

Prótese de membros em pássaros: estudo de caso de aplicação da Biomimética e impressão 3D.

Bird limb prosthesis in birds: case study of application of Biomimetics and 3D printing.

Rayane França Paes Queiroz, Arquiteta e Graduada em Design, UFMG.

rayanefpq@hotmail.com

Cynara Fiedler Bremer, Professora Doutora, UFMG.

cynarafiedlerbremer@ufmg.br

Fernando José da Silva, Professor Doutor, UFMG.

fernandojsilva@ufmg.br

Resumo

A pesquisa contou inicialmente com identificação de oportunidades na medicina veterinária quando se viu a possível criação e aplicação de novas próteses para animais mutilados e exemplos de projetos com princípios biomiméticos, principalmente aqueles que fazem o uso da impressão 3D. Objetivou-se neste trabalho a aplicação de conceitos da Biomimética no desenvolvimento de uma peça produzida pela tecnologia de impressão 3D, para aplicação em pássaros com mutilação, pois, geralmente são sacrificados quando quebram ou perdem uma das pernas. Métodos de pesquisa, visitas a clínicas veterinárias e técnicas de impressão 3D foram utilizados no processo. Como resultado do estudo, foram observadas vantagens em se ter uma prótese feita sob medida, entre elas: a diminuição do número de eutanásia em animais mutilados, o uso de material biodegradável na confecção da prótese, maior conforto do animal, melhor adaptação, fácil manuseio do veterinário para o encaixe da prótese no animal. Assim, abrem-se oportunidades de aplicação desta tecnologia em outros casos de mutilação, acidentes, ou doenças que podem ocasionar em animais sejam eles aves ou mamíferos.

Palavras-chave: Impressão 3D; Biomimética; Perna de pássaro; Prótese.

Abstract

The research initially identified opportunities in veterinary medicine when we saw the possible creation and application of new mutilated animal prostheses and examples of projects with biomimetic principles, especially those that make use of 3D printing. The

objective of this work was the application of concepts of Biomimetics in the development of a piece produced by 3D printing technology, for application on birds with mutilation, since they are usually sacrificed when they break or lose one of their legs. Research methods, visits to veterinary clinics and 3D printing techniques were used in the process. As a result of the study, advantages were obtained in having a prosthesis made to measure, among them: the reduction of the number of euthanasia in mutilated animals, the use of biodegradable material in the preparation of the prosthesis, greater animal comfort, better adaptation, easy handling of the veterinarian for the fitting of the prosthesis into the animal. This opens up opportunities for the application of this technology in other cases of mutilation, accidents, or diseases that can cause in animals, be they birds or mammals.

Keywords: 3D printing; Biomimetics; Bird limb; Prosthesis.

1. Introdução

De acordo com Pires (2010) o tráfico de animais é o terceiro maior do mundo, perdendo apenas para armas e drogas. Devido a este tráfico, animais são mortos, ou se machucam muito ao serem retirados do seu habitat natural, e conseqüentemente, alguns animais sofrem também algum tipo de mutilação ou transtorno psíquico e acabam morrendo devido ao estresse causado pela situação (MOTTA, 2018). Atropelamento de animais silvestres também é responsável pela morte de muitos deles, e no Brasil, é o motivo da maioria das mortes de animais, principalmente os animais de pequeno porte (O PROBLEMA... 2014). Quando esses animais acidentados não vêm a óbito ficam com feridas graves. Ao receberem atendimento veterinário muitas vezes têm que ser mutilados e, devido ao desgaste psicológico ou até mesmo pela gravidade da ferida não resistem e acabam morrendo. Alguns veterinários criam próteses caseiras para evitar o estresse desses animais que, além de trazer uma melhor qualidade de vida para eles, ainda permite que eles tenham uma vida mais prolongada. Estudos sobre próteses desenvolvidas em softwares e impressas tridimensionalmente mostram que, pelo fato de serem feitas sob medida, para cada caso estudado, elas podem gerar um maior conforto a esses animais, além de oferecer facilidade de adaptação durante a fase de reabilitação.

