

# REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL DE DENTES DE MAMÍFEROS E SUA UTILIZAÇÃO COMO RECURSO DIDÁTICO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA

## THREE-DIMENSIONAL REPRESENTATION OF MAMMALIAN TEETH AND ITS USE AS A TEACHING RESOURCE IN THE TRAINING OF SCIENCE AND BIOLOGY TEACHERS

Regiane Guimarães da Silva<sup>1</sup>, Alcides Loureiro Santos<sup>2</sup>, Marcelo Loureiro da Silva<sup>3</sup>, Yuri Karaccas de Carvalho<sup>4</sup>

Recebido: maio/2022 Aprovado: dezembro/2022

**Resumo:** O uso de modelos anatômicos é de grande importância no ensino de Ciências Biológicas. Modelos confeccionados em impressão 3D podem suprir a falta de peças anatômicas reais, além de reduzir o uso de animais em práticas didático-pedagógicas. O objetivo deste estudo foi produzir modelos de dentes 3D de animais para serem usados como recursos didáticos, direcionados à formação de professores de Ciências e Biologia na Educação Básica e demonstrar a importância do seu uso em práticas do ensino de Ciências Biológicas, comparando-os com modelos anatômicos reais. Para isso, utilizou-se dentes de quatro espécies animais: cão (*Canis lupus familiaris*), porco (*Sus scrofa*), cavalo (*Equus caballus*) e paca (*Cuniculus paca*). Os dentes naturais foram escaneados e reproduzidos em impressão 3D com acrilonitrila butadieno estireno (ABS). O público-alvo foi 33 discentes do curso de Ciências Biológicas, sendo distribuídos em três grupos de 11 pessoas (controle, *in natura* e 3D). Por meio de um questionário aplicado antes e após as aulas, avaliou-se o aprendizado dos alunos acerca do entendimento que possuem sobre a dentição animal. Verificou-se que os grupos 3D e *in natura* apresentaram resultados significativamente melhores no pós-teste quando comparados ao grupo controle. Os modelos 3D se mostraram tão eficientes quanto os dentes *in natura* na promoção da aprendizagem. Sugere-se que a impressão 3D pode ser uma ferramenta eficaz na produção de modelos anatômicos voltados para a formação de professores em Ciências e Biologia.

**Palavras-chave:** Dentição animal; educação; formação de professores; modelagem de deposição fundida; metodologias alternativas; inovação.

**Abstract:** The use of anatomical models is significant in teaching biological sciences. Models made in 3D printing can overcome the lack of anatomical parts, in addition to reducing the use of animals in didactic-pedagogical practices. The objective of this study was to produce models of 3D animal teeth to be used as didactic resources, aimed at training Science and Biology teachers in Basic Education and to demonstrate the importance of their use in Biological Sciences teaching practices, comparing them with anatomical models. Teeth of four species were used: dog (*Canis lupus familiaris*), pig (*Sus scrofa*), horse (*Equus caballus*) and paca (*Cuniculus paca*). The *in natura* teeth were scanned and reproduced in 3D

1  <https://orcid.org/0000-0002-8842-6684> - Mestre em Ensino de Ciências e Matemática – (UFAC). Técnico em Assuntos Educacionais (UFAC), Rio Branco, Ac, Brasil. Rua Educandos, 210. Bairro Jardim América, CEP 69.918-554, Rio Branco, Ac, Brasil. E-mail: [enaiger.gui@gmail.com](mailto:enaiger.gui@gmail.com)

2  <https://orcid.org/0000-0002-3609-4710> - Mestre em Ensino de Ciências e Matemática – (UFAC). Professor do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza (UFAC), Rio Branco, Ac, Brasil. Rua Juventus, 48. Bairro Defesa Civil, CEP 69.921-860, Rio Branco, Ac, Brasil. E-mail: [alcides.santos@ufac.br](mailto:alcides.santos@ufac.br)

3  <https://orcid.org/0000-0001-7849-9698> - Mestre em Ensino de Ciências e Matemática – (UFAC). Professor do Centro de Matemática e Ciências Aplicadas (SEE), Rio Branco, Ac, Brasil. Rua Manoel Rodrigues de Souza, Bairro Abrahão Alab, CEP 69.908-620, Rio Branco, Ac, Brasil. E-mail: [marcelo.loureiro@sou.ufac.br](mailto:marcelo.loureiro@sou.ufac.br)

4  <https://orcid.org/0000-0001-5352-405X> - Doutor em Ciências – (USP). Professor da Universidade Federal do Acre (UFAC) e Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil. Avenida Almirante Ary Parreiras, 503. Bairro Vital Brasil, CEP 24230-340, Niterói, RJ, Brasil. E-mail: [yurikaraccas@id.uff.br](mailto:yurikaraccas@id.uff.br)

printing with acrylonitrile butadiene styrene (ABS). The students of the graduate course in biological sciences teaching (n=33) were divided into three equal groups (control, *in natura* and 3D). Through tests applied before and after classes, the students' learning about the animals' dentition was verified. It was found that the 3D and *in natura* groups showed significantly better results in the post-test when compared to the control group. 3D models proved to be as efficient as natural teeth in promoting learning. It's suggested that 3D printing can be an effective tool in the production of anatomical models aimed at training future biology teachers.

**Keywords:** Animal dentition; education; teacher training; fused deposition modeling; alternative methodologies; innovation.

## 1. Introdução

Um sistema educacional de qualidade depende de muitos fatores, dentre eles a formação inicial e continuada de professores. Nas áreas das Ciências Naturais, como Biologia, Química e Física, esses processos formativos precisam valorizar as atividades experimentais (Ural, 2016; Gomes, 2019). Aulas práticas realizadas em laboratório ou nas salas de aulas permitem que os conceitos teóricos possam ser explorados, aprofundados e mais bem compreendidos pelos alunos. Além disso, as práticas experimentais como momentos pedagógicos podem aumentar o interesse dos alunos pelas ciências, rompendo o tradicionalismo expositivo das aulas (Konflanz et al. 2015; Stoll et al. 2020).

O ensino de Biologia pode ser considerado tradicional quando ministrado de forma pronta, não permitindo uma aprendizagem por descoberta e conseqüentemente mais significativa. A superação desse modelo de transmissão e recepção de conhecimentos acabados passa necessariamente pela realização de atividades práticas nas escolas (Sautière et al. 2019; Stoll et al. 2020). Acredita-se que a participação ativa dos alunos em situações de investigação reais é importante para a sua formação acadêmica. Apenas o uso de aulas expositivas não é suficiente para alcançar os resultados esperados na formação de novos professores (Barak, 2017).

Mesmo na educação básica, o uso de animais no ensino é comum, mas tem causado controvérsia, especialmente nos países desenvolvidos. Nessa perspectiva, destaca-se um movimento crescente e favorável ao uso de métodos alternativos (Amahmid et al. 2019). Um exemplo foi o Primeiro Seminário do Norte da África e Oriente Médio sobre Alternativas aos Animais em Experiências em Educação e Treinamento, realizado em 2010 no Egito com a participação de representantes de 24 países (Elzaabalawy et al. 2011).

Na educação superior, vários cursos de graduação como Ciências Biológicas, Medicina e Medicina Veterinária, utilizam animais na íntegra ou partes dele para fins didáticos (Mallia et al. 2018). Porém, no Brasil e no mundo é crescente o movimento que se contrapõe ao uso intenso de animais no ensino (Amahmid et al. 2019). Diante disso, há uma corrente conceitual designada como os 3R's (*reduction, refinement e replacement*), que defende o uso de métodos alternativos, a exemplo dos modelos artificiais (Cardoso e Lange, 2015). Um dos motivos apresentados para se evitar o manuseio de animais no ensino é a necessidade constante de garantir níveis adequados de bem-estar, além de reconhecer a sentiência animal (Deguchi et al. 2016). Entende-se que esses níveis são alcançados quando há um equilíbrio físico e mental do animal com o ambiente no qual ele faz parte, caracterizado promoção das cinco liberdades

(Livre de fome e de sede, Livre de desconforto, Livre de dor, ferimentos e doença, Liberdade de expressar comportamento normal e Livre de estresse, medo e ansiedade) (Azevedo et al. 2020).

