



**FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS –
FATECS ENGENHARIA ELÉTRICA**

Matheus Cirqueira Botelho
Matrícula 21750772
Jéter Lourenço Gomes
Matrícula 21752760

MODELAGEM 3D DE UM JOELHO CANINO PARA FINS DIDÁTICOS

BRASÍLIA
2022

MATHEUS CIRQUEIRA BOTELHO
JÉTER LOURENÇO GOMES

MODELAGEM 3D DE UM JOELHO CANINO PARA FINS DIDÁTICOS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado
como um dos requisitos para a conclusão do curso de
Engenharia Elétrica do UniCEUB– Centro Universitário
de Brasília

Orientador (a): **Me. Francisco Javier de Obaldia Diaz**

BRASÍLIA
2022
MATHEUS CIRQUEIRA BOTELHO
JÉTER LOURENÇO GOMES

MODELAGEM 3D DE UM JOELHO CANINO PARA FINS DIDÁTICOS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado
como um dos requisitos para a conclusão do curso de
Engenharia Elétrica do UniCEUB– Centro Universitário
de Brasília

Orientador (a): **Me. Francisco Javier de Obaldia Diaz**

Brasília, 2022.



BANCA EXAMINADORA

Me. Francisco Javier de Obaldia Diaz
Orientador (a)

Me. Bruno Alvarenga dos Santos.
Examinador (a)

Me. Tiago Leite Pereira.
Examinador (a)

Modelagem 3D de um joelho canino para fins didáticos

3D modeling of a canine knee for didactic purposes

Botelho, M.C.¹, Gomes, J.L.², Diaz, F.J.O.³, Santos, B.A.⁴, Pereira,

T.L.⁵ **Resumo**

O trabalho a seguir é dedicado à impressão de um joelho canino, onde serão aplicados os conceitos de modelagem e simulação na criação de um protótipo utilizando a tecnologia de impressão 3D, com o que se espera seja de grande apoio para fins acadêmicos na área da Medicina Veterinária. Com isso, o presente protótipo possibilitará, futuramente, outros projetos científicos com a finalidade de aperfeiçoá-lo com mais detalhes contribuindo para análises anatômicas, funcionais e didáticas, para as áreas e afins envolvidos. Como resultado foi reproduzido, impresso e construído o protótipo do joelho, com as características estruturais e anatômicas externas visíveis de um joelho canino normal, que pode servir de modelo para estudo e análise deste importante membro do animal.

Palavras-chave: Veterinária. Maya. Impressora.

Abstract:

The following work is dedicated to the impression of a canine knee, where the concepts of modeling and simulation will be applied in the creation of a prototype using 3D printing technology, with what is expected to be of great support for academic purposes in the area of Medicine. Veterinary. With this, the present prototype will make possible, in the future, other scientific projects with the purpose of improving it with more details contributing to anatomical, functional and didactic analyses, for the areas and the like involved. As a result, a prototype of the knee was reproduced, printed and constructed, with the visible external structural and anatomical characteristics of a normal canine knee, which can serve as a model for the study and analysis of this important member of the animal.

keywords: Veterinary. Maya. Printer.

¹ UniCEUB, aluno.

² UniCEUB, aluno.

³ UniCEUB, orientador.

⁴ UniCEUB, primeiro examinador.

⁵ UniCEUB, segundo examinador.

1 INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo novas tecnologias foram aparecendo, especialmente àquelas que foram aplicadas em diversas áreas, como é o caso da impressão 3D. Hoje em dia, é uma realidade para a sociedade tanto para construções civis, quanto para órteses, próteses (seja para humanos e animais) e para impressão de objetos mais simples e, outros, mais complexos (PORTO, 2016).

A Impressora 3D foi criada em 1984 por Chuck Hull. Esta utilizava estereolitografia: tecnologia que solidifica resinas (acrílica, epóxi ou vinil) por feixes de luz ultravioleta - a antecessora da impressora 3D SLA. Hull introduziu o fatiamento digital e o arquivo em formato STL e, em 1986, patenteou a sua criação (BATODDI, 2003).

