

MODELAGEM DE BIOMODELOS COM SOFTWARES LIVRES.

Congresso Brasileiro De Manufatura Aditiva, 1ª edição, de 30/11/2020 a 01/12/2020
ISBN dos Anais: 978-65-86861-62-4

SANTOS.; Bianca Cristina dos ¹, **NUNES.;** Amanda Amorin ², **MAIA.;** Izaque Alves ³, **SILVA;** Jorge Vicente Lopes da ⁴

RESUMO

Resumo

O objetivo deste trabalho é a redução de custos de cirurgias complexas para o Sistema Único de Saúde (SUS) por meio da produção de biomodelos físicos gerados por manufatura aditiva (MA), a partir de biomodelos virtuais. Para tanto, foram analisadas as ferramentas de modelagem dos softwares livres Meshmixer e Blender, visando substituição do software comercial Magics® na produção dos biomodelos virtuais, que são os dados utilizados pelos equipamentos de MA para confecção dos correspondentes físicos. As análises foram realizadas em dois diferentes modelos, obtidos por reconstrução, segmentação e conversão de formato por meio do software InVesalius, desenvolvido no CTI. O primeiro biomodelo decorre de um caso médico na região bucomaxilofacial em que foram tratados separadamente a mandíbula e a maxila. O segundo biomodelo pertence à região da calota craniana e foi aplicado à cirurgia de cranioplastia. As ferramentas dos softwares analisados foram o de correção de erros, cortes e suavização das estruturas. Os testes foram validados pela ausência de notificações de erro ao rodar os biomodelos no Magics® que foi utilizado como o software de referência. Os resultados promissores obtidos significam diminuição de custos para cirurgias complexas para o SUS com a utilização de softwares livres de modelagem anatômica 3D.

Palavras-chave: Softwares livres; Manufatura aditiva; Biomodelagem.

Abstract: The objective of the present work is to reduce costs of complex surgeries of the Brazilian National Health System (SUS) by producing physical biomodels that are made by additive manufacturing (AM). In being so, the modelling tools of the free software Meshmixer and Blender were analyzed, aiming to replace the commercial software Magics® in the production of virtual biomodels that are the digital data used by MA equipment to generate the correspondent physical biomodels. The analyzes were performed on two different virtual biomodels obtained by reconstruction, segmentation and format conversion using the InVesalius software, developed at CTI. The first biomodel belongs to the maxillofacial region in which the mandible and maxilla were treated separately. The second biomodel consists of the skullcap region and was applied to cranioplasty surgery. The tools of the analyzed software were the correction of errors, cuts and smoothing of the structures. The tests were validated by the absence of error notifications when

¹ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., bcsantos@cti.gov.br

² Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., amanda.nunes@cti.gov.br

³ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., izaque.maia@cti.gov.br

⁴ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., jorge.silva@cti.gov.br

running both biomodels on Magics® that was used as the reference software. The promising results obtained mean reduction in costs for complex surgeries for SUS by using free software for 3D anatomical modelling.

Keywords: Free softwares; Additive manufacturing; Biomodelling.

1. Introdução

A tecnologia de manufatura aditiva (MA), também chamada de impressão tridimensional (3D), surgiu em meados de 1980 e consiste essencialmente na geração de um modelo físico, baseado na deposição sucessiva de material. Essa deposição é controlada por computador e reproduz a geometria de um correspondente modelo digital.

Ao longo dos anos, essas técnicas de manufatura aditiva vêm sendo aprimoradas e diversificadas em termos de software, hardware e materiais (plásticos, metais, cerâmicas) culminando no aumento de abrangência das aplicações [1]. A MA, já no início de seu desenvolvimento, passou a ser aplicada na saúde, auxiliando na confecção de utensílios médicos, bem como na impressão de próteses e moldes, que colaboram durante o planejamento cirúrgico. Esses dispositivos têm contribuído para reduzir o custo e tempo das cirurgias com concomitante redução de riscos de infecções. O Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer de Campinas, dentro do programa ProMED (Programa de Aplicações de Tecnologias Tridimensionais para Medicina/Saúde), atua no desenvolvimento desses aparatos desde o ano 2000, em parceria com os hospitais públicos.

