

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 07/12/2018.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MARCELO AUGUSTO ROZAN DOS SANTOS

ENGENHARIA REVERSA: um método orientado a imobilizadores ortopédicos

Ilha Solteira
2016

MARCELO AUGUSTO ROZAN DOS SANTOS

ENGENHARIA REVERSA: um método orientado a imobilizadores ortopédicos

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Área de Conhecimento: Materiais e Processos de Fabricação.

Prof. Dr. Ruís Camargo Tokimatsu
Orientador

Ilha Solteira
2016

FICHA CATALOGRÁFICA

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S237e Santos, Marcelo Augusto Rozan dos.
Engenharia reversa: um método orientado a imobilizadores ortopédicos /
Marcelo Augusto Rozan dos Santos. – Ilha Solteira: [s.n.], 2016
95 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Materiais e Processos de
Fabricação, 2016

Orientador: Ruís Camargo Tokimatsu
Inclui bibliografia

1. Engenharia reversa. 2. Órteses. 3. Imobilizadores ortopédicos. 4.
Manufatura aditiva. 5. Impressão 3D.

FOLHA DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ENGENHARIA REVERSA: um método orientado a imobilizadores ortopédicos

AUTOR: MARCELO AUGUSTO ROZAN DOS SANTOS

ORIENTADOR: RUIS CAMARGO TOKIMATSU

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ENGENHARIA MECÂNICA, área: MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RUIS CAMARGO TOKIMATSU

Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Profa. Dra. CECILIA AMELIA DE CARVALHO ZAVAGLIA

Faculdade de Engenharia Mecânica / UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

PÓS-DOUTORANDA MARIA APARECIDA LAROSA

Departamento de Engenharia Mecânica / UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Ilha Solteira, 07 de dezembro de 2016

DEDICATÓRIA

DEDICO

A minha esposa Claudiane de Almeida Ferreira Rozan, minha companheira por todos estes anos e que sempre está ao meu lado nos momentos mais difíceis me possibilitando mais essa conquista, exemplo de vida fundamental para a minha vida pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus,

Pela força espiritual para a realização desse trabalho.

Aos meus pais Wiliam Robert Camacho dos Santos e Maria Helena Rozan dos Santos,

Pelo eterno orgulho de nossa caminhada, pelo apoio, compreensão, ajuda, e, em especial, por

Todo carinho ao longo deste percurso.

A minha esposa Claudiane de Almeida Ferreira Rozan a meus filhos Lucas e Gabriela,

Pelo carinho, compreensão, paciência e pela grande ajuda.

Aos meus amigos e colegas de curso,

Pela cumplicidade, ajuda e amizade.

Em especial a minha prima Priscila Cuzziol, pela grande ajuda e os esforços quando precisei.

Aos professores Dr. Amarildo Tabone Paschoalini, Dra. Maria Aparecida Larosa e

Dra. Cecília A. C. Zavaglia que disponibilizaram seu tempo para participarem da

Banca de Qualificação e Defesa do Mestrado, é uma honra tê-los como avaliadores!

E finalmente ao professor Dr. Ruís Camargo Tokimatsu,

Pela dedicação, esforços, paciência e orientação deste trabalho.

“Se A é o sucesso, então A é igual a X mais Y mais Z. O trabalho é X; Y é o lazer; e Z é manter a boca fechada”.

Albert Einstein.

