

UM ESTUDO DE PROCESSOS DE BAIXO CUSTO DE DIGITALIZAÇÃO E RECONSTRUÇÃO DIGITAL 3D VISANDO APLICAÇÕES EM BIOMODELOS

Joice Paloma Faria¹; Wanderson de Oliveira Leite²

¹ Bolsista de Iniciação Científica PIBIC do IFMG, Curso Bacharel em Engenharia Mecânica, IFMG Campus Betim, Betim - MG; joicepaloma09@gmail.com.

² Orientado, Docente, Área de Mecânica, IFMG Campus Betim, Betim – MG; wanderson.leite@ifmg.edu.br.

RESUMO

Com o aumento da expectativa de vida da população há uma crescente demanda pela substituição de partes do corpo humano, exigido com maior frequência, que elas, sejam corrigidas ou substituídas com o uso de prótese, ortoprótese e dispositivos ortopédicos. Para isto, se faz necessário o uso de metodologias de Desenvolvimento de Produto e técnicas capazes de transferir para o meio digital, informações morfológicas e aspetos ergonômicos do corpo humano. Neste contexto, trabalho apresenta parte de um projeto de pesquisa que pretendeu pesquisar e implementar uma metodologia para, primeiramente, auxiliar na reconstrução digital 3D visando produzir modelos 3D provenientes de dados de um paciente/indivíduo específico, e posteriormente, utilizar estes biomodelos para adequar o projeto de próteses a antropometria do indivíduo. Para tal, com foco em sistemas de baixo custo ou gratuitos, foi testado e aplicado um sistema de digitalização 3D e alguns softwares e ferramentas computacionais gratuitos. Concluído o trabalho apresentamos o redesigner virtual de um produto fundamentado nos dados de modelos 3D de partes do corpo um sujeito.

INTRODUÇÃO:

Segundo Andrade (2016) a confecção de próteses customizadas, com dimensões e formas adequadas para a correção de cada tipo de defeito, permite o uso cada vez mais abrangente do material aloplástico. Para que seja possível a replicação de estruturas anatômicas de forma fidedigna, seja na forma virtual ou física, são utilizados procedimentos médicos. Assim, por exemplo, a partir de um conjunto de imagens bidimensional (2D) obtidas com equipamentos de TCTomografia Computadorizada (mais adequada para tecidos densos como os ósseos) ou RMRessonância Magnética (para tecidos moles) e disponibilizados no formato do sistema como, Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) (ou comunicação de imagens digitais em medicina) os dados físicos do paciente são transportados para meio digital (REVOREDO, 2017). A customização pode ser auxiliada pela prototipagem rápida; esta consiste na impressão tridimensional de um modelo compatível com a estrutura anatômica a ser reconstruída, obtido por meio de reconstrução virtual de imagens tomográficas obtidas do paciente. Através destes protótipos, que apresentam de forma fidedigna o defeito, as próteses customizadas são confeccionadas, tornando todo o processo de tratamento mais eficiente, reduzindo o tempo cirúrgico, perda sanguínea e risco de infecção pós-operatório, além de maior previsibilidade da reconstrução do esqueleto ósseo.

Complementar ao exposto, a digitalização tridimensional (3D) é uma tecnologia que obtém dados de objetos físicos para gerar modelos tridimensionais digitais, com auxílio de softwares, que permitem a obtenção de curvas, texturas e detalhes de superfícies com grande precisão. As informações obtidas, a partir de estudos de modelos tridimensionais gerados pela digitalização do corpo humano, podem ser utilizadas, por exemplo, em projetos de produtos para Tecnologia Assistiva (TA), que requerem dados mais precisos e personalizados (BENDLER, 2016).

Neste cenário, a associação destas e outras tecnologias / softwares são usadas para a obtenção do modelo 3D do “elemento” em estudo do paciente ou biomodelos. (MARTINS *et al.*, 2016). Os biomodelos computacionais são definidos como modelos 3D provenientes de dados de um paciente específico e utilizados para aplicações médicas e educacionais diversas (GIBSON *et al.*, 2006). Os biomodelos vem sendo usados nas mais diversas áreas, como por exemplo na saúde, ajudando em cirurgias e melhor estado clínico dos pacientes. Entretanto, mesmo utilizando modelos já testados e padronizados, eles sempre necessitaram de adaptações ergonômicas e/ou adaptação a morfologia ao paciente sendo que, no caso de produtos personalizados as mesmas adaptações são necessárias (SILVA *et al.*, 2004).

