cm), e impresso em filamento PLA (1.75mm de diâmetro), sendo um exemplar disponibilizado para cada grupo de 5 alunos.

#### *Questões éticas do projeto de prototipagem*

Todos os participantes da pesquisa, alunos do 1º período do curso de Medicina de uma Faculdade Privada de Belo Horizonte-MG foram esclarecidos sobre a pesquisa sendo lhes apresentado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que seguiu as exigências da legislação, em destaque para as Resoluções nºs 466/2012 e 510/2016 (BRASIL, 2012, 2016). Aos alunos menores de 18 anos, o TCLE foi apresentado aos responsáveis legais e somente após o consentimento desses, os alunos assinaram o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido. A pesquisa foi previamente aprovada, antes do início da obtenção dos dados, pelo Comitê de Ética vinculado à CONEP, sob número de CAAE 50433521.9.0000.5105.

#### *Avaliação dos modelos didáticos e análise dos dados*

Os modelos 3D foram utilizados nas aulas de anatomia e a sequência didática foi: a) apresentação de conceitos teóricos sobre plexos; b) aula prática em peças cadavéricas e observação dos plexos, com atenção especial ao plexo braquial; c)

disponibilização do modelo 3D de plexo braquial, permitindo a comparação entre os modelos de livros, atlas, e no cadáver; d) aplicação do questionário de percepção de viabilidade do uso do modelo.

O questionário virtual foi elaborado no Google Forms vinculado ao acesso institucional, garantindo, assim, a segurança no fluxo de informações. O questionário seguiu o método de escala multi-pontos de Likert (1932) usando-se 5 pontos e contendo 12 questões de múltipla-escolha e 1 questão discursiva. Nas de múltipla-escolha a cada item foi atribuída uma escala qualitativa e outra quantitativa como segue: concordo totalmente (5), concordo (4), não concordo e nem discordo (3), discordo (2) e discordo totalmente (1).

Assim as alternativas dessas questões representam graus de concordância, sendo: dois relacionando-se a percepção negativa ou discordante (valores menores do que 3), um neutro ou indiferente (valor igual a 3) e dois com percepção positiva ou concordante (valores maiores do que 3). Foi calculada a média ponderada para cada item, baseando-se na frequência das respostas. As questões foram divididas em três critérios de avaliação: 1) Ensino tradicional de anatomia humana (Questões 2, 3 e 4), 2) Proposta de estratégias alternativas de ensino (Questões 1, 5, 6, 11 e 12) e, 3) e Percepção do modelo apresentado (Questões 7, 8, 9 e 10).

A análise das respostas relacionadas aos critérios de avaliação 1 e 2 deu-se pela proporção de respostas para cada item; no critério Percepção do Modelo apresentado (questões 7, 8, 9 e 10), a análise foi baseada nos valores do Ranking Médio (RM) que considera valores de 1 a 5 para cada item da resposta, sendo calculada a média ponderada relacionada a frequência da resposta. Quanto mais próximo à 5 o RM estiver, maior será o nível de satisfação dos alunos com o uso do plexo braquial em aulas de anatomia (OLIVEIRA, 2005).

Para o cálculo do RM utilizou-se a fórmula:

$$\text{Média Ponderada (MP)} = \sum (f_i \cdot V_i)$$

$$\text{Ranking Médio (RM)} = \text{MP} / (\text{NS})$$

$f_i$  = frequência observada de cada resposta para cada item

$V_i$  = valor de cada resposta

NS= número de sujeitos

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Anatomia, morfologia e fisiologia do plexo braquial*

O plexo braquial tem sua origem na coluna cervical, a partir dos ramos anteriores dos quatro últimos nervos cervicais (C5-C8) e o primeiro nervo torácico (T1). Ele possui cinco regiões distintas denominadas raízes, troncos, divisões, fascículos e ramos terminais (nervos periféricos). As raízes emergem dos ramos nos forames intervertebrais e formam os troncos que se dividem em: superior, médio e inferior. Na formação do tronco superior há anastomose das raízes anteriores de C5 e C6 e, o tronco inferior é formado pela união das raízes anteriores de C8 e T1. O tronco médio formar-se-á diretamente pela raiz anterior de C7, seguindo uma lógica linear (GUSMÃO; CAMPOS; TEIXEIRA, 2007) - Figura 1.

