

Aplicação da Impressão 3D no Planejamento Cirúrgico: Estudo de Caso Cranioplastia

Bolsista Denize Vilela Novais (CTI) dnovais@cti.gov.br; Thiago Nunes Palhares (CTI/Fiocruz) tpalhares@cti.gov.br; Marcília V. Guimarães (CTI) mvguimaraes@cti.gov.br; Pedro Y. Noritomi (CTI) pedro.noritomi@cti.gov.br

Resumo

Com a popularização da impressão 3D, aumentou-se o uso da tecnologia na área da saúde. Há mais de 20 anos, o CTI Renato Archer utiliza como ferramenta para auxiliar profissionais de saúde do Sistema Único de Saúde (SUS) no planejamento cirúrgico, seja oriundo de traumas ou patologias. O objetivo deste estudo é mostrar a aplicação do uso da impressão 3D diretamente em um caso clínico de paciente submetido à reconstrução de calota craniana, partindo do processo de segmentação no software InVesalius, oriundas de imagens de tomografia computadorizada. O caso tratou-se de transtornos da continuidade do osso craniano que requer reconstrução do crânio com prótese personalizada de PMMA (polimetilmetacrilato) por meio de molde impresso 3D pela técnica SLS, para planejamento e fabricação da prótese. Em casos cirúrgicos complexos, os profissionais da saúde recorrem aos biomodelos não só para facilitar o planejamento em si, mas para também mostrar ao paciente e sua família como será o procedimento, além do uso em hospitais-escolas facilitando o ensino. Dessa forma, conclui-se o quanto a impressão 3D é uma importante ferramenta para auxiliar no planejamento cirúrgico além de reduzir o tempo da cirurgia.

Palavras-chave: Cranioplastia, Impressão 3D, planejamento cirúrgico, SUS, Tomografia Computadorizada.

1. Introdução

A reconstrução de grandes defeitos cranianos é um procedimento desafiador, porém os seus resultados não se limitam somente à estética e sim possui resultados funcionais importantes (DURIC et al., 2019). A necessidade de tal reconstrução é oriunda de craniectomias descompressivas sejam por edema cerebral, traumas, tumores e infecções. Do ponto de vista de engenharia, quanto maior o defeito nos casos de reconstrução craniana, maior a complexidade do projeto em termos de resistência, estabilidade mecânica e requisitos estético-funcionais (MONCAYO-MATUTE et al., 2022).

Quando não é viável a reconstrução autóloga, ou seja, usando o próprio osso do indivíduo, utiliza-se materiais sintéticos como o polimetilmetacrilato (PMMA) que sugerem que o custo seja menor comparado às próteses pré-fabricadas em titânio ou hidroxiapatita (DURIC et al., 2019). Splavski et al (2022) explanam um pouco sobre essa viabilidade, pois o uso de retalho ósseo há possibilidade de reabsorção e complicações sépticas, o que pode levar a um aumento no tempo de internação, além de danos neurológicos, levando a uma segunda cirurgia.

Em 2022, o CTI Renato Archer auxiliou em cerca de 40 casos de reconstrução craniana para cirurgias do Sistema Único de Saúde, onde um kit impresso 3D em Poliamida 12 (molde customizado, crânio com defeito craniano do paciente e parte faltante do crânio) é enviado ao cirurgião para que preparem a prótese com cimento ósseo (PMMA). Para cada paciente, a

equipe de pesquisadores do ProMED/CTI Renato Archer, avaliam juntamente com o cirurgião qual seria a melhor abordagem para a confecção do molde customizado. O presente estudo tem como objetivo mostrar o fluxo digital para confecção de molde impresso 3D para um paciente com transtornos da continuidade do osso craniano.

2. Materiais e métodos

Caso Clínico: Defeito ósseo em calota craniana (CID 10 - M84.9, Transtorno não especificado da continuidade do osso), paciente 48 anos, onde o mesmo foi submetido à TC craniana para planejamento cirúrgico apropriado. A equipe médica decidiu por solicitar ajuda à equipe do ProMED/CTI para que juntos elaborassem uma solução para esse caso, com a criação de um biomodelo do crânio do paciente e um molde para que o cirurgião pudesse confeccionar as próteses em PMMA (cimento cirúrgico). Inicialmente havia dúvida se as placas instaladas no paciente na região do defeito ósseo deveriam ou não estarem no biomodelo final, mas o cirurgião responsável optou que sim porque elas estavam próximas ao defeito ósseo e que a presença delas deveriam ser levadas em conta no planejamento e execução cirúrgica. A Figura 1 mostra a superfície gerada no software InVesalius após segmentação das imagens DICOM e separação e eliminação da mandíbula.