No escopo do ProMED, dentre as regiões anatômicas mais solicitadas, para o planejamento cirúrgico com MA, destacam-se a região bucomaxilofacial (Maxila e Mandíbula) e a superfície craniana. A calota craniana apresenta como função principal a proteção do cérebro, e pode ser lesada através de doenças, como neoplasias, e traumas como quedas e acidentes automobilísticos, requerendo sua reconstrução, por meio da confecção e utilização de próteses.

Atualmente, as regiões anatômicas dessas próteses são elaboradas pelo Sistema Único de Saúde (SUS), de forma artesanal, ou seja, dependendo da habilidade manual do cirurgião [2]. Além disso, a prótese é confeccionada diretamente sobre a região lesada, oferecendo elevados riscos para os pacientes. A utilização de moldes construídos por MA resulta em maiores compatibilidades anatômicas, e conseqüentemente, na minimização/eliminação dessas ameaças.

O processo de confecção dessas próteses inicia-se com a utilização de softwares de imagens médicas para a segmentação e modelagem das estruturas anatômicas digitais, a partir dos exames de Tomografia Computadorizada (TC) e/ou Ressonância Magnética (RM). Esses exames são encaminhados no formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) onde, além dos voxels, contêm informações complementares como o nome do paciente, informações de equipamentos e posição da imagem em relação a alguma referência, sendo expresso em diversas figuras bidimensionais que são “cortes” digitais do corpo/região em estudo [3]. A reconstrução é feita por meio do empilhamento dessas imagens 2D, para formação de um volume digital, utilizando o software livre InVesalius, desenvolvido no CTI. A partir dessa etapa, o modelo fica pronto para ser utilizado em outros softwares de modelagem, podendo estes ser livres ou pagos. Os softwares livres vêm sendo empregados com maior frequência, devido ao fato de apresentarem ferramentas adequadas, e não manifestar custos de licenças [4].

O objetivo deste trabalho é avaliar a possibilidade de utilização dos softwares livres InVesalius, Meshmixer e Blender, para confecção de biomodelos da região da Maxila/Mandíbula e de Calota Craniana, que são as mais atendidas e solicitadas no escopo do ProMED.

2. Metodologia.

¹ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., bcsantos@cti.gov.br

² Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., amanda.nunes@cti.gov.br

³ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., izaque.maia@cti.gov.br

⁴ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., jorge.silva@cti.gov.br

A metodologia atual utilizada no ProMED para a construção dos biomodelos ou próteses tem início com o envio, pelos cirurgiões, das imagens médicas dos pacientes para a equipe de modelagem. Posteriormente essas imagens passam por um processo de reconstrução tridimensional no software livre InVesalius e são exportados em formato STL (*Stereolithography*), sendo este uma categoria de arquivo que transforma o modelo 3D em uma malha de triângulos, compatível com outros programas de modelagem.

Em seguida, utiliza-se o software comercial Materialise Magics® para desenvolvimento computacional dos modelos digitais que servirão de base de dados para construção dos respectivos modelos físicos com MA a serem enviados para os cirurgiões solicitantes.

Como o objetivo deste estudo é avaliar a possibilidade de utilização de softwares livres para confecção dos modelos, o Magics® foi substituído pelos softwares Meshmixer e Blender no planejamento cirúrgico digital da maxila/mandíbula e calota craniana, respectivamente. As características gerais desses softwares são apresentadas a seguir:

a) InVesalius.

O InVesalius é um software livre desenvolvido e atualizado por profissionais do CTI desde 2001, e surgiu com o objetivo de evitar gastos elevados com softwares de imagens médicas pelo poder público [3]. Sua licença pertence a GNU (*General Public License*), sendo utilizado o *Python* como linguagem de programação. O InVesalius permite a criação de um volume total (representando a estrutura, através da união de todas as fatias), e, posteriormente, o usuário pode exportar esse volume no formato STL (ou outro disponível) compatível com outros softwares de edição, ou, adicionalmente para os softwares de controle dos equipamentos de MA. O download pode ser realizado no site do CTI.

b) Meshmixer.

De acordo com o site oficial do software Meshmixer, este é uma ferramenta de modelagem de arquivos de imagem no formato STL, ou seja, através de malhas triangulares. Ele permite a suavização da estrutura, desarticulação das partes, cortes e correção do modelo final. Trata-se de um software proprietário da *Autodesk*, sendo essa empresa a responsável pelas atualizações. Após todas as edições das imagens, o software permite exportar o modelo em um formato compatível com os diversos equipamentos de MA.

c) Blender.

