

UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

**ENXERTO DE BIOMODELOS PRODUZIDOS EM MANUFATURA ADITIVA EM
COELHOS**

NAIANE FREITAS FERREIRA

Orientador: Prof. Dr. TIAGO LUÍS EILERS TREICHEL

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária da UniRV -
Universidade de Rio Verde, resultante de
Projeto de Pesquisa, como parte das exigências
do curso para obtenção do título de Médica
Veterinária.**

RIO VERDE-GO

2019

FOLHA DE APROVAÇÃO


UniRV
Universidade de Rio Verde

Universidade de Rio Verde
Credenciada pelo Decreto nº 5.971 de 02 de Julho de 2004

Fazenda Fontes do Saber
Campus Universitário
Rio Verde - Goiás

Cx. Postal 104 - CEP 75901-970
CNPJ 01.815.216/0001-78
IE 10.210.819-6 IM 021.407

Fone: (64) 3611-2200
www.unirv.edu.br

NAIANE FREITAS FERREIRA

ENXERTO DE BIOMODELOS PRODUZIDOS EM MANUFATURA ADITIVA EM COELHOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária da UniRV –
Universidade de Rio Verde, resultante de Projeto de
Pesquisa como parte das exigências para obtenção do
título de Médica Veterinária.

Aprovado em: 22/11/19


PROF. Dr. TALES DIAS DO PRADO


MED. VET. Ms. MURICI BELO SEGATO


PROF. Dr. TIAGO LUÍS EILERS TREICHEL
(Orientador)

RIO VERDE – GOIÁS

2019

DEDICO

A todos que contribuíram no decorrer desta jornada, em especial:

A Deus pelo dom da vida, pela força e pela capacidade de realizar meu sonho.

Minha mãe Renata Freitas, que é meu maior exemplo de vida, que sempre me apoiou e que com muito amor e carinho não mediu esforços para a realização do meu sonho.

Minhas irmãs Bárbara Lara e Ludmylla, pela admiração que elas têm por mim, pelo amor e carinho.

Minhas avós, Divina e Odete e à minha tia Fernanda, pelo apoio e por sempre torcerem por mim.

Ao meu namorado Lucas Cabrera, por toda compreensão, o carinho e o apoio durante minha graduação.

Aos meus amigos Diego Lima, Alexia Geovanna e Diva Millani pelo companheirismo e pela força quando precisei.

Ao meu padrasto Lázaro Vinicius pelo carinho e pelos ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Tiago Luís Eilers Treichel, sua esposa Andriéli e a linda filha Ana Luísa pela amizade, deixo toda a admiração que tenho por essa família, agradeço ao meu mestre pelas inspirações, por abrir caminhos durante toda minha graduação, pelos aprendizados profissionais e de vida e por todo o carinho e atenção prestados.

Ao Mestre Marcelo Rozan, que foi quem criou a impressora e abriu portas para iniciarmos esta pesquisa, sem ele não seria possível a realização deste trabalho, sempre com muita dedicação nos auxiliando com os materiais.

Aos meus colegas de graduação Arthur Toledo, Adecir Cardoso, Isabela e Kelly, por terem me dado forças e ajudado durante toda a pesquisa.

Ao Prof. Dr. Tales que não mediu esforços para realização deste trabalho, sempre com muita paciência e dedicação.

Ao Benoar, responsável pelo Setor de Cunicultura, que sempre com muita dedicação e carinho, sempre disposto a ajudar, foi responsável pela criação dos animais da pesquisa.

Ao Murici Segato, o meu supervisor de estágio extracurricular, que se dispôs a ajudar disponibilizando materiais para pesquisa, por todo o conhecimento que obtive durante um ano de estágio.

Aos coelhos que deram a vida para a realização deste trabalho e fizeram parte do meu cotidiano durante todo o projeto.

“Em um futuro não muito distante, cientistas serão capazes de imprimir órgãos para transplantes e eventualmente corpos inteiros, usando máquinas semelhantes a impressoras caseiras...”

Vladmir Mironov

RESUMO

FREITAS, N.F. **Enxerto de biomodelos produzidos em manufatura aditiva em coelhos.** 2019. 24f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – UniRV - Universidade de Rio Verde, Rio Verde 2019¹.

A Medicina Veterinária está em constante evolução, em busca de pesquisas e avanços que contribuam de forma significativa para o tratamento e o prognóstico dos animais, evidenciando praticidade e custos acessíveis. A Engenharia Reversa (ER) é uma tecnologia que está se tornando cada vez mais interessante para desenvolvimento de órteses e próteses na Medicina Veterinária. O objetivo deste trabalho foi analisar a reação tecidual e resistência de polímeros, para isso utilizaram-se quatro tipos de filamentos: PLA (Poliácido Lático); PET-G, Poli (tereftalato de etileno) - PET, modificado com Glycol – G; TPU (Poliuretano Termoplástico) e ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) disponíveis com o preço mais acessível, diminuindo o risco de rejeição do material no animal, utilizando tecnologia da Engenharia (ER) e Manufatura Aditiva (MA). Foram utilizados 12 coelhos (*Oryctolagus cuniculus*) raça Nova Zelândia Branco, de ambos os sexos, de aproximadamente de 6 meses de idade e massa corporal média de 4,5 kg, oriundos do Setor de Cunicultura da Universidade de Rio Verde. Os animais foram divididos em dois grupos de seis coelhos, sendo que cada animal recebeu quatro implantes. Os animais do primeiro grupo receberam um implante de cada material esterilizado por autoclave, enquanto que os outros seis animais, receberam um implante de cada material esterilizado com glutaraldeído.