A senciência animal ainda é um conceito em construção, mas está relacionada a capacidade de sentir, de ter emoções e ter consciência. Algumas espécies, geralmente de mamíferos, são consideradas seres sencientes e, por isso, gozam de proteção jurídica para garantia de seu bem-estar. Outras, como as de invertebrados, não possuem esse amparo legal, especialmente pela dificuldade de se mensurar seus níveis de senciência. Essas questões ressaltam ainda mais a importância do debate sobre o uso de animais em práticas de ensino e pesquisa (Silva e Ataíde Júnior, 2020).

No Brasil, muitas instituições de ensino superior não possuem recursos adequados para as aulas práticas no curso de Ciências Biológicas. A falta de materiais didáticos práticos geralmente favorece a predominância das aulas teórico-expositivas. Dispor de modelos sintéticos, a exemplo de peças produzidas em impressão 3D, podem ser recursos que favoreçam o aprendizado dos alunos, especialmente na ausência de peças anatômicas reais (Mallia et al. 2018). Contudo, para garantir o rigor científico necessário nos cursos de formação de professores de Ciências, os modelos devem representar com clareza a peça original, facilitando a compreensão dos alunos sem comprometer sua interação com a realidade (Kong et al. 2016).

Muitas áreas da sociedade já se beneficiam das diferentes tecnologias de impressão 3D, como na engenharia, nas artes, na medicina e na educação (Murphy e Atala, 2014). A tecnologia mais comum utilizada nas impressoras 3D é denominada de fusão por deposição de material (FDM) (Fitzharris et al. 2018; Liu et al. 2019), onde, um filamento constituído geralmente de ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) ou PLA (Ácido Polilático) é aquecido e extrusado por um bico criando uma sobreposição de camadas na plataforma de impressão. A movimentação gradativa do bico e da plataforma controladas por um software promovem a confecção do modelo tridimensional (Gibson et al. 2015).

A tecnologia de impressão 3D possibilita, tanto na educação básica como na superior, a produção de modelos realísticos que podem ser instrumentos facilitadores de aprendizagem durante as aulas práticas nas escolas e universidades (Hong et al. 2019; Tran et al. 2017). Uma impressora 3D tem o potencial de trazer muitos benefícios para as atividades práticas, pois possibilita elevado grau de liberdade e criatividade para a confecção de modelos no próprio espaço educativo (Lipson, 2007). Modelos anatômicos impressos em 3D já se mostraram úteis na educação ao promover uma aprendizagem mais significativa nos alunos (Neves et al. 2020; O'Reilly et al. 2016).

O dente é uma das peças anatômicas mais importantes para a promoção do ensino de zoologia. São constituídos por um núcleo oco de dentina sensitiva, a qual é preenchida pela polpa. A parte externa é revestida por um esmalte insensível. Ficam alojados nas cavidades ósseas (alvéolo dentário) da mandíbula e maxila (Stoor et al. 2017). Sua principal função é a redução dos alimentos, dando início ao processo de digestão (Viot et al. 2017). Eles são adaptados para cortar, reter e triturar os alimentos. O conhecimento dos diferentes tipos e

estruturas dentárias são fundamentais para entender os hábitos e habitat de diferentes grupos de animais (carnívoros, herbívoros e onívoros). De maneira geral, podem ser classificados em incisivos, caninos, pré-molares e molares (Vieira e Kup, 2016; Virot et al. 2017).

Na fisiologia animal, o aprendizado dos tipos de dentes e suas respectivas funções são fundamentais para compreender o sistema digestório, já que a mastigação é a primeira etapa desse processo (Galli et al. 2018; Vieira e Kup, 2016; Virot et al. 2017). Também pode auxiliar na Ecologia visto que, a dentição implica em condições de existência e sobrevivência dos animais (Evans e Pineda-Munoz, 2018; Virot et al. 2017).

Diante disso, o presente trabalho objetivou produzir modelos de dentes 3D de animais para serem usados como recursos didáticos direcionados à formação de professores de Ciências e Biologia na Educação Básica e demonstrar a importância do seu uso em práticas do ensino de Ciências Biológicas, comparando-os com modelos anatômicos reais.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Produção dos Modelos Dentários

Este trabalho foi desenvolvido por meio de uma abordagem quantitativa, utilizando o método experimental. A primeira etapa (Figura 1) consistiu na confecção dos modelos anatômicos 3D de dentes de quatro espécies de animais. Foram selecionados dentes incisivos, caninos, pré-molares e molares *in natura* de carnívoro (cão, *Canis lupus familiaris*) e de onívoro (porco, *Sus scrofa*). Assim como dentes incisivos e molares de herbívoro (cavalo, *Equus caballus*) e de roedor herbívoro-frugívoro (paca, *Cuniculus paca*). Foram escolhidas essas espécies por representarem os principais grupos alimentares. Os dentes naturais utilizados no trabalho pertencem ao acervo do Laboratório de Anatomia Animal de uma universidade no estado do Acre, Brasil. Todos os participantes da pesquisa foram devidamente esclarecidos quanto aos seus objetivos, riscos e benefícios, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A instituição onde a pesquisa foi realizada também concordou com sua execução por meio de termo de autorização.

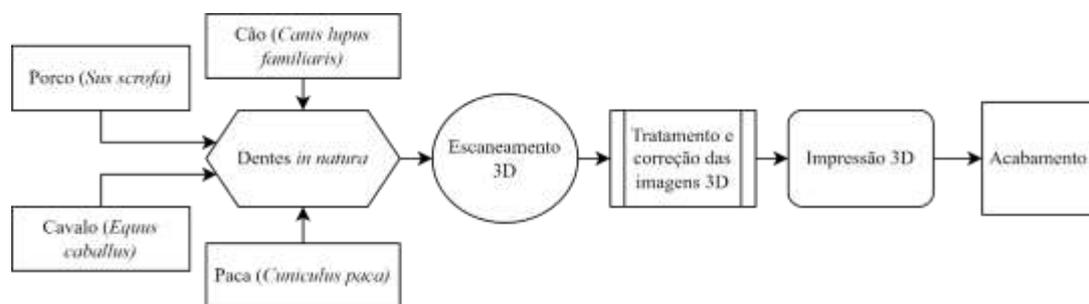


Figura 1. Fluxograma da etapa de construção dos modelos. Fonte: Os autores (2022)

As imagens digitais dos dentes naturais foram obtidas por meio de Scanner 3D Matterform® (Ontário, Canadá). Este equipamento possui uma câmera de alta definição (HD), com duplo laser, e uma plataforma rotativa com espectro de digitalização 3D de objetos de até 19 cm de altura e 25 cm de profundidade. O tratamento das imagens tridimensionais foi

realizado pelo programa de edição 3D disponibilizado pela empresa PP3DP® 3D natives (Beijing, China).

Após a obtenção dos arquivos digitais 3D no formato *stl* (*stereolithography*), procedeu-se a impressão dos modelos em filamento de ABS. Os objetos 3D foram impressos em um suporte de mesmo material do filamento, mas com maior fragilidade, visando a remoção da peça principal após a impressão (Gibson et al. 2015). Com a remoção do suporte, seguiu-se a etapa de acabamento, quando limpezas e correções foram realizadas manualmente com o auxílio de lixas finas (Figura 2A e 2B).

