



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

## Produção de moldes por impressão 3D para próteses de nariz

### *Production of 3D printing molds for nose prostheses*

Carolina Pulido Arce\*, José Aguiomar Foggiatto<sup>†</sup>, Karin Barczyszyn<sup>‡</sup>

#### RESUMO

O objetivo deste estudo é a fabricação de moldes por impressão 3D para próteses de nariz, em silicone, com o uso da manufatura aditiva de baixo custo e tecnologias de digitalização. A partir de tomografias computadorizadas, um modelo tridimensional do rosto do paciente é reconstruído e se inicia o processo de modelagem das próteses. A partir do modelo de nariz escolhido pelo paciente é feita a prótese, em modelo virtual, no programa Meshmixer<sup>®</sup>. O molde é modelado no programa Solidworks<sup>®</sup> e consiste na subtração da prótese dentro um corpo sólido para que seja possível o vazamento de silicone. Em seguida ocorre a partição do molde e ambas as partes são impressas tridimensionalmente. O vazamento do silicone para a confecção da prótese e a validação do modelo são as etapas seguintes. O estudo foi realizado no Núcleo de Manufatura Aditiva e Ferramental (NUFER) da UTFPR-CT em parceria com o Hospital Angelina Caron e mostrou que o método é vantajoso comparativamente ao método tradicional. Vários moldes foram feitos para chegar aos resultados apresentados e os três pacientes envolvidos na pesquisa se mostraram satisfeitos com os resultados. O aperfeiçoamento do método demanda de mais estudos que serão realizados na continuidade desta pesquisa.

**Palavras-chave:** Prótese de nariz, Impressão 3D, Moldes.

#### ABSTRACT

The aim of this study is the manufacture of 3D printing molds for silicone nose prostheses, using low-cost additive manufacturing and scanning technologies. From CT scans, a three-dimensional model of the patient face is reconstructed, and the prosthesis modeling process begins. From the nose model chosen by the patient, the prosthesis is made in a virtual model, in the Meshmixer<sup>®</sup> software. The mold is modeled in the Solidworks<sup>®</sup> software and consists of subtracting the prosthesis from a solid body so that silicone leakage is possible. The mold is then split and both parts are printed three-dimensionally. The next steps are the casting of the silicone for the manufacture of the prosthesis and the validation of the model. The study was conducted at the Additive Manufacturing and Tooling Group (NUFER) of UTFPR-CT in partnership with Angelina Caron Hospital and showed that the method is advantageous compared to the traditional method. Several molds were made to reach the results presented and the three patients involved in the research were satisfied with the results. The improvement of the method requires further studies that will be carried out in the continuity of this research.

**Keywords:** Nose prosthesis, 3D printing, Molds.

\* Técnico Integrado em Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil; [carolinaarce@alunos.utfpr.edu.br](mailto:carolinaarce@alunos.utfpr.edu.br)

<sup>†</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ecoville (Curitiba); [foggiatto@utfpr.edu.br](mailto:foggiatto@utfpr.edu.br)

<sup>‡</sup> Hospital Angelina Caron, Campina Grande do Sul; [karinbarczy@gmail.com](mailto:karinbarczy@gmail.com)



## 1 INTRODUÇÃO

O objetivo da pesquisa foi a produção de moldes por impressão 3D para próteses de nariz em silicone. Com isso, pergunta-se será que esse método, de baixo custo e que engloba novas tecnologias, vai melhorar a qualidade das próteses?

Especialistas de fabricação de próteses faciais surgiram durante a Primeira Guerra Mundial e em seguida essa técnica se difundiu pelo mundo. No Brasil não foi diferente, introduzido por Monteiro de Barros em 1919, o ensino e a prática de próteses bucomaxilofaciais tiveram grande repercussão no país (ROSA, 2007). Com o avanço dos estudos, novos materiais para a produção das próteses surgiram, como o silicone. O método usual da fabricação de próteses consiste na fabricação de modelos únicos personalizados para cada paciente, modelados manualmente com as habilidades do protesista sendo um processo muito demorado.