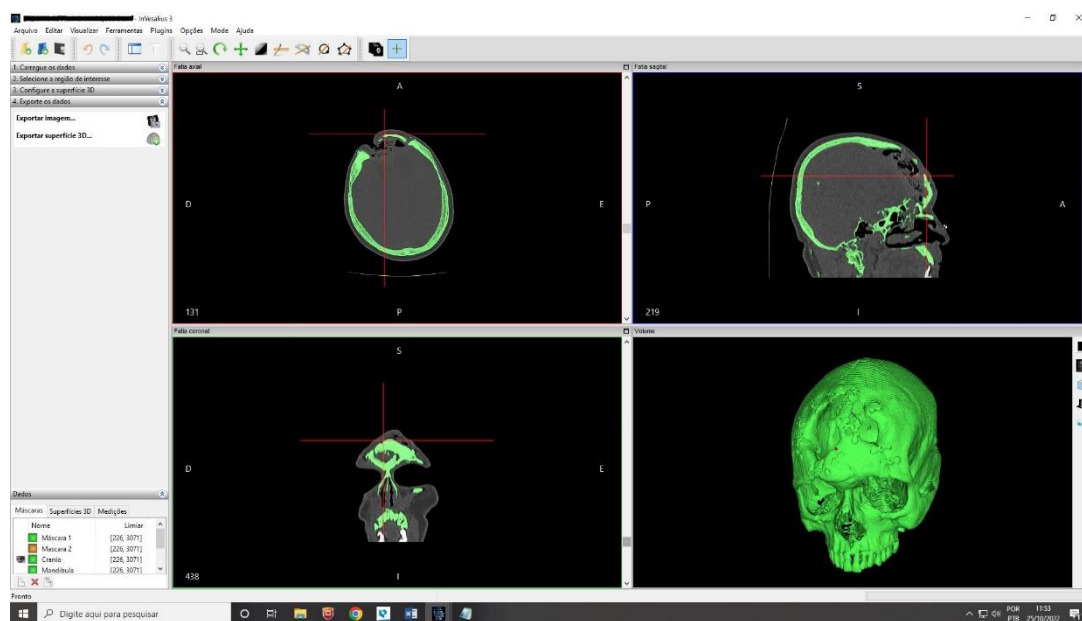


Figura 1 – Visualização das vistas da tomografia no software InVesalius com a máscara e a superfície gerada do crânio do Paciente. Fonte: Próprio Autor.

A Figura 2 mostra em detalhe a superfície gerada no software InVesalius somente do crânio com as treze placas e também as mesmas já instaladas no paciente que foram separadas usando um valor de limiar personalizado em 4119-12973, para assim obter também o modelo do crânio em formato .stl sem as placas para geração do molde.

Após a geração dos arquivos .stl do crânio, foram utilizados o software Autodesk® Meshmixer e o Autodesk® Fusion 360™ para adequação da malha e geração das peças faltantes do crânio (Fig.3) e em seguida os moldes (Fig.4). Como foi solicitado que as placas deveriam ser mantidas no modelo final (Fig. 3), optou-se por fazer o contorno entre os defeitos para aumentar a possibilidade de encaixe e conservando o máximo possível o osso,

como solicitado pelo cirurgião, porém dificultando o processo de modelagem que precisa dessa margem para a geração do molde.