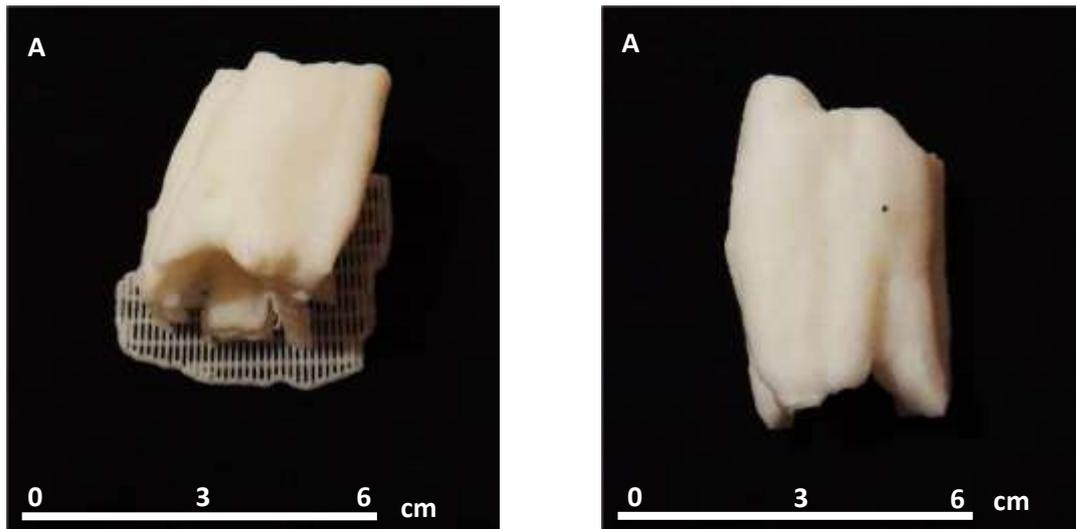


Figura 2. Modelo dentário impresso em 3D. A: Modelo impresso em 3D de dente molar de cavalo (*Equus caballus*) ainda no suporte e sem lixamento manual. B: Mesmo modelo após remoção do suporte e lixamento. Fonte: Os autores (2022)

A impressora utilizada foi do modelo *Mini UP! 3D*® (São Paulo, Brasil), com capacidade para impressão de objetos de até 10 cm<sup>3</sup>. O acabamento dos modelos e pintura foram realizados para identificação das raízes e rugosidades dentárias.

## 2.2. Avaliação dos Modelos com Alunos e Análise dos Dados

A segunda etapa (Figura 3) do trabalho foi realizada em uma instituição de ensino técnico e superior do estado do Acre, Brasil. O trabalho foi desenvolvido com discentes (n=33) do curso de licenciatura em Ciências Biológicas, os quais haviam cursado a disciplina de zoologia dos vertebrados, distribuídos em três grupos principais:

- Grupo 3D: 11 discentes que utilizaram os modelos de dentes impressos em 3D;
- Grupo *in natura*: 11 discentes que utilizaram os dentes *in natura* dos animais;

- Grupo controle: 11 discentes que tiveram apenas aula teórica.

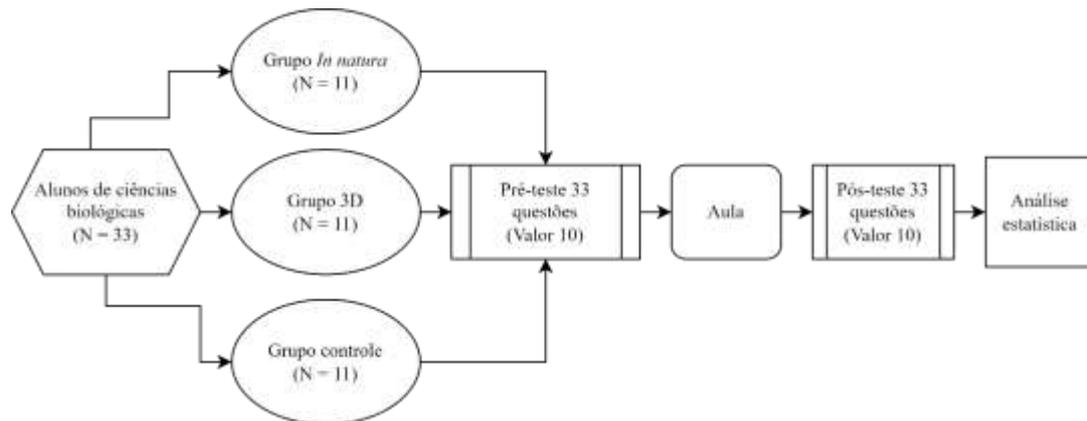


Figura 3. Fluxograma da etapa de avaliação dos modelos. Fonte: Os autores (2022)

No primeiro momento, após a formação dos grupos, todos os discentes participantes responderam a um pré-teste, com o objetivo de avaliar os conhecimentos prévios deles sobre o conteúdo. O pré-teste foi constituído por 33 afirmações totalizando dez pontos (0,303 por afirmativa) onde os discentes responderam verdadeiro (V) ou falso (F) em cada item proposto. As questões do teste foram divididas em seções: 11 questões sobre a anatomia dentária dos mamíferos, 11 questões sobre as funções dos dentes e 11 sobre os quatro grupos de dentes (incisivos, caninos, pré-molares e molares).

Em seguida, foi ministrada aula teórica para os três grupos separadamente. Durante a aula foram apresentadas a anatomia, forma e função dentária de diferentes animais, bem como sua relação com o hábito alimentar. Ao abordar a dentição dos mamíferos, foram apresentadas as partes (raiz, colo e coroa) e a constituição dentária (esmalte, dentina, cimento e polpa). Explanou-se que os carnívoros possuem incisivos em forma de lâmina para cortar; caninos curvos e afiados para rasgar, bem como auxiliar na defesa do animal. Pré-molares e molares largos e rugosos para macerar os alimentos. Já os herbívoros (pastadores e roedores) apresentam apenas incisivos afiados para cortar e molares largos e rugosos, ambos com crescimento contínuo, tendo assim coroas altas. Os onívoros, por sua vez, apresentam dentição completa, com incisivos, caninos, pré-molares e molares.

Paralelamente às explicações teóricas, o grupo 3D manuseava os modelos de dentes impressos, enquanto o grupo *in natura* manipulava os dentes *in natura* dos animais. Ao término da aula, foi apresentado um vídeo sobre a alimentação dos mamíferos, como forma de sintetizar e fortalecer o conhecimento sobre o tema.

Posteriormente, foi solicitado que os alunos respondessem ao pós-teste, concomitante ao manuseio e manipulação dos modelos anatômicos 3D e os dentes *in natura* para os respectivos grupos. O grupo controle não teve acesso a nenhum modelo 3D ou dente *in natura* durante a aula ou na aplicação dos testes. Assegurou-se que esses materiais não fossem disponibilizados previamente aos discentes e que não estivessem presentes na instituição de ensino onde a pesquisa foi aplicada. Além disso, garantiu-se que a pesquisa com os grupos fosse realizada em momentos diferentes, evitando que o grupo controle tivesse acesso aos modelos ou dentes *in natura*.

## 2.3. Análise Estatística

Primeiramente os dados obtidos no pré e pós-teste foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). Posteriormente, com o objetivo de 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 e Teste T pareado ( $p < 0,05$ ). Os testes foram feitos por meio dos programas GraphPad InStat® versão 3.10 de acesso livre para Windows® 32 bits (GraphPad Software®, San Diego, California, USA) e Microsoft Office Excel®, versão 2019 para Windows® 64 bits (Redmond, Washington, USA).

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Dentes *in natura* e os modelos em 3D

Características como a diferenciação dos dentes entre as espécies estudadas, a forma e a quantidade de raízes, os tipos e as alturas das coroas, os quais são essenciais para a classificação e associação ao tipo de dieta alimentar de cada animal, foram replicadas satisfatoriamente nos modelos impressos em 3D, quando comparados aos respectivos dentes *in natura*. As principais características anatômicas que definem os tipos dentários puderam ser bem representadas digitalmente. Entretanto, observou-se que o equipamento utilizado para a digitalização dos dentes *in natura* não possibilitou o escaneamento com perfeição de algumas estruturas dentárias, a exemplo de fossas e cristas desiguais, devido às limitações tecnológicas do próprio scanner disponível para o desenvolvimento da pesquisa (Figura 4A-D).