Assim sendo, este trabalho apresentamos parte de uma pesquisa sobre o estudo da sistematização de uma metodologia de reconstrução digital 3D utilizando sistemas de baixo custo, para desenvolver biomodelos, especificamente, para a área de prótese, ortoprótese e dispositivos ortopédicos. Por meio desta pesquisa foi possível, desenvolver as expertises básicas necessárias, capacitar o grupo de trabalho e desenvolver e personalização o protótipo computacional 3D de um produto

METODOLOGIA:

Os trabalhos se deram início através de pesquisa Bibliográfica e do Estado da Arte nos sites CAPES/CAFE e GOOGLE SCHOLAR. A busca no site CAPES/CAFE, utilizando como assunto para as buscas "Reconstrução"OR "Digitalizacao"AND "3D"OR "TRIDIMENSIONAL"OR "BIOMODELOS", essa primeira busca teve um total de 166 periódicos encontrados. As pesquisas realizadas no site GOOGLE SCHOLAR, com a sintaxe de busca "Reconstrução OR Digitalização AND 3D OR "TRIDIMENSIONAL AND BIOMODELOS"e "Reconstrução OR Digitalização AND 3D OR TRIDIMENSIONAL OR BIOMODELOS AND PROTESE OR ORTOPROTESE.

Todas as pesquisas realizadas tiveram como base a partir do ano de 2015, até 2020, por estarmos em buscas de metodologias mais atuais. Nestes processos. Foram encontrados 284 artigos, e com base nesses artigos foram realizados outros níveis de seleção, que teve por objetivo reunir apenas os que se adequavam ao propósito da pesquisa, ou seja, utilizando mecanismos de baixo custo. Após essa nova seleção, totalizam 40 artigos elegíveis, dentre estes 25 foram utilizados como referências procedimentais ou bibliográficas para a pesquisa.

A condução dos estudos da pesquisa, foram utilizados dados coletados previamente por scaneamento 3D de outros pesquisadores. Especificamente se utilizou os dados apresentados na pesquisa de Jiménez (2021), coletados por Campus Rubio¹, Rodrigues Jiménez (2021) e Rivera². Assim, a digitalização/Esaneamento 3D foi realizada utilizando o Kit Intel RealSense™ Developer Kit: SR300 Depth Câmera da fabricante Intel,

Figura 1.



Figura 1 - Câmera Intel® RealSense™ SR300 e suas partes
Fonte: Jiménez (2021).

Segundo Jiménez (2021), por não ter a aprovação previa do comitê de ética para trabalhar com estudo de caso, optou por se utilizar como modelo um dos integrantes do processo de digitação 3D, no qual foi realizado o escaneamento de um membro superior direito, e também, de uma mão direita, para simular uma amputação transradial, a fim de obter um modelo que mostre um membro afetado e uma mão não afetada, e assim obter os dados (escaneamento 3D) iniciais da pesquisa. Na **Figura 2** é apresentado esquematicamente o processo de scaneamento utilizado para braço (A) e da mão (B).

¹ CAMPUS RUBIO, JUAN CARLOS: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS / ESCOLA DE ENGENHARIA / DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA.

¹ RIVERA, ANDREA DEL PILAR FABRA: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS / PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA



Figura 2 - Digitalização 3D do braço e da mão.
Fonte: Jiménez (2021).

Com vemos na

Figura 3.a, os dados originais resultavam em um modelo com diversas imperfeições, assim, utilizamos a ferramenta *Sculpt*, recurso *Brushes*, função *Drag* do software,

Figura 3.b, para fazer as devidas correções e limpezas da nuvem de pontos/malha. Também, tal recurso foi utilizado no modelo da mão,

Figura 3.c e d.