Outra inovação veio depois de dois anos e esse novo modelo de impressão 3D utiliza a Sinterização a Laser (SLS). Esse processo constrói objetos tridimensionais que são realizados através de um polímero em pó, tecnologia patenteada pelo engenheiro mecânico Carl Deckard (GRIMM, 2005).

Logo após, Scott e Lisa Crump inventaram a tecnologia FDM (Modelagem por Fusão e Deposição). A impressão 3D se baseia na extrusão de plástico (polímeros termoplásticos) para formar objetos 3D. Posteriormente, a Stratasys patenteia a tecnologia mais popular e acessível das impressoras 3D.

Nos anos 2000, após a queda da patente da tecnologia FDM, a impressão 3D alavancou, em um crescimento exponencial, algumas vantagens em relação a outras técnicas, como: a utilização de um pequeno espaço, um baixo desperdício, uma menor demanda de limpeza e um local onde não há necessidade de ser um ambiente industrial (RAULINO, 2011).

Atualmente, no cenário brasileiro a impressão 3D é um recurso pouco utilizado para a confecção de órteses e próteses. Por mais que seja uma tecnologia relativamente antiga, a utilização de impressoras 3D é algo muito recente e, cada vez mais, é um nicho que está se tornando mais acessível. É um mercado que a cada dia está tendo uma crescente exponencial, porém, pela sua utilização, é um conceito que perdurará um tempo inestimado para termos um significativo avanço (ROCHA, 2017).

A Medicina Veterinária poderá ser beneficiada na área de ortopedia. Por exemplo: no caso de cães com luxação patelar e com o auxílio de um exame de imagem será possível a impressão de um joelho contendo fêmur,

tíbia, fíbula e patela, criando, assim, uma peça em 3D do paciente. Ajudará, também, o médico veterinário a realizar práticas cirúrgicas com a peça possibilitando-o a anotar todos os procedimentos que serão feitos. Deste modo, o profissional conseguirá ter mais êxito na cirurgia do animal e este, conseqüentemente, terá um melhor bem-estar.

Há outros tipos de lesões e doenças que poderão agregar um melhor entendimento do caso do paciente e, por isso, um exame de imagem do paciente é de suma importância para um melhor detalhamento do caso.

O objetivo é demonstrar como que o modelo foi feito, qual o material utilizado, as impressoras e as dificuldades que surgiram durante o processo da produção da peça, seja pelo material ou pelo *software* tanto da impressora como do Maya®. Será de grande importância para o meio acadêmico, pois o artigo trabalhado visa tanto para a Engenharia quanto para a Medicina Veterinária futuros estudos para as áreas e valores para o meio comercial, também.

Para tal, este artigo demonstrará a modelagem de um joelho canino feito em impressora 3D com objetivo de contribuir em uma melhor compreensão do assunto sobre a impressão 3D, assim como a reprodução do joelho canino em formato tridimensional mostrando todas as estruturas externas que permitirão a utilização do protótipo de forma didática pela área da Medicina Veterinária, não sendo necessário para alguns estudos da área, ter que dispor de um membro real do animal..

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Anatomia e Biomecânica do Joelho

O joelho possui duas articulações e as suas funções são: de estabilidade ao corpo, sustentação e movimentação; e a flexão e extensão de movimentos laterais e axiais. A femorotibial faz a principal sustentação do peso e a femoropatelar aumenta a eficiência mecânica do quadríceps e facilita a função dos extensores (VASSEUR, 1998).

O movimento articular completo deve ser indolor e é necessário para que o animal possa ter controle e coordenação dos movimentos de forma que seja normal, assim, conseguindo exercer suas atividades. Articulações com o seu mecanismo alterado podem levar à incapacidade física do animal e à osteoartrite dolorosa, piorando a qualidade de vida do cão e tendo sobrecarga em outras articulações

(PIERMATTEI, 2009). Para o tratamento de doenças articulares é de suma importância o diagnóstico correto. Com isso, é necessário o entendimento da anatomia e fisiologia básica do sistema musculoesquelético, da resposta articular frente a lesões e do tratamento de afecções articulares (PIERMATTEI 2009; SCHULZ, 2008).