2. Algumas aplicações da Biomimética

De acordo com Benyus (2003), a biomimética estuda os modelos da natureza e depois imita-os, inspira-se neles, porém as soluções têm bases em três níveis: a natureza como modelo, a natureza como medida e a natureza como mentora, que a autora descreve a seguir:

A natureza como Modelo: A natureza serve de modelo de inspiração ou imitação para resolver os problemas humanos. **A natureza como Medida:** A biomimética usa um padrão ecológico para a “correção” das nossas inovações. Após 3,8 bilhões de anos de evolução a natureza aprendeu o que funciona, o que dura e o que é apropriado. **A natureza como Mentora:** A biomimética é uma nova forma de ver e valorizar a natureza, ela estabelece uma

era cujas bases se sustentam não naquilo que podemos extrair da natureza, mas sim no que podemos aprender com ela. (BENYUS, 2003, p.8).

Atualmente existem diversos exemplos de biomimética aplicada embasados em alguns desses três níveis, inclusive com alguns desses exemplos fazendo o uso de tecnologia de impressão tridimensional (3D). Segundo Matisons (2015), Ranajay Ghosh e outros cientistas da Northeastern University College of Engineering estão estudando uma variedade de funções de escamas de animais e insetos – peixe (proteção), cobra (mobilidade) e borboletas (coloração) – para combiná-las em um sistema forte de proteção, ainda que fosse flexível e blindasse o corpo humano. Neste caso, a impressão (3D) permitiu que essa equipe imprimisse “escamas de peixe” com base da biomimética (Figura 1), desenvolvendo essa blindagem leve e flexível. À medida que essa pesquisa avança, a impressão 3D (juntamente com a nano fabricação) continuará a desempenhar um papel central à medida que os cientistas se esforçam para alcançar uma combinação de várias propriedades de escamas de animais e insetos para o desenvolvimento de armaduras humanas (MATISONS, 2015).

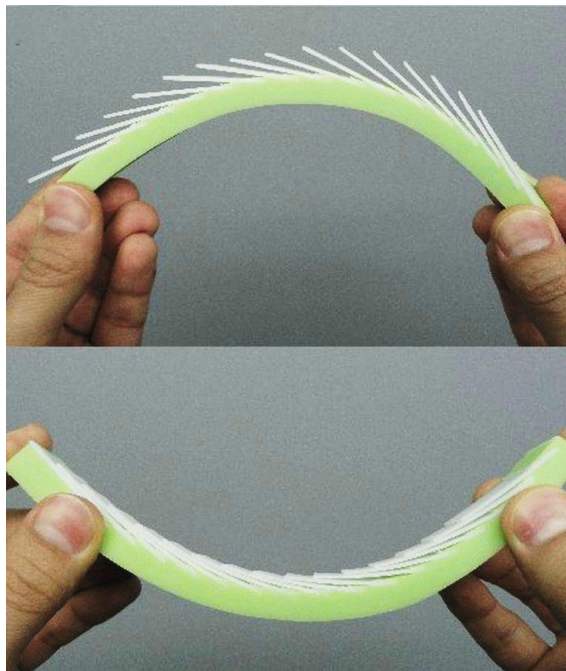


Figura 1: Escama criada pela impressão 3D. Fonte: Matisons (2015)

Outro exemplo da aplicação da biomimética está no desenvolvimento de prótese. Pesquisadores suíços, liderado por André Studart, professor de materiais complexos, do ETH Zurich desenvolveram uma prótese dentária biomimética, utilizando um método que cria uma imitação de uma complexa estrutura fina de materiais compostos biológicos, como dentes ou conchas (Ferrand *et al.* 2015). Assim, esses materiais sintéticos são tão duros e resistentes quando seus correspondentes naturais. Na Figura 2 podem ser observadas plaquetas cerâmicas no esmalte que são orientadas verticalmente (lado esquerdo da imagem), enquanto que na dentina (natural) elas estão alinhadas horizontalmente.