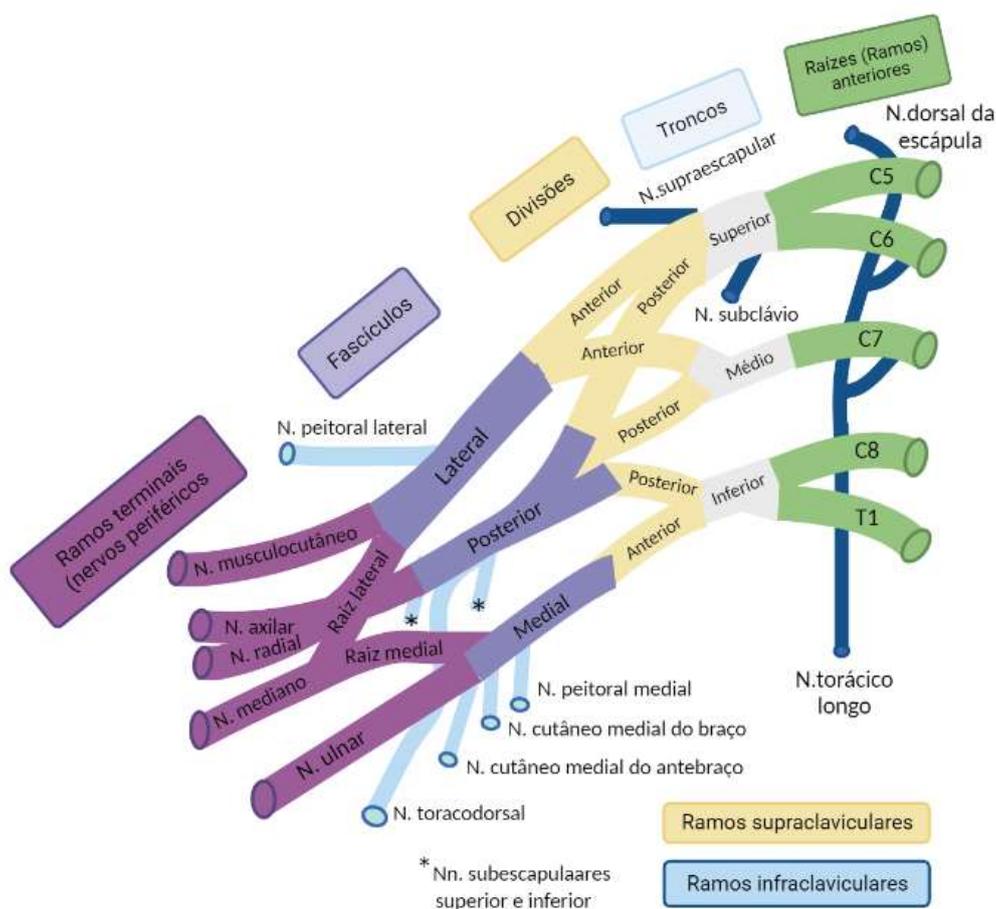
Esse plexo relaciona-se com os músculos escalenos anterior e médio e à medida que se direciona a estruturas axilares, com a superficialização dos troncos há um cruzamento anteriormente com o músculo omo-hióideo. Nesse ponto, as fibras nervosas cruzam a face posterior da clavícula, projetando divisões, os ramos anteriores e posteriores, formando três estruturas denominadas fascículos (COSTABEBER et al, 2010).

A formação dos fascículos segue o princípio de constituição dos troncos. Sendo que as divisões anteriores dos troncos superior e médio unem-se para formar o fascículo lateral, enquanto o fascículo posterior é derivado da interação entre os ramos posteriores dos três troncos do plexo. O fascículo médio deriva da divisão anterior do tronco inferior. Essas estruturas têm como relação anatômica a artéria axilar, desse modo o fascículo lateral se encontra lateralmente à artéria axilar, o médio situa-se medialmente e o último, posteriormente (ORSINI et al, 2008).

Os produtos do plexo braquial são ramos periféricos e se dividem em partes supraclavicular e infraclavicular. Do compartimento supraclavicular partem quatro ramos (nervo dorsal da escápula, nervo torácico longo, nervo para o músculo subclávio e nervo supraescapular). A porção infraclavicular emite ramos que derivam dos fascículos anteriormente expostos, três ramos partem do fascículo lateral (nervo peitoral lateral, nervo músculo-cutâneo e um ramo acessório para formar o nervo

mediano), enquanto os fascículos medial e posterior originam cinco ramos cada (MOORE, 2018). O nervo mediano possui uma peculiaridade, uma vez que ele é formado a partir da junção do ramo posterior do fascículo lateral com o ramo anterior do fascículo medial. Os quatro ramos do fascículo medial são: Nervos peitoral medial, cutâneo medial do braço, cutâneo medial do antebraço e uma contribuição para a formação do nervo mediano. Ao fascículo posterior atribuem-se ramos diretos (Nervos subescapulares inferior e superior, toracodorsal e radial) e um ramo indireto (nervo axilar) que é uma fração do nervo radial (MOORE, 2018).