PALAVRAS-CHAVE

Biopolímeros, Engenharia Reversa, Esterilização, Polímeros.

¹Banca Examinadora: Prof. Dr. Tiago Luís Eilers Treichel (Orientador), Prof. Dr. Tales Dias do Prado – UniRV; Médico Veterinário Murici Belo Segato.

ABSTRACT

FREITAS, N.F. **Grafting of biomodels produced in additive manufacture in rabbits.** 2019. 24f. Final Paper (Graduation in Veterinary Medicine) - UniRV - University of Rio Verde, Rio Verde 2019.

Veterinary Medicine is constantly evolving, seeking research with advances that significantly contribute to the treatment and prognosis of animals, with practicality and affordable costs. Reverse Engineering (RE) is a technology that is becoming increasingly interesting for the development of orthoses and prostheses in veterinary medicine. The objective of this work was to analyze the tissue reaction and polymer resistance, for this we used four types of filaments: PLA (Lactic Polyacid); PET-G, Poly (ethylene terephthalate) - PET, modified with Glycol - G; TPU (Thermoplastic Polyurethane) and ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) available at the most affordable price, reducing the risk of material rejection in animals using Engineering (ER) and Additive Manufacturing (MA) technology. Twelve male New Zealand White rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) of approximately 6 months of age and average body mass of 4.5 kg from the Rio de Janeiro University's Cuniculture Sector were used. The animals were divided into two groups of six rabbits, and each animal received four implants. Animals in the first group received one implant of each autoclave sterilized material, while the other six animals received one implant of each glutaraldehyde sterilized material.

KEY WORDS

Biopolymers, Reverse Engineering, Sterilization, Polymers.

¹ Examiner Board: Prof. Dr. Tiago Luís Eilers Treichel (Advisor), Dr. Tales Dias do Prado – UniRV; Médico Veterinário Murici Belo Segato.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Setor de cunicultura da Universidade de Rio Verde.....	14
FIGURA 2	Animais mantidos em boxes individuais.....	14
FIGURA 3	A) Os nove formatos das peças impressas para a escolha macroscópica. B) Impressão do contorno escolhido de formato de “confeito de chocolate” (M&M’s). C) Manufaturas com os quatro materiais ABS, TPU, PLA e PET-G. D) A imagem demonstra a praticidade da manipulação do biomodelo.....	15
FIGURA 4	Material esterilizado pelo o método de glutaraldeído como mostra na figura A e B. Material esterilizado pelo método de autoclave como mostra na figura C e D.....	16
FIGURA 5	A e B) foi feito a duas incisões craniais e caudais na região dorsal no tamanho de um centímetro. C) foi divulgionado pele e subcutâneo para colocar o material. D) foi feito a dermorrafia com náilon 3-0 em padrão Wolff.....	17
FIGURA 6	A) Avaliação do comportamento e da cicatrização das lesões. B) Lesão cicatrizada.....	18
FIGURA 7	A) Incisões cranial e caudal na região dorsal. B). Material coletado.....	19
FIGURA 8	A) O Polímero PET-G, Derretido. B) Polímero ABS, com formato alterado, apresentando mais circular.....	20
FIGURA 9	A) Tecido apresentando normal, sem nenhuma alteração patológica. B) Pele com cicatrizada.....	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 Engenharia reversa.....	11
2.2 Manufatura aditiva.....	11
2.3 Polímeros e biopolímeros.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Comissão de ética no uso de animais.....	13
3.2 Animais.....	13
3.3 Escolha dos materiais.....	14
3.4 Escolha dos grupos.....	15
3.5 Método de esterilização.....	16
3.6 Fase pré-operatória e protocolo anestésico.....	16
3.7 Procedimento cirúrgico.....	17
3.8 Cuidados pós-cirúrgico.....	18
3.9 Avaliação clínica.....	18
3.10 Eutanásia dos animais.....	19
3.11 Coleta de amostra.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
5 CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

A Manufatura Aditiva (MA) teve seus primeiros desenvolvimentos na década de 1980 e possui variáveis de processos que podem ser modificados, com o objetivo de melhorar as características de fabricação do protótipo. Sendo assim, este processo facilita que regiões em que existam detalhes complexos na geometria, sejam adequadamente reproduzidos pela tecnologia de Manufatura por Adição (SANTOS et al., 2018).

Com o passar dos anos, a prototipagem rápida está se tornando uma descoberta ímpar para a evolução de diversas áreas, como na indústria, comunicação, arte, projetos e também, mais recentemente, na área da saúde em planejamento cirúrgico, na criação de próteses e em sala de aula, para o estudo em anatomia e produção de implantes (SILVA e KAMINSK, 2008).