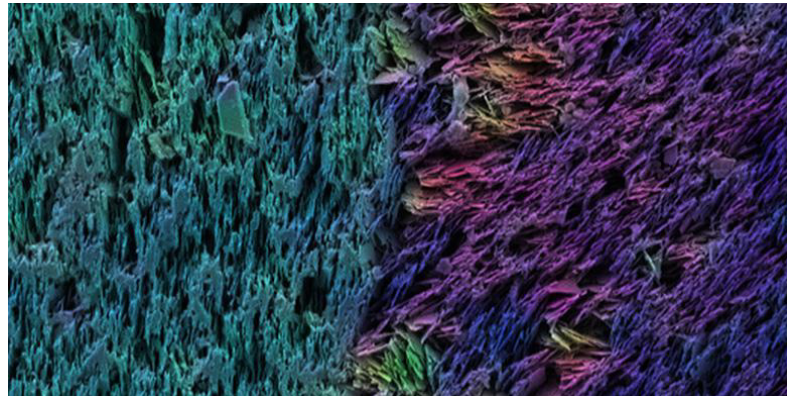


Figura 2: Seção transversal do dente artificial e natural observados com microscópio eletrônico. Fonte: Ferrand et al. (2015)

A técnica aplicada é semelhante à impressão 3D, conhecida como *slip casting* (MASC), tecnologia identificada como fundição assistida magneticamente; a diferença desta tecnologia com a impressão 3D é que ela é dez vezes mais rápida e muito eficaz em termo de custo e permite a criação de materiais compostos complexos que são imitações quase perfeitas de seus modelos naturais. Essa técnica está sendo desenvolvida para futuras aplicações em medicina dentária, e neste caso, foi produzido um dente artificial, no qual o resultado foi satisfatório comparado a outros dentes artificiais correspondentes ao de um dente natural (FERRAND *et al.*, 2015). Na Figura 3, podem-se observar aspectos de dente natural envolto em molde de gesso; a estrutura do meio da imagem é o dente artificial sintetizado, mas ainda não polimerizado, e o modelo à direita foi sintetizado e o polímero foi infiltrado; nota-se que esse modelo está embutido em um “disco” (molde de fundição), para permitir o polimento e revestimento com platina, que impede o carregamento no microscópio eletrônico. No entanto, o presente estudo é apenas uma prova de conceito inicial, que mostra que a estrutura natural de um dente pode ser reproduzida em laboratório. “A aparência do material tem que ser significativamente melhorada antes de poder ser usada para próteses dentárias” (FERRAND *et al.*, 2015). Porém, como Studart explica, o dente artificial mostra claramente que um grau de controle sobre a microestrutura de um material compósito pode ser alcançado, o que anteriormente só era acessível por organismos vivos.

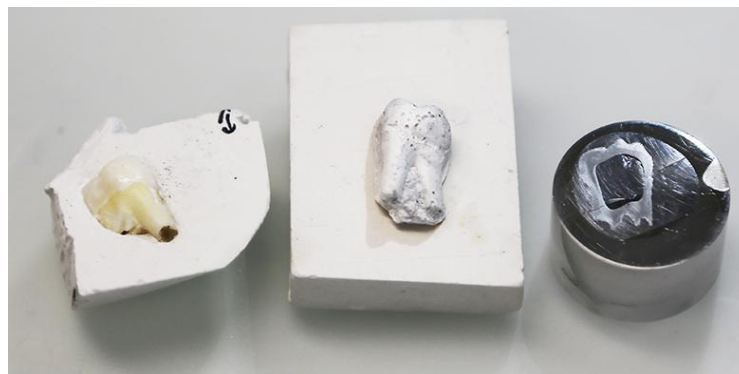


Figura 3: Comparativo de dente natural em molde de gesso e dentes sintetizados. Fonte: Ferrand et al. (2015).

