

# UTILIZAÇÃO DE MODELOS IMPRESSOS PARA PREPARAÇÃO CIRÚRGICA

Bruno Remuszka  
*Mestrando Engenharia Biomédica*  
*Universidade Tecnológica Federal do*  
*Paraná*  
 Curitiba, Brasil  
 ORCID: 0000-0002-4629-6586

Fabio Kurt Schneider  
*Universidade Tecnológica Federal do*  
*Paraná (UTFPR)*  
*Programa de Pós-Graduação em*  
*Engenharia Elétrica e Informática*  
*Industrial (CPGEI)*  
 Curitiba, Brasil  
 ORCID: /0000-0001-6916-1361

Ricardo Munhoz da Rocha  
 Guimaraes  
*Mestrando em Engenharia*  
*Biomédica*  
*Universidade Tecnológica Federal*  
*do Paraná*  
 Curitiba, Brasil  
 ORCID: 0000-0002-0737-908x

João Antônio Palma Setti  
*Universidade Tecnológica Federal*  
*do Paraná (UTFPR)*  
*Programa de Pós-Graduação em*  
*Engenharia biomédica (PPGEB)*  
 Curitiba, Brasil  
 ORCID: /0000-0003-0659-1297

Rafael Moraes  
*Mestrando em Engenharia Biomédica*  
*Universidade Tecnológica Federal do*  
*Paraná*  
 Curitiba, Brasil  
 ORCID: 0000-0002-9894-3570

Humberto Remigio Gamba  
*Universidade Tecnológica Federal do*  
*Paraná (UTFPR)*  
 Programa  
 de Pós-Graduação em Engenharia  
 Elétrica e Informática Industrial (CPGEI)  
 Curitiba, Brasil  
 ORCID: /0000- 0003-3210-2725

**Abstract**— In this paper we presented two cases where the usage of 3D printing is valuable for appropriate surgery planning. In simpler cases, the availability of a patient model is valuable for material planning as well as conformation of material to the surface of the bone model. In a more complex surgery case, the previous analysis on the model allows the clinician to test potential surgery techniques and decide for one technique that presents a higher potential outcome. Software, printer evaluation and file format conversion required are discussed,

**Keywords**—3D printing; Additive manufacturing; Computer-aided design; Computer-aided manufacturing; surgery; Rapid prototyping

## INTRODUÇÃO

A impressão em 3 dimensões (3D) está se popularizando e conseqüentemente cada vez mais aplicações para sua utilização. Neste artigo é abordado o seu uso na área médica, para facilitar no diagnóstico e auxiliar programação pré-operatória[1] fazendo o uso da técnica em casos simples e complexos. E apesar das limitações da técnica, pseudo-foramina[2], para os casos simples a técnica permite ajustar o material de síntese (placas) antes da cirurgia, desta maneira viabilizando um procedimento mais rápido e minimamente invasivo, e em casos mais complexo, esta avaliação permite fazer uma simulação do procedimento cirúrgico sem submeter o paciente a risco. Apesar de tais vantagens atualmente os casos onde são utilizados esta técnica são reduzidos a casos acadêmicos no Brasil. [3]

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é mostrar as técnicas que nos viabilizaram a realizar vários procedimentos com o recurso auxiliar, de um modelo físico adquirido a partir do exame de tomografia computadorizado(TC) dos pacientes em estudo. O exame de TC gera uma arquivo no Digital Imaging communication in Medicine(DICOM), que após ser convertido através de softwares para o formato