Destaca-se que os avanços tecnológicos, foram criados pela indústria com o propósito de diminuir o tempo, melhorando a qualidade e reduzindo o preço do produto final para o consumidor, se expandiu também a área da medicina. Nesse sentido, algumas pesquisas foram realizadas, com objetivo de desenvolver novas possibilidades para o planejamento cirúrgico, utilizando para isso imagens de tomografia computadorizada (CT) e ressonância magnética (MRI), possibilitando que os dados sejam transformados em imagens tridimensionais, proporcionando inúmeros benefícios na área biomédica e na medicina veterinária, sendo uma das aplicabilidades a criação de biomodelos de próteses e órteses (LIMA, 2003).

A presente pesquisa teve por objetivo utilizar a tecnologia obtida por meio da MA para desenvolver biomodelos mais acessíveis dentro da medicina veterinária, tornando-se um método de escolha para tratamento clínico e cirúrgico, aumentando a qualidade de vida e sobrevida do animal. Para isso, analisaram-se macro e microscopicamente, os materiais PLA (Poliácido Lático), PET-G Poli (Tereftalato de Etileno) modificado com Glycol; TPU (Poliuretano Termoplástico) e ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Engenharia reversa

Antes da produção de objetos replicados, se faz necessária uma etapa denominada de ER, na qual se digitaliza um modelo físico já existente, que é reconstruído virtualmente e salvo em um arquivo, podendo ser modelado em seguida, sem precisar de nenhum processo de ferramenta ou sistema CAD (*Computer Aided Desing*) (SANTOS et al., 2018).

2.2 Manufatura aditiva

Segundo Santos e Rilko (2017), a Manufatura Aditiva (AM), Impressão Tridimensional (3D) ou Prototipagem Rápida (RP), é um conjunto de tecnologias para fabricação de protótipos a partir de fontes de dados gerados por um sistema CAD. As peças são confeccionadas pela impressora 3D, camada por camada, possibilitando a construção geométrica, a modulação e montagem das propriedades mecânicas das peças (ICHI, 2010).

2.3 Polímeros e biopolímeros

Polímeros são termos específicos, empregados para moléculas grandes formadas por repetições de estruturas pequenas. *Poli* significa “muitos” e *mero* significa “partes” como citado por Lucas et al. (2001). O avanço tecnológico permitiu, até o momento, um grande número de polímeros para servir à diversas áreas de aplicações, podendo, inclusive, ser realizada a reciclagem deste material. Os polímeros utilizados neste trabalho foram:

- PET-G, Poli (tereftalato de etileno) modificado com Glycol (PET-G): é um termoplástico, pode ser exposto a vários reprocessamentos, quando é submetido ao aquecimento perde o aspecto ficando amolecido e quando é resfriado, volta às suas características físicas anteriores ao aquecimento. O PET é utilizado para embalagens de

alimentos e bebidas, favorecendo o acúmulo de resíduo no ambiente. Possui boas propriedades óticas pelo brilho e propriedades mecânicas como rigidez e estabilidade (MIYAZAKI, 2016).

- TPU (Poliuretano Termoplástico): são termoplásticos, composto por segmentos rígido e flexível, aplicado em diversas áreas como a medicina, setores automobilísticos e industriais (FIORIO, 2011).

- ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno): termoplástico, composto por acrilonitrila que promove resistência térmica e química, resistência à rigidez e butadieno, que proporciona resistência à baixa temperatura, ao impacto, estabilidade térmica e o bom acabamento superficial. Composto também por estireno, que promove a facilidade para processamento, brilho, dureza e rigidez.

Os biopolímeros são polímeros naturais, sintetizados por organismos vivos, alguns exemplos são: as proteínas e os peptídeos, além dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) e o amido (BASTO, 2007). O biopolímero utilizado no trabalho foi o PLA.

- PLA (Poliácido Láctico): termoplástico produzido a partir do ácido láctico, possui características de elasticidade, rigidez, transparência, comportamento termoplástico, biocompatibilidade e boa capacidade de moldagem (BRITO, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Comissão de ética no uso de animais

O estudo foi submetido à aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade de Rio Verde e seguiu os princípios éticos do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA). Julgado e aprovado no processo de número: 07/2019 de 2 de julho de 2019.

3.2 Animais

Para realização deste estudo, foram utilizados 12 coelhos (*Oryctolagus cuniculus*) da raça Nova Zelândia Branco, de ambos os sexos, de aproximadamente seis meses de vida e massa corporal média de 4,5 quilogramas, oriundos do Setor de Cunicultura da Universidade de Rio Verde.

Os animais permaneceram no Setor de Cunicultura da Universidade de Rio Verde (Figura 1), em boxes individuais, com correntes penduradas para minimizar o estresse, por um período de sete semanas. Durante todo o experimento, os animais permaneceram nas gaiolas individuais, recebendo ração e água *ad libitum* (Figura 2), realizando a troca duas vezes ao dia e limpeza do local diariamente.



FIGURA 1 - Setor de cunicultura da Universidade de Rio Verde.



FIGURA 2 - Animais mantidos em boxes individuais.