Observa-se assim que tecnologias estão sendo pesquisadas, além da utilização de formas da natureza, aplicadas à construção e desenvolvimento de artefatos tanto nas áreas

médicas, engenharias, arquitetura, design, e tantas outras passíveis de se beneficiarem da tecnologia e da inspiração.

3. Estudo de caso

O Brasil é responsável por 15% do tráfico mundial de animais (ANDA, 2017) e de acordo com Pires (2010), a cada dez animais resgatados, nove morrem até cinco anos depois de terem chegado ao local de resgate. Em Belo Horizonte existem clínicas que recebem animais resgatados de tráficos e esse projeto foi trabalhado juntamente com a clínica “Cães e Amigos”, na qual o veterinário responsável, Marcos de Mourão Motta, também presidente da ONG “Asas e Amigos” (MOTTA, 2001), recebe animais vítimas de tráfico, abandono, crueldade e acidente; esses animais chegam à clínica necessitando de atendimento, tratamento e cirurgias e, muitos desses animais sofrem mutilação de membros.

O objetivo principal desse estudo foi a aplicabilidade da biomimética no design de prótese de animais. Foi escolhida dentre as aves que estavam na clínica, a que pudesse participar da pesquisa devida à falta de um dos membros, de forma que a prótese trouxesse uma melhor adaptação, menor desconforto, facilidade ao caminhar, menos manutenção e menos estresse por parte do animal, facilitando também o trabalho de veterinários e biólogos, além de diminuir os casos de eutanásias em animais que não tenham parte dos membros.

4. Materiais e Métodos

A ave escolhida para receber a prótese foi uma seriema, recém-chegada à clínica, que provavelmente perdeu parte da perna num atropelamento. As medidas da prótese foram tomadas em relação à perna sadia com o uso de paquímetro metálico. Foi determinada a espessura necessária do coto para o correto encaixe da prótese. Na Figura 4 pode-se observar o momento da imobilização da ave para tomada de medidas.



Figura 4: Imobilização da Seriema para medição do coto. Fonte: elaborado pelos autores.

A partir do caso da seriema, e das medidas tomadas, foram estudadas também a anatomia e osteologia das aves, em que se pode observar que cada ave é diferente e única, mesmo sendo da mesma raça, assim como existem medidas e formas diferenciadas entre os ossos de animais diferentes (MACHADO, 1991, p.25); desta forma, observou-se que o ideal seria que a prótese fosse personalizada, conforme a necessidade de cada ave. Com estes dados, foi desenvolvido em software tridimensional, um modelo que pudesse se adaptar adequadamente ao formato e tamanho do coto, no caso da seriema.

Assim, passou-se para uma metodologia relacionada à pesquisa de alternativas de projeto e confecção de modelos para o estudo de caso, com o desenvolvimento de modelos tridimensionais. Nesta fase, foi utilizado o software *SketchUp* para a criação de alternativas digitais para a elaboração do primeiro protótipo, com arquivo de formato *skt* convertido para outro formato, sendo o *stl*, apropriado para sua leitura na máquina de impressão tridimensional.

Pela prática e experiência, o veterinário que acompanhou o estudo identificou alguns requisitos para a criação dessa nova prótese, como, por exemplo: que a prótese não apresentasse os dedos, pois, a ave ao andar poderia tropeçar, e quando ela se recolhe para dormir, os dedos também atrapalhariam seu conforto; assim, foi trabalhada uma prótese simples inspirada na perna da ave, sem a articulação dos dedos e a presença dos mesmos, e sem a articulação da dobra do joelho.

A Figura 5 mostra a captura de tela do software com a proposta do modelo da alternativa do projeto desenvolvido tridimensionalmente.