**FIGURA 1** - Plexo braquial desde a sua origem na porção cervical da coluna vertebral (C5-C8) e torácico (T1), com a complexidade de raízes, troncos, divisões, fascículos e ramos



Fonte: Elaboração dos autores no software Biorender, baseado em Moore (2018) e Costabeber et al. (2010) (<https://app.biorender.com/>). Legenda: N.: nervo; Nn.: Nervos.

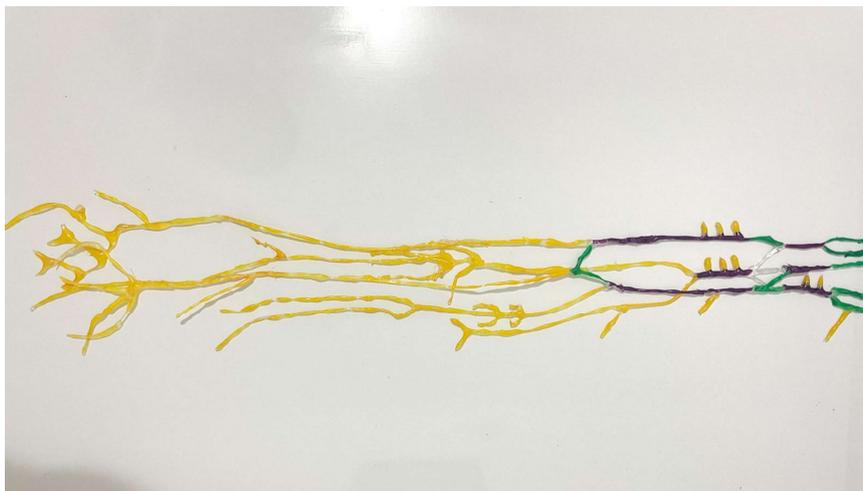
Como observado, o plexo braquial é uma rede nervosa complexa que compõe o sistema nervoso periférico, e oferece aporte motor e sensitivo aos membros superiores. Lesões nesse plexo representam, aproximadamente, 20% das lesões do sistema nervoso periférico, sendo as principais causas, eventos secundários a acidentes motociclísticos e automobilísticos que geram torção de pescoço e ombro (FLORES, 2006). Sob essa perspectiva, o detalhado conhecimento sobre a sua estrutura, morfologia e fisiologia desse plexo é de fundamental importância para a prática médica.

#### *Elaboração e desenvolvimento do modelo de plexo braquial 3D*

Como apresentado nos métodos para a elaboração do modelo computacional obteve-se inicialmente dois protótipos, um com canudos e o outro de cola de silicone. Esses modelos foram utilizados para garantir a ideia de tridimensionalidade necessária para que o modelo computacional 3D fosse desenvolvido. Os dois modelos estão apresentados na Figura 2.

**FIGURA 2** - Modelos de plexo braquial feito com canudos de polipropileno (superior) e com cola de silicone (inferior)





Fonte: Autores.

Legenda: Plexo de canudos: amarelo - raízes cervicais; azul - troncos; vermelho - divisões; roxo - fascículos; rosa - ramos terminais. Plexo de cola: verde - raízes cervicais e contribuições anteriores e posteriores dos troncos e fascículos. Roxo - troncos e fascículos. Amarelo - ramos terminais e colaterais.

O protótipo 3D de plexo braquial foi desenvolvido por modelagem computacional e após comparações com diferentes modelos disponível em livros e atlas de anatomia foi considerado adequado e suficiente para que fosse realizada a impressão (figura 3).

**FIGURA 3** - Visão posterior do plexo braquial direito desenvolvido pelo programa SolidWorks



Fonte: Autores.

A última parte para a obtenção do modelo 3D foi o desenvolvimento do modelo impresso – Figura 4. A impressão de cada exemplar ocorreu em aproximadamente uma hora, sendo impressos um total de 10 modelos, garantindo a manipulação por todos os grupos de alunos.

**FIGURA 4** - Visão anterior do plexo braquial direito obtido pelo método de prototipagem rápida



Fonte: Autores.

#### *Viabilidade do modelo 3D do plexo braquial*

A viabilidade do modelo do plexo braquial foi testada a partir da percepção de 104 alunos do primeiro período do curso de Medicina de uma Faculdade Privada de Belo Horizonte, Minas Gerais. A eficácia do seu uso foi testada por critérios de análise das respostas ao questionário de percepção.