3.3 Escolha dos materiais

Para o desenvolvimento do projeto de pesquisa, foram utilizados quatro tipos de filamentos: PLA, PET-G, Poli modificado com Glycol; TPU e ABS. Foram impressos nove tipos de modelos diferentes, com formato circular, quadrado com espessura mais fina, outros dois com espessura média e maior, hexágono, esférico, circular com uma abertura ao centro, elíptico e formato de “confeito de chocolate”, conforme demonstrado na Figura 3.

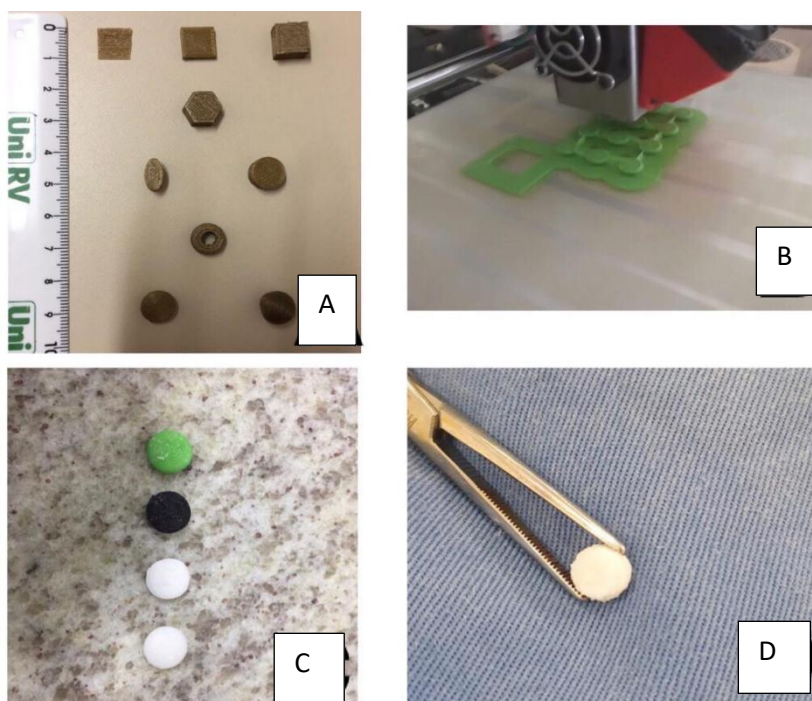


FIGURA 3 - A): Os nove formatos das peças impressas para a escolha macroscópica. B): Impressão do formato escolhido de formato de “confeito de chocolate”. C): Manufaturas com os quatro materiais ABS, TPU, PLA e PET-G. D): A imagem demonstra a praticidade da manipulação do biomodelo.

Foram analisados previamente cada modelo, tendo sido o formato de “confeito de chocolate” considerado a melhor opção, por não possuir estruturas pontiagudas, que ao entrar em contato com o tecido poderiam causar uma possível reação inflamatória indesejada e não possuir todo seu diâmetro espesso, assim facilitando que o cirurgião pudesse manipulá-lo com uma pinça e também que, após tivesse sido implantado, possibilitasse a palpação para localização do implante no subcutâneo do coelho.

3.4 Escolha dos grupos

Os 12 animais foram distribuídos em dois grupos de seis animais cada, nos quais cada animal recebeu quatro implantes, sendo um tipo de cada filamento. O primeiro grupo recebeu os quatro implantes esterilizados por autoclave (G1) e o outro grupo de animais recebeu os quatro implantes esterilizados com glutaraldeído (G2).

3.5 Método de esterilização

Realizaram-se a manufatura de 48 protótipos para este projeto, sendo que para isso, utilizou-se a técnica de esterilização com autoclave em 24 peças separadas em papel grau cirúrgico e para as 24 peças restantes, foi realizada a técnica com Glutaraldeído, que exige que o material à ser esterilizado permaneça imerso por 8 horas, como demonstra na Figura 4. Antes de ser utilizado, necessita ser lavado com água destilada estéril, para evitar toxicidade ao entrar em contato com o tecido vivo.

