

MODELO ANATÔMICO FEITO POR MANUFATURA ADITIVA PARA AUXÍLIO PRÉ E TRANS-OPERATÓRIO

Wesley Vinícius Domingues

Helga Holzmänn

Debora Michalowski Urdich

Ana Paula Reinert

Sérgio Fernando Lajarin

Universidade Federal do Paraná, DEMEC, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210 CEP 81531-990, Curitiba/PR.

wesley.vinicius.domingues@gmail.com, helga.holzmänn@ufpr.br, debora.michalowski@ufpr.br, anareinert@ufpr.br,

espanhol@ufpr.br

Resumo. A manufatura aditiva tem aplicações em diversas áreas, não sendo restrita apenas à indústria. Devido às suas diversas facilidades, como a capacidade de produzir geometrias complexas, de maneira mais simples e econômica, a impressão 3D vem ganhando espaço na área da saúde. A tecnologia permite a fabricação de modelos anatômicos reais, que dão suporte e consistência ao planejamento cirúrgico, e também a fabricação de órteses e implantes de baixo custo. Diante disso, com o intuito de facilitar o planejamento cirúrgico e avaliar possíveis riscos a uma paciente com quadro grave de escoliose, foi fabricado um modelo anatômico de coluna impresso em 3D. Esse modelo foi desenvolvido a partir das imagens 2D obtidas pela tomografia computadorizada, que foram trabalhadas em softwares adequados, reconstruindo as imagens e obtendo uma geometria 3D e um arquivo adequado para impressão. Com isso, obteve-se um modelo físico da coluna da paciente, que foi entregue à equipe médica para que a intervenção cirúrgica fosse feita da forma mais resolutiva e menos agressiva possível. Assim, reduziu-se o tempo de cirurgia, já que o modelo em mãos possibilitou prever e planejar quais procedimentos deveriam ser feitos com mais exatidão, e permitiu-se uma recuperação mais assertiva à paciente.

Palavras chave: Manufatura Aditiva. Impressão 3D. Modelo anatômico 3D. Ortopedia. DICOM.

1. INTRODUÇÃO

A Manufatura Aditiva (AM, do inglês Additive Manufacturing) é a maior novidade na área da manufatura nas últimas três décadas (Thompson et al., 2016, Sossou et al., 2018). Ela tem como diferencial o método de fabricar por meio da adição sucessiva de material na forma de camadas, com informações obtidas diretamente de uma representação geométrica computacional 3D do componente (Volpato, 2017). Muitos são os princípios de adição e também as tecnologias existentes. Atualmente, a ISO/ASTM 52900:2015 divide a AM em sete grupos, baseado no princípio de adição de camada. Existem princípios e tecnologias que ainda são restritas a grandes corporações e centros de pesquisa, mas também existem aquelas, que por sua simplicidade de funcionamento, custo de máquina e matéria-prima, popularizaram-se e estão democratizando o processo, como por exemplo, o princípio de extrusão de material.

A AM oferece ainda muitas vantagens quando comparada aos processos de fabricação tradicional, que incluem a capacidade de fabricar objetos com geometrias complexas, fabricar com economia lotes pequenos de produtos personalizados, menor desperdício de material e pouco espaço requerido (Berman, 2012). Em virtude de seu enorme potencial, a tecnologia de AM está ganhando espaço em diferentes setores, tais como: aeroespacial, automotivo, joias, decoração, arquitetura, médica, entre outras.

Na área médica as primeiras aplicações foram em próteses personalizadas relatadas no início deste século (Curodeau et al., 2000, Hong et al., 2001, Melican et al., 2001, e Rowe et al., 2000). À medida que a tecnologia evoluía e popularizava-se, as aplicações foram ampliadas para modelos anatômicos que ajudassem no planejamento pré-operatório (Sodian et al., 2008 e Bruyère et al., 2008), órteses (Jin et al., 2015, Lajarin et al., 2020), dispositivos médicos (Zhang; Jung, 2018), implantes (Martorelli et al., 2016) e até mesmo a chamada bioimpressão 3D, que vem abrindo portas para produção de órgãos e tecidos (Zhang et al., 2019). No caso de modelos anatômicos em 3D para o planejamento pré-operatório, o benefício pode ser alcançado na redução do tempo cirúrgico, com a prévia definição de procedimentos e estratégias cirúrgicas, e também na redução do risco de erros médicos, tendo em vista que muitas vezes o modelo pode ser utilizado para testar diferentes técnicas que serão aplicadas na cirurgia. Essa aplicação tem um potencial muito grande, pois pode ser utilizada para as mais diversas cirurgias médico/odontológicas, tendo em vista sua capacidade de reproduzir diferentes formas e estruturas com facilidade, além de ser uma tecnologia de baixo custo e com acessibilidade de produção, pois materiais baratos e impressoras de bancada de extrusão de material podem ser usadas.