Os alunos responderam ao questionário após terem participado de todas as três etapas didáticas iniciais. O questionário contendo 13 questões, sendo 12 questões de múltipla-escolha e uma dissertativa, apresentava as perguntas divididas em três critérios: a) Ensino tradicional de anatomia humana, b) Proposta de estratégias alternativas de ensino, e, c) Percepção do modelo apresentado. Esses blocos e as perguntas relacionadas estão apresentados na tabela 1:

**Tabela 1** - Critérios de classificação e perguntas do questionário de percepção de uso do modelo de plexo braquial 3D

CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO	PERGUNTAS
Ensino tradicional de anatomia humana (Questões 2, 3 e 4)	Você concorda com a dificuldade de entendimento e abstração de algumas estruturas anatômicas?
	Você concorda com a necessidade da abordagem teórica no ensino da anatomia humana?
	Você concorda que o uso de peças naturais humanas seria a melhor maneira de estudo de anatomia humana?
Proposta de estratégias alternativas de ensino (Questões 1, 5, 6, 11, 12 e 13 – questão aberta)	Você concorda com a necessidade de uso de novas estratégias para o ensino de anatomia humana?
	Você concorda com o uso de modelos de fácil manipulação, no estudo da anatomia humana?
	Você concorda com o uso de modelos computacionais 3D para a melhoria do aprendizado da anatomia humana?
	É viável a tentativa de modelagem de outros plexos nervosos para o uso nas aulas de anatomia?
	É viável a tentativa de prototipagem de outras estruturas anatômicas que seriam utilizadas nas aulas de anatomia humana?
Sugira outras estruturas anatômicas que seriam viáveis para a prototipagem 3D (questão aberta).	

Percepção do modelo apresentado (Questões 7, 8, 9 e 10)	O modelo prototipado foi de fácil manipulação e trouxe benefícios no estudo da anatomia humana?
	O modelo utilizado foi válido para complementar o ensino teórico-prático já estabelecido no seu curso?
	Você concorda que o uso do modelo prototipado por impressão 3D trouxe melhorias à sua percepção do posicionamento anatômico?
	Você concorda que a escolha de um plexo nervoso foi interessante pela dificuldade de visualização dessas estruturas?

Fonte: Autores

Todas as respostas foram analisadas e apresentadas como porcentagem. Nas questões sobre Ensino tradicional de anatomia humana (Q. 2, 3 e 4), observou-se a maior discrepância em relação às respostas. Quando os alunos foram perguntados se “Você concorda com a dificuldade de entendimento e abstração de algumas estruturas anatômicas?” (Q.2) aproximadamente 75% concordaram totalmente, e isso é um relato recorrente na disciplina de anatomia pois trata-se de um estudo complexo. Esse tipo de estudo exige a memorização de termos e identificação de estruturas que nem sempre estão disponíveis em peças naturais ou quando estão, são de difícil visualização.

No questionamento “Você concorda com a necessidade da abordagem teórica no ensino da anatomia humana?” (Q.3) Cerca de 65% dos alunos concordaram totalmente, e outros quase 30% concordaram. Este resultado traz a reflexão de que o uso de estratégias de abordagens de ensino, por exemplo, do tipo *Problem Based Learning* (PBL) e *Team Based Learning* (TBL), centralizadas no sujeito, garantindo

que ele seja detentor do controle da sua aprendizagem, complementam o ensino tradicional dos conteúdos, mas não isentam a necessidade de aulas teóricas.

A questão 4, desse primeiro bloco, foi a que apresentou uma maior discrepância em relação a todas as demais, até mesmo as que foram categorizadas nos dois outros blocos. Ela trazia a pergunta: Você concorda que o uso de peças naturais humanas seria a melhor maneira de estudo de anatomia humana? Sendo que 42% responderam que concordam totalmente, 17% que concordam, 32% não concordam e nem discordaram, mas 8% e 1%, respectivamente, responderam que discordam e discordam totalmente. Essa questão nos leva a refletir sobre a necessidade de buscar inovações para o ensino de anatomia humana, considerando também a burocracia da legislação ética, em relação ao recebimento e manutenção de peças naturais nas instituições de ensino e pesquisa.