Neste trabalho foram utilizadas tomografias computadorizadas para a reconstrução dos rostos dos pacientes. Com os modelos 3D da região onde será implantada a prótese e do órgão que foi mutilado, é possível modelar a geometria da prótese e em seguida o seu molde.

Neste contexto a fabricação de próteses é realizada por meio de moldes impressos por Manufatura Aditiva (AM), também chamada de impressão 3D. Essa tecnologia, que existe há mais de três décadas, recentemente atingiu um nível adequado para aplicações na área médica (AZEVEDO; BAÍA, 2018). A AM permite a impressão dos moldes, utilizados para a confecção das próteses faciais personalizadas, de modelos anatômicos e peças mecânicas, por exemplo. Essa tecnologia está ganhando espaço nos estudos acadêmicos e já está presente na medicina, em diversas engenharias, no comércio de produtos médicos, na pesquisa e na impressão de órgãos. Para a realização desse trabalho foi necessária a sua aprovação pelo Comitê de Ética do Hospital Angelina Caron sob o número CAAE 48174521.3.0000.5226.

## 2 MÉTODO

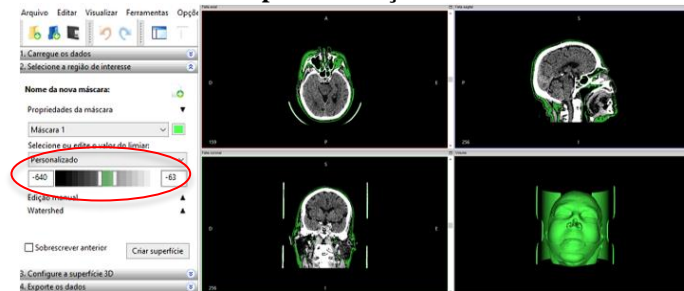
O estudo foi realizado no Núcleo de Manufatura Aditiva e Ferramental (NUFER) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em parceria com o Hospital Angelina Caron. Neste estudo foram realizadas próteses personalizadas para três pacientes, sendo todas de nariz. Os modelos foram gerados em conjunto com a doutora Karin Barczyszyn, dentista do Hospital, que forneceu as tomografias e fez a implantação e a avaliação final das próteses. Para a fabricação das próteses faciais cinco etapas foram necessárias:

### 2.1 Reconstrução a partir de tomografias

Tomografia Computadorizada (TC) é um exame de diagnóstico por imagem que consiste em imagens que representam uma seção do corpo ou objeto e são fornecidas no formato DICOM (Imaging and Communications in Medicine). Quando juntas constroem um modelo tridimensional e é possível realizar modelagens nas regiões de interesse. O programa brasileiro InVesalius<sup>®</sup> foi utilizado para fazer a reconstrução 3D das imagens. Quando inseridas no programa, é necessária a seleção de faixas de densidade para delimitar as regiões de interesse para a realização das próteses. Neste caso, por se tratar de próteses faciais, as densidades devem abranger toda a região do rosto sendo esse um ponto positivo da utilização das tomografias já que proporcionam uma boa resolução nos detalhes da fisionomia do rosto dos pacientes (FRANCO, 2020), de modo a produzir próteses que se adaptem da melhor forma possível.

As densidades escolhidas para cada um dos pacientes variam, mas na Fig. 1 é possível observar que a faixa de densidade abrange o que equivale à pele de um rosto (-640 a -63 HU - escala de unidade Hounsfield). Em seguida, é gerado o modelo tridimensional da região delimitada pela faixa de densidade e com o modelo criado é possível avaliar se este está ou não de acordo com o desejado, uma vez que a criação da malha pode conter imperfeições na superfície ou conter partes faltantes que são consideravelmente importantes. O próximo passo é a exportação da superfície 3D, no formato STL (STereoLithography), para a criação da prótese adaptada para o paciente.