Modelos anatômicos podem ser utilizados para planejamento pré e trans cirúrgico e também para fins didáticos e treinamento de profissionais da área da saúde. Na figura 1 podem ser vistos modelos anatômicos comerciais, genéricos

para fins didáticos e também um exemplo de modelo de mandíbula fabricado por AM e utilizado para planejamento cirúrgico. Modelos anatômicos para fins didáticos se tornam uma alternativa interessante diante das dificuldades em conseguir material de cadáveres nos cursos da área da saúde. Certos ossos e órgãos são muito sensíveis e difíceis de serem retirados para estudo, limitando o aprendizado apenas ao uso de imagens (Matozinhos et. al., 2017). A fabricação desses modelos físicos permite ao estudante uma melhor visualização e entendimento das partes, já que as peças podem ser manipuladas diversas vezes e tem uma vida útil muito maior. Aplicações de modelos anatômicos têm se tornado cada vez mais frequentes na área odontológica, principalmente nas áreas de implantodontia e cirurgias bucomaxilofaciais. Por meio da AM é possível fabricar biomodelos dentários, guias cirúrgicas para implantes (Menezes, 2008) e também protótipos para planejamento cirúrgico, como ilustrado na Fig. 1a (Safira et al., 2010). Além de possibilitar maior precisão cirúrgica, esse planejamento com os biomodelos apresenta outras vantagens, como a redução de riscos e do tempo de operação e a melhora na comunicação com os pacientes, visto que há uma visualização completa da situação (Cunningham Jr., Madsen e Peterson, 2005).

Muitas pesquisas sobre as aplicações de modelos anatômicos fabricados por manufatura aditiva ainda estão sendo desenvolvidas, sendo um assunto de estudo muito atual na medicina. Haleem, Javaid e Saxena (2018) relatam o uso de modelos anatômicos em cirurgias cardíacas onde a utilização de biomodelos pode ser ainda mais vantajosa, tendo em vista a complexidade e alta precisão necessária para a realização das cirurgias. Segundo os autores a AM facilita a comunicação entre médico e paciente, visto que com o modelo impresso do coração em mãos, pode-se dar uma explicação mais simples e lúdica de como será a abordagem cirúrgica, fornecendo todas as informações necessárias ao paciente. Steck *et al.*, 2007 apresentam o uso de modelos anatômicos em cirurgias complexas de treze pacientes com câncer da região de cabeça e pescoço. Essa região, geralmente, é muito invasiva e em todos os casos, o molde permitiu um planejamento acurado da cirurgia, muitas vezes permitindo fazer uma pré-moldagem de próteses de titânio, programação da reconstrução com microcirurgia, simulação do ato operatório e isso levou a uma otimização e diminuição do tempo esperado da cirurgia.

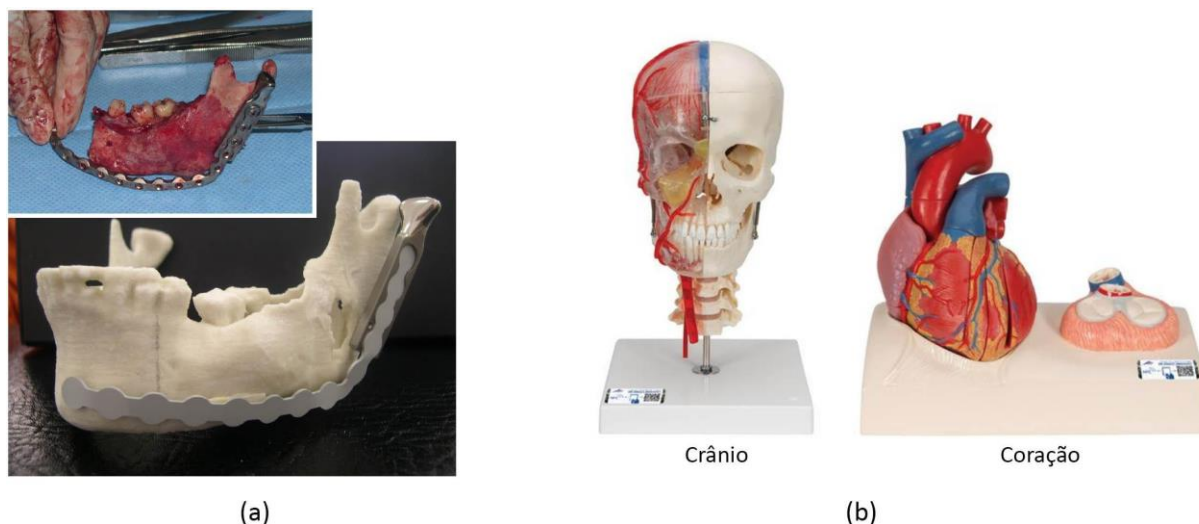


Figura 1. Modelos anatômicos, em (a) modelo impresso de mandíbula usado em planejamento cirúrgico (Fonte: Adaptado de Safira et al., 2010), em (b) Modelo didático comercial (Fonte: 3B Scientific, 2021).

Diante das diversas aplicações possíveis e capacidades únicas da AM, o objetivo deste trabalho é descrever um procedimento para fabricação por AM de um modelo anatômico de coluna de uma paciente com quadro grave de escoliose. A escoliose é um desvio da coluna vertebral caracterizado por uma curvatura lateral da coluna para um dos lados do tronco, causada pela rotação das vértebras (Varela, 2017). Pode-se classificar a escoliose como estrutural ou funcional. A estrutural muitas vezes é irreversível, por outro lado, na funcional a curvatura é uma manifestação secundária para compensar desajustes causados por outras partes do corpo. Quando o desvio é maior que 50° para crianças, é recomendado cirurgia para corrigir a curva e evitar a sua progressão. O procedimento consiste basicamente em realinhar e unir as vértebras que fazem parte da escoliose. Quanto o caso está associado a outros agravantes, como má formação de corpos ósseos e compressão medular, a cirurgia torna-se complexa e exige muito planejamento e perícia médica.

2. DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho trata de um caso de estudo onde a AM foi empregada na fabricação de um modelo anatômico sacro-lombar para planejamento pré e trans cirúrgico em uma paciente de quinze anos com quadro de escoliose acentuada e má formação de corpos vertebrais. O procedimento empregado envolve etapas que vão desde a aquisição dos dados médicos da paciente até a cirurgia. Todas as etapas são mostradas na Fig. 2 e detalhadas a seguir.

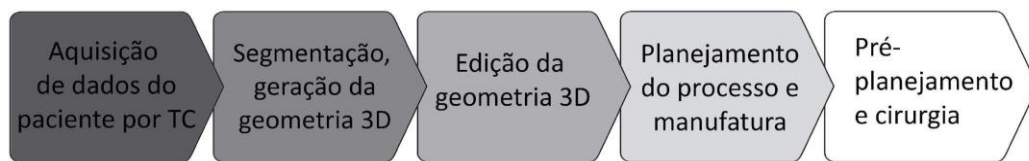


Figura 2. Fluxo das etapas de fabricação de modelo anatômico 3D para pré-planejamento cirúrgico.

2.1. Aquisição de dados do paciente por TC

Os dados obtidos por Tomografia Computadorizada (TC) são mais adequados para modelar estruturas ósseas, enquanto que os dados de Ressonância Magnética (RM) são mais adequados para modelagem de tecidos moles. A TC adquire a anatomia da região óssea do paciente por meio de diversas seções bidimensionais (2D) igualmente distanciadas entre si. Essa distância entre seções é controlada no momento da digitalização. Bibb e Winder (2010) estudaram parâmetros de reconstrução 3D de geometrias a partir de TC e afirmam que fatias menores garantem melhor definição da anatomia, mas por outro lado isso aumenta a dose de radiação no paciente. Eles afirmam que fatias de 2 mm de espessura podem ser adequadas para estruturas maiores, como ossos longos ou pelve. O uso de uma espessura de fatia maior que 2 mm resultará na perda de dados e em um artefato escalonado e, portanto, não é recomendado para posterior reprodução por AM. Nesse caso de estudo, foi investigada a região sacro e lombar da paciente, com seções distanciadas 0,625mm o que resultou em 457 seções que foram salvas na extensão DICOM (do inglês Digital Imaging and Communications in Medicine).

2.2. Segmentação e geração da geometria 3D

As imagens 2D segmentadas DICOM, oriundas da TC, foram exportadas para o aplicativo Open Source InVesalius 3.1. Esse sistema de processamento de dados médicos (MIP, do inglês Medical Image Processing) faz a separação da estrutura óssea e dos tecidos moles por meio de técnicas de limiarização (threshold), vetorização e reconstrução. Eles possuem uma variedade de ferramentas manuais e automáticas para manipular imagens DICOM. Neste trabalho, foi usada a configuração padrão de limiarização para osso isolando esses corpos dos outros tecidos, ver Fig. 3. A partir das 457 seções da região óssea, foi criada uma superfície com a geometria 3D e posteriormente salva na extensão STL (do inglês Stereolithography).

2.3. Planejamento virtual

As geometrias 3D em STL geradas a partir de imagens DICOM no sistema MIP, geralmente, precisam ser editadas e tratadas antes da fabricação em 3D. Neste caso, a geometria apresentou “ruídos” que são regiões desconectadas, incompletas, resultantes do processo de limiarização. Além disso, a geometria digitalizada pela TC abrangeu uma região óssea que vai da pube até a vértebra torácicas T12 (Fig. 3), e foi necessário eliminar parte da geometria, limitando-se apenas a região de interesse que foi separada em três partes para a fabricação, são elas: íliaco direito, íliaco esquerdo e região sacro-lombar. Nessa etapa de preparação da geometria 3D foi usado o software Open Source MeshMixer. O arquivo STL inicial tinha tamanho de 126 MB e era formado por uma malha de 2.590.622 triângulos. Os ruídos foram excluídos, a geometria foi cortada e posicionada no centro do volume de impressão. Foram feitos alguns reparos manuais na superfície e também um reparo automático de pequenas aberturas na malha (função Auto Repair all). Para facilitar a manipulação da geometria 3D a quantidade de triângulos da malha STL foi reduzida em 50%, resultando, após toda a edição, em um arquivo com 8 MB e malha de 173.733 triângulos. Para a montagem das três partes formando o modelo anatômico desejado foram modelados pequenos encaixes macho/fêmea de seção quadrada.