Uma articulação sinovial ou articulação verdadeira é uma cavidade articular contendo líquido sinovial. A função do líquido sinovial é muito importante pois ele lubrifica a articulação, assim, há redução de desgaste entre as faces articulares, além da membrana conjuntiva, que é a uma cápsula articular da cartilagem hialina sendo, esta, responsável por revestir as extremidades dos ossos envolvidos na articulação e do osso subcondral (KÖNING e LIEBICH, 2011; PIERMATTEI, 2009). As cavidades articulares são cobertas por cápsulas articulares formadas por uma camada externa de tecido conjuntivo fibroso que gera estabilidade articular e, também, por uma membrana sinovial interna que produz o líquido sinovial. Vasos sanguíneos, linfáticos e nervos, estão entre as membranas sinoviais e as cápsulas fibrosas (SCHULZ, 2008).

O líquido sinovial é criado por um dialisado plasmático a partir das membranas sinoviais e do seu vasto suprimento vascular. O líquido sinovial é filtrado pelo endotélio vascular e pelo interstício sinovial tendo a característica de lubrificação e nutrição na cartilagem articular (SCHULZ, 2008). As faces articulares são revestidas por tecido conjuntivo denso com, aproximadamente, um a cinco milímetros de espessura, composta, em sua maioria, de cartilagem hialina. Com isso, a cartilagem facilita o deslizamento da articulação, distribui as cargas mecânicas e previne/minimiza lesões no osso subcondral (SCHULZ, 2008).

A articulação do joelho é sinovial do tipo composta, que contém mais de dois ossos. Ela não é proporcional pelo motivo das faces articulares não se corresponderem e por ter a sua movimentação restrita à flexão e extensão, sendo assim, pertencendo à cavidade sinovial. Os côndilos do fêmur se prendem aos meniscos e deslizam sobre o platô tibial, cranialmente na extensão e caudalmente na flexão (DYCE, 2004; KÖNING e LIEBICH, 2011).

A articulação do joelho possui ligamentos intra-articulares, meniscos e coxins de gordura que ajudam a promover a função articular reduzindo o estresse durante a sobrecarga. A articulação externa é propiciada

pelos tendões e ligamentos ao redor (SCHULZ, 2008). A amplitude de movimentação das articulações é limitada por músculos, ligamentos, cápsula articular e formatos ósseos (PIERMATTEI, 2009).

O fêmur é preso nos ossos da perna através de quatro ligamentos. Ligamento colateral medial passa entre o epicôndilo do fêmur e a parte proximal da tíbia em direção caudal à articulação. O ligamento colateral lateral fica colocado, de certa forma, do mesmo jeito, mas se prende à cabeça da fíbula. Já no centro da articulação encontramos os ligamentos cruzados. O ligamento cruzado cranial origina-se no côndilo lateral do fêmur e vai no sentido craniodistal, inserindo-se na tíbia; o ligamento cruzado caudal provém da área intercondilar do côndilo medial do fêmur, formando-se caudodistalmente e em ângulo reto ao ligamento cruzado cranial, e se insere atrás da tíbia, junto à incisura poplíteia (DYCE, 2004; KÖNING e LIEBICH, 2011).

Na posição quadrupedal, o cão apoia-se sobre os dedos com os tornozelos inclinados para frente e os joelhos flexionados para trás. A porção superior da tíbia, o platô tibial, se mantém inclinada e os ossos - fêmur e tíbia - nunca se alinham, formando um ângulo caudal na articulação que não passa de, aproximadamente, 150 graus. Desta forma, quando há descarga de peso corporal sobre a articulação do joelho, há uma força de compressão do fêmur sobre o platô tibial fazendo com que a tíbia se movimente cranialmente em relação ao fêmur. Esse deslocamento é limitado pelo ligamento cruzado cranial, assim sendo, tensionado em cada troca de passos.