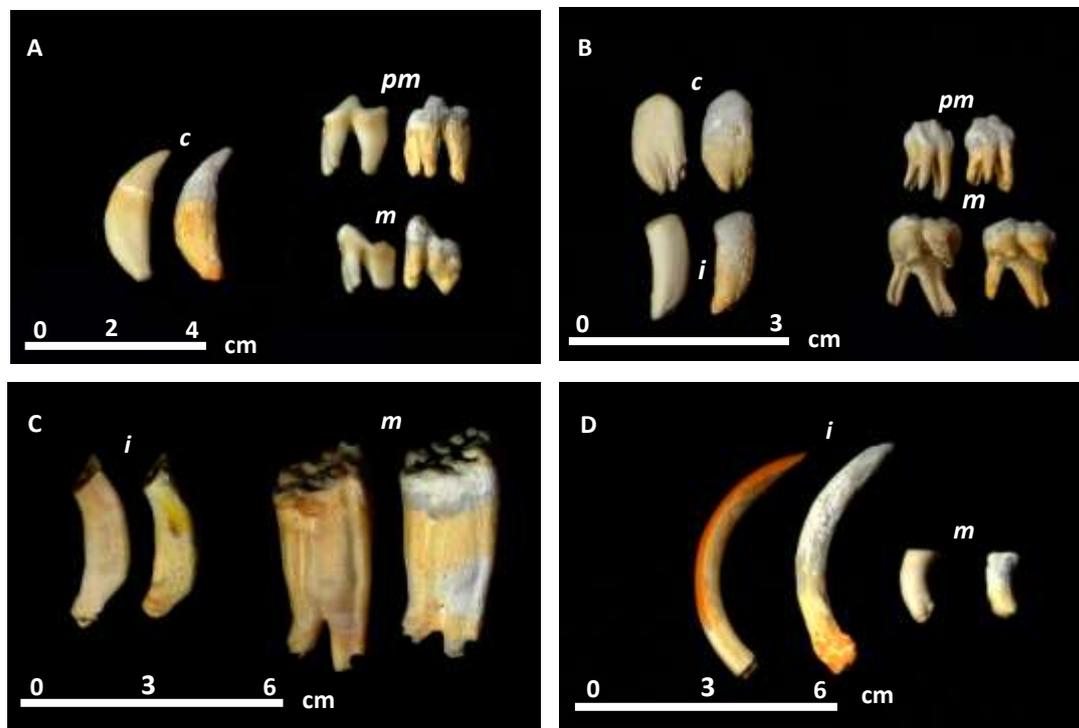


Figura 4. Ilustração dos Dentes *In natura* e 3D. Em cada figura, as peças *in natura* estão à esquerda e os modelos digitalizados por escaneamento e impressos em 3D, à direita. Tipos de dentes: c (canino), i (incisivo), pm (pré-molar), m (molar). A: cão (*Canis lupus familiaris*). B: porco (*Sus scrofa*). C: cavalo (*Equus caballus*). D: paca (*Cuniculus paca*). Fonte: Os autores (2017)

Os modelos 3D produzidos neste trabalho puderam contribuir para o processo de ensino e aprendizagem devido as suas semelhanças com as peças *in natura*, da mesma forma que Reis et al. (2017) ao usar a impressão 3D na produção de esqueletos canino e equino mostraram que a peças produzidas em 3D configuraram alternativa viável para o estudo anatômico desses animais. Apesar de alguns detalhes não serem bem reproduzidos devido à inexecução da digitalização, o ensino-aprendizagem não foi comprometido, pois as principais estruturas anatômicas foram conservadas nos modelos 3D, bem como nos trabalhos desenvolvidos por Thomas et al (2016) e Li et al. (2017). Em consonância Lima et al. (2019) desenvolveram modelos anatômicos em impressão 3D de fraturas de mandíbulas caninas, e relataram que as peças impressas apresentaram grande semelhança com a maioria das estruturas anatômicas presentes nas peças *in natura*. Os autores destacaram que os modelos sintéticos produzidos podem ser utilizados como materiais educacionais no ensino de medicina veterinária.

Várias são as vantagens do uso de modelos tridimensionais sintéticos quando comparados com as peças anatômicas *in natura*. Ao contrário das peças obtidas diretamente dos animais, os modelos 3D impressos podem ser armazenados em qualquer local, até mesmo fora do laboratório. Além disso, o uso de recipientes específicos e de substâncias químicas conservantes, como o formol, não são necessários. Isso facilita o acesso da comunidade acadêmica aos materiais didáticos de forma segura (Schelly et al. 2015). Destaca-se também que a durabilidade e a alta resistência dos objetos impressos 3D evitam que múltiplas peças precisem ser confeccionadas, gerando lixo plástico com elevado tempo de biodegradação (Gibson et al. 2015; Tran et al. 2017).

Apesar de existir amparo legal para o uso de animais no ensino e na pesquisa de acordo com a lei 11.794, que estabelece os procedimentos para o uso científico de animais, é preferível que o uso de modelos *in natura* seja substituído por metodologias alternativas, sempre que possível, especialmente na educação básica (López et al. 2019). Questões bioéticas, movimentos de defesa dos animais, direito de objeção de consciência e Leis de promoção do bem-estar animal, são alguns fatores que devem ser considerados no momento da escolha entre uma peça anatômica real e um modelo artificial (Baldelli et al. 2019).

O custo elevado dos modelos anatômicos artificiais comerciais e sua escassez na maioria das escolas e instituições de ensino superior no Brasil, constitui mais um fator favorável ao uso de modelos obtidos pela tecnologia de impressão 3D. Além disso, espécimes não encontrados em determinadas regiões ou com algum risco de extinção podem ter suas representações feitas em material artificial (Azevedo et al. 2012). A desoneração progressiva dos equipamentos e insumos da impressão 3D pode impulsionar sua popularização nos cursos de formação de professores e nas escolas na Educação Básica do país (Lipson, 2007).

### 3.2. Análise dos questionários

Os alunos dos três grupos (Grupo 3D, Grupo *in natura* e Grupo Controle) responderam ao questionário (apêndice A) contendo 33 afirmações sobre forma e função dentária (anatomia) e seus principais grupos representantes (carnívoro, herbívoro e onívoro) antes da aula teórica para avaliar o nível dos conhecimentos prévios e após o desenvolvimento da aula

teórico prática. Os dados obedeceram a uma distribuição normal. Na figura 5, são apresentados os valores das notas dos discentes juntamente com a indicação dos valores de p para as comparações dos três grupos estudados.

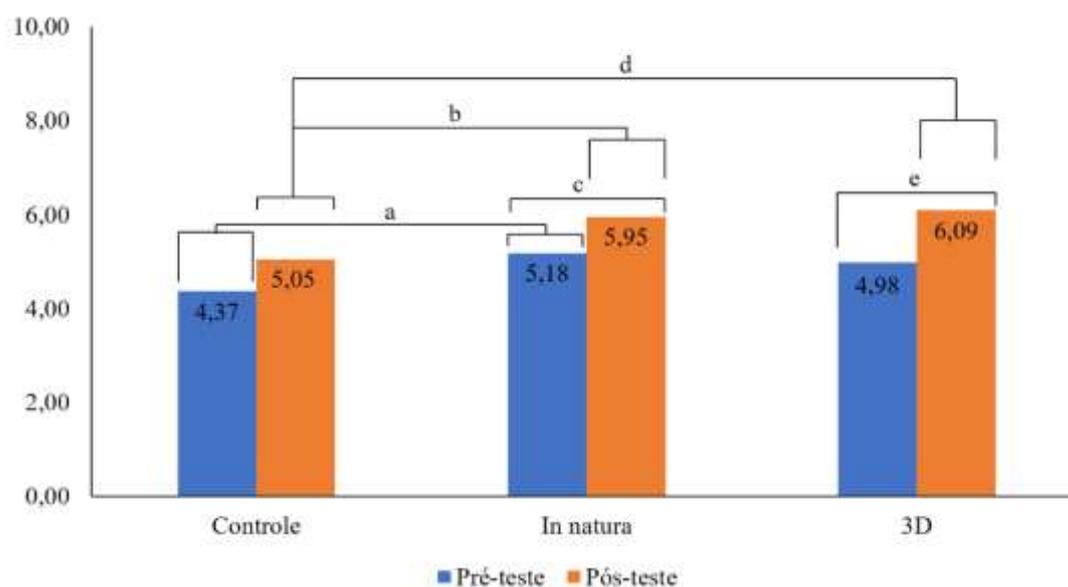


Figura 5. Representação gráfica das notas dos alunos por grupo. Notas (0-10) obtidas pelos alunos dos grupos. Adotou-se o intervalo de confiança de 95%. Valores de p (a:  $p=0,013$ ; b:  $p=0,013$ ; c:  $p=0,012$ ; d:  $p=0,013$ ; e:  $p=0,005$ ). Fonte: Os autores (2022).