**Figura 1 – Densidades utilizadas para a criação do rosto tridimensional do paciente**



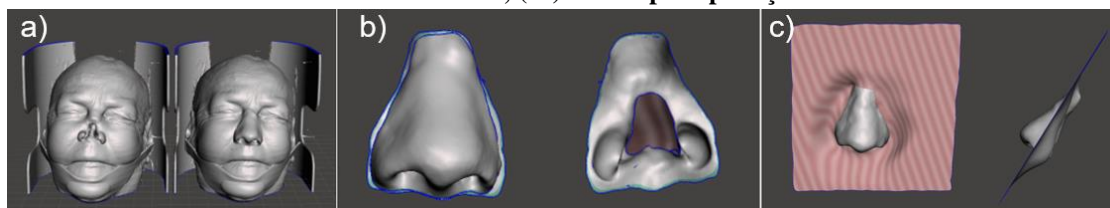
Fonte: Autoria própria (2021)

## 2.2 Correção da malha

A correção da malha e a criação das próteses faciais são realizadas no programa Meshmixer® que tem como principal função a modelagem e correção de superfícies. O primeiro passo é a importação do arquivo, criado na etapa anterior, no programa InVesalius®. Em seguida o paciente escolhe o modelo de nariz que preferir por meio de uma biblioteca de narizes disponibilizada gratuitamente pelo NUFER. Depois da escolha do paciente, o modelo de nariz selecionado é posicionado sobre o rosto virtual, de modo que este cubra toda a região mutilada do rosto (Fig. 2a). É necessário um cuidado minucioso nesta etapa, pois é importante posicionar o nariz de maneira que ele fique o mais natural possível, sem deixar aparecerem detalhes que destaquem que o paciente está usando uma prótese.

A junção da superfície do nariz com a do rosto do paciente para a criação da prótese é a etapa seguinte. Para que seja possível a junção é preciso cortar tanto a malha do nariz quanto a malha do rosto, de modo que fiquem bem próximas uma da outra (Fig. 2b). O fechamento da prótese é feito com as ferramentas disponíveis no programa Meshmixer®. A última etapa é exclusivamente para deixar a prótese mais confortável para o paciente e consiste na diminuição do peso, em gramas, da prótese final. Ou seja, é feita a modelagem para diminuir o peso da prótese. Logo após a finalização da prótese, é criada uma malha que será utilizada na partição do molde. Essa malha deve, obrigatoriamente, passar pelo meio da prótese (Fig. 2c). Em seguida, tanto o modelo da prótese quanto a malha são exportados em STL, para que possam ser utilizados na próxima etapa do processo.

**Figura 2 – Modelagem da prótese (2a) Posicionamento do modelo de nariz; (2b) Junção das superfícies do rosto com o modelo de nariz e; (2c) Malha para partição do molde**

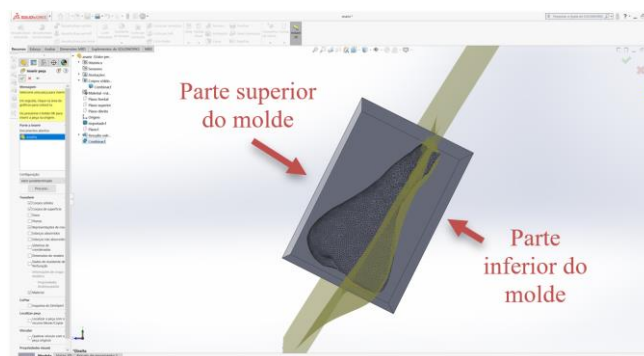


Fonte: Autoria própria (2021)