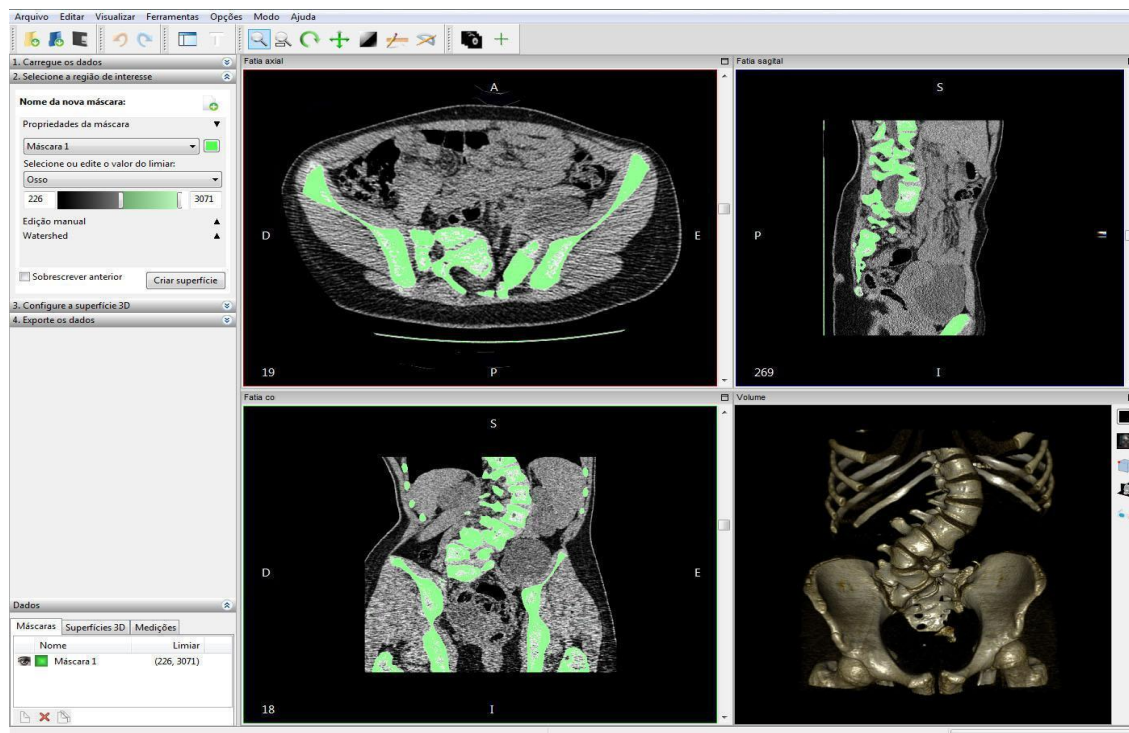


Figura 3. Ambiente do aplicativo InVesalius que faz geração da geometria 3D a partir das imagens seccionais DICOM.

2.4. Planejamento do processo e manufatura do modelo 3D

Foi escolhido o processo de AM de baixo custo que tem como princípio a extrusão de material na forma de filamento. O material utilizado foi o ABS, por reunir boas propriedades mecânicas e facilidade de pós processamento, na cor natural para assemelhar a osso. Foi utilizada uma impressora 3D da Creality, modelo Ender 3 com volume de impressão de 200 x 200 x 250 mm (comprimento, largura e altura, respectivamente), com plataforma aquecida e de estrutura aberta. Devido à grande contração do material ABS em ambientes com gradiente térmico foi adaptada uma câmara em torno da plataforma de impressão de forma a garantir um ambiente aquecido e favorecer a fixação das peças na plataforma e evitar o deslocamento das camadas. Além disso, foi aplicado na plataforma de impressão spray fixador de cabelo.

Devido à complexidade da geometria óssea, o modelo foi fabricado em três partes separadas e coladas posteriormente com cianoacrilato, são elas: Íliaco esquerdo, íliaco direito e região sacro-lombar. O planejamento para AM de cada parte foi realizado no software Simplify 3D. As partes foram orientadas na plataforma de impressão de forma a necessitarem de menos estruturas de suporte. Os parâmetros de processo utilizados são listados na tabela 1, e as orientações são mostradas na Fig. 4.

Tabela 1. Parâmetros de processo utilizados na impressão das peças.

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
Altura da camada	0,2 mm	Altura da primeira camada	130%
Temperatura de impressão	235°C	Largura da primeira camada	130%
Temperatura da plataforma	110°C	Temperatura da primeira camada	240°C
Velocidade de extrusão na 1ª camada	25 mm/s	Direção de impressão de contornos	Dentro p/ fora
Velocidade de extrusão dos contornos	40 mm/s	Padrão de preenchimento	Linear cruzado
Velocidade de extrusão do preenchimento	42 mm/s	Distância de retração	1 mm
Velocidade de extrusão dos suportes	42 mm/s	Velocidade de retração	30 mm/s
Número de colunas sólidas na parede	3	Sobreposição nas paredes (overlap)	40%
Número de camadas sólidas no piso	4	Propriedade de Brim*	
Número de camadas sólidas no teto	4	Número de camadas	15
% de preenchimento	15%	% de preenchimento	100%

* *Brim* = é uma borda adicional inserida na primeira camada com o objetivo de aumentar a aderência com a plataforma.

