

Digitalização e impressão tridimensional como uma ferramenta para estudo anatômico e ortopédico dos ossos da pelve e longos do membro pélvico de cães

Digitization and Printing as a Tool for Anatomical and Orthopedic Studies of Pelvis and Long Bones of the Pelvic Limb of the Dogs

Brenda Mendonça de Alcântara, Erick Eduardo da Silveira, Helton Carlos Sabino Pereira, Antônio Francisco da Silva Lisboa Neto, Amilton Cesar dos Santos & Antônio Chaves de Assis Neto

ABSTRACT

Background: The 3D printer came in the 1980s. Since then, its innovation has allowed its use in many areas such as: engineering, art, industry, education and medicine. The scanning and 3D printing of anatomical components has gained relevance in recent years due to the advancement in the technology of scanning equipment and 3D printers. Since 3D models are useful in several areas of health, the present study aimed to standardize the three-dimensional scanning and printing of the coxal bones and the long ones of the pelvic limbs of dogs. The aim was to build a dynamic 3D digital collection, as well as generate templates for didactic use, or for use in both prostheses and orthopedic surgical planning.

Materials, Methods & Results: In present study, a 3D macroscopic scanning system, Creaform brand Go! Scan 3D model and a Fused Deposition Modeling (FDM) 3D Printer (Stratasys Mojo Printer) were used. After proper maceration of the bones under study, these were scanned, edited, printed and washed. Replicas of the coxal and left femur, tibia and fibula bones were obtained, as well as generating digital files that can be converted into PDFs.

Discussion: From the models scanned in 3D, a dynamic digital collection was built for anatomical study, which can be used to complement practical classes. The creation of a collection of anatomical pieces printed in 3D can reduce the use of cadavers in class. The printed material can also be used as a template for orthopedic surgical planning or serve as a basis for the manufacture of prostheses, contributing to the improvement of the surgical and orthopedic clinic. 3D printing can be successfully used in veterinary medicine through the production of prostheses for injured animals as well as for surgical planning of orthopedic procedures. The scan allows the generation of a collection for bioprinting, just as the tomography does in medical practice. Such steps are important in the final generation of parts to be used for both anatomical study and surgical practice. Problems with the use of anatomical parts in 3D involve the accuracy of the scanning of the original parts and the expertise in editing the scanned images. In turn, the use of biological impressions involves a series of high complexity procedures such as material choice, cell types, growth factors and cell differentiation, and the technical challenges related to the sensitivity of living cells and tissue construction. It is concluded that the 3D digitization and impression of the bones of the pelvic member of the dog has been an important tool in the process of acquiring bone models in small domestic animals, but there are still some limitations in its use for the capture of barely visible bone accidents. However, the scanning and printing of 3D models allows the creation of virtual collections for anatomy teaching and veterinary surgery. In addition, the evolution of these technologies and their application in the veterinary environment has grown considerably, allowing, in addition to the surgical test, the previous demonstration of the therapeutic conduct for the owner. The goal is a better patient conditions and lower costs to the tutor.

Keywords: anatomical models, anatomical study, pelvic limbs, 3D bioprinting.

Descritores: bioimpressão 3D, estudo de anatomia, membros pélvicos, modelos anatômicos.

DOI: 10.22456/1679-9216.91076

Received: 18 December 2018

Accepted: 24 March 2019

Published: 20 April 2019

Departamento de Cirurgia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brazil. CORRESPONDENCE: A.C. Assis Neto [antonioassis@usp.br - Tel.: +55 (11) 3391-1316]. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, USP. Av. Professor Orlando Marques de Paiva n. 87. Cidade Universitária. CEP 05587-270 São Paulo, SP, Brazil.