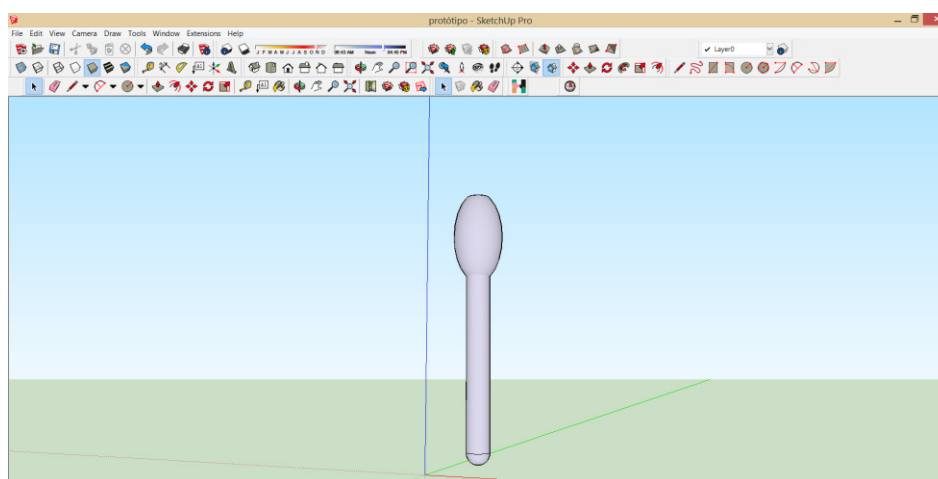


Figura 5: Modelo do projeto da prótese no software *SketchUp*. Fonte: elaborado pelos autores.

Após a fase de desenvolvimento em software, aproveitou-se da imagem gerada, e foi realizada também uma simulação de como ficaria esta prótese aplicada no caso da seriema, utilizando-se o software Photoshop, antes da realização da impressão tridimensional da prótese desenvolvida. Na Figura 6 pode-se observar a simulação da perna desenvolvida e impressa tridimensionalmente encaixada no coto da ave.



Figura 6: Simulação da aplicação da prótese. Fonte: elaborado pelos autores.

A Figura 7 mostra o desenho do protótipo desenvolvido, com as correspondentes cotas.

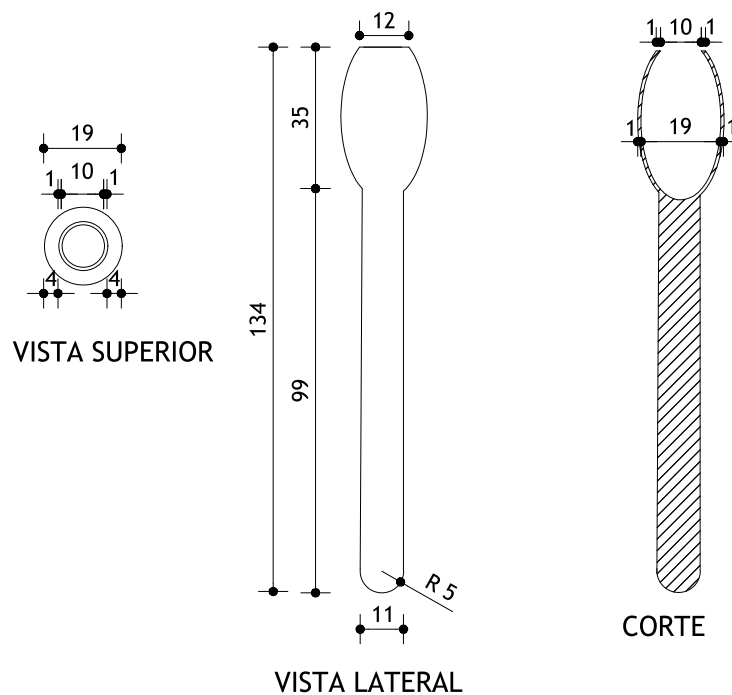


Figura 7: Desenho com cotas, dada em milímetros. Fonte: elaborado pelos autores.