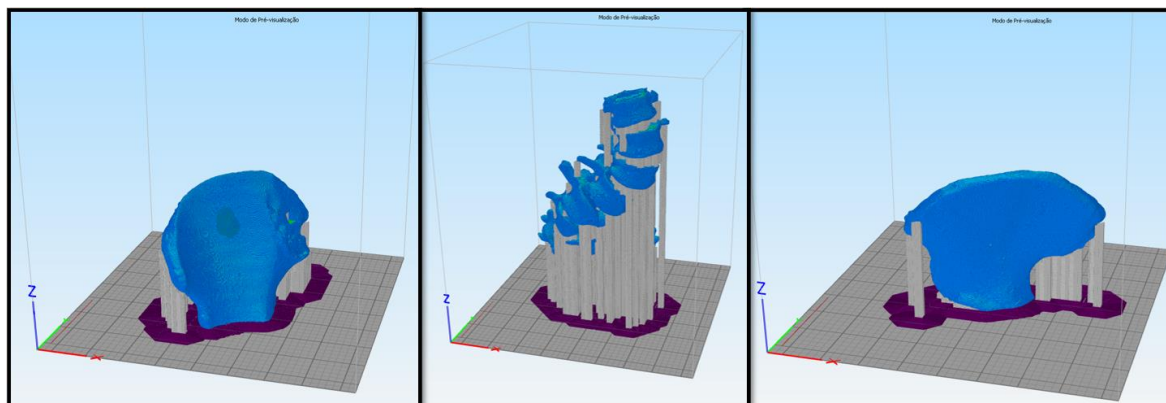


Figura 4. Orientação das partes e estruturas de suporte em modo de visualização no software Simplify 3D.

Após a impressão das três partes do modelo anatômico, eles foram submetidos a uma etapa de pós processamento que iniciou com a retirada dos suportes, lixamento de rebarbas e ataque superficial com acetona 100%. A técnica de melhoramento superficial com acetona consistiu em expor as partes impressas ao vapor da acetona. Foi usada uma caixa plástica com toalhas de papel umedecidas com acetona nas faces internas e as peças posicionadas no centro da caixa.

2.5. Pré-planejamento cirúrgico e cirurgia

Neste caso, a paciente apresenta um caso complexo de escoliose acentuada, associada a uma má formação de alguns corpos ósseos e distorção no canal medular. Mesmo com todo avanço nas técnicas cirúrgicas esse tipo de cirurgia tem um grau elevado de riscos, tais como: infecções, sangramento, lesões neurológicas e de duramáter, complicações essas, que podem ser potencializadas pelo tempo operatório (Bedran, 2018)

Por esse modelo ser obtido a partir da digitalização da paciente por TC, o modelo anatômico apresenta com muita fidelidade a geometria real e por isso foi empregado pela equipe médica para o planejamento da cirurgia, definição da estratégia, instrumentação e implantes de alinhamento, sustentação e fixação. Além disso, foi usado de forma recorrente no trans-operatório para confirmação da anatomia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados do procedimento para fabricação de um modelo anatômico por AM a partir de imagens de TC. Na etapa inicial de segmentação e geração do modelo 3D foi possível obter a geometria tridimensional da região óssea da paciente. Devido à sua interface intuitiva e simples, foi utilizado o software InVesalius para manipular as seções bidimensionais na extensão DICOM, geradas a partir da TC da paciente, e então transformá-las em uma geometria 3D na extensão STL. Apesar da possibilidade de isolar no InVesalius as áreas de interesse, neste caso a região do quadril até a coluna cervical, a geometria criada ainda apresentou pontos desconectados, os chamados “ruídos”, como pode ser visto na Fig.5a. Com relação a qualidade da geometria construída, pode ser visto na Fig. 5 que o grande número de imagens DICOM, resultante do espaçamento de apenas 0,625mm entre fatias, possibilitou a reconstrução em 3D de uma geometria anatômica com excelente qualidade, que representou os detalhes pequenos.

O software MeshMixer além de muito intuitivo, tem ferramentas úteis para o planejamento virtual do modelo. A redução na quantidade de triângulos da malha deixou o modelo mais fácil de ser trabalhado, reduzindo processamento computacional sem comprometer a qualidade geométrica. Ruídos oriundos da etapa de segmentação foram eliminados e a superfície foi dividida em três partes para facilitar a fabricação, respeitando o volume de impressão (Fig. 5b). Como consequência, o modelo 3D tratado ficou com as regiões de interesse bem definidas, pronto para o fatiamento e posterior impressão de cada parte separadamente.

Para a fabricação do modelo, foi utilizado o material ABS que tem custo aproximado de R\$109,00 o Kg. Na tabela 1 é apresentado a massa e o tempo gasto na fabricação de cada parte do modelo anatômico totalizando 370,75g de material e custo de R\$40,41. Os custos de equipamento, energia elétrica e mão de obra não foram considerados.