INTRODUÇÃO

Recentes estudos têm permitido a impressão em três dimensões (3D) de biomateriais, células e componentes de suportes teciduais. A bioimpressão 3D vem sendo empregada em diferentes áreas, na medicina regenerativa [7], por exemplo, destacam-se as pesquisas de Atala *et al.* [1] ao recriarem bexigas urinárias de humanos e Zhang *et al.* [9] ao utilizarem diferentes tipos celulares para terapia regenerativa de órgãos urinários. Outra aplicação inclui o desenvolvimento de modelos de tecidos para desenvolvimento de fármacos [3].

Problemas ortopédicos em cães representam uma alta casuística na clínica-cirúrgica veterinária. Sendo assim, modelos bioimpressos 3D vêm sendo utilizados nas correções e procedimentos cirúrgicos [5].

Além do mais, modelos 3D podem ser utilizados para a criação de acervos digitalizados e impressos em cursos de graduação nas áreas biológicas e da saúde. Assim, tais modelos podem amenizar as questões éticas envolvendo o uso de cadáveres e encorajar o uso de formas alternativas para o ensino anatômico [4,7]. Utilizando crânios humanos bioimpressos, Chen *et al.* [2] demonstraram que as peças anatômicas tridimensionais representam ferramentas eficientes e de ótima qualidade, quando comparadas com as técnicas tradicionais.

Assim, o presente estudo visou padronizar o escaneamento e impressão tridimensional do osso coxal, fêmur, tíbia e fíbula da espécie canina, com o intuito de construir um acervo anatômico dinâmico, bem como gerar moldes para uso didático.

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção das peças anatômicas

Os ossos dos membros pélvicos (coxal, fêmur, tíbia e fíbula) foram obtidos a partir de um cadáver da espécie canina, sexo masculino e raça Cocker Spaniel, pertencente ao acervo didático do Laboratório de Anatomia Macroscópica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo. Os ossos foram individualizados e submetidos à técnica de maceração para retirada dos tecidos moles.

Escaneamento e edição 3D

Para escaneamento dos ossos dos membros pélvicos foi utilizado um Sistema Manual de Escaneamento Macroscópico 3D, da marca *Creafom*, modelo *Go!Scan 3D*¹. Para a obtenção de imagens foi utilizada resolução de 0.5 mm, Optimize Scan Mesh e Decimate Scan Mesh

entre 80 e 100, Auto-fill Holes entre 20 e 40 e Remove Isolated Patches entre 20 e 25. A partir do programa *VXElements*¹, as imagens escaneadas foram visualizadas no computador e editadas utilizando software *Geomagic*².