RESUMO

Na área da ortopedia a busca por novos avanços tecnológicos tem sido muito pouco e as pessoas que necessitam de dispositivos como órteses acabam sofrendo mais devido ao alto custo dos aparelhos ortopédicos. A maioria da população que possui patologias sofre por não ter renda suficiente para adquirir esses dispositivos e acabam agravando essas patologias. Este estudo busca inovar e propor a utilização de novas tecnologias para desenvolver órteses a essa população de baixa renda. Uma tecnologia de custo baixo e que possa ser implementada na rede pública. Através das análises feitas pelos profissionais da área como ortopedistas e terapeutas nas imagens bidimensionais dos exames do paciente consultados, com a utilização de aparelhos com a técnica de Engenharia Reversa será possível digitalizar o membro afetado ou posicioná-los de forma adequada para que seja tirado o molde da órtese personalizada. Esses aparelhos permitem utilizar dados de exames já feitos como Ultrassom, Ressonância Magnética, Tomografia ou Raio X e convertê-los em modelos tridimensionais. O objetivo deste projeto é utilizar essas técnicas de Engenharia Reversa para digitalizar o membro que necessite de auxílio e confeccionar as órteses com a tecnologia de Manufatura Aditiva, uma tecnologia que vem se desenvolvendo rapidamente nesses últimos anos e permitindo fabricar diretamente qualquer peça ou objeto através de um arquivo tridimensional modelado. Nos dias atuais, a Manufatura Aditiva tem sido utilizada em diversas áreas como Arquitetura e Artes, Design de Produtos, Engenharia Mecânica, entre outros. Já na área da Medicina essa tecnologia tem sido utilizada para confecção de biomodelos, próteses e até mesmo impressões tridimensionais de regiões internas do corpo como um crânio para que os cirurgiões possam estudar o paciente antes mesmo de operá-los, reduzindo assim horas de cirurgias. Este trabalho permitiu a criação de protótipos de órteses com a função de imobilizar os membros inferiores e superiores. Para a confecção do imobilizador para o membro inferior foi utilizado um exame de Tomografia Computadorizada em linguagem (DICOM) disponível pela empresa OsiriX. A partir destas imagens foi criado um modelo tridimensional pelo software livre chamado InVesalius 3.0 e modelado em outro software livre chamado Meshmixer para assim ser impresso em 3D. Para a confecção do segundo imobilizador do membro superior, foi utilizado o aparelho Kinect One que digitalizou o membro superior e exportou o molde para o software Meshmixer, assim foi modelado e pode ser impresso na impressora 3D Prusa I3 que utiliza a técnica de Modelagem por Fusão e Deposição (FDM).

Palavras-chave : Engenharia Reversa. Órteses. Imobilizadores ortopédicos. Manufatura Aditiva. Impressão 3D.

ABSTRACT

In the area of orthopedics the search for new technological advances has been very little and people who need devices such as orthotics end up suffering more due to the high cost of orthopedic appliances. Most of the population that has pathologies suffers from not having enough income to acquire these devices and end up aggravating these pathologies. This study seeks to innovate and propose the use of new technologies to develop orthotics for this low income population. A low cost technology that can be implemented in the public network. Through the analyzes made by professionals of the area as orthopedists and therapists in the two-dimensional images of the patient's examinations consulted, using devices with the Reverse Engineering technique it will be possible to scan the affected limb or position them properly so that the Personalized bracing template. These devices allow you to use data from exams already done such as Ultrasound, MRI, Tomography or X-ray and convert them into three-dimensional models. The objective of this project is to use these Reverse Engineering techniques to digitize the limb in need of assistance and to make the orthoses with Additive Manufacturing technology, a technology that has been developing rapidly in recent years and allowing to manufacture directly any part or object through A three-dimensional modeling file. Nowadays, Additive Manufacturing has been used in several areas such as Architecture and Arts, Product Design, Mechanical Engineering, among others. In the area of Medicine, this technology has been used to make biomodelos, prostheses and even three-dimensional impressions of internal regions of the body like a skull so that the surgeons can study the patient before even operating them, thus reducing hours of surgeries. This work allowed the creation of prototypes of orthoses with the function of immobilizing the lower and upper limbs. A Computerized Tomography (DICOM) examination was performed by the company OsiriX to prepare the immobilizer for the lower limb. From these images was created a three-dimensional model by free software called InVesalius 3.0 and modeled in other free software called Meshmixer to be printed in 3D. For the manufacture of the second immobilizer of the upper limb, the Kinect One device was used, which scanned the upper limb and exported the mold to the Meshmixer software, so it was modeled and can be printed on the Prusa I3 3D printer that uses the Fusion Modeling technique And Deposition (FDM).