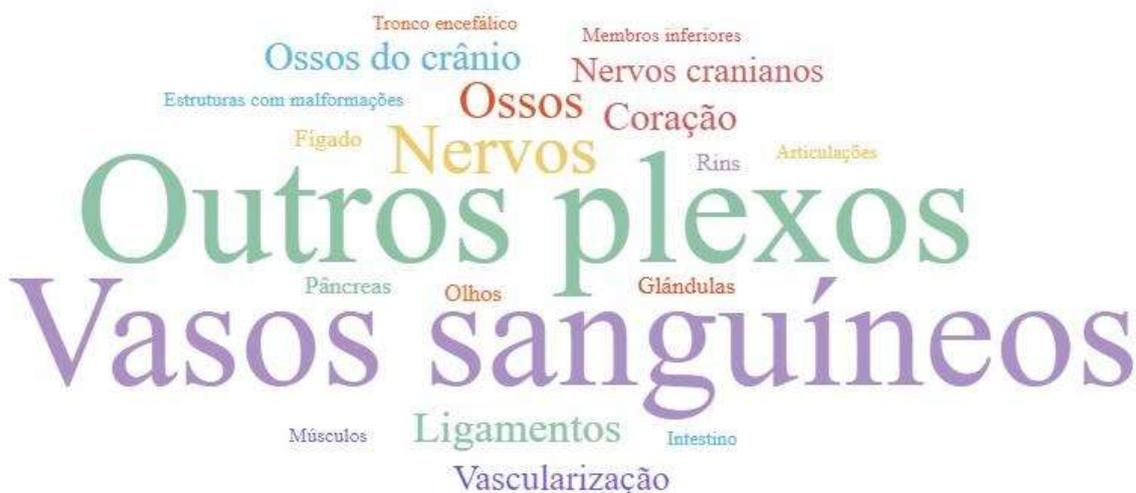
Nas questões sobre Proposta de estratégias alternativas de ensino (Q. 1, 5, 6, 11, 12 e 13), com exceção da questão 13 que era dissertativa, nas demais, no mínimo 75% das respostas foram em concordância total com a necessidade do uso de novas estratégias e de modelos de fácil manipulação para o ensino de anatomia humana. Nesse contexto, inclui-se o uso de modelos computacionais 3D para a melhoria do aprendizado, como também a viabilidade de prototipagem de outros plexos e estruturas anatômicas. Isso vem em encontro ao caráter inovador do modelo proposto neste trabalho, propondo estratégias simples, de baixo custo e fácil manipulação, que podem trazer importantes ganhos para o processo ensino e aprendizagem.

E por último as questões da categoria Percepção do modelo apresentado (Q. 7, 8, 9 e 10) mais do que 90% dos alunos concordaram totalmente ou concordaram que o modelo é de fácil manipulação, trouxe benefícios ao estudo da anatomia e foi complementar à teoria. Nas questões 7, 8 e 9 apenas cerca de 1% dos respondentes discordaram das propostas em cada pergunta.

A questão dissertativa trouxe a oportunidade de os alunos sugerirem outras estruturas anatômicas que seriam interessantes de serem prototipadas em impressão 3D, estruturas que eles consideram de difícil visualização nas peças naturais e ausentes como modelos sintéticos. A nuvem de palavras da figura 5 representa as principais estruturas que foram mencionadas. Sendo que as três estruturas mais mencionadas, e que se encontram em letras maiores, foram: outros plexos, vasos

sanguíneos e nervos. Essas estruturas apareceram provavelmente por se tratar de estruturas delicadas, de difícil dissecação nas peças naturais e por consequência de difícil observação.

**Figura 5** - Nuvem de palavras construída pelo software de infográficos *Infogram*



Fonte: Autores.

As palavras representam as que foram citadas com maior frequência nas respostas da pergunta dissertativa.

As respostas das questões de múltipla-escolha foram ainda analisadas de acordo com os graus de concordância, sendo todos os valores menores do que 3 foram considerados de percepção negativa ou discordante, o valor igual a 3, considerado neutro ou indiferente e os valores maiores do que 3, como percepção positiva ou concordante. Os dados estão apresentados na tabela 2 e pode-se observar que na maioria das questões os alunos apresentaram percepção positiva (acima de 90% dos respondentes) em relação aos questionamentos propostos, concordando totalmente ou concordando.

**Tabela 2** - Porcentagem dos graus de concordância de todas as respostas nas questões de múltipla-escolha

<b>Questão</b>	<b>Percepção positiva ou concordante (%)</b>	<b>Percepção neutra (%)</b>	<b>Percepção negativa ou discordante (%)</b>
Questão 01	97,12	2,88	0,00
Questão 02	98,08	1,92	0,00
Questão 03	93,27	6,73	0,00
Questão 04	59,62	31,73	8,65
Questão 05	98,08	1,92	0,00
Questão 06	95,19	3,85	0,96
Questão 07	95,19	3,85	0,96
Questão 08	97,12	1,92	0,96
Questão 09	90,38	7,69	1,92
Questão 10	99,04	0,96	0,00
Questão 11	96,15	2,88	0,96
Questão 12	99,04	0,00	0,96

Fonte: Autores.