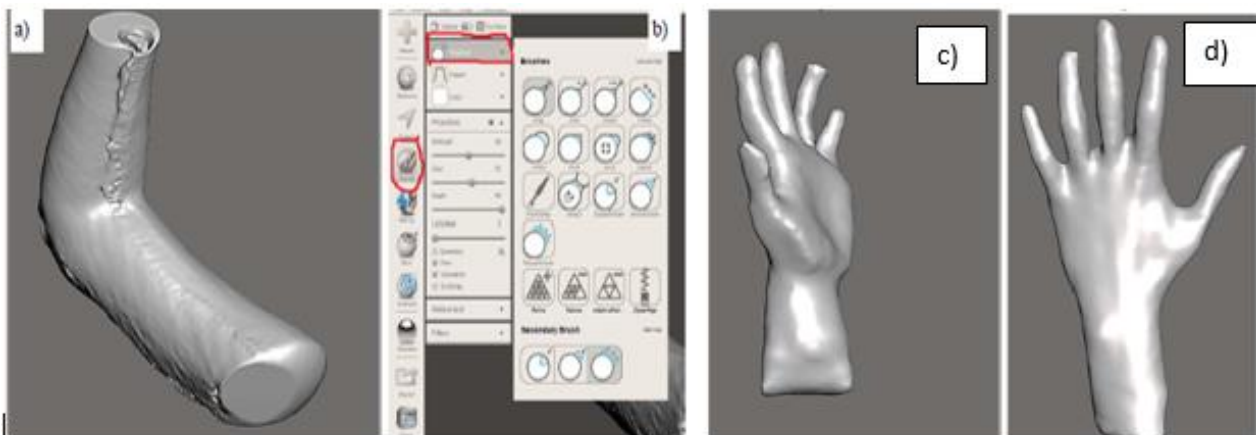


Figura 3 -Correções de dados do Braço original. a) Braço Original; b) ferramenta; c) e d) Correções de dados: Mão original.

Fonte: Próprios Autores

Ao mesmo tempo, com já descrito, os modelos possuíam diversos erros nos dados digitalizados (ou seja, na nuvem de pontos original), gerando no modelo computacional superfícies desconexas, quinas e rasgos/aberturas. Para tratamento e correção destes problemas foram utilizadas diversas funções ou recursos das ferramentas *Sculpt* e *Edit* do software. Após fazer os tratamentos, “limpeza” e correções na malha gerada pelos dados originais, ou seja, os ajustes e eliminação de erros nas “nuvens de pontos” e

desenvolvimento de novas superfícies da malha 3D, estes novos arquivos computacionais de dados tratados e melhorados, foram convertidos em modelos de sólido tridimensionais, ou seja, nos respectivos modelos computacionais 3D provenientes de dados de um “paciente” específico ou biomodelos computacionais que podem ser utilizados para aplicações médicas e educacionais diversas, **Figura 4**.

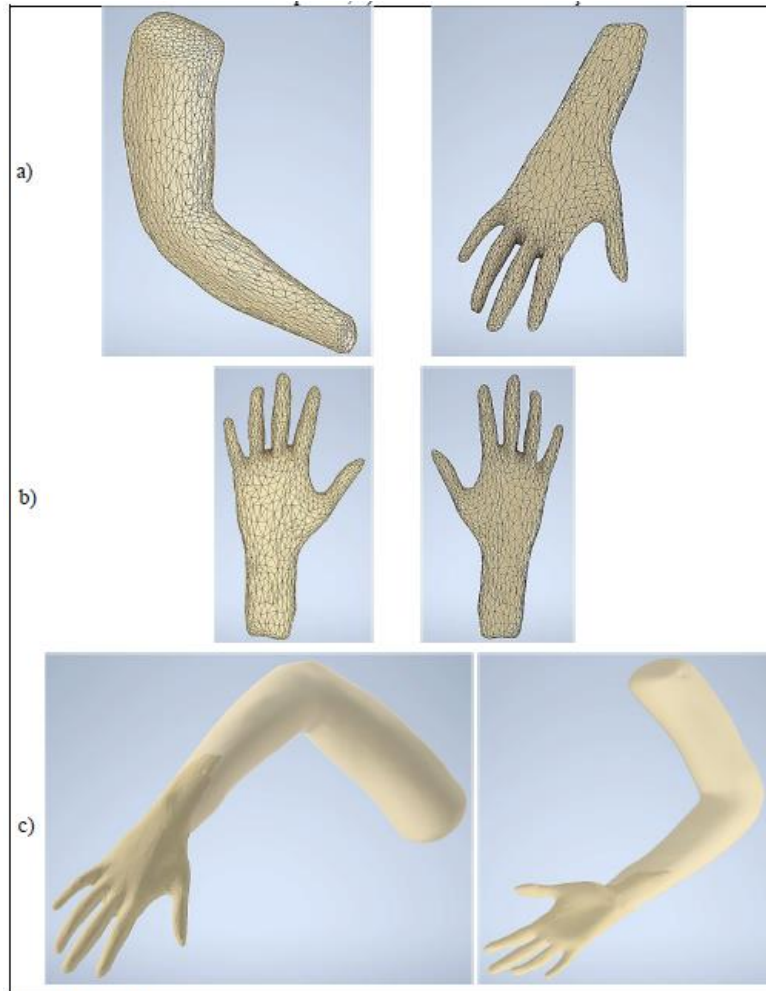


Figura 4 - Criação do biomodelo braço+mão: a) migração dos biomodelos; c) geração do modelo final.
Fonte: Próprios Autores