stereolithography (STL) comumente utilizados nas impressoras 3D e impressos utilizando a técnica fabricação por filamento fundido(fff), conseguimos gerar modelos fidedignos das regiões de interesse dos pacientes, e posteriormente utilizamos estes para fazer uma preparação pré-cirúrgico tendo como objetivo de conformar os implantes que serão utilizados, com isto reduzindo o tempo cirúrgico e em alguns casos possibilitando uma cirurgia minimamente invasiva. Através de um modelo impresso, e independente da complexibilidade da cirurgia, permite-se fazer o planejamento, a seleção prévia dos materiais de síntese e instrumentais utilizados na cirurgia evitando a eventual falta de algum material imprescindível. Outro objetivo deste trabalho é também estimular o aumento da demanda dos serviços relacionados à impressão 3D na área médica o qual é possível a partir de impressoras calibradas que demonstrem a capacidade de imprimir uma amostra de acordo com as especificações prévias e que tenham acesso a um conversor de arquivos DICON-STL. Esta Conversão pode ser executada com o suporte de softwares gratuitos e geralmente auxiliada por pessoas que tenham conhecimento de radiologia, geralmente exigindo um grande esforço computacional.[4]

## COMO ESTAMOS FAZENDO

### Indicativo de cirurgia

Em geral os casos com indicativos cirúrgico estamos adotando como procedimento operacional solicitar uma TC em formato DICON com distância entre os cortes de 0.625mm a 1mm para fazer o planejamento cirúrgico, o exame no formato DICON permite visualizar a estrutura em 3D utilizando softwares dedicados como o “Horus”, ou “Osiris”, entre outros, também permite converter para arquivo STL, que é um dos formatos suportados pelas impressoras 3D, a resolução da tomografia impacta no resultado final quanto menor a espessura do corte, melhor será a qualidade do modelo 3D.

## TECNICAS DE IMPRESSÃO

Em geral você pode utilizar 2 tipos de impressão:

O primeiro utilizando resina sla, conhecido como *stereolithography*. Este processo tem uma precisão maior e pode gerar objetos translúcidos. Esta técnica é ótima para visualizar peças que precisam de uma alta resolução e acabamento, podendo ser aplicado para outros ramos da medicina, entretanto os modelos obtidos por estes processos não simulam o comportamento mecânico dos ossos.

O segundo método, é a deposição de material extrudado ou fused filament fabrication (fff). Este é o tipo mais comum no mercado, sendo relativamente barato e com a possibilidade de ter impressão em mais de um tipo de material plástico. Este foi o tipo de fabricação utilizada neste estudo.

## VALIDAÇÃO SIMPLIFICADA DA IMPRESSORA

Para verificar a qualidade do serviço de impressão utilizamos como referência o modelo do 3dbenchy [5] que é um modelo de stress para as impressoras 3D que possui várias dimensões que podem ser verificadas [6] com uma tolerância dimensional muito pequena. O Objeto apresentado na Fig.1 é impresso em menos de 2 horas e pode ser grosseiramente analisado verificando se as inscrições no fundo do casco do barco estão legíveis. A análise mais apurada pode ser realizada através da documentação do 3dbenchy e medições no modelo impresso para verificar a conformidade com o, modelo tomográfico



Fig. 1. Exemplo de objeto para verificação da calibração das impressoras (amostras de impressão 3D)

## CONVERSÃO DO DICOM- STL

Primeiramente é realizado um tratamento do arquivo para retirar partes indesejadas, melhorar a resolução da densidade óssea para minimizar o efeito da pseudo-foramina conforme apresentado na Fig. 2, e separando os fragmentos, e delimitando a região de interesse.

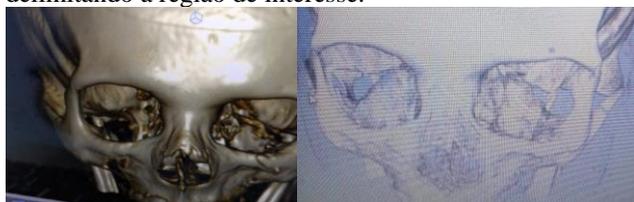


Fig. 2. Exemplo pseudoforaminas cavidade no assoalho da orbita. (imagem esquerda Horus, direita 3dslicer)