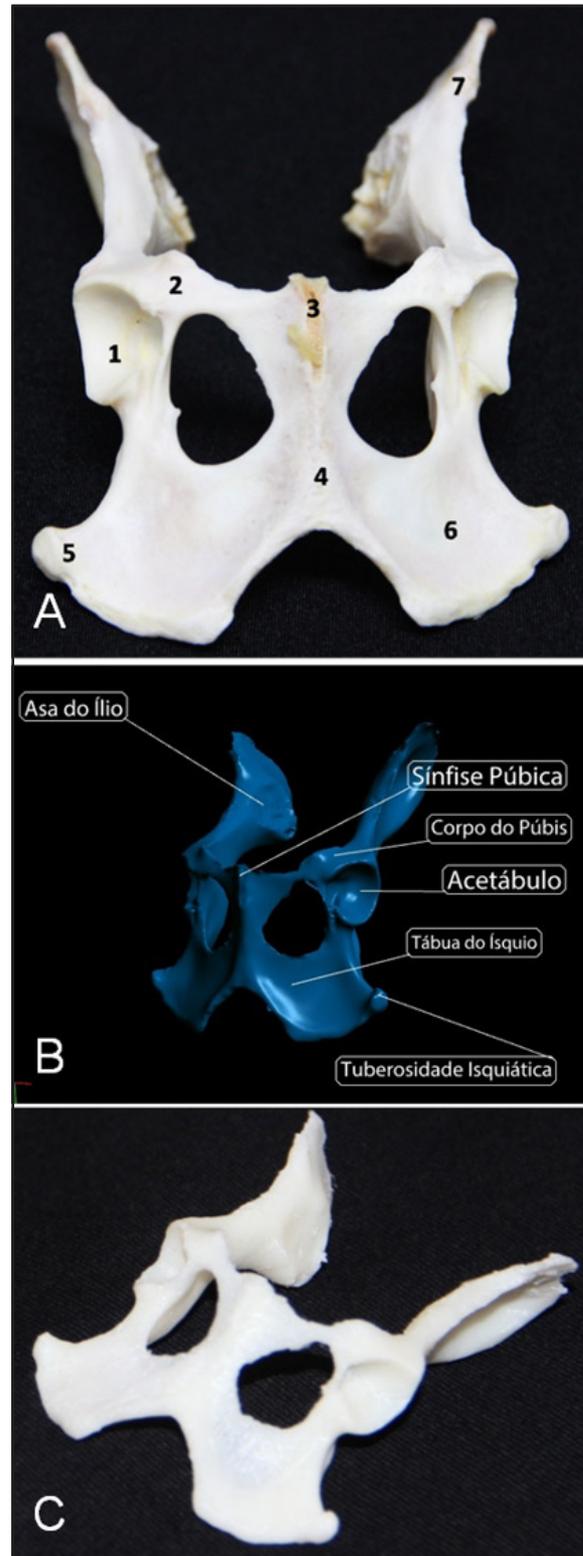


Figura 1. A- Ossos coxais pós maceração: (1) Acetábulo; (2) Eminência iliopúbica; (3) Sínfise púbica; (4) Sínfise isquiática; (5) Tuberosidade isquiática; (6) Tábua do ísquio; (7) Asa do ílio. B- Coxal escaneado e editado e acetabulo ósseos: Aspecto ventral. C- Coxal impresso em 3D.

Impressão 3D e lavagem

As peças ósseas foram impressas em uma Impressora 3D Tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling), *Stratasys Mojo Printer*³, com capacidade de impressão utilizando termoplásticos em forma de filamento, depositando o material de impressão juntamente com um material de suporte removível através de lavagem na máquina *Wave Wash 55*³, por meio do uso de água quente e sabão.

RESULTADOS

Após os procedimentos de maceração foram obtidos os ossos do coxal (Figura 1), fêmures, tíbias e

fíbulas (Figura 2) com preservação das particularidades ósseas e demais componentes anatômicos.

Cada osso foi escaneado separadamente para produção das imagens virtuais obtidas no programa *VXelements*. Como observado nas Figuras 1 e 2, os ossos foram posteriormente editados no programa *Geomagic*.

Após edição dos ossos escaneados, as imagens foram convertidas em arquivo *STL* e impressos (Figuras 1 e 2). As impressões geraram réplicas fidedignas, porém pequenos detalhes foram perdidos devido ao tamanho das peças originais e à capacidade limitada do programa de escaneamento em detectar tais detalhes.