Tabela 2. Material e tempo empregados na fabricação por AM

	Massa (g)	Tempo
Coluna	225,62	24h21
Íliaco Esquerdo	79,77	7h47
Íliaco Direito	65,63	6h30
Total	370,75	38h38

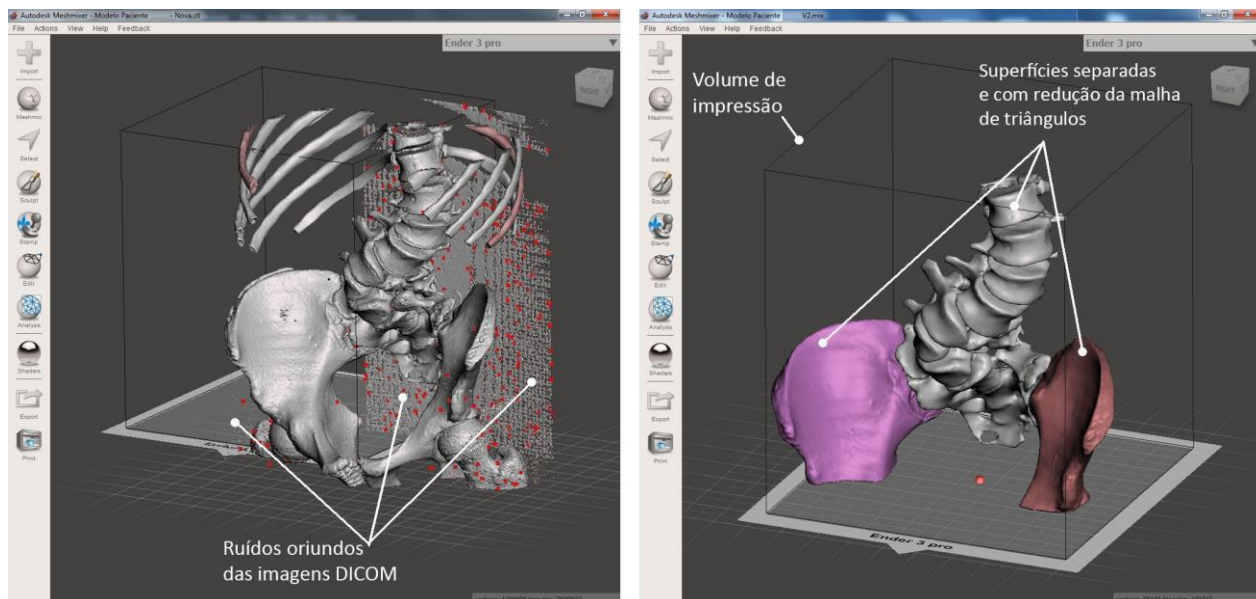


Figura 5. Ambiente do MeshMixer para edição e tratamento da geometria 3D em STL, em (a) geometria inicial reconstruída das imagens DICOM em (b) geometria limpa, reposicionada e editada para montagem de três partes.

Os parâmetros de impressão empregados geraram uma superfície com boa qualidade superficial, com pequenas marcas do efeito degrau de escada que foi totalmente eliminado após as etapas de pós-processamento com lixa e acetona. O tempo de exposição ao vapor de acetona foi de 20 min. Na Fig. 6 pode ser visto o resultado final do procedimento para fabricação do modelo anatómico de coluna. As peças foram apenas encaixadas, permitindo a fácil desmontagem para manipulação individual das partes pela equipe médica.

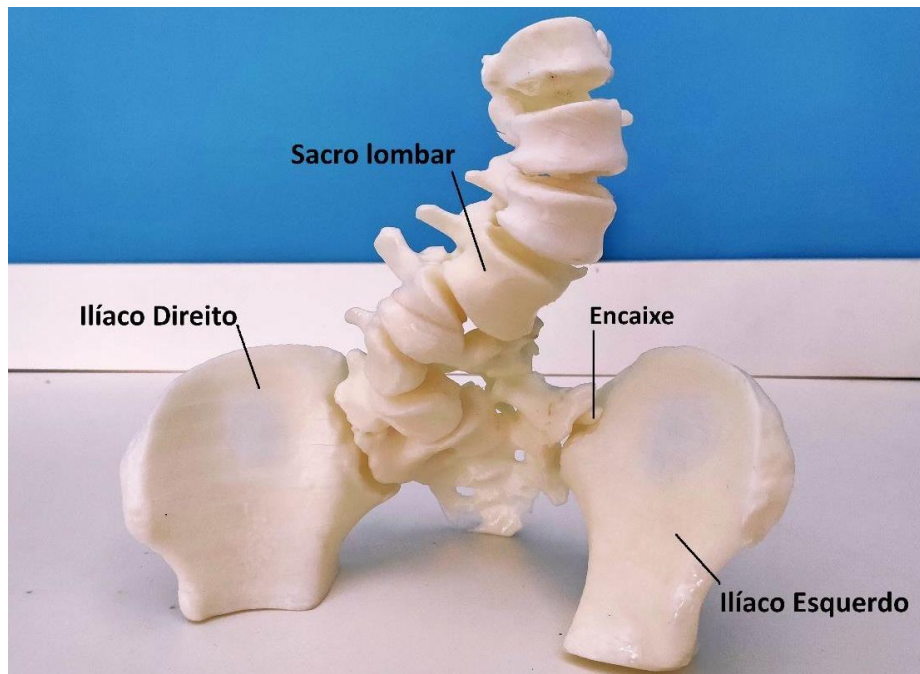


Figura 6. Resultado da fabricação do modelo anatómico por MA a partir de dados de TC.

A cirurgia de correção da curvatura provocada pela escoliose é de alta complexidade e com a utilização do modelo anatómico a equipe médica pode recorrer ao modelo para testar a melhor posição para colocação dos elementos de alongamento e fixação, aumentando a assertividade e reduzindo tempo cirúrgico. Na Fig. 7 é possível ver o resultado da escoliose da paciente, através da comparação do exame de raio X do antes e do depois. A grande redução do grau de curvatura da coluna foi minimizada e a cirurgia considerada muito bem-sucedida.