Softwares como o “3dslicer”, “InVesalius”, “Blender”. “Horus”, são utilizados. O 3D slicer é um software gratuito com uma infinidade de “plug ins” que pode ser utilizado para gerar diversos tipos de visualizações. O Blender é um

software completo que não foi propriamente desenvolvido para a aplicação médica mas se mostrou muito eficaz em retirar as “ilhas ósseas” flutuantes, resultantes do processo de geração do arquivo stl. Para melhorar a resolução da área de interesse, foi manipulado uma função de “ThresholdEffect” que aumenta o detalhe em uma área, mais que acaba incluindo alguns fragmentos de partes moles, interpretado como ossos. Após tratamentos do modelo nos softwares, o arquivo STL é exportado para o software de impressão. Eventualmente ainda se observa efeitos indesejados como a falta de material ósseo no assoalho da orbita conforme apresentado na Fig. 3. O que deve ser compensado com o conhecimento médico e reanálise de dados da TC.

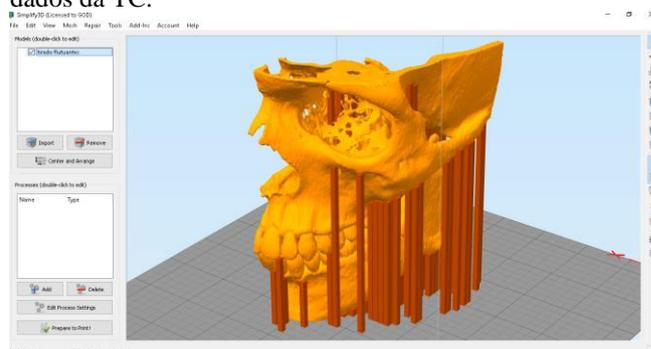


Fig. 3. Modelo com os suportes no software de impressão

## TEMPO PARA DISPONIBILIDADE DE MODELO IMPRESSO

A impressão de um cubo de 100x100x100 em uma impressora fff comercial, que tem uma velocidade de 40mm/s, levaria 48 horas para ser impresso. Em outras palavras, uma previsão confortável para se trabalhar com este tipo de serviço seria de 4 a 7 dias. Em casos em que o paciente precisa de tratamento de forma urgente a impressão 3D não é recomendada.

## ESTUDOS DE CASOS

Caso 1: Fratura na mandíbula, do seu lado esquerdo, como evidencia a Fig.4.



Fig. 4. Modelo com fratura na mandíbula. (modelo impresso)

O tratamento clássico foi escolhido para o tratamento tendo como diferencial que a cirurgia foi realizada antes no modelo impresso a partir da tomografia do paciente permitindo ao médico uma melhor visualização do contorno do osso que a partir do modelo físico pode conformar a placa

para obter o contorno que oferecesse o melhor resultado conforme apresentado na Fig. 5.



Fig. 5. Comparativo de placa antes e depois.

A fixação da placa no modelo foi feita permitindo verificar o tamanho dos parafusos necessários para a cirurgia, após avaliado o resultado e documentado o estudo com fotos, foi desmontado o modelo e os implantes preparados para esterilização e para a cirurgia a qual aconteceu em 45 minutos sem nenhuma intercorrência.

Caso 2: Necessidade de fixar as vértebras c1 e c2, no raio x pré-operatório Fig. 6, foi optado por fazer um o modelo em 3D para verificar a possibilidade de utilizar a técnica tradicional.

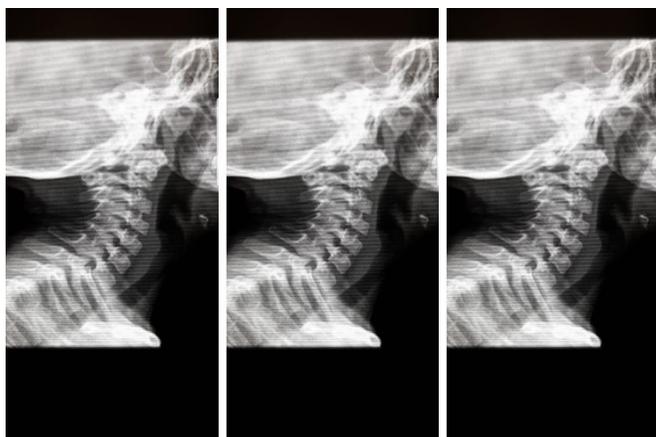


Fig. 6. Raio X inicial

A partir do modelo impresso, constatou-se a inviabilidade do tratamento clássico e optou-se por fazer modificações tanto na vertebra c1 quanto na c2 conforme Fig. 7 para tornar possível a fixação.