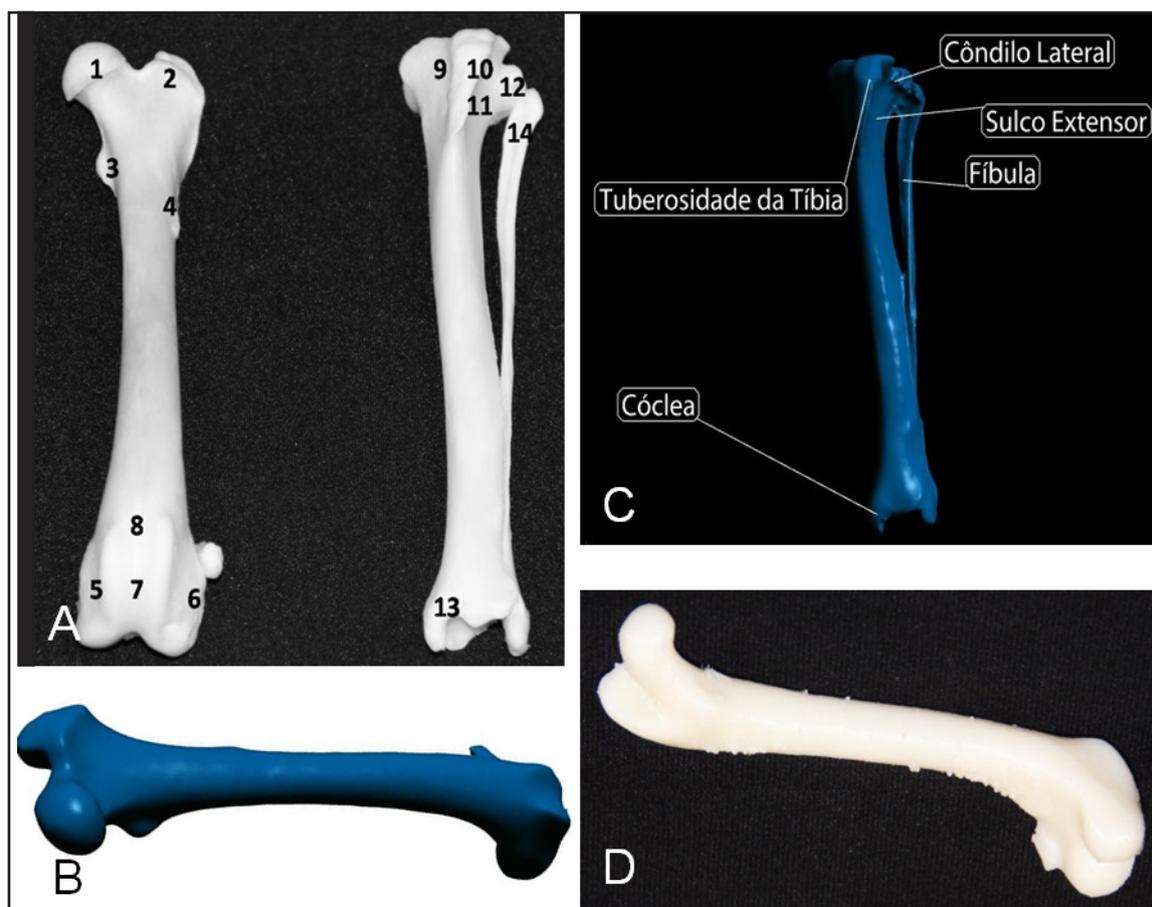


Figura 2. A- Fêmur esquerdo e tíbia e fíbula esquerdas: (1) Cabeça do fêmur; (2) Trocanter maior; (3) Trocanter menor; (4) Terceiro trocanter; (5) Epicôndilo medial; (6) Epicôndilo lateral; (7) Tróclea do fêmur; (8) Fossa suprapatelar; (9) Sulco da tuberosidade da tíbia; (10) Tuberosidade da tíbia; (11) Sulco extensor; (12) Côndilo lateral; (13) Maléolo medial; (14) Fíbula. B- Fêmur escaneado e editado. C- Tíbia e fíbula escaneada e editada demonstrando acidentes ósseos. D- Fêmur impresso em 3D.

DISCUSSÃO

A partir dos modelos escaneados em 3D, construiu-se um acervo digital dinâmico para estudo anatômico, que pode ser utilizado para complementação de aulas práticas. A criação de um acervo de peças anatômicas impressas em 3D pode reduzir a necessidade do uso de cadáveres em aula. O material

impresso também pode ser utilizado como molde para planejamento cirúrgico ortopédico ou servir de base para fabricação de próteses, contribuindo para aprimoramento da clínica-cirúrgica e procedimentos ortopédicos.

O acervo digital, assim como os modelos impressos produzidos constituem ferramenta importante para o

ensino da anatomia e prática cirúrgica veterinária. Modelos impressos 3D podem ser empregados na medicina veterinária para construção e reconstrução de estruturas anatômicas e próteses, sobretudo para amenizar os problemas relacionados às afecções do aparelho locomotor de cães. Dentre tais afecções, as fraturas de ossos longos do membro pélvico se destacam em termos de casuística.