O Blender é um software desenvolvido pela "*Blender Foundation*" que tem como objetivo a coordenação e facilitação de projetos abertos relacionados a filmes, jogos ou efeitos visuais em 3D. Foi lançado pela primeira vez em 2 de janeiro de 1994 e as linguagens de programação são C, C++ e *Python*. O software está disponível sob a GNU (*General Public License*) e possui partes comerciais sob a "*Python Software Foundation License*". Apresenta recursos para a criação de animações, renderizações, sombreamento, composição e criação de jogos em tempo real, modelagem, texturização e edição de vídeo. O Blender é muito utilizado em arquitetura, design industrial, engenharia e artes. Entretanto, não se encontram muitos relatos na literatura sobre sua utilização para o setor da saúde, em especial, na modelagem de estruturas anatômicas. Dessa forma, dado fato de que ele é gratuito e amplamente utilizado, foi escolhido para ser aqui estudado no setor da saúde como uma alternativa econômica para o Magics® na modelagem dos biomodelos cranianos.

2.1. Etapas do processo de biomodelagem realizado por intermédio dos softwares livres.

O início do processo em ambas as regiões anatômicas estudadas, se estabeleceu com a segmentação dos exames de TC e RM pelo InVesalius, através de ferramentas que permitem a limpeza de ruídos, sendo esses os aspectos granulados que se apresentam nas imagens médicas por diversos fatores, sendo o principal deles a baixa quantidade de energia utilizada nos exames. [5]. Adicionalmente, o InVesalius é aplicado para a separação de estruturas após a criação da

¹ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., bcsantos@cti.gov.br

² Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., amanda.nunes@cti.gov.br

³ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., izaque.maia@cti.gov.br

⁴ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., jorge.silva@cti.gov.br

superfície, como ocorre nos casos de maxila e mandíbula. Essa separação, é por muitas vezes uma importante etapa de simplificação da modelagem, pois em alguns casos, somente uma das estruturas é solicitada. Por fim, o InVesalius permite a criação de um volume final, que será exportado para as demais etapas a serem realizadas em outros softwares de modelagem. Tanto a maxila/mandíbula quanto a calota craniana, foram modeladas com o InVesalius. As respectivas modelagens nos softwares Meshmixer e Blender são apresentadas a seguir.

a) Maxila/Mandíbula.

Após a exportação do volume STL pelo InVesalius, foi realizado a importação do modelo no Meshmixer. Este software livre foi utilizado com o objetivo de desarticular, corrigir e suavizar o modelo, permitindo o corte de regiões que não são necessárias para impressão 3D, auxiliando na redução de custos, e garantindo uma melhor qualidade de impressão, através de ferramentas básicas, que não demandam muito conhecimento acerca de modelagens em geral.

Quando ambas as regiões anatômicas são solicitadas, o Meshmixer auxilia ainda, na reconstrução de regiões como o côndilo (união entre Maxila/Mandíbula), permitindo o fechamento de buracos e correções na malha que muitas vezes se fazem necessários. Além disso, proporciona ao modelador observar e detectar erros no modelo final, auxiliando nas correções adequadas. Por fim, a estrutura final pode ser exportada em STL, ou outro formato de arquivo compatível com os equipamentos da MA. As etapas de modelagem podem ser visualizadas na Figura 1.



Figura 1. Etapas de modelagem da região bucomaxilofacial pelo Meshmixer (desenvolvido pelo autor).

b) Calota Craniana.