Em uma última análise foi calculada a média ponderada (MP) baseando-se na frequência das respostas. A análise das respostas dos questionários, relacionadas aos critérios de avaliação 1 e 2 deu-se, prioritariamente, pela proporção de respostas para cada item; no critério Percepção do Modelo apresentado (questões 7, 8, 9 e 10), a análise foi baseada nos valores do Ranking Médio (RM) e os dados estão apresentados na tabela 3. Pode-se observar que em todas as questões o valor de RM está próximo de 5, o que representa que o nível de satisfação dos estudantes com o uso do modelo de Plexo Braquial prototipado nas aulas de anatomia foi alto, e indica a viabilidade do modelo e do seu uso.

**Tabela 3** - Média Ponderada (MP) e Ranking Médio (RM) das questões da categoria Percepção do Modelo apresentado

	Questão 07	Questão 08	Questão 09	Questão 10
<b>MP</b>	483,00	486,00	477,00	494,00
<b>RM</b>	4,64	4,67	4,59	4,75

Fonte: Autores.

Apesar da complexidade do ensino de anatomia nos diferentes cursos da área da saúde, como também nos diversos assuntos que abordam, há interesse constante dos alunos pelo tema, como apresentado nos resultados mostrados nesse trabalho. Na literatura há escassez de trabalhos, sobre o uso de materiais didáticos com alunos de ensino superior, a maioria das publicações são feitas com alunos do ensino fundamental e médio, como também com alunos que apresentavam alguma neuroatipia e/ou baixa acuidade visual. Nesse contexto, podemos citar o trabalho de Gerpe (2020) que propôs modelos de partículas virais para o ensino de alunos do 2º ano do Ensino Médio. Nesse trabalho, ela observou que o uso dos modelos foi de grande valia para o aprendizado dos alunos de forma mais atrativa, lúdica e dinâmica.

Em outro trabalho, as autoras propuseram a elaboração de modelos didáticos coloridos em alto-relevo representativos e explicativos de células eucarióticas (animal), procarionte (bactéria), neurônio (célula animal) e célula vegetal. Esses

modelos foram considerados instrumentos facilitadores do aprendizado, complementando o estudo escrito e as figuras planas, sendo ferramentas importantes para uma aprendizagem significativa. Eles foram tidos como capazes de contribuir para o desenvolvimento na formação dos alunos (MORAIS, MARQUES, 2017).

Um terceiro trabalho foi proposto por Nascimento e Bocchiglieri (2019) e nele foram elaborados recursos didáticos para representar aspectos da anatomia e morfologia dos Vertebrados (Classes Reptilia e Aves), como estratégias de acessibilidade pedagógica à estudantes com deficiência visual do curso de Ciências Biológicas. Os autores observaram as mesmas dificuldades no ensino da anatomia, pelo fato de existirem estruturas de difícil visualização/percepção ao toque no material fresco e/ou fixado. Eles realizaram entrevistas semiestruturadas com os estudantes para que os modelos fossem validados e concluíram que as percepções dos estudantes foram positivas em relação aos recursos produzidos. Destacando, também, a importância do uso de materiais didáticos como facilitadores na aquisição do conhecimento e de inclusão.

Nesse contexto, o desenvolvimento do modelo 3D vem em encontro com descrições da literatura, nas quais é reconhecida a importância de se criar estratégias didáticas para o ensino prático da anatomia humana, visando um maior envolvimento dos alunos e uma melhor assimilação e entendimento do conteúdo ministrado.

Alguns autores utilizaram diferentes propostas de modelos, sintéticos e naturais, especificamente para o ensino de anatomia humana. Desses, pode-se citar Lima e Silva, Machado e Biazussi (2012) que relatam sobre a busca por métodos e inovações no ensino de anatomia, e no trabalho propuseram o uso de órgãos suínos (coração e pulmão), para o ensino da fisiologia cardiorrespiratória, em substituição de peças sintéticas, observando assim, um maior envolvimento dos alunos. Esses autores afirmam que o educador precisa atuar com didáticas inovadoras e possuir competência não somente no domínio dos conteúdos, como também no conhecimento de propostas alternativas, para que os alunos façam correlação das ciências morfológicas com a prática do curso. Apesar do trabalho citado não abordar o desenvolvimento de modelos sintéticos alternativos em relação às peças, ele traz a importância da busca constante por estratégias que facilitem a visualização das estruturas anatômicas.