Fig. 7. Estudo no modelo impresso

Tendo como preocupação manter o canal espinhal intacto foi cortado o modelo apresentado na Fig 8, para simular como o corpo se assentaria após a osteotomia.



Fig. 8. Visualização do canal espinhal no Modelo

Para resolver o problema foi optado pela técnica da artrodese occipito cervical com muita segurança e rapidez conforme documentado na Fig. 9



Fig. 9. Pos cirúrgico

computador, sendo de grande valia a impressão de um modelo físico da realidade do paciente.

## REFERENCIAS

## CONCLUSÃO

Este estudo foi baseado em uma cirurgia corriqueira em que não é de praxe solicitar a impressão 3D de um modelo cirúrgico. Entretanto, a impressão 3D trouxe a vantagem de se operar o paciente com um melhor planejamento, possibilitando que o material de síntese seja pré-moldado e com isto seja possível realizar a cirurgia em um tempo menor. Isto implica em um menor tempo de anestesia para o paciente, assim como um tempo menor de exposição das estruturas internas do paciente, diminuindo a chance e infecção pós-operatória. Neste caso em particular fomos auxiliados por um médico residente, que teve a oportunidade de simular uma cirurgia no modelo sem risco para o paciente e tendo as sensações da perfuração e do torque dos parafusos bem próximos a realidade, assim de como dobrar um implante com calma e precisão sem o risco de quebras de material.

Em outro caso apresentado neste trabalho, com o auxílio do modelo, houve a possibilidade de se mudar a técnica cirúrgica para outra mais segura para o paciente. Isto foi possível porque no modelo em 3D o médico conseguiu visualizar a complexidade do caso e avaliar os resultados emulando uma cirurgia no próprio modelo 3D e observando como corpo eventualmente reagiria ao processo. Permitiu-se selecionar um implante melhor adaptado e conseqüentemente um acesso cirúrgico mais seguro para o paciente. É importante ressaltar que esta análise pré-operatória é possível ser realizada por especialistas a distância que tivessem um modelo impresso e que poderiam auxiliar outras equipes operatórias. Ainda tal análise é muito difícil de ser realizada apenas com as projeções apresentadas na tela de um

- [1] L. Pugliese *et al.*, “The clinical use of 3D printing in surgery,” *Updates Surg.*, vol. 70, no. 3, pp. 381–388, 2018.
- [2] A. Schramm, N. C. Gellrich, and R. Schmelzeisen, *Navigational surgery of the facial skeleton*, vol. 1. 2007.
- [3] I. P. Matozinhos, A. A. C. Madureira, G. F. Silva, G. C. de Castro Madeira, I. F. A. Oliveira, and C. R. Corrêa, “Impressão 3D: Inovações No Campo Da Medicina,” *Rev. Interdiscip. Ciências Médicas*, vol. 1, no. 1, pp. 143–162, 2017.
- [4] A. (Santa Barbara,2006) SANTA BÁRBARA, “Processamento de imagens médicas tomográficas para modelagem virtual e física: o software Invesalius,” p. 429, 2006.
- [5] C. Commons and C. C. By-nd, “3DBenchy\_Broschure\_3DBenchy.com\_.”
- [6] K. K. S. C. S. S. G. V. Sri and Thesis, “measurement os surface defects in 3d printed models,” *Master’s Program. Mech. Eng. halmstad Univ.*, vol. 19, pp. 01–81, 2014.