Na comparação entre as notas do pré-teste dos três grupos, apenas em a ( $p=0,013$ ) foi observado diferença significativa. Acredita-se que essa diferença possa estar relacionada aos períodos em que os alunos cursavam. A aplicação dos testes ocorreu durante os horários disponibilizados pelos professores das turmas, sendo assim, foram realizados em 3 turmas que cursavam períodos distintos, pois não havia mais de uma turma por período. O fator condicionante para realização do teste era ter realizado a disciplina de Zoologia, a qual era ministrada nos períodos iniciais. O grupo controle e o grupo *in natura* cursaram a disciplina de Zoologia recentemente à época de realização da pesquisa, contudo como leva um tempo para assimilação do conteúdo o grupo *in natura* teve mais tempo para a consolidação do conhecimento adquirido.

De acordo com Klein e Medina (2015), o pré-teste mostrou-se como uma estratégia útil para avaliar e explorar os conhecimentos prévios dos alunos, além de auxiliar na organização, incorporação, compreensão e fixação de novos saberes. Nesse sentido, o docente deve considerar esses conhecimentos, para que a partir disso, os mesmos possam ser aprimorados, garantindo maior eficácia no processo de aprendizagem (Chan e Yung, 2018).

A comparação entre as notas do pré-teste com o pós-teste do grupo controle ( $p=0,061$ ) mostrou que a melhoria nas notas não foi significativa. Um dos motivos que explicam esse resultado está no fato de que os alunos podem achar as aulas expositivas pouco motivadoras. A falta de conexão da teoria com aplicações práticas dos conteúdos de biologia no ensino superior leva ao desinteresse dos alunos, comprometendo sua aprendizagem. Desta forma,

vê-se como importante que o aluno tenha oportunidade de experimentar o mundo tangível durante as aulas, tornando-se protagonista do processo educativo no qual está inserido (Basu et al. 2017).

Os resultados das notas dos discentes no pós-teste do grupo controle quando comparados com as notas dos pós-testes dos demais grupos apresentaram diferença estatística (b:  $p=0,013$  e d:  $p=0,013$ ). O uso dos dentes *in natura*, assim como seus modelos impressos em 3D, foi mais eficiente no processo de aprendizagem dos discentes.

Na comparação do pré e pós teste para o grupo controle, não foi identificado diferença significativa ( $p=0,06$ ). Em contrapartida, os grupos 3D e *in natura* quando comparados às notas do pré e pós-teste apresentaram relevância estatística (c:  $p=0,012$ ; e:  $p=0,005$ ). Assim, percebe-se que os modelos impressos em 3D e *in natura* usados como ferramentas de visualização e manipulação do objeto de estudo, foram importantes na promoção do ensino de zoologia. No trabalho desenvolvido por O'Reilly e colaboradores (2016), sobre a fabricação e avaliação de impressão 3D anatômica de modelos do membro inferior para o ensino e treinamento do acesso do vaso femoral na medicina, não foi encontrada diferença estatística entre os grupos (3D e dissecação natural) no pré-teste ( $p=0,63$ ). Nesse mesmo trabalho, verificou-se que o grupo 3D apresentou resultados do pós-teste similares de desempenho quando comparados com o grupo de dissecação natural ( $p=0,46$ ), sugerindo que modelos tridimensionais podem substituir o uso de metodologias tradicionais promoção da aprendizagem.

Comparando-se o desempenho dos alunos entre os pós-teste dos grupos 3D e *in natura* não foi encontrada diferença significativa ( $p=0,67$ ), entre os grupos. Percebe-se que o desenvolvimento da aula teórico-prática com modelos anatômicos 3D, foi tão relevante quanto com a utilização das peças dentárias *in natura*. Essa equivalência na melhoria da aprendizagem dos alunos concorda com os achados obtidos por Soares et al. (2013), ao afirmarem que os modelos impressos em 3D de cavidades de dentes possuem potencial significativo no ensino de odontologia. Diante disso, observou-se que a prototipagem rápida se mostrou uma técnica viável e acessível, auxiliando e enriquecendo o processo de ensino e aprendizagem. A prototipagem também foi positiva para Santos, Almeida e Patreze (2018), ao realizarem a construção de modelos didáticos impressos em 3D de microalgas para o ensino de ciências evidenciaram que os modelos foram eficazes como apoio aos conteúdos disciplinares.

Ademais, os integrantes dos grupos 3D e *in natura*, devido à utilização dos modelos anatômicos usados em sala, ficaram mais atentos, mostraram-se mais curiosos e interessados, quando comparados com os alunos do grupo controle. Nossos achados vão na mesma direção de Azevedo et al. (2012), os quais também verificaram a importância das aulas práticas no aprendizado, uma vez que destacaram que elas complementam o conteúdo formal ministrado, despertam o interesse e o entusiasmo dos alunos em relação à disciplina.

A avaliação sobre o desempenho dos alunos nos três grupos em cada uma das seções dos testes (anatomia, função e grupos de dentes) e as indicações dos valores de  $p$  é apresentada na Figura 6.

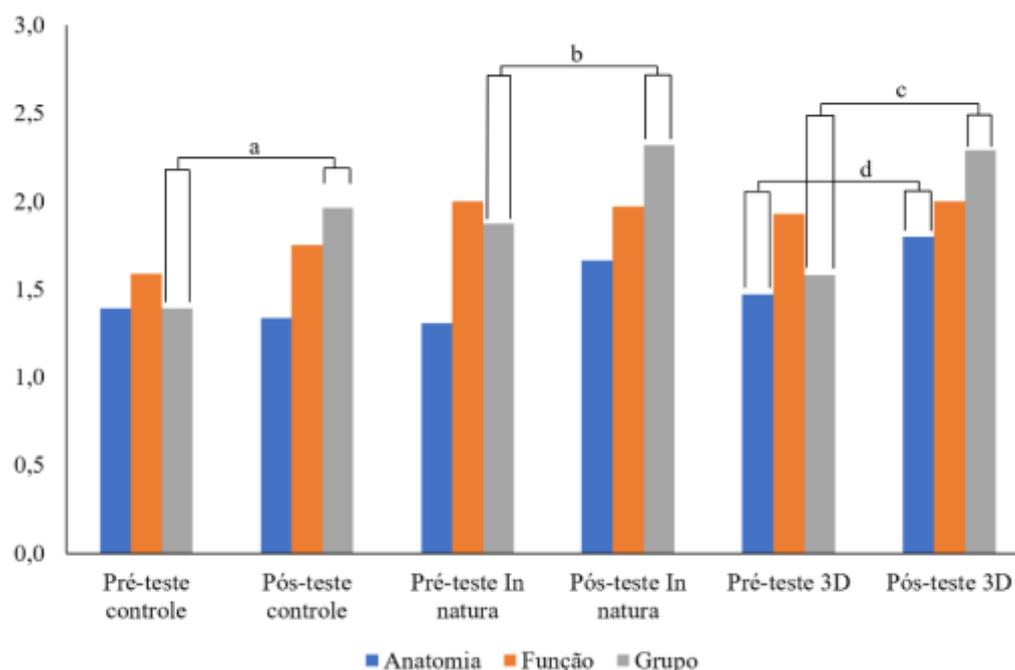


Figura 6. Representação das notas dos alunos por seção do questionário em cada grupo. Notas (0-3,33) obtidas pelos alunos dos grupos. Adotou-se o intervalo de confiança de 95%. Valores de  $p$  (a:  $p=0,016$ ; b:  $p=0,020$ ; c:  $p=0,021$ ; d:  $p=0,039$ ). Fonte: Os autores (2022).

A comparação da seção grupo de dentes em todos os grupos (controle, *in natura* e 3D) em comparação do pré com o pós-teste apresentou diferença significativa (a:  $p=0,016$ ; b:  $p=0,020$ ; c:  $p=0,021$ ). Esse resultado sugere que a explanação da aula teórica foi suficiente para que os alunos conseguissem classificar os dentes em caninos, incisivos, pré-molares e molares. Tal constatação demonstra que os conhecimentos prévios estão atrelados ao conhecimento de vida dos discentes, como forma dentária associada às fontes típicas de alimento que é estudado desde o ensino básico. E a relação da classe do dente podem ser perfeitamente correlacionados aos tipos de alimentos consumidos pelos mamíferos (Evans e Pineda-Munoz, 2018).