5. Resultados alcançados

Antes desta pesquisa e deste desenvolvimento, o procedimento adotado pelo veterinário Marcos na clínica, que possibilitou a parceira para este estudo, era outro: as próteses para os animais que chegavam à clínica eram feitas com técnicas mais rústicas e com materiais comuns, do tipo tubo de PVC, algodão, fita crepe, massa (alginato) usada por dentista para adquirir o molde do membro da ave.

Nesta pesquisa, para a impressão tridimensional do modelo da prótese, utilizou-se o material plástico PLA (Poliácido láctico), identificado como polímero sintético termoplástico, e que possui propriedades de material biodegradável, se for descartado em condições ideais, além de ser um plástico compostável, biocompatível e bioabsorvível e obtido de fontes renováveis (ECYCLE, s.d.).

A estrutura da prótese desenvolvida contou com a extremidade superior com diâmetro maior para que pudesse ser moldado com silicone durante sua instalação, auxiliando no conforto entre o coto e a prótese.

No decorrer da pesquisa, a seriema estudada veio a óbito devido ao estresse causado pela falta da perna, e de acordo com o veterinário da clínica parceira, animais mutilados morrem mais pelo estresse do que pela dor ou qualquer outra patologia encontrada no animal. Então, a impressão da prótese teve sua escala reduzida, apenas para análise e aprovação do veterinário. Após a impressão do modelo, o mesmo veterinário avaliou o protótipo da prótese e aprovou quanto à resistência, à massa, à cor (a cor utilizada não chama atenção de outros animais), à possibilidade de corte para utilização com várias pernas de tamanhos diferentes e ao material ser antiderrapante. Em caso de ser necessário o corte do protótipo para utilização em animais de porte menor, existe a necessidade também de se lixar ou dar um acabamento apropriado à extremidade inferior do modelo facilitando o deslocamento da ave.

A Figura 8 apresenta o modelo tridimensional produzido da prótese e que está disponível para uso em uma nova ave.



Figura 8: Prótese impressa na impressora 3D. Fonte: elaborado pelos autores.

6. Pesquisa em andamento e futuras aplicações

A pesquisa atual conta com outras fases elaborativas, como identificação de necessidades das aves que apresentam problemas por falta de membros; desenvolvimento

de novos modelos e desenhos apropriados para cada situação encontrada; identificação de parâmetros para testes de resistência de protótipos produzidos pela impressão 3D, e aplicação dos resultados dos protótipos junto a outros animais normalmente encontrados em fase de reabilitação na clínica veterinária.

Outras aplicações estão sendo consideradas para a continuidade desta pesquisa, como o uso de ressonância magnética em parceria com o Hospital Veterinário da Universidade Federal de Minas Gerais para mapeamento das características dos ossos dos membros das aves, técnica essa que poderá ser dotada para utilização em próteses de bicos de pássaros, e membros de outros animais que necessitem também de próteses para sua locomoção.

7. Considerações Finais

A Biomimética demonstra ser uma ferramenta com diversas possibilidades de se tornar a evolução de tecnologias projetuais. O presente artigo apresentou que, com o conhecimento da ciência da biomimética e o uso de tecnologia existente, além da impressão tridimensional de modelos e protótipos, existem colaborações do estudo biomimético em outras áreas, sejam elas na medicina, veterinária, odontologia, engenharia, arquitetura, design, entre outras, possibilitando um melhor desenvolvimento na qualidade de vida humana e até mesmo de animais. Nesse artigo, relatou-se ainda o problema de uma ave que sofreu algum tipo de mutilação de membro no decorrer da vida. Assim, pensando no bem-estar do animal, foi gerado um protótipo de uma prótese para que pudesse se adequar a um coto de uma ave, baseando nos conceitos biomiméticos.