Além do ligamento cruzado cranial, os meniscos também são importantes na articulação do joelho. Os meniscos lateral e medial são estruturas fibrocartilaginosas localizadas na área de superfície articular do fêmur e da tíbia, presos no platô tibial pelos ligamentos meniscotibiais cranial e caudal (VASSEUR, 1998). Os meniscos amortecem os impactos durante a locomoção e permitem um limitado grau de movimento rotacional, por mais que os os movimentos principais dessa articulação sejam flexão e extensão (BOMBONATO et al.; DYCE et al., 2004; KÖNING e LIEBICH, 2011).

Os ligamentos são os responsáveis pela junção dos ossos, são bandas flexíveis e resistentes de tecido fibroso. Os ligamentos são tecidos conjuntivos densos com orientação regular e compostos, em média, de 70% por fibras de colágeno e o restante

por fibroblastos e substâncias fundamentais (proteínas polissacarídicas, glicoproteínas e água) (EUGÊNIO, 2008).

O ligamento possui diversas funções como impedir movimento cranial anormal, fornecer estabilidade rotacional, impedir a rotação interna excessiva e evitar a hiperextensão da articulação do joelho (CONSTANTINESCU, 2002).

O colágeno é responsável pela força de tensão. Em seu estado de repouso, as fibras de colágeno estão arranjadas em um padrão ondulado, mas quando a tensão é aplicada sobre o ligamento, essas fibras se alinham de modo que o ligamento fique com maior resistência e tenha uma melhor capacidade de elasticidade, suportando as pressões de tensão e tornando-se ideal como modulador do movimento articular (EUGÊNIO, 2008).

As características anatômicas do membro e o conjunto de partes que o compõem em seu perfeito funcionamento é de fundamental importância na modelagem adequada de tal sistema.

2.2 As Impressoras e suas Características

A Sethi3D AiP A3 tem as seguintes características técnicas: possui um módulo de LCD integrado, nivelamento automático, entrada para cartão de memória e conexão com computador através de interface USB. Contém uma grande área de impressão: (220mm x 210mm x 200mm). Trabalha com o filamento de 1,75mm, o bico com saída de 0,4mm, ajusta automaticamente a altura e conta, também, com uma resolução ajustável de 0,05mm a 0,3mm (altura da camada). Materiais compatíveis são: ABS, PLA, Flexível, PETG6.

A GTMax3D é fabricada no Brasil, assim como a Sethi3D, e conta com várias qualidades e tecnologias diferenciadas, dentre elas: um grande volume de impressão, o qual tem uma área de impressão (300mm x 200mm x445mm) e um volume total de 27 litros; possui bico padrão de 0,4 mm; velocidade de impressão de até 180 mm/s, de deslocamento de até 400

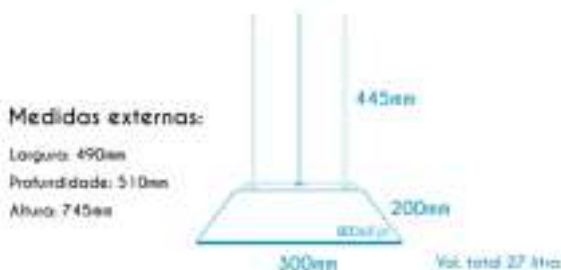
mm/s e aceleração de até 3000 mm/s; precisão e alta resolução de camadas de 0,05 mm à 0,4 mm (50 à 400 microns); e, de acordo com o fabricante, é um dos modelos com maior procura, com uma excelente área de impressão e refinamento nos detalhes⁷.

A cada impressão ela mantém um nivelamento preciso, pois possui um sistema de nivelamento automático e de aquecimento rápido da mesa de impressão. Ao detectar o fim do filamento, a impressão é pausada e a troca do filamento é feita de forma automática reduzindo o trabalho na substituição do material. Tem a maior compatibilidade de filamentos do mercado nacional com mais de 20 tipos, como: ABS, PLA, PETG, Tritan, Fibra de Carbono, ABS Condutivo, Flexível, entre outros. Além disso, o consumo médio de energia é de 250 W/h para 600 W/h em relação às concorrentes do mercado (quase 3 vezes inferior às demais)⁷.