Um levantamento demonstrou que as afecções ortopédicas dos membros pélvicos em cães ocorrem em 31,9% dos casos [6]. Considerando os traumas nos ossos do sistema apendicular, as fraturas de fêmur correspondem a 45% de todas as fraturas dos ossos longos [8]. Já as fraturas tibiais e fibulares compõem cerca de 15 a 20% de todas as fraturas de ossos longos nos pequenos animais. O tratamento das diversas afecções ortopédicas exige o conhecimento das técnicas disponíveis, bem como a escolha do melhor método de acordo com o paciente e as circunstâncias envolvidas. A estabilização cirúrgica de fraturas requer planejamento prévio. Uma das formas de otimizar o momento cirúrgico é a realização do procedimento primeiramente em um molde, obtido através da bioimpressão 3D do osso acometido. Além disso, a bioimpressão de réplicas ósseas permite a fabricação de próteses, as quais podem substituir um membro amputado, por exemplo, proporcionando bem-estar animal.

Considerando o uso didático de peças anatômicas, Chen *et al.* [2] demonstraram que a utilização de crânios bioimpressos em 3D facilitou o aprendizado em anatomia de estudantes do curso de Medicina. O estudo demonstrou que modelos 3D facilitaram o reconhecimento de estruturas anatômicas quando comparados a crânio de cadáveres ou atlas. Por fim, os autores concluem que o estudo através de dissecação em anatomia nas escolas médicas é comum, contudo, questões éticas restringem o número de cadáveres para dissecação e assim, diminuem a experiência pré-clínica dos estudantes. Assim, os modelos impressos em 3D possibilitam complementar o aprendizado. O uso de modelos bioimpressos 3D pode amenizar problemas envolvendo questões na aquisição de espécimes para estudos práticos de dissecações, reduzir custos da manutenção de cadáveres, evitar questões sanitárias e de objeção de consciência nos cursos de medicina veterinária.

A precisão do escaneamento das peças originais e a perícia na edição das imagens digitalizadas foi um fator limitante neste trabalho. Thomas *et al.* [7], da

mesma forma, relataram dificuldades para definir precisamente estruturas ocas e forames em modelos ósseos.

O *scanner* 3D portátil tem uma função de auto-posicionamento, cujo método de aquisição de dados é a triangulação com a utilização de duas câmeras de aquisição e um canhão de laser. A captação da imagem é gerenciada por intermédio de um *Software* de aquisição de dados em interface com o scanner, disponibilizando as seguintes funcionalidades: a) Mapeamento de textura preciso 100% automático; b) Visualização renderizada 3D em tempo real; c) Contraste de textura ajustável; d) Parâmetros de brilho; e) Intuitivo, de fácil utilização e aprendizado; f) Geração de STL otimizada, direta do software de interface; g) Reconstrução de superfície; h) Algoritmos de otimização de superfície; i) Compatibilidade otimizada para *Windows bits*.

O programa *Geomagic* utilizado permitiu algumas edições, como, por exemplo, deletar partes indesejáveis do escaneamento, preencher furos, remover artefatos isolados e otimizar o escaneamento, todos em escala de 0 a 100. Além disso, foi possível selecionar a resolução desejada e o modo de escaneamento automático, superfície com textura ou superfície uniforme. O programa de edição *Geomagic* ainda permite unir partes de projeto (ossos) que não foram escaneados por inteiro, alterar a cor e melhorar a qualidade do projeto escaneado, removendo picos, suavizando superfícies e preenchendo falhas, por exemplo. O programa da impressora 3D permitiu escolher se os materiais seriam impressos de forma maciça ou vazada e ainda disponibilizava diversas posições para impressão. O sistema trabalhou com arquivos no formato STL e os materiais puderam ser impressos em diferentes cores.