A aprendizagem é um processo pessoal, reflexivo e sistemático, ocorre pela construção de pontes cognitivas que demanda tempo e ocorre em momentos, situações e condições diferentes para cada pessoa, sendo a motivação é fundamental nesse processo (Camargo et al. 2019). Assim a não melhoria significativa de aprendizagem nos três grupos para as questões relacionadas à função dos dentes nos mamíferos pode estar atrelada a esses fatores, tendo em vista o curto prazo da aplicação da pesquisa, que não permitiu observar diferença estatística.

Nesse sentido, destaca-se que protótipos são representações limitadas de algum objeto ou processo de referência produzidos para facilitar o entendimento teórico. Por isso, mesmo sendo úteis em várias situações de ensino, modelos tridimensionais podem não ser suficientes para a promoção de uma aprendizagem significativa para os alunos, reforçando a importância do papel do professor e da base conceitual dos conteúdos (Almeida e Kiill, 2019).

É importante destacar que o aprendizado dos conceitos de ciências na prática, com o desenvolvimento de aulas em laboratório, em campo e demonstrações, demanda tempo, não podendo ser plenamente mensurados durante trabalhos pontuais, nem se restringir às poucas atividades isoladas nos cursos de formação de professores. Deve, porém, fazer parte dos planos de aula e projetos pedagógicos dos cursos, garantindo assim formação mais adequada às demandas da sociedade moderna (Barak, 2017; Koba e Tweed, 2009).

A seção de anatomia dos dentes entre o pré e o pós-teste para o grupo 3D apresentou diferença significativa ( $d: p=0,039$ ). A manipulação dos dentes impressos permitiu aos discentes observar características anatômicas de forma prática e inovadora. Foi constatado que o uso da tecnologia da impressão 3D contribuiu e melhorou a qualidade do aprendizado, a utilização de recursos tecnológicos, como *softwares* de realidade virtual e realidade aumentada também foram importantes e necessários (Garcia-Bonete et al. 2019). Em consonância Ferreira e Santos (2020), apontam que o uso desses recursos possibilita o desenvolvimento de competências e habilidades que fortalecem as esferas cognitivas, psicomotoras e socioemocionais nos discentes. Sugere-se que outras metodologias possam ser planejadas e aplicadas durante as aulas de Ciências e Biologia, visando maior ganho de aprendizado para os alunos tendo em vista que Macedo et al. (2018) apontam que metodologias ativas de aprendizagem podem ser eficientes na promoção da formação docente.

### 3.3. Implicações educacionais

A visualização de estruturas morfológicas de animais pode ser mais bem compreendida com modelos tridimensionais do que apenas com imagens bidimensionais ou textos escritos (Lipson, 2007). A possibilidade de manusear em diferentes ângulos um objeto, favorece a superação de dificuldades de aprendizagem relacionadas com a abstração dos conceitos estudados (Hespel et al. 2014; Santos, 2017). Entretanto, ressalta-se que a difusão da tecnologia de impressão 3D na educação passa necessariamente pela sua inserção nos cursos de formação de professores. Crê-se que o contato com esses recursos ainda na graduação, favorecerá sua maior utilização nas escolas da educação básica, superando a falta de peças anatômicas e evitando o uso de animais em situações de ensino (Hong et al. 2019; Mallia et al. 2018; Tran et al. 2017).

A impressão 3D permite a construção de modelos de células, órgãos, crânios e dentes para serem utilizadas nas aulas práticas de Ciências Biológicas (Doyle, 2014; Soares et al. 2013). Mesmo que a instituição de ensino disponha de peças anatômicas naturais, essas podem ser replicadas visando a construção e o uso de modelos sintéticos, preservando as peças originais (Mallia et al. 2018). Alguns trabalhos já demonstraram que as peças produzidas em impressora 3D possibilitam níveis de aprendizado equivalentes às peças reais (Lima et al. 2019; Nunez et al. 2020). Destaca-se também que a criação de redes de compartilhamento de modelos tridimensionais digitais e impressos podem ampliar o número de instituições de ensino capazes de fomentar e incluir o uso da impressão 3D em seus cursos (Mallia et al. 2018).

Assim como observado neste trabalho, estudos como de Garcia-Bonete et al. (2019); Santos, Almeida e Patreze (2018); Silva (2017); O'Reilly e colaboradores (2016); Hespel et al.

(2014) e Soares et al. (2013) têm apresentado resultados positivos na aprendizagem por meio de aplicação de modelos 3D em diversos níveis escolares.

Orlando e colaboradores (2009), em estudo realizado sobre planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos em biologia, verificaram por meio de relatos dos discentes que o manuseio dos modelos durante as aulas implicou em resultados melhores de aprendizagem. Brito (2012) também afirmou em seus estudos que os modelos didáticos tridimensionais promovem a relação do conteúdo com as aulas práticas, tornando-o assimilável e compreensível.

A utilização das impressoras 3D vem somar ao ensino de Biologia por se configurar como recurso que impulsiona mudanças importantes nas instituições de ensino, como a reprodução de material paleontológico (fósseis) e espécimes de animais existentes em museus por meio da impressão (Fiorenza et al. 2018; McMEnamin et al. 2014). A utilização da impressão poderá ainda permitir o manuseio do modelo anatômico 3D por todos os alunos, independentemente de onde ele se encontrar. Podem ter acesso às réplicas de material não existente na sua região e instituição de ensino, graças à reprodução e universalização dos modelos artificiais (Mallia et al. 2018).

Atualmente a impressão 3D por deposição de material fundido, de acordo com Fitzharris et al. (2018) e Liu et al. (2019), caracteriza tecnologia mais utilizada em nível mundial. Considerada pouco complexa em relação às demais existentes, apresenta mecanismo de produção relativamente econômico, possibilitando o desenvolvimento de modelo anatômico para verificação e aplicação de sua contribuição para o ensino e aprendizagem de biologia.

## 4. Conclusão

A praticidade da confecção de modelos em impressão 3D, indicou que a tecnologia de prototipagem rápida pode ser bem aproveitada como metodologia alternativa viável para o ensino em um curso de formação de professores de biologia. Percebeu-se que o desenvolvimento da aula teórico-prática com modelos anatômicos 3D, foi tão relevante quanto à utilização dos modelos *in natura*, o que denota a equivalência dos dois recursos didáticos para a aprendizagem das funções dentárias dos mamíferos estudados. Isso pode reduzir o uso de animais no ensino e ampliar o acesso de modelos para alunos da educação básica e superior no Brasil. O uso desses modelos durante as aulas é importante para o desenvolvimento de uma aprendizagem mais significativa e menos abstrata. Ressalta-se, porém, que quaisquer recursos e metodologias não devem substituir a importância do professor, uma vez que ele é primordial na promoção da construção do conhecimento do, numa perspectiva cidadã, ética e responsável.

## 5. Referências

ALMEIDA, J. F.; KIILL, K. B. Construção de Modelos 3D impressos como estratégia para a aprendizagem do conceito de interação enzima-substrato. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 17, p. 74-93, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3LVW9iy>. Acesso em: 16 mai. 2022.

AMAHMID, Omar et al. Animal Use in Life Sciences Education: Current Status, Teachers' and Adolescents' Attitudes and Alternatives. **Anatolian Journal of Education**, v. 4, n. 2, p. 69-80, 2019. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1244442.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2022.

AZEVEDO, Hierro Hassler Freitas et al. Bem-estar e suas perspectivas na produção animal. **PubVet**, v. 14, n. 1, p. a481, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n1a481.1-5>. Acesso em: 07 de nov. 2022.

AZEVEDO, Hugo José CC et al. O uso de coleções zoológicas como ferramenta didática no ensino superior: um relato de caso. **Revista Práxis**, v. 4, n. 7, 2012. Acesso em: 16 mai. 2022.

BALDELLI, Ilaria et al. Conscientious objection to animal testing: a preliminary survey among Italian medical and veterinary students. **Alternatives to Laboratory Animals**, v. 47, n. 1, p. 30-38, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0261192919840452>. Acesso em: 16 mai. 2022.