A figura 1 mostra as medidas da parte interna e externa da impressora. A área de impressão é o local onde são feitas as impressões. E as medidas externas são, como o próprio nome diz, as partes da carcaça da impressora⁷.

Figura 1. Área de impressão da GTMax3D.

Área de impressão:



Fonte: www.gtmax3d.com.br.

3 METODOLOGIA DO TRABALHO

Esta é uma pesquisa aplicada com a intenção de gerar conhecimentos para aplicação dirigida aos objetivos específicos. Quanto ao problema, este necessita de uma interpretação, de forma qualitativa, do fenômeno em estudo através da observação, descrição, compreensão e significado.

O desenvolvimento da pesquisa, modelagem e construção do protótipo foi realizado em etapas. Para tanto, foi necessário, iniciar com a pesquisa da literatura referente à área de Medicina Veterinária e sobre a tecnologia de impressão 3D, conforme apresentado na seção da Revisão Bibliográfica. Na sequência a utilização de ferramentas como software de modelagem e

⁶ Sethi3D AiP A3. **A Loja do Universo 3D**, 2022.

Disponível em:

<https://www.loja3d.com.br/impressora-3d-brasileira/>.

⁷ GTMax3D Core H4. **GTMax3D**, 2022.

Disponível em:

<https://www.gtmax3d.com.br/impressora-3d-pro/gtmax3d-core-h4-simplify3d>.

impressão 3D, conforme descritos nas seções a seguir.

3.1 Software de Modelagem 3D

O Maya® é um *software* 3D profissional indicado para a criação de efeitos e personagens realistas. É capaz de criar simulações fisicamente precisas e incrivelmente detalhadas em um único ambiente de programação visual. A escolha do programa foi pelas tecnologias de modelagem poligonal e NURBS que possibilitaram o desenho do protótipo, pois elas oferecem modelos 3D usando geometria com base em vértices, arestas e faces ideais para o propósito do trabalho⁸.

3.2 Filamentos de Impressão

Na Sethi3D, os testes foram feitos com o filamento PLA da cor amarela. Ambas as empresas, tanto a Sethi3D quanto a GTMax3D, fabricam filamentos e, de acordo com esta, o PLA é composto por Ácido Poliláctico, um material biodegradável que não causa danos à saúde nem ao meio ambiente porque é desenvolvido a partir de fontes renováveis⁹.

As principais características estão em realizar grandes impressões que não necessitam de muitos acabamentos após sua criação porque não tem alta resistência a altas temperaturas e impactos por ser derivado da cana-de-açúcar e do amido de milho. Por ser um material fácil de trabalhar e possuir deformação baixa, não precisa de altas temperaturas e, muito menos, de mesa aquecida para realizar a extrusão, portanto, ocorrem menos entupimentos nos bicos. Além disso, não emite gases nocivos ou cheiros fortes⁹.

Na impressão final, foi utilizado o

filamento ABS na cor branca. O ABS tem alta resistência a impactos e à temperatura, por isso, é muito indicado para a impressão de objetos que não necessitam de tanto brilho devido à sua opacidade. Pode-se utilizar lixas e ter um aspecto mais brilhoso com a utilização de acetona por ter uma alta resistência mecânica e fácil acabamento. São muito usados em peças que sofrem grandes impactos¹⁰.

3.3 Processo de Modelagem

O projeto proposto tem a finalidade de que o curso de Medicina Veterinária tenha um modelo de joelho canino para tecer estudos anatômicos e técnicos agregando conhecimentos desse tipo para os alunos. Para isso, foi selecionada uma imagem 3D de um joelho canino que atendia à demanda pedida. Essa imagem possui, além dos ossos, alguns dos principais ligamentos. Tirou-se print do lado frontal, esquerdo, direito e traseiro, conforme apresentado nas figuras 2, 3, 4 e 5.

Figura 2. Lado direito do joelho.



Fonte: www.sketchfab.com.

Figura 3. Lado frontal do joelho



Fonte: www.sketchfab.com

Figura 4. Lado esquerdo do joelho.

⁸ Software Maya. Autodesk, 2022. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/maya/>.