Outro trabalho sobre anatomia humana proposto por Araújo et al. (2014) trouxe a proposta de que os próprios alunos construíssem modelos para se aproximarem da realidade teórico-prática. Os modelos construídos representavam as vias e tratos da medula espinal, o olho com seus músculos extrínsecos, a origem e inserção muscular em ossos, a orelha funcional, os plexos nervosos braquial, lombar e sacral e ainda, os músculos profundos do dorso. Os modelos foram construídos utilizando-se os mais diversos materiais. No trabalho ficou claro que a criação de modelos didáticos, pelos alunos do curso médico, foi positiva no processo de construção do conhecimento, pois, colaborou para a criação de memórias eficientes, estimulou a criatividade, e propiciou uma relação docente/discente mais próxima.

Dessa forma, a decisão pelo desenvolvimento dos modelos vai de encontro com os conceitos do processo de aprendizagem de Vygotsky apud Wertsch, Smolka (1994) que relata que o processo da aprendizagem perpassa por dois conceitos chaves: conhecimento real e conhecimento potencial. O primeiro é aquele que o sujeito consegue aplicar sozinho e, o potencial é o conhecimento que necessita do outro para se aplicar. Assim, o docente precisa estimular a formação do conhecimento real, complementando o potencial, para garantir a aprendizagem individual e a autonomia do aluno.

Nesse contexto, torna-se evidente a importância do estímulo ao processo de aprendizagem efetiva, e não apenas momentânea, para estudantes universitários, por exemplo, para um acadêmico do curso de medicina e, futuro profissional da saúde. E para que esse aprendizado ocorra, várias estratégias podem ser utilizadas com o intuito de favorecer a prática docente e o entendimento discente. Dessa forma, acredita-se que, com o uso dos modelos, possa ocorrer um estudo mais efetivo, prático, visto que a união da teoria com o molde em 3D pode ser um instrumento facilitador da aprendizagem.

## **CONCLUSÃO**

O desenvolvimento de novas ferramentas didáticas viabiliza melhorias no desempenho acadêmico dos alunos, pois pode facilitar o aprendizado de conteúdos considerados complexos, bem como complementar as aulas teórico-expositivas.

Juntamente com o advento de materiais alternativos como as peças anatômicas sintéticas, pode-se incorporar novas tecnologias, com a possibilidade de impressão 3D de estruturas, visando um melhor entendimento e abstração da forma e disposição da peça anatômica.

A utilização de diferentes recursos didáticos que facilitem o processo de ensino-aprendizagem, é importante no exercício da autonomia sobre o desenvolvimento de habilidades e o entendimento. Para tanto, uma busca constante por métodos e inovações no ensino visa diminuir ou eliminar a dificuldade de aprendizagem dos alunos, garantindo assim, a formação de profissionais críticos, criativos e competentes.

Dessa forma, os educadores, através de propostas didáticas inovadoras, poderão garantir não apenas o domínio dos conceitos, por parte dos alunos, mas também a ocorrência de relações anatomopatológicas-clínicas, que vão muito além da apenas memorização dos nomes de estruturas. Sendo importante também o feedback por parte dos alunos, em relação à percepção sobre os modelos propostos e aos ganhos por eles proporcionados.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem ao Sr. Helder de Souza Werneck pela modelagem computacional do Plexo Braquial no software SolidWorks.

**Conflitos de interesse:** Os autores declaram que não há conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO JUNIOR, J. P. et al. Desafio anatômico: uma metodologia capaz de auxiliar no aprendizado de anatomia humana. **Medicina**, Ribeirão Preto, v. 47, n. 1, p.62-68, 2014. Disponível em: < <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/80100/83980>>

BRASIL. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprovar diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília, DF: Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Comissão Nacional de Ética em Pesquisa, [2012]. Disponível em: <https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>.

BRASIL. Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016. Dispor normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais com utilização de dados de participantes ou de informações identificáveis. Brasília, DF: Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Comissão Nacional de Ética em Pesquisa, [2016]. Disponível em: <<https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>>.

COSTABEBER, I. et al. Fascículos do plexo braquial: um estudo morfológico. **Rev. Bras. Anesthesiol.**, Campinas, v. 60, n. 6, p. 608-613, Dec. 2010 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-70942010000600007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-70942010000600007&lng=en&nrm=iso)>.

FLORES, L. P. Estudo epidemiológico das lesões traumáticas de plexo braquial em adultos. **Arq. Neuro-Psiquiatr.**, São Paulo , v. 64, n. 1, p. 88-94, Mar. 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-282X2006000100018&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-282X2006000100018&lng=en&nrm=iso)>.