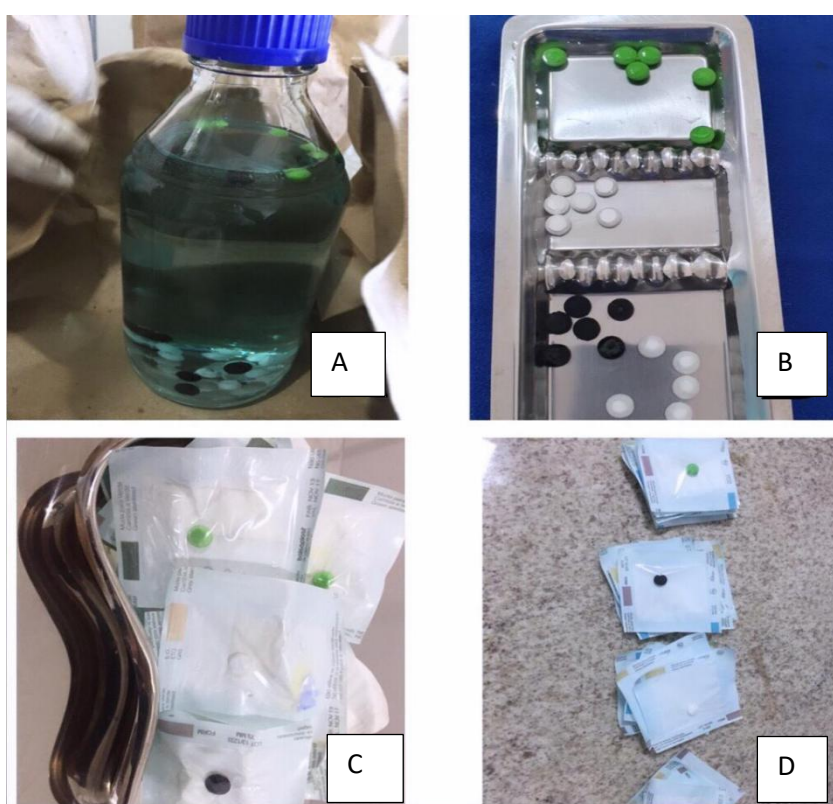


FIGURA 4 - Material esterilizado pelo o método de glutaraldeído como mostra nas figuras A e B. Material esterilizado pelo método de autoclave como mostra nas figuras C e D.

3.6 Fase pré-operatória e protocolo anestésico

Após a constatação que os animais estavam hígidos, foi realizada uma tricotomia ampla no dorso dos animais, na área de eleição para o procedimento cirúrgico e na região da orelha para acesso à veia auricular caudal. Os animais foram encaminhados para o centro cirúrgico da Clínica Veterinária de Animais de Pequeno Porte da UniRV. Posteriormente, utilizou-se o protocolo anestésico com acepromazina, na dose de 0,04 ml/kg, cloridrato de

tramadol, na dose de 2 mg/kg, midazolam, na dose de 0,4 mg/kg, e cetamina na dose de 22 mg/kg, por via IM. Os animais foram monitorados durante todo o procedimento e para os animais que superficializaram, foi feito repique de cetamina, no volume de 0,35 mL.

3.7 Procedimento cirúrgico

Iniciou-se o procedimento com os animais primeiro grupo, nos quais se realizaram quatro incisões de aproximadamente 1 cm, na região do dorso, duas craniais e duas caudais. Realizada a incisão, se divulsionou o subcutâneo com o auxílio de uma tesoura Metzembraum e se implantaram os protótipos. Na região cranial esquerda foi implantado PET-G, na cranial direita ABS, caudal esquerda TPU e caudal direita PLA. Procedeu-se a dermorrafia, com fio mononáilon 2-0, em padrão Wolf. Para o segundo grupo, se repetiu esta mesma sequência descrita (Figura 5).

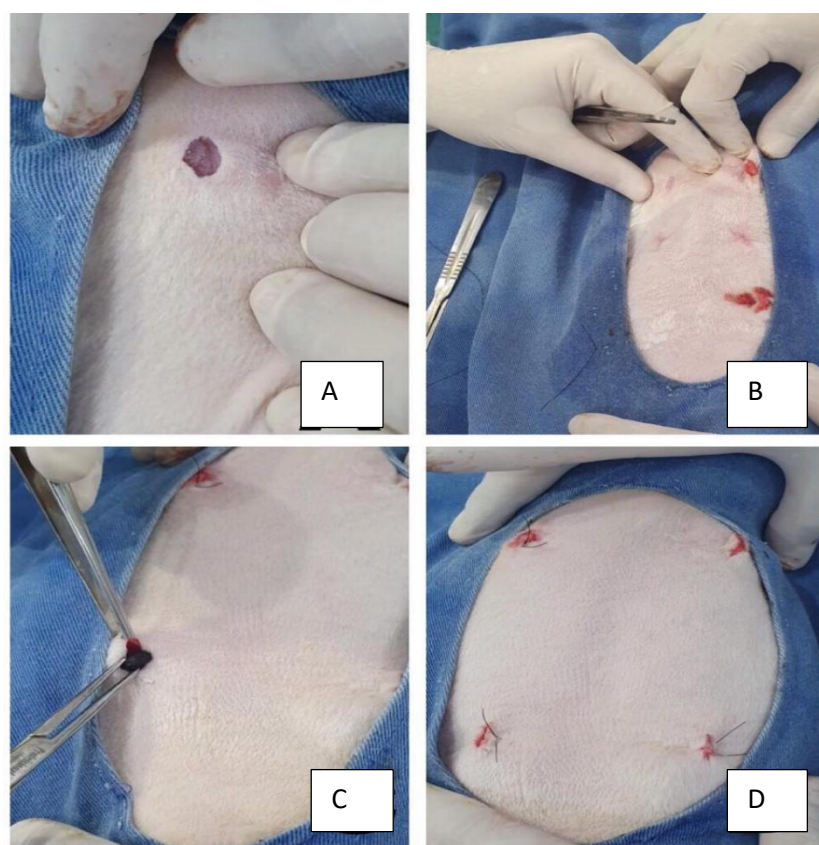


FIGURA 5 - A e B) foi feito a duas incisões craniais e caudais na região dorsal no tamanho de um centímetro. C) foi divulgionado pele e subcutâneo para colocar o material. D) foi feito a dermorrafia com náilon 3-0 em padrão Wolff.