### 2.3 Modelagem dos moldes

Os moldes utilizados neste trabalho são formados por duas partes, a superior e a inferior. A parte inferior foi definida como a parte da prótese que fica em contato com o rosto do paciente e a superior é a parte que fica exposta. Para a confecção dos moldes foi utilizado o programa Solidworks® e a partição deste foi realizada por meio da malha gerada no programa Meshmixer®. Para que a partição ocorra é necessário primeiramente carregar os arquivos da prótese e da malha em STL (FRANCO, 2020). Em seguida é criado o formato externo do molde de modo que a prótese fique totalmente contida dentro dele. Após isso, é realizada uma operação booleana de subtração da prótese no molde e com a malha criada anteriormente (Fig. 3) e em seguida o molde é dividido em duas partes. O passo seguinte é a criação de canais, no molde inferior, para o vazamento do silicone e para o escape do ar, evitando a formação de bolhas. O último passo realizado no programa SolidWorks® é a exportação das duas partes dos moldes, novamente em STL, para possibilitar a impressão 3D.

**Figura 3 - Molde com malha posicionada**



Fonte: Autoria própria (2021)

### 2.4 Impressão dos moldes

A impressão dos moldes ocorreu no laboratório NUFER e no Hospital Angelina Caron. Os parâmetros utilizados são encontrados na Tabela 1. A impressora 3D por extrusão de material se baseia na extrusão de plástico para formar objetos, previamente modelados no CAD 3D. Para que a impressão ocorresse foi necessário fazer o fatiamento dos modelos dos moldes. Essa etapa foi realizada no programa gratuito Ultimaker Cura 4.6 que é um software de impressão 3D que tem diferentes modos de utilização, sendo possível configurar diversos parâmetros para que o acabamento da peça seja o mais adequado. As impressoras utilizadas foram as Ender-3 Pro, Ender-5 Pro e Ender-3 V2. Os tempos de impressão de cada conjunto de moldes, para cada paciente, e a quantidade de material (em grama) utilizada para a confecção são encontrados na Tabela 2.

**Tabela 1 – Parâmetros de impressão.**

Altura de camada (mm)	0,12
Preenchimento (%)	15
Temperatura da mesa (°C)	60
Temperatura do bico (°C)	200
Velocidade de impressão (mm/s)	65
Material	PLA

Fonte: Autoria própria (2021)

**Tabela 2 – Massas e tempos de impressão.**

	Molde Superior	Molde Inferior
<b>Paciente 1</b>	21 g 4h 05min	12 g 2h 39min
<b>Paciente 2</b>	33 g 6h 16min	19 g 4h 07min
<b>Paciente 3</b>	20 g 4h 14min	15 g 2h 42min

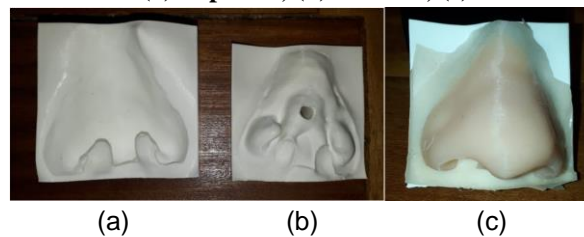
Fonte: Autoria própria (2021)



## 2.5 Prótese em silicone

Esta etapa foi realizada tanto no NUFER quanto no Hospital Angelina Caron. O silicone é o material que apresenta características mais próximas de um material ideal para a confecção de próteses bucomaxilofaciais (BATISTELLA, 2015). O silicone utilizado para o vazamento nos moldes (Fig. 4a e 4b) foi Dragon Skin dureza shore 10 e para dar a coloração similar à pele do paciente foi adicionado pó compacto para maquiagem, pigmentos minerais (tintas) e elementos para dar textura, tirar o brilho e caracterizar a peça de acordo com o tom da pele do paciente e suas particularidades, como manchas, sardas e pequenas imperfeições, que dão aspecto mais natural ao trabalho. Após o silicone endurecer, a prótese é retirada do molde (Fig. 4c). As próteses bucomaxilofaciais são definidas como um ramo da odontologia concentrado na restauração e/ou substituição de estruturas faciais e estomatognáticas por meio do uso de substitutos artificiais que podem ou não ser removidos pelo paciente (GOIATO, 2009). Neste trabalho as próteses finais e definitivas foram moldadas e implantadas pela dentista do Hospital Angelina Caron, Dra. Karin Barcyszyn, especialista na área.