As ferramentas de edição do Blender foram divididas em três partes: Introdução, Modelagem e Finalização. A introdução aborda principalmente o posicionamento adequado do modelo na plataforma do software, possibilitando a eficiência das demais etapas. O próximo passo é a duplicação do modelo completo, e o espelhamento através da ferramenta *"Mirror"*. A etapa de modelagem é realizada a partir da criação de um novo objeto na tela, através do atalho *"Shift + A"*, que determina diversos itens pré-modelados pelo software para serem utilizados automaticamente. No caso deste trabalho, o objeto utilizado foi um cubo, pois a edição do mesmo é mais simples e eficaz na modelagem de lesões cranianas, fato este determinado após a análise dos demais objetos disponíveis do software. Após a criação desse volume, são utilizadas ferramentas básicas de movimentação, rotação, escalonamento, bem como a criação de novos vértices para posicionamento do objeto no local da lesão. A seguir, foram aplicados os modificadores de *"Booleana"*, e com isso, algumas regiões podem ficar ressaltadas/elevadas, demandando, assim, a utilização do pincel *"proportional"*, que permite rebaixar essas regiões, deixando-as adequadas para aplicação das ferramentas do último grupo. As ferramentas de

¹ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., bcsantos@cti.gov.br

² Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., amanda.nunes@cti.gov.br

³ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., izaque.maia@cti.gov.br

⁴ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., jorge.silva@cti.gov.br

Finalização servem para correção no modelo final, permitindo a definição de uma borda o mais próximo possível de quatro milímetros (valor utilizado dentro do Magis®), através do escalonamento da região interna da casca que foi criada. A Figura 2 representa o fluxograma das etapas de modelagem que foram realizadas para região da calota craniana.

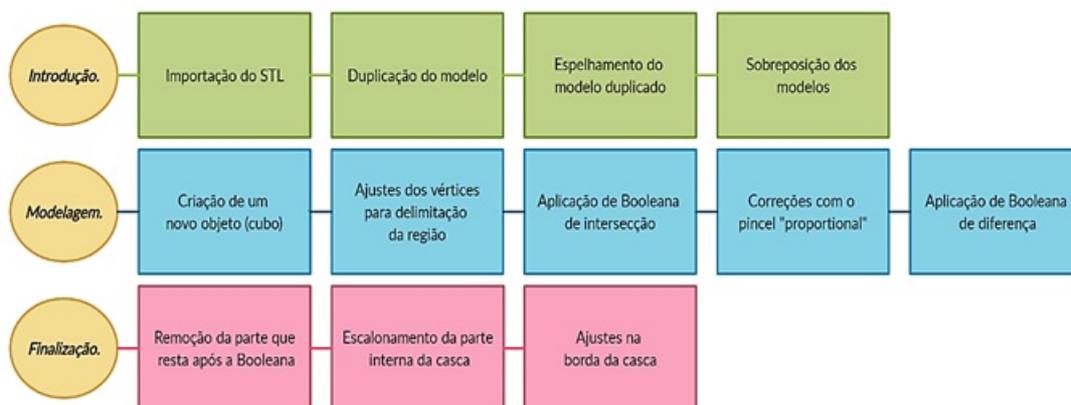


Figura 2. Etapas de modelagem da região da calota craniana pelo software Blender (desenvolvido pelo autor).

Uma vez modelada a prótese, o próximo passo no protocolo ProMED é a modelagem digital do respectivo molde cujo arquivo é transferido para um equipamento de MA para reproduzir o molde físico. Neste trabalho, a modelagem desse molde não foi objeto desse estudo.

3. Resultados e Discussão.

Após a etapa de confecção em ambas as regiões anatômicas estudadas, os biomodelos foram testados computacionalmente no software comercial Magics®, que é utilizado como referência para avaliação dos outros softwares de modelagem. Neste teste, não houve o apontamento de falhas na malha e nem no modelo como um todo, garantindo uma qualidade final adequada. Sendo assim, a modelagem através de ambos os softwares livres se mostrou eficaz para as duas regiões anatômicas analisadas. A Figura 3. representa o resultado da modelagem da região bucomaxilofacial pelo software Meshmixer, enquanto a Figura 4. demonstra o modelo final produzido pelo Blender, da calota craniana

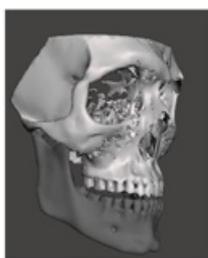


Figura 3. Região bucomaxilofacial modelado pelo software Meshmixer (Imagem do autor).