3.8 Cuidados pós-cirúrgico

Após o término do procedimento cirúrgico, os animais foram monitorados até o restabelecimento completo da consciência, quando foram encaminhados novamente para os boxes. Administrou-se então meloxicam como anti-inflamatório na dose de 0,2 mg/kg , via subcutânea, SID, durante 3 dias; enrofloxacin como antibiótico na dose de 5 mg/kg SID, durante 5 dias e cloridrato de tramadol como analgésico, na dose de 2 mg/kg, BID, durante 3 dias. Na ferida foi aplicado *spray* de rifamicina, duas vezes ao dia, durante 5 dias, para auxiliar a cicatrização completa.

3.9 Avaliação clínica

No pós-operatório imediato, os animais tiveram seus parâmetros fisiológicos avaliados (temperatura, frequência cardíaca, frequência respiratória, defecação e micção). Durante todo o período de pós-operatório, as feridas foram avaliadas diariamente, para identificar algum processo de infecção e a cicatrização completa, sendo que os pontos foram retirados com 10 dias (Figura 6).



FIGURA 6 - A) Avaliação do comportamento e da cicatrização das lesões. B) Lesão cicatrizada.

3.10 Eutanásia dos animais

Ao término do período de avaliação de 30 dias, os animais foram encaminhados para eutanásia. Para isto, realizou-se uma superdosagem anestésica de cetamina no volume de 66 ml/Kg, por via intravenosa, na veia auricular caudal, seguido da administração de cloreto de potássio. Na sequência foram avaliados os parâmetros vitais, como frequência cardíaca, frequência respiratória e pulso, realizando a confirmação do óbito dos animais.

3.11 Coleta de amostra

Após a realização da eutanásia, procedeu-se a coleta das amostras. Para isto, localizou-se o protótipo, posteriormente realizou-se uma incisão crânio-caudal e dorso-ventral (Figura 7), divulsão do subcutâneo, exérese de todo o tecido envolvendo o protótipo, musculatura, subcutâneo e pele para avaliação histopatológica (Figura 7). Macroscopicamente, durante a coleta do material, não foram observadas reações teciduais em nenhum dos grupos.

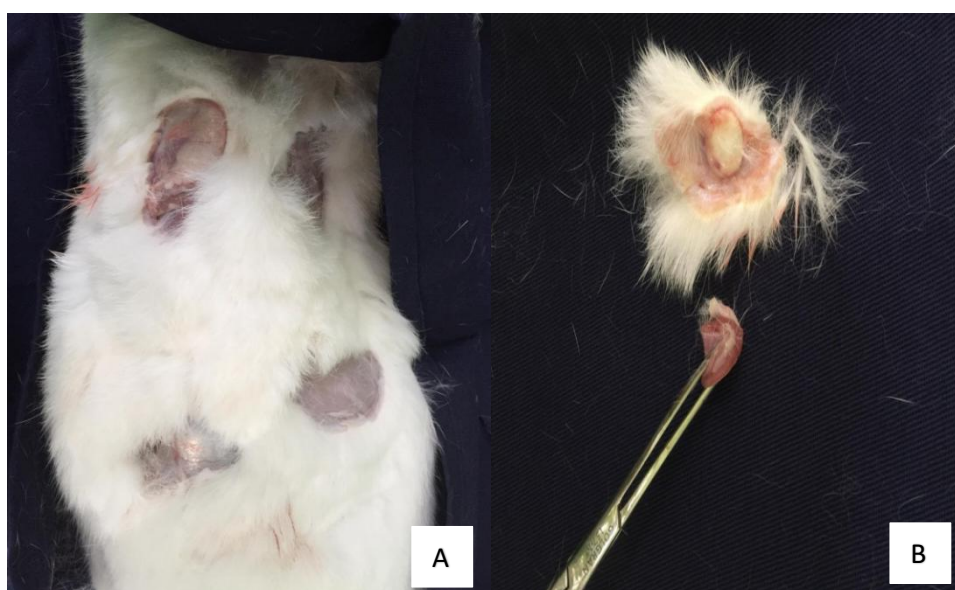


FIGURA 7 - A) Incisões cranial e caudal na região dorsal. B). Material coletado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a realização do experimento, percebeu-se que pelo método de esterilização por autoclave, os termoplásticos PET-G e ABS perderam o formato original de “confeito de chocolate”, pois o PET-G derreteu e o ABS ficou com formato circular (bola) e de difícil manipulação. Com a esterilização pelo método com Glutaraldeído, nenhum termoplástico perdeu seu formato original, porém observou-se que o material apresenta maior dificuldade de ser introduzido no subcutâneo, fazendo com que o termoplástico deslizesse no tecido (Figura 8).