BARAK, Miri. Science teacher education in the twenty-first century: A pedagogical framework for technology-integrated social constructivism. **Research in Science Education**, v. 47, n. 2, p. 283-303, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9501-y>. Acesso em: 16 mai. 2022.

BASU, Amitabha et al. Learning High School Biology in a Social Context. **Creative Education**, v. 8, n. 15, p. 2412, 2017. Disponível em: DOI: 10.4236/ce.2017.815165. Acesso em: 16 mai. 2022.

Brasil. Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008. Regulamenta o inciso VII do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelecendo procedimentos para o uso científico de animais; revoga a Lei n. 6.638, de 8 de maio de 1979. Disponível em: <https://bit.ly/3sXD5cY>. Acesso em: 16 mai. 2022.

BRITO, Carlos Henrique. Modelagem didática tridimensional de artrópodes, como método para ensino de ciências e biologia. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 3, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3sWRCFV>. Acesso em: 16 mai. 2022.

CAMARGO, Carmen Aparecida Cardoso Maia; CAMARGO, Marcio Antonio Ferreira; OLIVEIRA SOUZA, Virginia. A importância da motivação no processo ensino-aprendizagem. **Revista Thema**, v. 16, n. 3, p. 598-606, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.15536/thema.V16.2019.598-606.1284>. Acesso em: 07 de nov. 2022.

CARDOSO, Thais Liara; LANGE, Rogério Ribas. O uso de animais no ensino de odontologia veterinária: percepção dos alunos quanto a utilização de método alternativo. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 2, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v20i2.39927>. Acesso em: 16 mai. 2022.

CHAN, Kennedy Kam Ho; YUNG, Benny Hin Wai. Developing pedagogical content knowledge for teaching a new topic: More than teaching experience and subject matter knowledge. **Research in Science Education**, v. 48, n. 2, p. 233-265, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9567-1>. Acesso em: 16 mai. 2022.

DEGUCHI, B. G. F.; TAMIOSO, P. R.; MOLENTO, C. F. M. Percepção de equipes laboratoriais quanto a questões de bem-estar animal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, p. 48-56, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/jFQxSGmCzpkYPTPtWjmjsjR/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 16 mai. 2022.

DOYLE, Ken. Bioprinting: from patches to parts. **Genetic Engineering & Biotechnology News**, v. 34, n. 10, p. 1, 34-35, 2014. Disponível em: <http://doi.org/10.1089/gen.34.10.02>. Acesso em: 16 mai. 2022.

ELZAABALAWY, Sofia I. et al. Alternatives Outreach and a New Student Movement for Humane Veterinary Education and Practice in Egypt. **Altex Proceedings, Proceedings of WC8, The Three Rs Together It's Possible** 1(1), August, 387-393, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/3a4VEFG>. Acesso em: 16 mai. 2022

EVANS, Alistair R.; PINEDA-MUNOZ, Silvia. Inferring mammal dietary ecology from dental morphology. In: **Methods in paleoecology**. Springer, Cham, 2018. p. 37-51. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94265-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94265-0_4). Acesso em: 16 mai. 2022.

FARIA, Joana Cristina. Aplicação de modelos didáticos para abordagem da célula animal e vegetal, um estudo de caso. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, 2011. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/multidisciplinar/aplicacao%20de%20modelos.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2022.

FERREIRA, Lucas da Costa; SANTOS, Alcides Loureiro. Realidade virtual e aumentada: um relato sobre a experiência da utilização das tecnologias no Ensino de Química. **Scientia Naturalis**, v. 2, n. 1, 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/UFAC/Downloads/3599-Texto%20do%20artigo-9537-1-10-20200507.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2022.

FIORENZA, Luca et al. The use of 3D printing in dental anthropology collections. **American journal of physical anthropology**, v. 167, n. 2, p. 400-406, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ajpa.23640>. Acesso em: 16 mai. 2022.

FITZHARRIS, Emily R. et al. Effects of material properties on warpage in fused deposition modeling parts. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 95, n. 5, p. 2059-2070, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1340-8>. Acesso em: 16 mai. 2022.

GALLI, Júlio Ricardo et al. Monitoring and assessment of ingestive chewing sounds for prediction of herbage intake rate in grazing cattle. **Animal**, v. 12, n. 5, p. 973-982, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1751731117002415>. Acesso em: 16 mai. 2022.

GARCIA-BONETE, Maria-Jose; JENSEN, Maja; KATONA, Gergely. A practical guide to developing virtual and augmented reality exercises for teaching structural biology. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 47, n. 1, p. 16-24, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bmb.21188>. Acesso em: 16 mai. 2022.

GIBSON, I. ROSEN D. STUCKER B. **Additive manufacturing technologies 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing**. Springer New York Heidelberg Dordrecht

London. New York: Springer, 2015. 498p. ISBN 978-1-4939-2113-3. Disponível em: [http://eprints.ukh.ac.id/id/eprint/183/1/2015\\_Book\\_AdditiveManufacturingTechnolog.pdf](http://eprints.ukh.ac.id/id/eprint/183/1/2015_Book_AdditiveManufacturingTechnolog.pdf). Acesso em: 16 mai. 2022.

GOMES, Dyéssica Siochetta. O uso da experimentação no ensino das aulas de ciências e biologia. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 2, n. 3, p. 103-108, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2019v2i3.11187>. Acesso em: 16 mai. 2022.

HESPEL, Adrien-Maxence; WILHITE, Ray; HUDSON, Judith. Invited review-applications for 3D printers in veterinary medicine. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 55, n. 4, p. 347-358, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/vru.12176>. Acesso em: 16 mai. 2022.

HONG, Dayeong et al. Development of a personalized and realistic educational thyroid cancer phantom based on CT images: An evaluation of accuracy between three different 3D printers. **Computers in biology and medicine**, v. 113, p. 103393, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2019.103393>. Acesso em: 16 mai. 2022.

KOBA, Susan; TWEED, Anne. **Hard-to-teach biology concepts: A framework to deepen student understanding**. Arlington (Virginia): NSTA Press, 2009. E-book. 156p. ISBN 978-1-933531-41-0. Disponível em: <https://bit.ly/3wM0Dmg>. Acesso em: 16 mai. 2022.

KONFLANZ, Tais Lazzari; SCHEID, Neusa Maria John; FRANZIN, Rozelaine Fátima. A real necessidade do uso de animais não humanos in vivo em aulas práticas. **Revista Polyphonia**, v. 26, n. 2, p. 99-114, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/rp.v26i2.38304>. Acesso em: 16 mai. 2022.

KONG, Xiangxue et al. Do 3D printing models improve anatomical teaching about hepatic segments to medical students? A randomized controlled study. **World journal of surgery**, v. 40, n. 8, p. 1969-1976, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00268-016-3541-y>. Acesso em: 16 mai. 2022.

LI, Fangzheng et al. Production of accurate skeletal models of domestic animals using three-dimensional scanning and printing technology. **Anatomical sciences education**, v. 11, n. 1, p. 73-80, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ase.1725>. Acesso em: 07 de nov. 2022.

LIMA, Agnes de Souza et al. Printing 3D models of canine jaw fractures for teaching undergraduate veterinary medicine. **Acta Cirurgica Brasileira**, v. 34, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0102-865020190090000006>. Acesso em: 16 mai. 2022.

LIPSON, Hod. Printable 3D models for customized hands-on education. **Mass Customization and Personalization (MCPC)**, v. 2007, 2007. Disponível em: <https://bit.ly/3GuVrb0>. Acesso em: 16 mai. 2022

LIU, Zengguang et al. A critical review of fused deposition modeling 3D printing technology in manufacturing polylactic acid parts. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 102, n. 9, p. 2877-2889, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03332-x>. Acesso em: 16 mai. 2022

LÓPEZ, Ana María Molina et al. Elaboración de modelos anatómicos mediante técnicas de plastinación como alternativa al uso de animales en docencia y como recurso esencial en el

proceso de enseñanza-aprendizaje. **Revista de innovación y buenas prácticas docentes**, v. 8, n. 4, p. 24-32, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3NC25hO>. Acesso em: 16 mai. 2022.