**Figura 4 – Moldes: (a) Superior; (b) Inferior; (c) Prótese de silicone**



Fonte: Autoria própria (2021)

## 3 RESULTADOS

Neste estudo foram realizadas próteses para três pacientes sendo todos casos de próteses de nariz. As próteses finais não foram obtidas na primeira tentativa. Para a melhor adaptação ao rosto do paciente foram feitos em média quatro moldes para cada paciente. Isso foi necessário pois muitas vezes as próteses não se adequavam de maneira perfeita ao rosto e os pacientes, que passam por tratamentos para o combate do câncer, acabaram tendo modificações significativas nas superfícies dos rostos, motivo pelo qual uma nova modelagem e criação de próteses era necessária. Na Fig. 5 é possível ver o paciente sem prótese, a primeira prótese feita (que não teve resultado positivo) e por último, o paciente com a prótese final. As próteses foram todas modeladas com ajuda da Dentista Karin Barcyszyn que auxiliou desde o início na modelagem até a confecção dos moldes, incluindo a caracterização das próteses para melhor adaptação aos rostos dos pacientes. A seguir são mostrados os resultados de dois pacientes.

**Figura 5 – Resultados das próteses**



Fonte: Karin Barcyszyn (2021)



## 4 CONCLUSÃO

O avanço da tecnologia na área médica é fundamental para a melhoria da qualidade de tratamentos e de distintos procedimentos médicos. Os resultados apresentados neste trabalho, assim como o desenvolvimento do método para a confecção de moldes de próteses de nariz se mostraram bastante viáveis. A principal vantagem é a diminuição do tempo para a confecção das próteses, sendo que, em média, todo o processo não demora mais de uma semana. Em contrapartida, é necessário ter profissionais na área de modelagem com conhecimento suficiente para realizar os trabalhos de reconstrução 3D e modelagem (parte que demanda mais tempo).

Outro aspecto positivo do método é a reutilização dos moldes, ou seja, caso o paciente danifique ou perca a prótese, não é necessária uma nova modelagem, basta utilizar novamente o molde específico do paciente e a prótese poderá ser fabricada. Essa etapa reduz muito o tempo da fabricação da prótese quando se compara ao método tradicional.

O que, às vezes, dificulta o processo de confecção das próteses é a falta de qualidade da tomografia. As imagens tomográficas, nem sempre são geradas na qualidade necessária para a criação das próteses personalizadas, mas isso pode ser resolvido se os técnicos que operam o equipamento forem orientados a utilizar parâmetros que garantam maior nitidez nas imagens.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao apoio financeiro do Cnpq, à UTFPR, ao professor orientador José Aguiomar Foggiatto, a Dra. Karin Barczyszyn e aos colegas do NUFER.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, L. G.; BAÍA, L. O.; OLIVEIRA, M. S. et al. **Órteses e Próteses Aplicadas à Tecnologia 3D na Saúde: uma revisão sistemática.** LIVRO TECNOLOGIA 3D NA SAÚDE. 95p. SEDIS UFRN. 2018.
- BATISTELLA, Elis Ângela. **Silicones Utilizados em Próteses Bucomaxilofaciais Extraorais: Uma Revisão de Literatura.** 2015. 52 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso, em Odontologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015
- FRANCO, Felipe Mateus. **Modelagem Virtual de Próteses Óculo-Palpebral de Silicone, fabricada por Molde Impresso 3D.** Artigo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020.
- GOIATO, M.C. et al. **Evaluation of Hardness and Surface Roughness of Two Maxillofacial Silicones Following Disinfection.** Braz Oral Res, Araçatuba, v. 23, n. 1, p.49-53, 2009.
- ROSA, Flávia G. **Fixação de Próteses Facial em Pacientes Oncológicos: Revisão Sistemática.** 2007. 52 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.