Keywords : Reverse Engineering, Orthotics. Orthopedic immobilizers. Additive Manufacturing, 3D printing.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Terminologia para membros inferiores.....	21
Figura 2 - Terminologia seguindo a anatomia das articulações.	22
Figura 3 - Regiões afetadas do corpo	23
Figura 4 (A, B) - Paciente com lesão flácida e com seu adequado posicionamento com o AFO dinâmico	25
Figura 5 - AFO dinâmico pré-fabricado	25
Figura 6 - Órtese para punho	27
Figura 7 - Órtese para punho e polegar	28
Figura 8 - Órtese para polegar	28
Figura 9 - Órtese punho/mão/dedos para posicionamento funcional	29
Figura 10 - Órtese para metacarpo	30
Figura 11 - Sequencia básica das fases de engenharia reversa para geometrias	31
Figura 12 - Engenharia Reversa - Processo Geral.....	32
Figura 13 - Varredura feita pelo contato de uma sonda	33
Figura 14 - Métodos de RE por contato	34
Figura 15 - Aparelho digitalizador ponto-a-ponto MicroScribe MX	35
Figura 16 - Roland DGA Corp. MDX-15/20 scanning	36
Figura 17 - Digitalização óptica sem contato	37
Figura 18 - Sistema de sonda vs. Laser	37
Figura 19 - Classificação de Hardware por métodos de RE sem contato	38
Figura 20 - Equipamento de RM MagnetomEssenza.....	39
Figura 21 - Exemplos de Imagens digitais por Tomografia Computadorizada.....	40
Figura 22 - Software brasileiro InVesalius®.....	41
Figura 23 - Princípios da digitalização tempo de voo	42
Figura 24 - Dispositivo Kinect One mais adaptador para computador desenvolvido pela empresa Microsoft	42
Figura 25 - Princípio do Processo SL.....	44
Figura 26 - Princípio do Processo SLS.....	45
Figura 27 - Princípio do Processo 3D Printer.....	46
Figura 28 - Princípio do Processo por FDM	47
Figura 29 - Importação de arquivo no programa Slic3r	51

Figura 30 - Fatiamento de um modelo pelo Slic3r.....	52
Figura 31 - Limite de Impressão	53
Figura 32 - Geometrias complexas.....	54
Figura 33 - Utilização de skirt no modelo 3D	55
Figura 34 - Utilização de Brim no modelo 3D	55
Figura 35 - Utilização do Infill	56
Figura 36 - Utilização do Material de Suporte	57
Figura 37 - Exemplo de objetos impressos com PLA	58
Figura 38 - Exemplo de objeto impresso com ABS.....	60
Figura 39 - Exemplo de objeto impresso com Nylon.....	61
Figura 40 - Interface do software InVesalius	62
Figura 41 - Interface do <i>software 3D build</i> ferramenta digitalização 3D.....	63
Figura 42 - Interface do software 3D Buider.....	64
Figura 43 - Interface do software <i>Meshmixer</i>	64
Figura 44 - Impressora 3D Prusa I3 utilizada na impressão dos Protótipos de AM	65
Figura 45 - Ilustração do Notebook Dell Inspiron 15R.....	66
Figura 46 - Importação de imagens DICOM.....	67
Figura 47 - Convertendo imagens DICOM em modelo tridimensional.....	68
Figura 48 - Exportando superfície 3D	68
Figura 49 - Limpeza do modelo 3D.....	69
Figura 50 - Ajustes e edição do modelo	70
Figura 51 - Seleção do formato do imobilizador.....	70
Figura 52 - Aplicação do comando <i>edit/offset e separate</i>	71
Figura 53 - Criação das partes fixas do imobilizador.....	72
Figura 54 - Modelagem da superfície do imobilizador	72
Figura 55 - Criação de colmeias através das superfícies reduzidas.....	73
Figura 56 - Ajustes e modelagem das partes	73
Figura 57 - União das partes separadas	74
Figura 58 - Análise final do protótipo modelado com o pé.....	74
Figura 59 - Exportação do arquivo em extensão para <i>software</i> de fatiamento.....	75
Figura 60 - Modelo importado com sucesso e ajustado para impressão	76
Figura 61 - Divisão de partes respeitando o limite da impressora 3D.....	76
Figura 62 - Importação do modelo no <i>software Repetier</i>	77