⁹ Filamento PLA. GTMax3D, 2022. Disponível em: <https://impressoras.gtmax3d.com.br/filamento-pla>.

¹⁰ Filamento ABS. GTMax3D, 2022. Disponível em: <https://impressoras.gtmax3d.com.br/filamento-abs>.



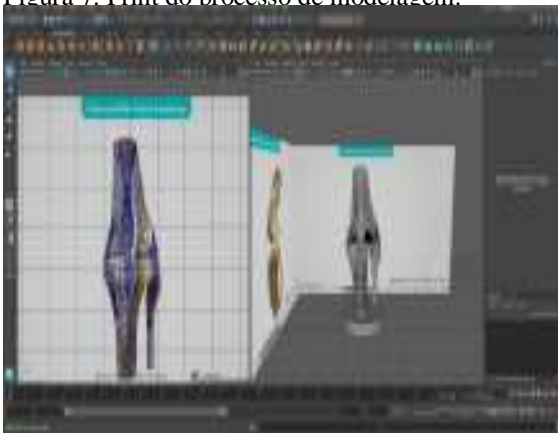
Fonte: www.sketchfab.com

Figura 5. Lado traseiro do joelho.



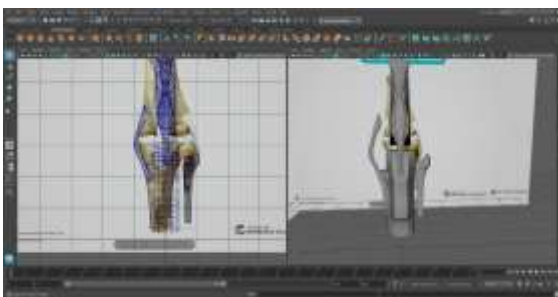
Fonte: www.sketchfab.com

Figura 7. Print do processo de modelagem.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 8. Print do processo de modelagem



Fonte: Arquivo pessoal.

E com o software Maya® foi possível a realização da modelagem do joelho canino. Basicamente, foram inseridas todas essas imagens acima no programa e foi desenhado o modelo por cima delas.

As figuras 6, 7 e 8 mostram algumas das fotos do processo.

Figura 8. Print do processo de modelagem.



Fonte: Arquivo pessoal.

3.4 Processo de Impressão 3D

A fim de não comprometer o processo e sabendo que a regulagem das impressoras custava um certo tempo, à medida que o desenho do modelo foi sendo formado, paralelamente, as impressões foram sendo testadas com o intuito de saber como ficaria o tamanho, textura e resistência do modelo.

No começo, houve mais facilidade no uso da Sethi3D, pois certos problemas foram surgindo, durante o processo, em relação à GTMax3D, responsável pela impressão do produto final. Não sabe-se ao certo o porquê, mas especula-se que os problemas de impressão estavam associados à temperatura do local devido ao ar condicionado, enquanto o material acumulava umidade o que podia causar os nós que foram observados no filamento durante o processo de impressão, o que levava à pausa da mesma.

Outra dificuldade foi em relação à fixação do filamento sobre a mesa de impressão. Apesar da GTMax3D fazer os ajustes automáticos, na Sethi3D alguns ajustes, antes da impressão, eram feitos manualmente. Era necessária a regulagem da altura do bico, pois sem esta correção, a impressão era comprometida podendo ficar espremida ou afrouxada. Ou seja, tinha que ter a altura ideal e bem ajustada para que a impressão pudesse ser feita corretamente.

A regulagem era feita com o auxílio de um papel dobrado ao meio e, então, era pressionado pelo bico até que o papel ficasse suavemente atritado sobre a mesa. E a cada dia que a impressora fosse utilizada, a regulagem tinha de ser feita e sempre davam

ajustes diferentes. As figuras 9, 10 e 11 mostram fotos de uma das peças iniciais obtidas neste processo.

Figura 9. Testes impressos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 10. Testes impressos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 11. Testes impressos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Resolvidos os problemas de regulagem e temperatura e considerando uma maior densidade na produção das peças, o próximo passo é: do protótipo inicial de testes para a produção final.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Finalizada a modelagem no Maya® (Figura 8), foi feita a impressão final (Figuras 12, 13 e 14).