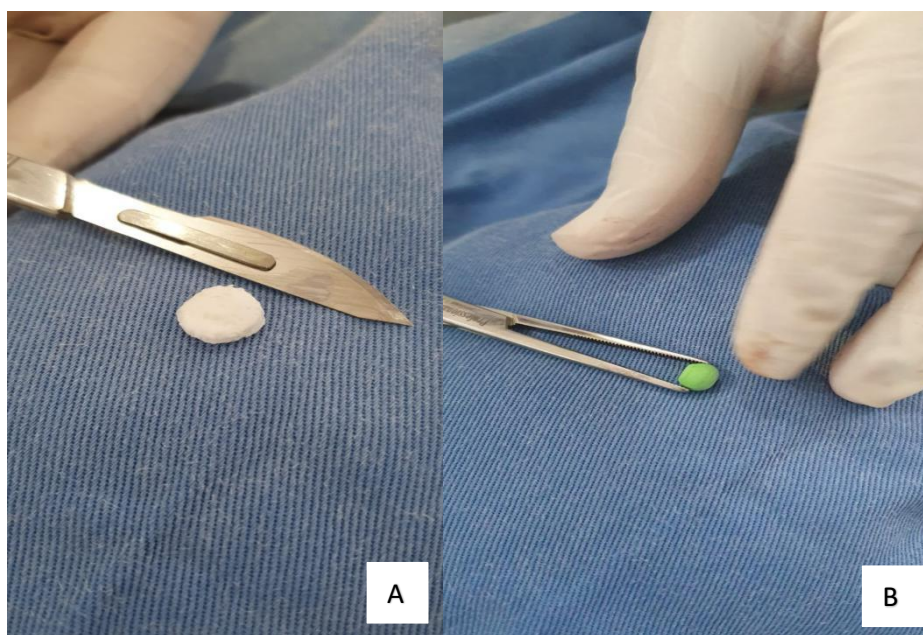


FIGURA 8 - A) O Polímero PET-G, Derretido. B) Polímero ABS, com formato alterado, apresentando mais circular.

O uso da tecnologia vem sendo uma realidade cada vez mais desfrutada dentro da Medicina Veterinária e a impressão 3D vêm se tornando uma opção de tratamento para melhorar a qualidade de vida do paciente. Segundo Barreto et al. (2018), em um futuro próximo, todos os hospitais e clínicas terão uma impressora e irão reproduzir órgãos utilizando as células do paciente como matéria-prima. Santos et al. (2016), em seu trabalho,

cita sobre a possibilidade de construir próteses seguras e confortáveis pela impressora 3D, com um valor mais acessível para o profissional e o paciente.

Uma dificuldade observada neste trabalho foi encontrar uma forma de fazer cortes histológicos do material para montar as lâminas, como citado por Pinto et al. (2016), que devido à dificuldade de envolver a peça no processamento histológico, relatou a necessidade de remover o PLA da amostra.

Durante o pós-operatório foram avaliados diariamente o processo de cicatrização das feridas cirúrgica e os implantes, não tendo sido observado nenhum sinal de infecção local e sistêmica ou rejeição do filamento implantado. Minossi et al. (2008) cita que a rejeição, na maioria dos casos está associada à infecção, sendo que uma prótese não incorporada ou rejeitada é envolvida por secreção estéril e que, com o passar do tempo, a coleção líquida drena para a pele, através de um “sinus” (infecção no local da sutura), tornando uma secreção mais purulenta, podendo haver a extrusão da prótese. No caso deste experimento, os pontos foram retirados com 10 dias de pós-operatório, momento em que as feridas já estavam completamente cicatrizadas.

Na análise macroscópica realizada após 30 dias de avaliação clínica, durante a coleta dos materiais, não foi observada nenhuma alteração do tecido proximal e distal do filamento implantado, sendo que o tecido se encontrava com cor e aspecto fisiológico e o implante estava bem aderido ao tecido (Figura 9)

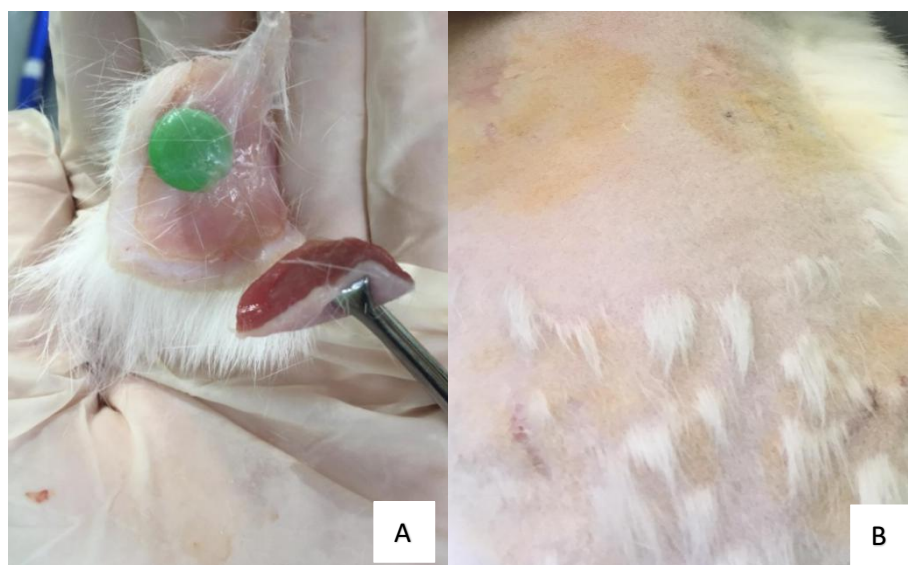


FIGURA 9 - A) Tecido macroscopicamente normal, sem nenhuma alteração patológica. B): Pele com cicatrizada.