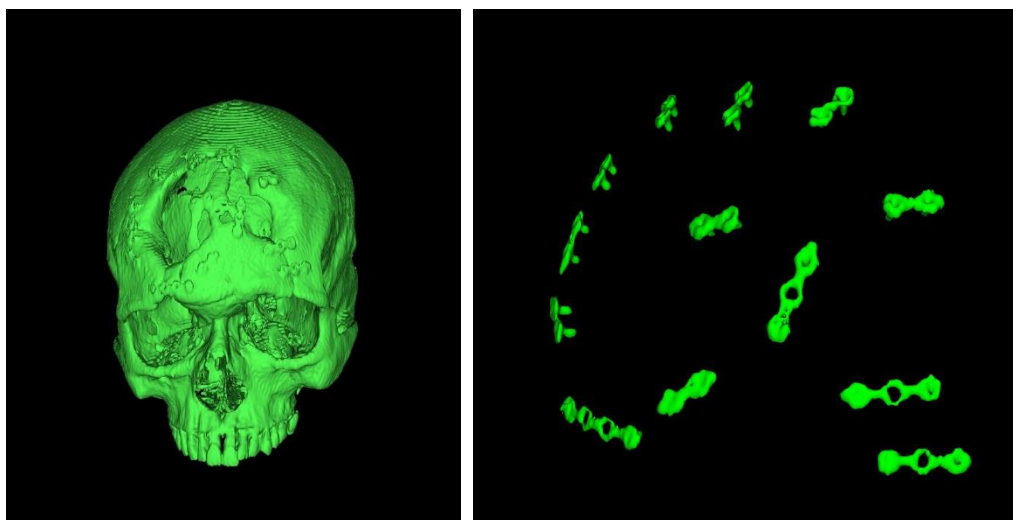


Figura 2 – Detalhe da visualização da superfície gerada do crânio com as placas (A) e as placas isoladas (B) do Paciente Caso 01. Fonte: Próprio Autor.

Para fazer a prótese digitalmente, aqui me refiro a parte óssea faltante, contorna-se a fratura modelando um perfil, depois aplica-se a espessura necessária. Para que a prótese acompanhe a anatomia e permitir o encaixe é realizada uma operação booleana de subtração da prótese pelo modelo do crânio.

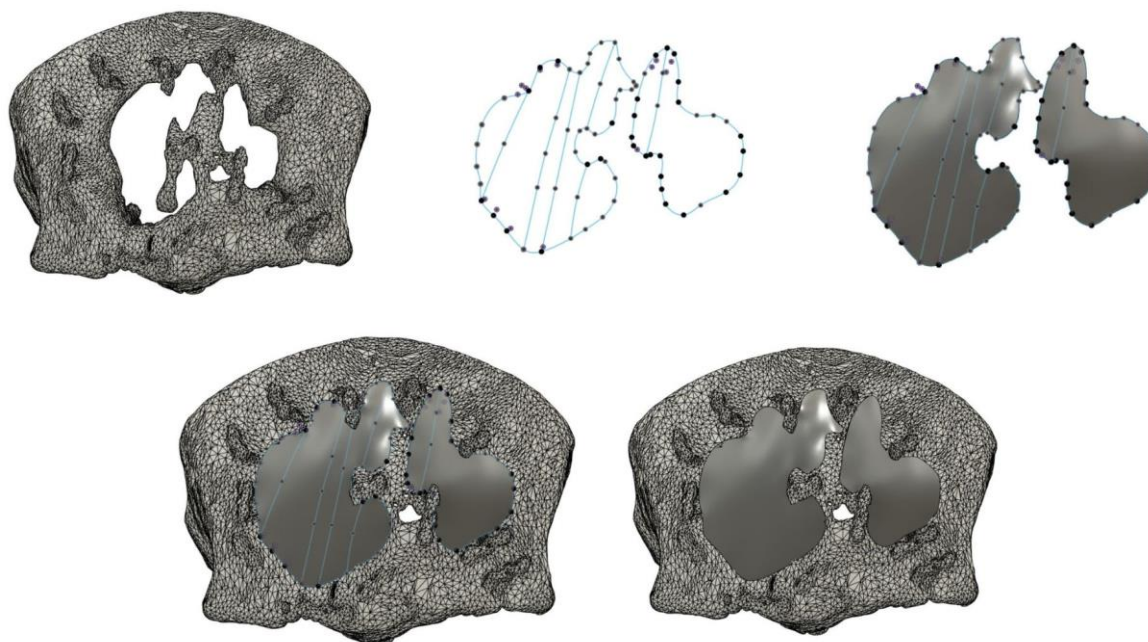


Figura 3 – Sequência de passos no procedimento de geração da prótese digital. Fonte: Próprio Autor.

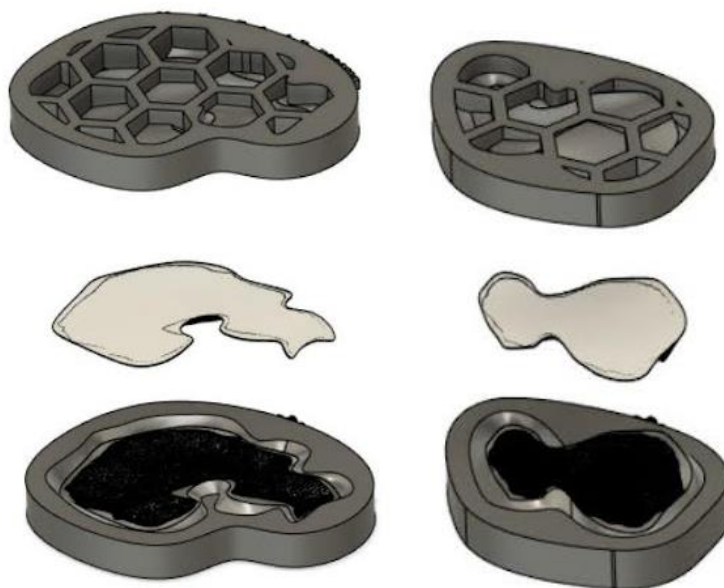


Figura 4 – Modelos 3D dos moldes gerados para o Paciente. Fonte: Próprio Autor.