MACEDO, Kelly Dandara da Silva et al. Active learning methodologies: possible paths to innovation in health teaching. **Escola Anna Nery**, v. 22, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2177-9465-EAN-2017-0435>. Acesso em: 16 mai. 2022.

MALLIA, Catherine; LOGAN, Patricia; FREIRE, Rafael. Exploring the use of alternatives to animals in undergraduate education in Australia. **Alternatives to Laboratory Animals**, v. 46, n. 3, p. 145-176, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/026119291804600307>. Acesso em: 16 mai. 2022.

MCMENAMIN, Paul G. et al. The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. **Anatomical sciences education**, v. 7, n. 6, p. 479-486, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ase.1475>. Acesso em: 16 mai. 2022.

MEDINA, L. S.; KLEIN, T. A. S. Análise dos conhecimentos prévios dos alunos do ensino fundamental sobre o tema “microorganismos”. In: SEMANA DA EDUCAÇÃO, 16, 2015, Londrina, Resumos..., Londrina, UFL, 2015. ISBN 978-85-7846-319-9.

MURPHY, Sean V.; ATALA, Anthony. 3D bioprinting of tissues and organs. **Nature biotechnology**, v. 32, n. 8, p. 773-785, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nbt.2958>. Acesso em: 16 mai. 2022.

NEVES, Eduardo Cavalcante das et al. 3D anatomical model for teaching canine lumbosacral epidural anesthesia. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 35, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-865020200060000008>. Acesso em: 16 mai. 2022.

NUNEZ, R. Y. G. et al. 3D printing of canine hip dysplasia: anatomic models and radiographs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, p. 769-777, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-10899>. Acesso em: 16 mai. 2022.

O'REILLY, Michael K. et al. Fabrication and assessment of 3 D 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, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ase.1538>. Acesso em: 16 mai. 2022.

ORLANDO, Tereza Cristina et al. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2009. Disponível em: DOI:10.16923/reb.v7i1.33. Acesso em: 16 mai. 2022.

REIS, Daniela de Alcântara Leite et al. Biomodelos ósseos produzidos por intermédio da impressão 3D: uma alternativa metodológica no ensino da anatomia veterinária. **Revista de Graduação USP**, v. 2, n. 3, p. 47-53, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2525-376X.v2i3p47-53>. Acesso em: 07 de nov. 2022.

SANTOS, A. L. (2017). ChemSketch no Ensino de Química: Uma ótima ferramenta de estruturação molecular (1 ed.). **Novas Edições Acadêmicas**.

SANTOS PALAIO, Sueny Calazans; DE ALMEIDA, Marcus Vinicius Lima; PATREZE, Camila Maistro. Desenvolvimento de modelos impressos em 3d para o ensino de ciências. **Ensino de Ciências e Ensino em Revista (ENCITEC)**. V. 8, n. 3, set/dez. 2018. Disponível em: DOI:10.31512/encitec.v8i3.2369. Acesso em: 15 dez. 2022.

SAUTIÈRE, P.-E.; BLERVACQ, A.-S.; VIZIOLI, Jacopo. Production and uses of e-learning tools for animal biology education at university. **The European Zoological Journal**, v. 86, n. 1, p. 63-78, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/24750263.2019.1582722>. Acesso em: 16 mai. 2022.

SCHELLY, Chelsea et al. Open-source 3-D printing technologies for education: Bringing additive manufacturing to the classroom. **Journal of Visual Languages & Computing**, v. 28, p. 226-237, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2015.01.004>. Acesso em: 16 mai. 2022.

SILVA, Débora Bueno; ATAÍDE JÚNIOR, Vicente de Paula. Consciência e senciência como fundamentos do Direito Animal. **Revista Brasileira de Direito e Justiça**, v. 4, n. 1, p. 155-203, 2020. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/direito/article/view/16534>. Acesso em: 07 de nov. 2022.

SILVA, R. G. **Importância da Utilização de Recursos Didáticos Impressos 3d no Processo de Ensino e Aprendizagem de Zoologia**. 2017, 81 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2017.

SOARES, Paulo Vinicius et al. Rapid prototyping and 3D-virtual models for operative dentistry education in Brazil. **Journal of dental education**, v. 77, n. 3, p. 358-363, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/j.0022-0337.2013.77.3.tb05479.x>. Acesso em: 16 mai. 2022.

STOLL, Vitor Garcia et al. A Experimentação no Ensino de Ciências: um Estudo no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 3, n. 2, p. 292-310, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i2.11468>. Acesso em: 16 mai. 2022.

STOOR, Patricia; APAJALAHTI, Satu; KONTIO, Risto. Regeneration of cystic bone cavities and bone defects with bioactive glass S53P4 in the upper and lower jaws. **Journal of Craniofacial Surgery**, v. 28, n. 5, p. 1197-1205, 2017. Disponível em: DOI: 10.1097/SCS.0000000000003649. Acesso em: 16 mai. 2022.

THOMAS, Daniel B. et al. 3D scanning and printing skeletal tissues for anatomy education. **Journal of Anatomy**, v. 229, n. 3, p. 473-481, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/joa.12484>. Acesso em: 07 de nov. 2022.

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. Disponível em: <https://bit.ly/3sY213V>. Acesso em: 16 mai. 2022.

URAL, Evrim. The Effect of Guided-Inquiry Laboratory Experiments on Science Education Students' Chemistry Laboratory Attitudes, Anxiety and Achievement. **Journal of Education and Training Studies**, v. 4, n. 4, p. 217-227, 2016. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1095156.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2022.

VIEIRA, Alexandre R.; KUP, Elaine. On the etiology of molar-incisor hypomineralization. **Caries research**, v. 50, n. 2, p. 166-169, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1159/000445128>. Acesso em: 16 mai. 2022.

VIROT, Emmanuel et al. Physics of chewing in terrestrial mammals. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-6, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/srep43967>. Acesso em: 16 mai. 2022.

**APÊNDICE A****Avaliação da aplicação do Modelo Anatômico**

Assinale (V) para afirmações verdadeiras e (F) para afirmações falsas

**ANATOMIA DENTÁRIA**

- O modelo A apresenta raiz menor que a coroa dentária.
- O modelo A representa dente com cúspide fina e afiada.
- O modelo C apresenta raiz dupla.
- O modelo H não representa dente com cúspide achatada.
- O modelo K não apresenta Raiz.
- Os modelos B e F representam dentes com coroas longas e cônicas.
- Os modelos B e I representam dentes compridos, curvos e afiados.
- Os modelos H e J representam dentes estreitos e rugosos.
- Os modelos A, I e E não apresentam formato de lâmina.
- Os modelos G, H, J e L representam dentes com cúspides planas.
- Os modelos D, G e J representam dentes com raiz maior que a coroa dentária.

**FUNÇÃO DENTÁRIA**

- O modelo B representa dente utilizado para cortar os alimentos.
- O modelo F representa dente utilizado para rasgar e perfurar alimentos.
- O modelo I representa dente utilizado também como defesa pelo animal.
- O modelo J não representa dente com crescimento contínuo.
- Os modelos J e L representam dentes molares.
- Os modelos I e J representam dentes com coroas altas.
- Os modelos E e F representam dentes com crescimento contínuo.
- Os modelos E e L representam dentes utilizados na trituração dos alimentos.
- Os modelos G, E e J representam dentes incisivos.
- Os modelos B, C, D e F representam dentes caninos.
- Os modelos G, H, J e L representam dentes molares e pré-molares.

**GRUPOS QUE REPRESENTAM**

- Os modelos B e G representam dentes de carnívoros.
- Os modelos C e D representam dentes que são adaptados para cortar carne.
- Os modelos I e J representam dentes adaptados à dieta abrasiva.
- Os modelos E e C representam dentes de animais com dentição completa.
- Os modelos I e J representam dentes de animais pastadores.
- Os modelos E e G representam dentição de animais com dieta variada.
- Os modelos J, K e L representam dentição de roedores.
- Os modelos C, D e J representam dentes de onívoros.
- Os modelos I, J, K e L representam dentes de herbívoros.
- O modelo A, B, C e D não representam dentes de animais que se alimentam exclusivamente de carne.
- Os modelos C, J, L e K representam dentes de animais que se alimentam exclusivamente de vegetais.