Por fim, foi desenvolvido o redesigner (personalizado) e adequação antropométrica do projeto da prótese selecionada ao modelo computacional 3D provenientes dos dados tratados e otimizados (biomodelo desenvolvido). Assim, na **Figura 45** é apresentado o resultado final da prótese sobre o biomodelo do membro superior direito.



Figura 5 - ReDesigner da Prótese: Visão Geral e simulação virtual de montagem em uso

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

De forma geral, com relação aos biomodelos, podemos relatar que, intrinsecamente ao processo de limpeza, correções e otimização deles algumas características dos arquivos de dados sofreram alterações como o centro de massa e volume total. No modelo do membro superior do braço direito, o biomodelo gerado apresentou significativamente um ganho computacional de processamento de dados e gráfico, além de ter seu tamanho computacional reduzido significativamente. A **Figura 66** apresenta comparações entre o modelo original em malha triangular 3D e o biomodelo sólido 3D.

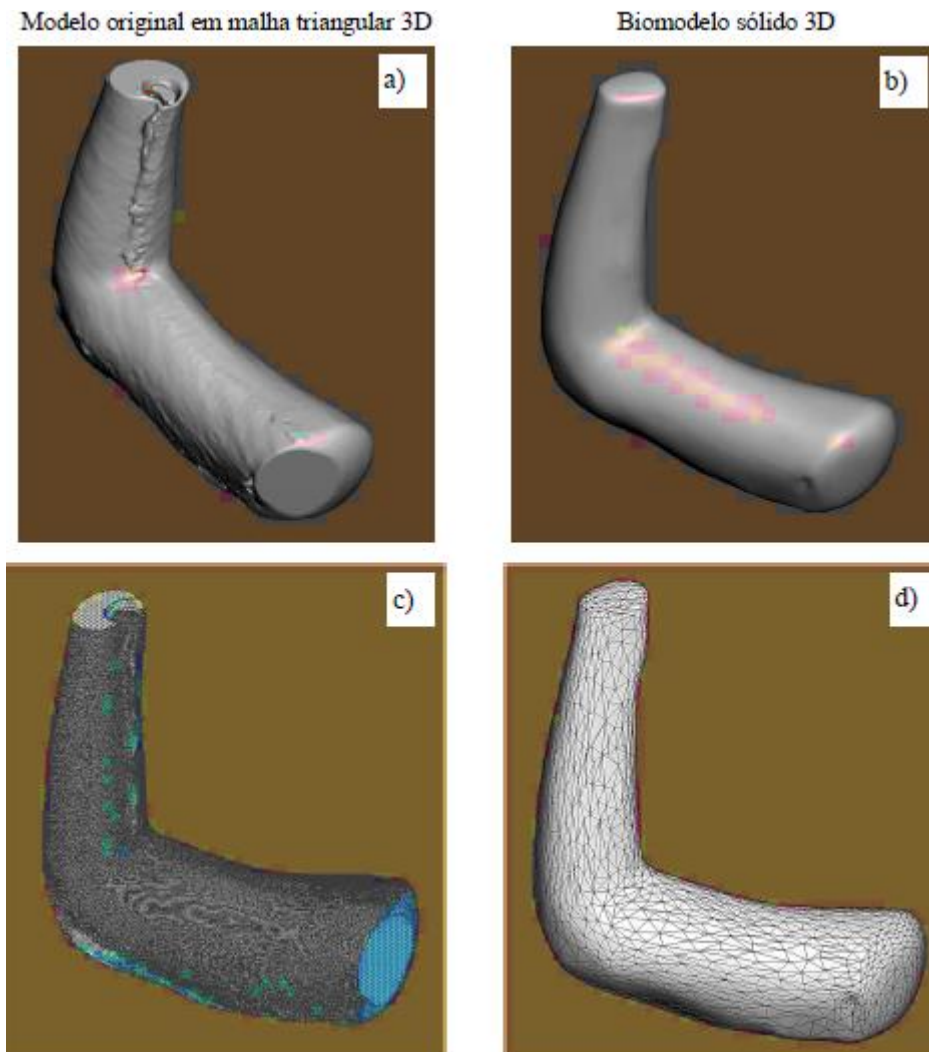


Figura 6 - Comparativo dos Modelos do Braço direito: Modelo de Fonte: Próprios Autores