GERPE, Rosana Lima. Modelos didáticos para o ensino de Biologia e Saúde: produzindo e dando acesso ao saber científico. **Revista Educação Pública**, v. 20, n. 15, 28 abra. 2020.

Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/15/modelos-didaticos-para-o-ensino-de-biologia-e-saude-produzindo-e-dando-acesso-ao-saber-cientifico>.

GUSMÃO, S. N. S.; CAMPOS, G. B.; TEIXEIRA, A. L. **Exame neurológico: bases anatomofuncionais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2007.

IARC. **Monogr Eval Carcinog Risks Hum**. 2006. International Agency for Research on Cancer: summaries and evaluations, formaldehyde. Disponível em <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK326468/>>.

KARAM, R. G. et al. Uso da glicerina para a substituição do formaldeído na conservação de peças anatômicas. **Pesq. Vet. Bras.**, Rio de Janeiro , v. 36, n. 7, p. 671-675, 2016.

Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-736X2016000700671&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-736X2016000700671&lng=en&nrm=iso)>.

LIKERT, R. A Technique for the Measurement of Attitudes. **Archives of Psychology**, v. 140, p. 1-55, 1932. Disponível em: <[https://legacy.voteview.com/pdf/Likert\\_1932.pdf](https://legacy.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf)>.

LIMA E SILVA, M. S.; MACHADO, H. A.; BIAZUSSI, H. M. Produção de material didático alternativo para aula prática de anatomia humana. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Palmas. **Anais [...]** Palmas: IFTO, 2012. p.1-7. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/4211/1560>>.

MOORE, K. L. **Anatomia orientada para a clínica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

MORAES, G. N. B.; SCHWINGEL, P. A.; SILVA JUNIOR E. X. Uso de roteiros didáticos e modelos anatômicos, alternativos, no ensino-aprendizagem aulas práticas de anatomia humana. **Revista Iberoamericana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 11, n. 1, p. 223-230, 2016.

Disponível em:

<<https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/7305/5709>>.

MORAIS, G. H., MARQUES R. C. P. A importância do uso de modelos didáticos no ensino de citologia. **Anais IV CONEDU**. Campina Grande: Realize Editora, 2017. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/35370>>.

NASCIMENTO, L.M.M.N, BOCCHIGLIERI. A. Modelos didáticos no ensino de Vertebrados para estudantes com deficiência visual. **Ciênc. Educ. (Bauru)**, Bauru, v. 25, n. 2, 2019.

OLIVEIRA, L. H. **Exemplo de cálculo de Ranking Médio para Likert**. Dissertação (Mestrado em Administração e Desenvolvimento Organizacional) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2005. Disponível em: <<https://www.feis.unesp.br/Home/DTADM/STDARH/EquipedeDesenvolvimento/educacaosaude/documentos/pesquisa/estatistica/media%20por%20Likert.doc>>

ORSINI, M. et al. Reabilitação Motora na Plexopatia Braquial Traumática: Relato de Caso. **Rev Neurocienc**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 157-161, 2008. Disponível em: <[http://revistaneurociencias.com.br/edicoes/2008/RN%2016%2002/Pages%20from%20neuro\\_vol\\_16\\_n2-15.pdf](http://revistaneurociencias.com.br/edicoes/2008/RN%2016%2002/Pages%20from%20neuro_vol_16_n2-15.pdf)>.

PESSINI, L.; RUIZ, C. R. **Anatomia Humana e ética: dignidade no corpo sem vida**. São Paulo: Paullus, 2007.

SILVA, J. H. et al. O ensino-aprendizagem da anatomia humana: avaliação do desempenho dos alunos após a utilização de mapas conceituais como uma estratégia pedagógica. **Ciênc. Educ. (Bauru)**, Bauru, v. 24, n. 1, p. 95-110, jan. 2018 .

Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132018000100095&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132018000100095&lng=pt&nrm=iso)>.

SWENBERG, J. A. et al. Formaldehyde carcinogenicity research: 30 years and counting for mode of action, epidemiology, and cancer risk assessment. **Toxicologic Pathology**, v. 41, n. 2, p. 181-9, 2013.

TALAMONI, A. C. B. Anatomia, ensino e entretenimento. In: \_\_\_\_\_. **Os nervos e os ossos do ofício: uma análise etnológica da aula de Anatomia**. São Paulo: Editora UNESP, 2014, p. 23-37.

WERTSCH, J. V.; SMOLKA, A. L. B. Continuando o diálogo: Vygotsky, Bakhtin e Lotman. **Vygotsky em foco: Pressupostos e Desdobramentos**. 1. ed. São Paulo: Papyrus, 1994.