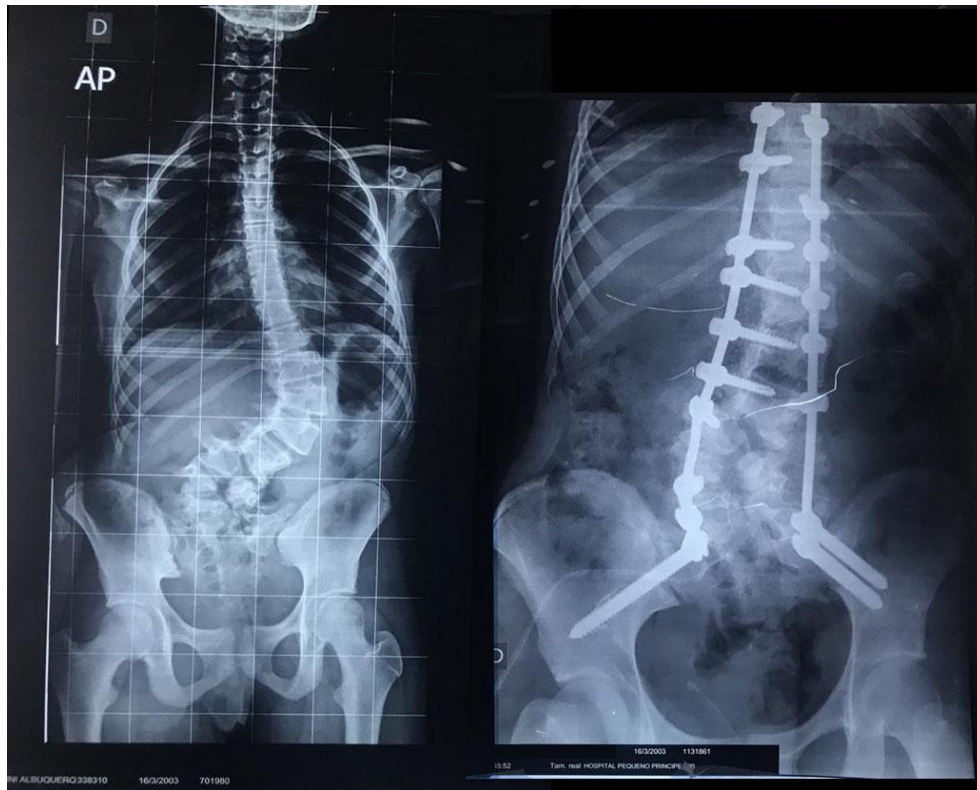


Figura 7. Imagem de Raio-X mostrando o antes (esquerda) e o depois (direita) da coluna da paciente.

4. CONCLUSÕES

O procedimento empregado permitiu a fabricação de baixo custo por AM de um modelo anatômico de coluna a partir de imagens da paciente, obtidas por TC. Os softwares Open Source utilizados permitiram a construção da geometria e o planejamento virtual do modelo. O processo de AM de extrusão de material na forma de filamento é uma alternativa muito vantajosa para a fabricação de modelos anatômicos. O modelo anatômico fabricado neste trabalho tem uma geometria complexa, mas que foi capaz de ser reproduzida com qualidade, graças também à definição adequada dos parâmetros de impressão.

O modelo anatômico em 3D empregado na cirurgia teve um papel muito importante tanto na fase pré como trans-operatória. A possibilidade de a equipe médica ter em mãos uma réplica em 3D da anatomia da paciente aumentou certamente a assertividade das decisões que antes eram tomadas exclusivamente a partir de imagens em 2D. A utilização de modelos anatômicos empregando a AM é um campo que tem muito potencial de crescimento com aumento de demanda, diante das vantagens de seu uso que são imensuráveis e do baixo custo da fabricação proporcionado.

5. REFERÊNCIAS

- 3B Scientific, 2021. “Empresa especializada na produção e comercialização de materiais didáticos para formação médica”. 27 Feb. 2021 <<https://www.3bscientific.com.br/index.html>>
- Balem, F.P., 2010. “A utilização da prototipagem rápida na odontologia”. Monografia apresentada para a obtenção do título de especialista de Radiologia Odontológica e Imaginologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Bedran. “Orientações Gerais, Riscos e Complicações” Clínica Ortopédica. 7 Mar. 2021 <<https://www.ortopediabedran.com.br/orientacoes-gerais/riscos-e-complicacoes/>>.
- Berman, B., 2012. “3-D printing: The new industrial revolution”. Business Horizons, Vol. 55 (2), p. 155-62.
- Bibb, R. e Winder, J., 2010. “A review of the issues surrounding three-dimensional computed tomography”. Radiography, Vol. 16, p. 78-83.
- Biglino, G., Capelli, C., Wray, J., et al, 2015. “3D- manufactured patient-specific models of congenital heart defects for communication in clinical practice: feasibility and acceptability”. BMJ Open, Vol.5, p. 1-8.
- Curodeau, A., Sachs, E. e Caldarise, S., 2000. “Design and fabrication of cast orthopedic implants with freeform surface textures from 3-D printed ceramic shell”. Journal of Biomedical Materials Research, Vol. 53, p. 525-535.
- Haleem, A., Javaid, M. e Saxena, A., 2018. “Additive manufacturing applications in cardiology: A review”. The Egyptian Heart Journal, Vol. 70, p. 433-441.