Podemos observar comparando a **Figura 66.a**.vs **18.b** que diversos ruídos e falhas de malha triangular existente nos dados originais como, ausência de pontos, fissuras da malha e protuberâncias foram corrigidos na fase de Tratamentos de dados de Escaneamento (3.3). Já **Figura 6** 18.c verificamos uma elevada quantidade de vértices e triângulos da malha triangular 3D original, o que por vezes, dificultava o processamento computacional do modelo, já na **Figura 18.d** aferimos que a otimização da malha 3D realizada gerou um biomodelo sólido 3D com uma quantidade reduzida de triângulos e vértices em sua superfície.

Ao mesmo tempo, o biomodelo gerado, via dados do membro da mão direita, da mesma forma, apresentou significativamente um ganho computacional de processamento de dados e gráfico, além de ter seu tamanho computacional reduzido. A **Figura 77** apresenta comparações entre o modelo original em malha triangular 3D e o biomodelo sólido 3D.

Assim, na **Figura 77.a**.vs **Figura 77.b** constatamos que os ruídos da malha triangular 3D dos dados originais, protuberâncias principalmente, foram minimizados no processo de tratamentos de dados (3.3), e ainda, na **Figura 77.c** entrevermos que havia uma elevada quantidade de triângulos da malha 3D original, os quais, foram aprimorados conforme apresentado na **Figura 77.d**. Então, de maneira similar, verificamos que o processo de otimização utilizado gerou um biomodelos sólido 3D, melhorado.