Um dos benefícios dessa prótese foi o uso do plástico PLA (Poliácido láctico), como matéria-prima para a impressão, sendo de grande importância devido ao fato de se tratar de um material que possui propriedades biodegradáveis, o que torna a prótese mais sustentável. Outra vantagem é que a prótese pode ser desenvolvida sob medida, além de ser de fácil manuseio e ajuste, o que traz o conforto ao animal e aos procedimentos do veterinário durante a fase de ajuste da prótese no corpo do animal.

A Biomimética contribuiu na elaboração desta pesquisa, tanto na fase de pesquisa quanto na fase de elaboração de novas alternativas ao projeto, no que tange aos desenhos apropriados e modelos possíveis de aplicação, abrindo assim um leque de oportunidades de aplicações junto a clínicas veterinárias que tratam destas patologias. Proprietário de aves, por exemplo, que costumam praticar a eutanásia em aves quando se falta um membro, poderão a partir dessas novas tecnologias, deixar de utilizar essa técnica cruel, permitindo que o animal em questão tenha uma qualidade satisfatória de vida fazendo uso de próteses desenvolvidas especialmente para ele.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG, pelo suporte financeiro (Bolsa de Iniciação Científica) e também à UFMG pelo suporte acadêmico e científico.

Referências

ALMEIDA, Ronaldo César Vieira de. **Assimetria flutuante em esqueletos de aves Passeriformes do Estado de Minas Gerais**: aspectos metodológicos e implicações sobre a utilização de coleções osteológicas como objeto de estudos de variação temporal de comunidades. Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Zoologia e Ambientes Impactados. Dissertação de Mestrado, 2003. 59p. Disponível em: http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Zoologia_AlmeidaRC_1.pdf Acesso dia 5 de julho de 2018.

ANDA (Brasil) (Ed.). **Brasil responde por 15% do tráfico mundial de animais silvestres**. 2017. Disponível em: <<https://www.anda.jor.br/2017/11/brasil-responde-por-15-do-trafico-de-animais-silvestres-do-mundo/>>. Acesso em: 20 set. 2018.

BENYUS, Janine M. **Biomimética**: Inovação Inspirada pela Natureza. São Paulo: Cultrix, 2003. 303 p. Título original: Biomimicry.

ECYCLE (Ed.). **Plástico PLA**: alternativa biodegradável e compostável. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/37-tecnologia-a-favor/738-pla-o-plastico-compostavel.html>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

FERRAND, Hortense Le *et al.* Magnetically assisted slip casting of bioinspired heterogeneous composites. **Nature Materials**, [s.l.], v. 14, n. 11, p.1172-1179, 21 set. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/nmat4419>.

MACHADO, Gilberto Valente. **Anatomia veterinária**: princípios gerais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Prog. Pós-Grad. em Educação, 1991. 31 p.

MATISONS, Michelle. 3dr Holdings. **3D Printed Fish Scales Inspire Human Armor Development**. 2015. Disponível em: <<https://3dprint.com/46374/scale-inspire-3d-printed-armor/>>. Acesso em: 09 ago. 2018.

MOTTA, Marcos de Mourão (Minas Gerais) (Org.). **Asas e Amigos**. [2001]. Disponível em: <<https://www.asaseamigos.com.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

MOTTA, Marcos de Mourão. **Mutilação da seriema**. Cães e Amigos, Belo Horizonte, 9 de agosto de 2018. Entrevista sobre animais mutilados.

O PROBLEMA do Atropelamento dos Animais Silvestres. 2014. Disponível em: <<http://animais.culturamix.com/curiosidades/o-problema-do-atropelamento-dos-animais-silvestres>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

PIRES, Marco Túlio. **Tráfico de animais reduz expectativa de vida de papagaios em até dez vezes**. 2010. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/ciencia/trafico-de-animais-reduz-expectativa-de-vida-de-papagaios-em-ate-dez-vezes/>>. Acesso em: 20 set. 2018.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 23ed. São Paulo: Cortez, 2007. 304p.