Figura 12. Modelo final.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 13. Modelo final.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 14. Modelo final.



Fonte: Arquivo pessoal.

O modelo fonte escolhido, que corresponde às figuras 2 à 5, possui algumas partes anatômicas importantes, dentre elas: Menisco lateral, menisco medial, ligamento intermeniscal, ligamento patelar, ligamento colateral medial, ligamento cruzado cranial, ligamento cruzado caudal, ligamento colateral lateral, patela, tendão do quadríceps, fêmur, fíbula e tíbia.

As partes mais internas não foram feitas, como os cruzados cranial e caudal, e o ligamento intermeniscal, pois demandaria um conhecimento mais aprimorado das ferramentas do programa Maya e, conseqüentemente, um maior tempo disponível e uma melhor destreza para modelar. Apesar desses impasses, o modelo final atendeu às expectativas.

Como a peça foi impressa de uma única vez, as estruturas ficaram com as mesmas cores e texturas por conta da utilização de um único filamento. Didaticamente, não é interessante, pois cada estrutura do joelho tem as suas particularidades sendo necessário algum tipo de diferenciação entre elas. A ideia, então, seria fabricar peças separadas com filamentos diferentes para que se aproxime cada vez mais de uma textura real da parte desejada correspondente.

Para a confecção da peça, destaca-se a importância dos ajustes. São três parâmetros que devem ser observados: a temperatura, a velocidade e a resolução. A temperatura é o principal detalhe a se verificar porque é ela que deixará o material mais fluido ou mais pastoso. Deve-se achar a temperatura ideal

para que o material seja suficientemente depositado sobre a mesa de impressão sem possuir falhas nele. A temperatura ideal vai variar a depender do filamento que, nesse caso, foi utilizado o ABS e é recomendado que esteja configurada a temperatura do extrusor (bico) por volta de 210° C a 230° C e a da mesa entre 100° C a 130° C. A impressora permite o ajuste da temperatura conforme se deseja, podendo passar um pouco a mais do estipulado pelo fabricante a depender do que a circunstância demandar. Então, optou-se por deixar a temperatura da mesa a 90° C e a temperatura do bico a 200° C.

Junto a isso, é necessário que a velocidade esteja em conformidade com a temperatura, pois a medida que esta aumenta, aumenta-se também a velocidade para melhorar a vazão. A velocidade foi, em média, de 100 m/s e a impressão durou cerca de 6 a 8 horas. Foi feita em uma qualidade de resolução média com cada camada medindo, aproximadamente, 0,15 mm. Quanto mais a camada for fina, melhor a resolução e, portanto, menos ela terá buracos e falhas e permanecerá com o aspecto mais contínuo e liso.

Um fato interessante a se comentar é que finalizada a impressão, ao retirar a peça da mesa de impressão, houve uma ruptura parcial do vidro da mesa de impressão fixando-se na base do protótipo. Além disso, algumas áreas da peça tiveram fissuras pós-processamento, a saber no ligamento patelar e na fíbula.

Ademais, o custo para a fabricação de um modelo desse é mínimo. O quilo do filamento da GTMax3D está em torno de 90 reais e a peça pesa, aproximadamente, 81g. Fazendo os cálculos, uma unidade do joelho canino impresso custa, precisamente, 7 reais e 29 centavos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante disso, este estudo mostra uma nova alternativa a ser explorada. Considerando que o joelho canino é uma das articulações que mais possui alteração, práticas cirúrgicas são bem vindas e podem ser exercitadas. É, também, uma via menos burocrática, pois, dessa forma, se exclui qualquer tipo de contato com cadáveres com substâncias tóxicas como formol ou glicerina e, portanto, não precisando se submeter a comitês de ética esperando o julgamento deste para projetos de pesquisa.

Em relação à parte acadêmica, no geral,

será acrescentada bastante. Fizemos um modelo básico, estático e que servirá de base para, por exemplo, ser: automatizado com circuitos elétricos ou programação; mais refinado em relação às partes tanto das que já foram impressas quanto as que ficaram faltando; um modelo com peças interligadas sendo possível mais flexibilidade e dinamicidade.