Assim que todas as imagens dos biomodelos foram aprovadas pelo cirurgião, os arquivos .stls finais foram enviados para o setor de produção do Laboratório Aberto de Impressão 3D (LAprint/CTI Renato) e impressos, como mostra a Fig. 5, com os seguintes parâmetros de fabricação conforme a Tab.1.

Processo de Impressão 3D	Sinterização Seletiva a Laser (SLS)
Equipamento	3D Systems HiQ Sinterstation
Material	PA12 (Poliamida 12)
Espessura de camada	0,1mm

Tabela 1 – Parâmetros de Fabricação dos Biomodelos

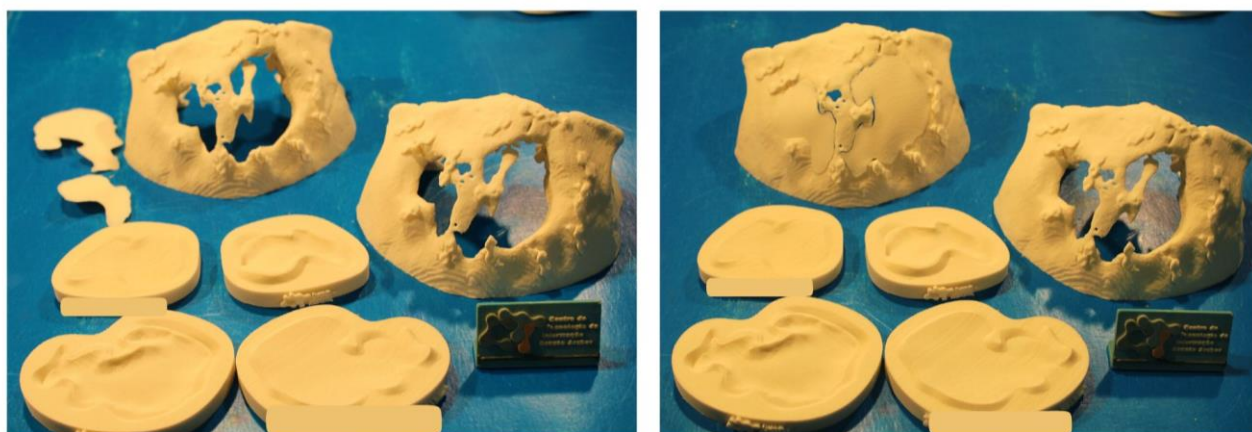


Figura 5 – Kit de Cranioplastia enviado ao cirurgião. Fonte: Próprio Autor.

3. Resultados e discussão

Biomodelos impressos 3D, ou modelos anatômicos personalizados, são muito úteis para o planejamento cirúrgico, facilitando no pré-operatório, favorecendo a rapidez do processo, a minimização dos tempos de execução cirúrgica, além de possibilitar melhores resultados pós-cirúrgicos; pois no próprio processo cirúrgico pode haver cenários com complexidade anatômica e as imagens médicas não serem suficientes para o sucesso da cirurgia (MONCAYO-MATUTE et al., 2022).

Splavski e colaboradores (2022) relata que um dos grandes objetivos para melhorar a cirurgia de cranioplastia é reduzir o tempo operacional, portanto, o tempo do paciente sob anestesia e tempo de exposição da lesão. Neste trabalho os autores avaliaram 16 casos de cranioplastia com pacientes com idade média de 51 anos.

A Figura 6 mostra a preparação da prótese de PMMA feita pelo cirurgião, que após desmoldar recorta o restante de material que está fora da região do molde que originará a prótese.