- Hong, S.B., Eliaz, N., Leisk, G.G., et al., 2001. "A new Ti-5Ag alloy for customized prostheses by three-dimensional printing (3DP)". *Journal of Dental Research*, Vol. 80, p. 860-863.
- Lacerda, T.F., Romanielo, A.F.R., Gomes, S.M., Souza, J.K.L., Carvalho, V.C.S. e Machado, L.C.S., 2020. "Aplicabilidade da impressora 3D na prática médica contemporânea". *Brazilian Journal of Health Review*, Vol. 3, n. 1, p. 620-625.
- Marro, A., Bandukwala, T. e Mak W., 2016. "Three-Dimensional Printing and Medical Imaging: A Review of the Methods and Applications". *Current Problems in Diagnostic Radiology*, Vol. 45, p. 2-9.
- Matozinhos, I.P., Madureira, A.A.C., Silva, G.F., Madeira, C.C., Oliveira, I.F.A. e Corrêa, C.R., 2017. "Impressão 3D: inovações no campo da medicina". *Revista Interdisciplinar Ciências Médicas*, Vol. 1(1), p. 143-162.
- Melican MC, Zimmerman MC, Dhillon MS, et al, 2001. "Three-dimensional printing and porous metallic surfaces: a new orthopedic application". *Journal of Biomedical Materials Research*, Vol. 55, p. 194-202.
- Melo, H.W.C. e Peddinghaus, W.S., 2019. Aplicação da tecnologia de impressão 3D no planejamento cirúrgico: um estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.
- Rodrigues, R.A. e Stocco, T.D., 2020. "Utilização de membros protéticos fabricados a partir de impressão 3D para amputados". *Archives of Health Sciences*, Vol. 27(1), p. 65-69.
- Rowe, C.W., Katstra, W.E., Palazzolo, R.D., et al, 2000. "Multimechanism oral dosage forms fabricated by three dimensional printing". *Journal of Controlled Release*, Vol. 66, p. 11-17.
- Safira, L.C., Maciel, A.S., Souto-Maior, J.C.C., Azevedo, R.A., Cavalcante, W.C., Francischone, C.E. e Sarmiento, V.A., 2010. "Aplicação dos biomodelos de prototipagem rápida na odontologia, confeccionados pela técnica da impressão tridimensional." *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, Vol. 9(3), p. 240-246.
- Slim 3D. Distribuidora de produtos para impressão 3D. 7 Mar. 2021 <<https://www.slim3d.com.br/produtos/filamento-abs-1kg-slim-3d/>>.
- SME Medical Additive Manufacturing/3D Printing Workgroup. "Society for manufacturing engineers website". 19 Set. 2019 <<http://www.sme.org/medical-am3dp-workgroup/>>.
- Steck, J. H., Miquelino, R., Souza, A.L.G., Gouveia, M.F. e Silva, J.V.L., 2007. "Planejamento de cirurgias complexas em cabeça e pescoço - o uso de modelos tridimensionais". *Revista Brasileira de Cirurgia da Cabeça e Pescoço*, Vol. 36(3), p. 171-173.
- Varela, D., "Escoliose". 7 Mar. 2021 <<https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/escoliose/>>.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) o(s) único(s) responsável(is) pelas informações incluídas neste trabalho.

ANATOMICAL MODEL BY ADDITIVE MANUFACTURE FOR PRE- AND TRANS-OPERATING AID

Wesley Vinícius Domingues

Helga Holzmann

Debora Michalowski Urdich

Ana Paula Reinert

Sérgio Fernando Lajarin

Universidade Federal do Paraná, DEMEC, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210 CEP 81531-990, Curitiba/PR.

wesley.vinicius.domingues@gmail.com, helga.holzmann@ufpr.br, debora.michalowski@ufpr.br, anareinert@ufpr.br,

espanhol@ufpr.br

Abstract. Additive manufacturing has applications in several areas, and is not restricted to industry only. Due to its various facilities, such as the ability to produce complex geometries, in a simpler and more economical way, 3D printing has been gaining space in the health area. The technology allows the manufacture of real anatomical models, which provide support and consistency to surgical planning, as well as the manufacture of low-cost orthoses and implants. Therefore, in order to facilitate surgical planning and assess possible risks for a patient with severe scoliosis, a 3D printed anatomical spine model was manufactured. This model was developed from the 2D images obtained by computed tomography (TC), which were worked in appropriate software, reconstructing the images and obtaining a 3D geometry and a file suitable for printing. With that, a physic model of the patient's spine was obtained, which was handed over to the medical team so that the surgical intervention could be carried out in the most resolutive and least aggressive way possible. Thus, the time of surgery was reduced, since the model at hand made it possible to predict and plan which procedures should be performed more accurately, and allowed a more assertive recovery to the patient.

Keywords: Additive Manufacturing. 3D printing. 3D anatomical model. Orthopedics. DICOM.

RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.