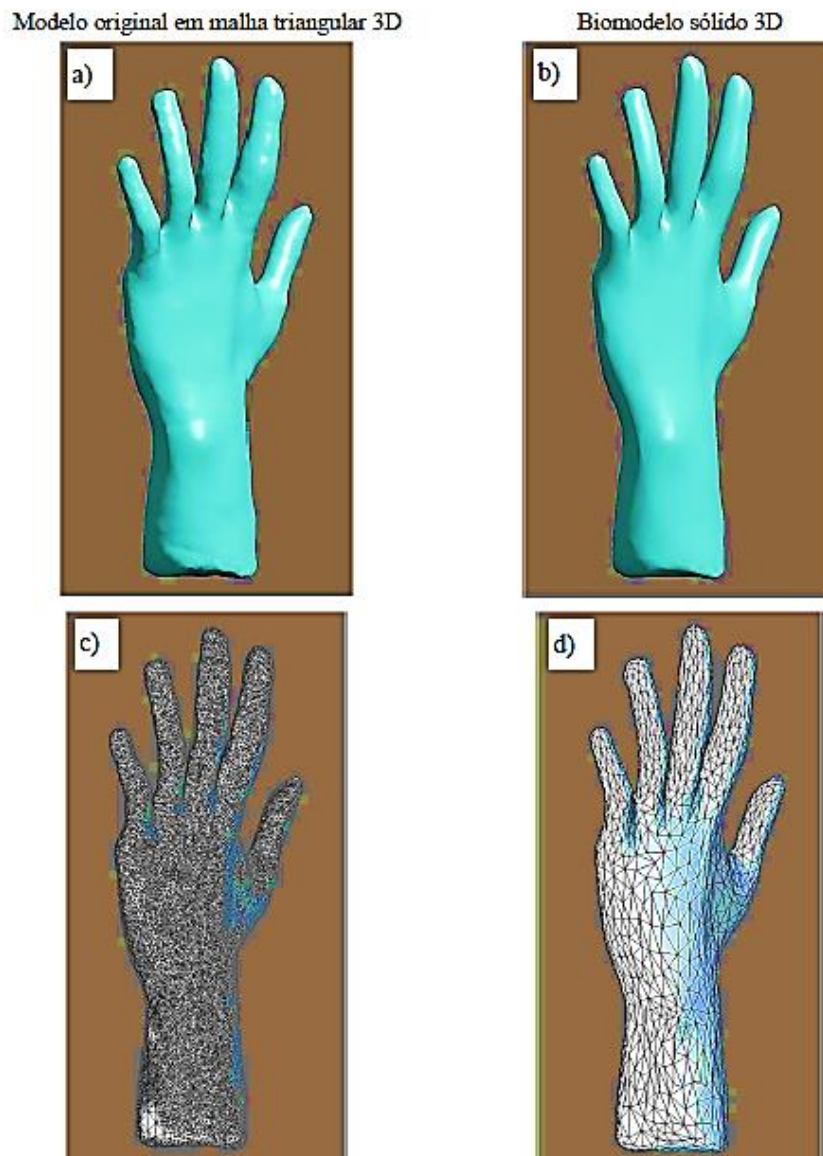


Figura 7 -Comparativo dos Modelos da mão direita: Modelo de Malha Triangular 3D vs Biomodelos Sólido 3D

Fonte: Próprios Autores

Por fim, o redesigner (personalizado) e adequação antropométrica do projeto da prótese demonstrado na **Figura 5**, apresentou, via projeto 3D virtual uma solução satisfatória aos objetivos da pesquisa.

CONCLUSÕES:

Primeiramente, destacamos que os resultados obtidos neste trabalho, dentro das possibilidades (Pandemia Covid-19 e Ensino Remoto Emergencial), foram os mais adequados e proveitosos. Ainda, no decorrer do trabalho apareceram alguns imprevistos que inviabilizaram realizar o projeto conforme o planejado inicialmente. A principal alteração/dificuldade que teve tivemos no trabalho, foi escaneamento dos objetos, como as atividades foram realizadas de forma remota, não foi possível utilizar o laboratório do Campus. Para mitigar este imprevisto, os dados obtidos para o desenvolvimento dos trabalhos, foram cedidos por outros pesquisadores, conforme referenciado neste documento. Com estes dados foi possível alcançar o objetivo esperado ao longo do projeto. Outra etapa que perdurou muitas horas de capacitação, testes e pesquisas foi o tratamento de dados escaneados. Os dados, precisaram passar por vários tratamentos para chegar na modelagem final desejada.

Com relação aos biomodelos 3D, podemos concluir que após diversos testes de tratamento de dados, simulações computacionais e conversões de formatos, as melhorias e otimizações realizadas nos dados originais dos modelos, foram capazes, de gerar biomodelos 3D que alcançaram resultados satisfatórios, dentro do que se foi previsto. Ainda, que estes novos modelos 3D possibilitaram trabalhar com softwares gratuitos e/ou educacionais em computadores de baixo custo e sem recursos gráficos avançados.

Sobre o redesigner do projeto da prótese, concluímos que, a metodologia desenvolvida conseguiu gerar dados computacionais do indivíduo de maneira suficiente para processar, inicialmente, adaptações antropométricas no produto de forma adequada a proposta da pesquisa.

Por fim, ressaltamos que por impossibilidade de tempo e dificuldades técnicas na aquisição dos insumos para impressão 3D, não foi possível fabricar componentes da prótese. Ao mesmo tempo, destacamos este ponto como possibilidade de trabalhos futuros ou continuidade da pesquisa, ou seja, desenvolvimento e impressão 3D de próteses adaptadas aos biomodelos 3D.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ANDRADE, Eduardo de Lima; ZERBINATI, Livia Prates Soares. **Extensa reconstrução craniofacial com próteses em polimetilmetacrilato**. 2016.

BENDLER, Clariana Fischer; TEIXEIRA, Fábio Gonçalves. Método para obtenção de medidas antropométricas utilizando um digitalizador 3D de baixo custo. **Design & Tecnologia**, v. 6, n. 11, p. 53-67, 2016.

GIBSON, I; *et al.* **The use of rapid prototyping to assist medical applications**. Rapid Prototyping Journal, V. 12, n.1, pp. 53-58, 2006.

MARTINS *et al.* **Reconstrução digital e prototipagem rápida visando a área médica**. VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, PR, 2016.

REVOREDO, Eliane Cristina Viana. **Obturador palatino transcirúrgico confeccionado por meio da prototipagem de pacientes com neoplasias**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

RODRÍGUEZ JIMÉNEZ, Francys Marcel. **Implementação da Metodologia Design Thinking no Desenvolvimento de uma Prótese Robótica de Membro Superior**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Mecânica, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

SILVA, J. V. L. S. *et al.* **As Tecnologias CAD-PR (Prototipagem Rápida) na Reconstrução de Traumas de Face**. III Congresso Iberoamericano IBERDISCAP - Tecnologia de Apoyo a la Discapacidad, San José, Costa Rica, 2004.