Por fim, a peça final tem o seu grau de fidelidade. Contudo, ficou claro que algumas áreas, principalmente, ósseas poderiam estar mais suavizadas e arredondadas. Algumas fossas e relevos ósseos, que estão presentes no modelo fonte, foram a maioria ignoradas faltando, portanto, alguns detalhes. Mas são detalhes que não são tão essenciais e que fariam falta quanto os ligamentos que foram impressos, por exemplo. Esses detalhes, em falta, seriam mais por um aspecto estético do que funcional considerando a proposta do trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6023**: Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10520**: Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14724**: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6022**: Informação e documentação - Artigo em publicação periódica técnica e/ou científica - Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

SANTOS, V. D.; CANDELORO, R. J. **Trabalhos Acadêmicos: Uma orientação para a pesquisa e normas técnicas**. Porto Alegre/RS: AGE Ltda, 2006. 149 p.

VEIGA, Ilma Passos Alencastro (Organização), [et. al.]. **Orientações institucionais para a elaboração de trabalho de conclusão de curso de graduação** – Brasília : UniCEUB, 2018.

A Primeira Impressora 3D do Mundo: conheça a História!. **3dlab**, 2021. Disponível em:

<https://3dlab.com.br/a-primeira-impressora-3d-do-mundo/>. Acesso em: 6 jun. 2022.

Canine Stifle Joint. **Sketchfab**, 2022. Disponível em: <https://sketchfab.com/3d-models/>. Acesso em: 2 abr. 2022.

Filamento ABS. **GTMax3D**, 2022. Disponível em: <https://impressoras.gtmax3d.com.br/filamento-abs>. Acesso em: 4 jun. 2022.

Filamento ABS. **GTMax3D**, 2022. Disponível em: <https://www.gtmax3d.com.br/filamentos/abs-premium/175mm-gtmax3d-branco>. Acesso em: 5 jul. 2022.

Filamento PLA. **GTMax3D**, 2022. Disponível em: <https://impressoras.gtmax3d.com.br/filamento-pla>. Acesso em: 4 jun. 2022.

GTMax3D Core H4. **GTMax3D**, 2022. Disponível em: <https://www.gtmax3d.com.br/impressora-3d-pro/gtmax3d-core-h4-simplify3d>. Acesso em: 28 maio 2022.

Sethi3D AiP A3. **A Loja do Universo 3D**, 2022. Disponível em: <https://www.loja3d.com.br/impressora-3d-brasileira/>. Acesso em: 4 jun. 2022.

Software Maya. **Autodesk**, 2022. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/maya/>. Acesso: 4 jun. 2022.

COSTA, A.A.F et al; AURELIANO F.S et al; LOPES, A.O et al; RODRIGUES, R.A. Manufatura Digital: Prototipagem Rápida com Impressora 3D. **sistemaolimp**, “s.d.”. Disponível: <http://sistemaolimp.org/midias/uploads/.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2022.

FREITAS, C.L et al. Fisioterapia na Reabilitação de Cães com Ruptura de Ligamento Cruzado Cranial Revisão de Literatura. **bdm** . 2014. Disponível: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/10406/1/>. Acesso em: 6 jun. 2022.

PINTO.A.T et al. Ruptura do Ligamento Cruzado Cranial em Cães e a Reabilitação Física Pós-Operatória. **lume** ,2011. Disponível: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/52512/>. Acesso em: 6 jun. 2022.

PORTO, T.M.S et al. Estudos dos Avanços de Tecnologia de Impressão 3D e da sua Aplicação na Construção Civil. **cloudfront**, 2016. Disponível: Acesso em: 6 jun. 2022.

ROCHA, Maria. Impressão 3D e Direito do Autor

Revista Brasileira de Estudos Jurídicos, Montes
Claros, v 12, n. 2, p. 6-13, jul./dez 2017. Disponível
em:

[https://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/29562/1/
29562.pdf](https://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/29562/1/29562.pdf). Acesso em: 3 jul.2022