A impressão 3D é uma tecnologia em ascensão, a qual pode ser utilizada na Medicina Veterinária com sucesso, através da produção de próteses, bem como para planejamento cirúrgico de procedimentos ortopédicos. O escaneamento permite a geração de um acervo para bioimpressão, assim como a tomografia o faz na prática médica. Tais etapas são importantes na geração final de peças a serem usadas tanto para estudo anatômico, como para prática cirúrgica. No entanto, a utilização de impressões biológicas envolve uma série de procedimentos de alta complexidade como a escolha do material, tipos celulares, fatores de crescimento e diferenciação celular e os desafios técnicos relacionados com a sensibilidade das células vivas e construção tecidual [3].

CONCLUSÃO

A digitalização e impressão 3D dos ossos do membro pélvico de cão demonstrou ser uma importante ferramenta no processo aquisição de modelos ósseos em pequenos animais domésticos, porém ainda existem certas limitações em sua utilização para captação de acidentes ósseos pouco visíveis. Contudo, o escaneamento e impressão dos modelos em 3D permite a criação de acervos virtuais para o ensino de anatomia e cirurgia veterinária. Além disso, a evolução de tais tecnologias e sua aplicação no meio veterinário vem crescendo consideravelmente, permitindo, além do ensaio cirúrgico, a demonstração prévia da conduta terapêutica para o proprietário. Sendo o objetivo final melhores condições ao paciente e menores custos ao tutor.

MANUFACTURERS

¹Creaform Inc. Lévis, Quebec, Canada.

²Geomagic Inc. Cary, NC, USA.

³Stratasys HQ Ltd. Eden Prairie, MN, USA.

Acknowledgements. Financial support was given by Programa Unificado de Bolsas de Estudo para Apoio e Formação de Estudantes de Graduação and Programa de Renovação de Instrumentos de Laboratórios Didáticos - RENOVALAB of the University of São Paulo.

Ethical approval. All procedures were formally approved by Ethical Committee for the Use of Animals of School of Veterinary Medicine and Animal Science.

Declaration of interest. The authors report no conflicts of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of the paper.

REFERENCES

- 1 Atala A. 2014.** Regenerative bladder augmentation using autologous tissue-when will we get there? *Journal of Urology*. 191(5): 1204-1205.
- 2 Chen S., Pan Z., Wu Y., Gu Z., Li M., Liang Z., Zhu H., Yao Y., Shui W., Shen Z., Zhao J. & Pan H. 2017.** The role of three-dimensional printed models of skull in anatomy education: a randomized controlled trail. *Scientific Reports*. 7(1): 575.
- 3 Murphy S.V. & Atala A. 2014.** 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature biotechnology*. 32(8): 773-785.
- 4 Silva F. & Rosado V.O.G. 2014.** Virtual biomodeling for diagnosis and surgical planning using open-source software. *Informática na Educação: Teoria & Prática*. 17(1): 125-143.
- 5 Slatter D. 2007.** *Manual de Cirurgia de Pequenos Animais*. 3.ed. São Paulo: Manole, 2574p.
- 6 Souza M.M.D., Rahal S.C., Padovani C.R., Mamprim M.J. & Cavini J.H. 2011.** Afecções ortopédicas dos membros pélvicos em cães: estudo retrospectivo. *Ciência Rural*. 41(5): 852-857.
- 7 Thomas D.B., Hiscox J.D., Dixon B.J. & Potgieter J. 2016.** 3D scanning and printing skeletal tissues for anatomy education. *Journal of Anatomy*. 229(3): 473-481.
- 8 Unger M., Montavon P.M. & Heim U.F. 1990.** Classification of fracture of the long bones in the dog e cat: introduction and clinical application. *Veterinary and Comparative Orthopedic and Traumatology*. 3(2): 41-50.
- 9 Zhang C., Murphy S.V. & Atala A. 2014.** Regenerative medicine in urology. *Seminars in Pediatric Surgery*. 23(3): 106-111.