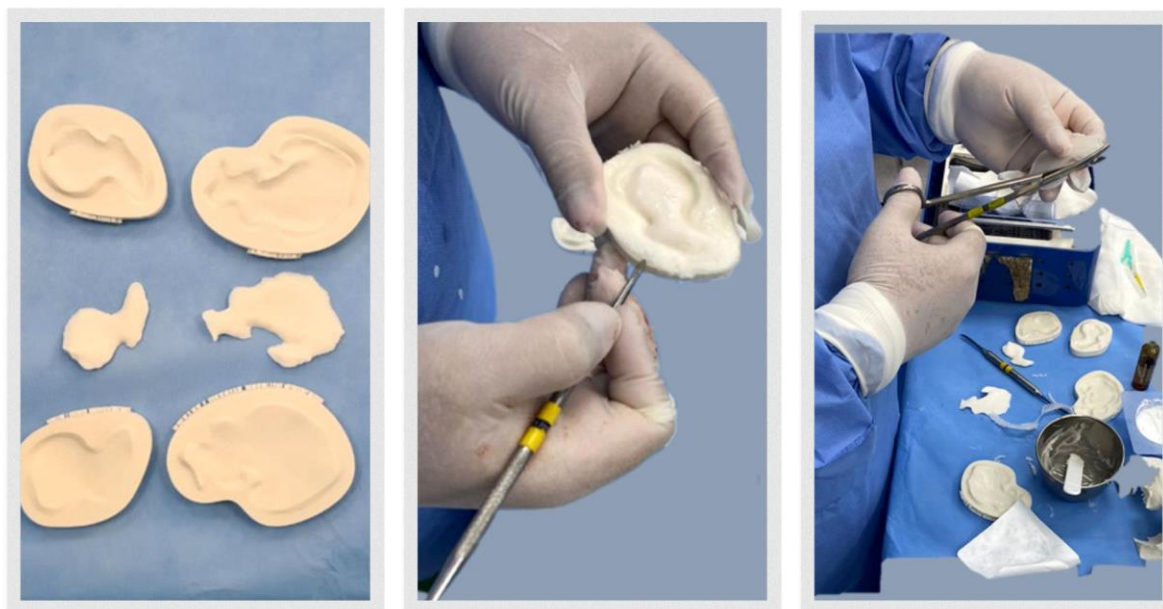


Figura 6 – Cirurgião preparando a prótese em PMMA que será aplicada ao paciente. Fonte: Próprio Autor.

4. Conclusão

Após o envio dos kits de cranioplastia e a cirurgia realizada, o cirurgião enviou feedback relatando boa cobertura da prótese aos defeitos cranianos com os moldes desenvolvidos, além de boa aceitação pelo paciente com a estética. Não é procedimento do ProMED solicitar a tomografia após procedimento cirúrgico, mediante isso, conclui-se que até a data informada pelo cirurgião o trabalho de planejamento cumpriu o objetivo de auxiliar e contribuir para a diminuição do tempo de cirurgia como relatado pelo cirurgião que não apresentou dificuldades durante a confecção e desmoldagem da prótese.

Agradecimentos

Aos colegas pesquisadores Thiago Palhares e Marcília Guimarães pelas colaborações. Ao Programa de Capacitação Institucional PCI/MCTI. À Coordenadora Angela, meu coordenador Pedro Noritomi e ao Diretor Jorge Vicente por sua compreensão e humanidade. Ao CNPq.

Referências

ĐURIĆ, K. S., BARIĆ, H., DOMAZET, I., BARL, P., NJIRIĆ, N., & MRAK, G. *Polymethylmethacrylate cranioplasty using low-cost customised 3D printed moulds for cranial defects—a single Centre experience.* British journal of neurosurgery, 33(4), 376-378, 2019.

MONCAYO-MATUTE, F. P., PEÑA-TAPIA, P. G., VÁZQUEZ-SILVA, E., TORRES-JARA, P. B., MOYA-LOAIZA, D. P., ABAD-FARFÁN, G., & ANDRADE-GALARZA, A. F. *Surgical planning and finite element analysis for the neurocraneal protection in cranioplasty with PMMA: A case study.* Heliyon, v. 8, n.9, p. e10706, 2022.

PÖPPE, J. P., SPENDEL, M., SCHWARTZ, C., WINKLER, P. A., & WITTIG, J. *The “springform” technique in cranioplasty: Custom made 3D-printed templates for intraoperative modelling of polymethylmethacrylate cranial implants.* Acta Neurochirurgica, v.164, n.3, p.679-688, 2022.

SPLAVSKI, B., LAKICEVIC, G., KOVACEVIC, M., & GODEC, D. *Customized alloplastic cranioplasty of large bone defects by 3D-printed prefabricated mold template after posttraumatic decompressive craniectomy: A technical note.* Surgical Neurology International, v.13, 2022.