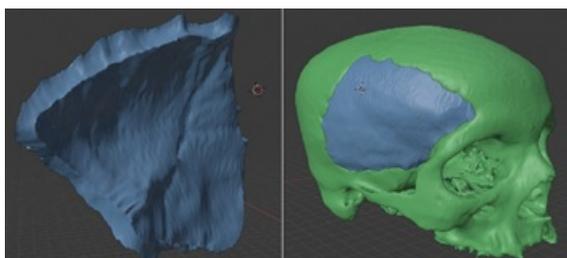


Figura 4. Modelagem da região da calota craniana pelo software Blender (imagem do autor).

¹ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., bcsantos@cti.gov.br

² Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., amanda.nunes@cti.gov.br

³ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., izaque.maia@cti.gov.br

⁴ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., jorge.silva@cti.gov.br

As principais dificuldades encontradas foram divergentes para cada software. O Meshmixer, apesar de conter ferramentas de simples entendimento, apresenta como desvantagem na utilização de modelos anatômicos, a capacidade operacional do próprio programa, que por se tratar de modelos complexos gerava, em alguns momentos, falhas e travamentos do software. O Blender, por sua vez, apresentou como principal problema a grande quantidade de atalhos disponíveis no software, sendo que muitas vezes, o tempo de modelagem aumentou, devido ao processo de aprendizagem no uso dessas ferramentas. Além disso, a busca por referências bibliográficas de metodologias relacionadas à aplicação do Blender em casos cirúrgicos é escassa, não possibilitando a realização de comparações com outros trabalhos.

O tempo de modelagem foi variável em ambos os casos, dependendo principalmente da complexidade do modelo trabalhado, bem como da experiência com as ferramentas de cada software.

A principal vantagem da utilização do conjunto de softwares livres - InVesalius, Meshmixer e Blender, foi a possibilidade de se trabalhar com modelos biológicos sem a necessidade de realizar grandes gastos com a compra de licenças de softwares. Além disso, o estudo mostrou qualidade dos modelos digitais obtidos, evidenciando o aperfeiçoamento contínuo dos softwares livres e, conseqüentemente a ampliação de suas aplicações para a área de cirurgias complexas. Este é um resultado muito importante para o SUS na medida em que poupa recursos sem perda de qualidade no planejamento cirúrgico complexo.

4. Conclusões.

Os biomodelos digitais de maxila/mandíbula e calota craniana obtidos com os softwares livres Meshmixer e Blender, respectivamente, apresentaram qualidade comparável com os seus correspondentes gerados pelo Magics®, viabilizando a redução de custos, sem perda de qualidade no planejamento cirúrgico.

5. Agradecimentos.

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica, e também pelo comprometimento do orientador e coorientadora em auxiliar no desenvolvimento do projeto, assim como todos os meus colegas de equipe. Agradeço à comissão do I Congresso Brasileiro de Manufatura Aditiva pela oportunidade que foi concebida.

6. Referências Bibliográficas.

[1] CAVALLARI, Silvio José; STAFOCHI, Isabella; SILVA, Thiago Augusto. A evolução dos serviços de saúde com o desenvolvimento da manufatura aditiva/The evolutions of health services with the development of additive manufacturing. 19° Congresso Nacional de Iniciação Científica - CONIC SEMESP (2019).

[2] WEIGERT, Mateus Collares et al. Método de desenvolvimento de órtese personalizada de baixo custo para a manufatura aditiva. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

[3] AMORIM, Paulo HJ et al. InVesalius: Software livre de imagens médicas. Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer-CTI, campinas/SP-2011-CSBC2011, 2011.

[4] GREBER FILHO, Elizeu et al. Desenvolvimento e fabricação de moldes flexíveis (TPU) de baixo custo por manufatura aditiva para produção de próteses cranianas de PMMA. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

[5] SANTOS, Karina Cecília Panelli; COSTA, Cláudio; OLIVEIRA, Jefferson Xavier de. Tomografia computadorizada. In: *Imaginologia* [S.l.: s.n.], p. 316, 2014.

¹ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., bcsantos@cti.gov.br

² Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., amanda.nunes@cti.gov.br

³ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., izaque.maia@cti.gov.br

⁴ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer, jorge.silva@cti.gov.br

PALAVRAS-CHAVE: Softwares livres, Manufatura aditiva, Biomodelagem.

¹ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., bcsantos@cti.gov.br
² Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., amanda.nunes@cti.gov.br
³ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., izaque.maia@cti.gov.br
⁴ Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer., jorge.silva@cti.gov.br