5 CONCLUSÃO

Diante da realização deste projeto de pesquisa e considerando-se as condições em que foi realizado, pode-se sugerir que os animais não apresentaram alteração fisiológica na avaliação macroscópica, nenhum sinal clínico de infecção e que pela amostra coletada no *post-mortem*, os tecidos como pele, subcutâneo e musculatura apresentavam um aspecto e coloração fisiológicos e o filamento estava bem aderido à pele e subcutâneo.

REFERÊNCIAS

BARRETO, B.L.; BARBOSA, D.F.; FERREIRA, G.L.N.; VIEIRA, G.R.; NASCIMENTO, Y.L.F.; NETO, A.M.S. A importância das impressoras 3d na medicina. **Universo Recife**, v. 5, n. 2, p. 1, 2018.

BASTOS, V.D. Biopolímeros e polímeros de matérias-primas renováveis alternativos aos petroquímicos. **Revista do BNDS**, v. 14, n. 28, p. 201-234, 2007.

BRITO, G.F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E.M.; MÉLO, T.J.A. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 6, n. 2, p. 127 –139, 2011.

CÂNDIDO, L.H.A. **Estudo do ciclo de reciclagem de materiais em blendas de acrilonitrila-butadieno-estireno / policarbonato**. 2011. 129f. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2011.

CANEVAROLO, J.R.; SEBASTIÃO, V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2 ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2013. 282p.

FIORIO, R. **Síntese e caracterização de poliuretano termoplástico contendo poss via extrusão reativa**. 2011. 135f. Tese (Doutorado em Ciências dos Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FRANCISCO, B.M. **Simulação no processo de injeção utilizando software moldflow**. 2016. 40f. Trabalho de conclusão de curso (Tecnólogo em polímeros) – Programa de graduação, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2016.

ICHI, A. L. **Análise da viabilidade da aplicação da tecnologia CAD-CAM por prototipagem rápida na confecção de estrutura metálica da prótese parcial removível comparando-a o método convencional**. 2010. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciências Odontológicas) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

LIMA, C.B. **Engenharia reversa e prototipagem rápida: estudo de casos**. 2003. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2003.

LIMA, M.V.A. **Modelo de fatiamento adaptativo para prototipagem rápida - implementação no processo de modelagem por fusão e deposição (fdm)**. 2009. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

LUCAS, E.F.; SOARES, B.G.; MONTEIRO, E.E.C. **Caracterização de polímeros, determinação de peso molecular e análise térmica**. Rio de Janeiro: E-papers, 2001. 540p.

MINOSSI, J.G.; SILVA, A.L.; SPADELLA, C.T. O uso da prótese na correção das hérnias da parede abdominal é um avanço, mas o seu uso indiscriminado, um abuso. **Revista Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, v. 35, n. 6, p. 416-424, 2008.

MIYAZAKI, D.Y. **Reciclagem química do poli (tereftalato de etileno), através de alcoólise, para obtenção e utilização do poliol na síntese de poliuretanas**. 2016. 86f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

PINTO, O.C.M.M.; MAIA, M.C.; THIRÉ, R.M.S.M. Estudo da biocompatibilidade in vivo de arcabouço de poli(ácido láctico) (pla) fabricados por impressão 3d para aplicações em engenharia tecidual. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ÓRGÃOS ARTIFICIAIS E BIOMATERIAIS, 9., 2016, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Slabo, 2016. p. 784-794.

RILKO, J.C.; SANTOS, M.A.R. **Manufatura aditiva aplicada ao ensino de engenharia mecânica**. 2017. 18f. TCC (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2017.

SANTOS, L.B.; MONTEIRO, R.L.S.; CARNEIRO, T.K.G. Desenvolvimento de inteligência artificial para prótese de mão humana produzida em impressora 3d. In: WORKSHOP DE GESTÃO, TECNOLOGIA INDUSTRIAL E MODELAGEM COMPUTACIONAL, 2., 2016, Salvador. **Anais...** Salvador: SENAI CIMATEC, -BA, 2016. p. 85-87.

SANTOS, M.A.R.; TOKIMATSU, R.C.; TREICHEL, T.L.E. Estudo de caso: a utilização de biomodelo no planejamento de órtese para tratamento de laminite bovina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 23., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: IPEN, 2018. p. 8.706-8.

SILVA, G.C.; KAMINSKI, P.C. **Prototipagem rápida aplicada às peças utilizadas em ensaios estáticos de embalagens para acondicionamento e transporte de peças automotivas**. 2008. 174f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

VEIT, D.R. **Impactos da manufatura aditiva nos sistemas produtivos e suas repercussões nos critérios competitivos**. 2018. 343f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018.