Figura 63 - fatiamento do modelo tridimensional	77
Figura 64 - Fatiamento das camadas da base do imobilizador	78
Figura 65 - Fatiamento parte superior do imobilizador	78
Figura 66 - Processo de digitalização 3D do membro superior (mão esquerda).....	79
Figura 67 - Sequência do processo de ajustes e modelagem do imobilizador ortopédico para o membro superior.....	80
Figura 68 - Sequência do processo de modelagem do imobilizador	81
Figura 69 - Sequência do processo de combinação da colmeia e ajustes para impressão 3D..	82
Figura 70 - Sequência do processo da AM do imobilizador ortopédico	83
Figura 71 - Modelo digitalizado tridimensional por Engenharia Reversa.....	84
Figura 72 - Imobilizador ortopédico para o membro inferior	84
Figura 73 - Imobilizador ortopédico concluído	85
Figura 74 - Imobilizador ortopédico sendo impresso pela tecnologia FDM.....	85
Figura 75 - Impressão de uma das partes do imobilizador	86
Figura 76 - Imobilizador ortopédico para membro superior	86
Figura 77 - Imobilização do membro superior	87
Figura 78 - Imobilizador para membro superior	87
Figura 79 - Imobilizador para o polegar	88
Figura 80 - Protótipo de uma tala para imobilização do dedo indicador.....	88
Figura 81 - Protótipo de uma mão impressa pela Manufatura Aditiva.	89
Figura 82 - Protótipo de uma órtese para a imobilização do nariz	89
Figura 83 - Aplicação da órtese para o nariz	90

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

3DFILE	Arquivo tridimensional
3DPRINTER	Impressão Tridimensional
ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
AFO	Ankle Foot Orthose
AM	Manufatura Aditiva
AVC	Acidente Vascular Cerebral
CAD	Desenho Auxiliado por Computador
CAE	Engenharia Auxiliado por Computador
CAM	Manufatura Auxiliado por Computador
CMM	Máquina de Medição por Coordenada
CNC	Controle Numérico Computadorizado
CO2	Dióxido de Carbono
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
EWHO	Elbow Wris Hand Orthose
FDM	Modelagem por Fusão e Deposição
GPL	Licença Pública Geral
HKAFO	Hip Knee Ankle Foot Orthose
KAFO	Knee Ankle Foot Orthose
OBJ	Object File Wavefront 3D
PE	Polietileno
PLA	Poli (ácido-láctico)
PP	Polipropileno
RE	Engenharia Reversa
RGO	Reciprocating Gait Orthose
RM	Ressonância Magnética
SGM	Standard Generalized Markup Language
SL	Estereolitografia
SLS	Sinterização Seletiva à Laser
STL	Structure Triangular Languagem
TC	Tomografia Computadorizada
TOL	Tempo de Voo

TLSO	Thoracic Lumbar Sacral Orthose
UV	Ultravioleta
WHO	Wris Hand Orthose

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral.....	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	ÓRTESES	17
2.1.1	Materiais para órtese.....	19
2.1.2	Terminologia	20
2.1.3	Órteses para membros inferiores	24
2.1.3.1	<i>Órtese de pé e tornozelo AFOs (Ankle Foot Orthose).....</i>	<i>24</i>
2.1.4	Órteses para membros superiores.....	26
2.1.4.1	<i>Órtese para punho</i>	<i>27</i>
2.1.4.2	<i>Órtese para punho e polegar</i>	<i>27</i>
2.1.4.3	<i>Órtese para dedos/mão/punho.....</i>	<i>29</i>
2.1.4.4	<i>Órtese para metacarpo</i>	<i>29</i>
2.2	Engenharia Reversa (RE - Reverse Engineering).....	30
2.2.1	Digitalização	32
2.2.2	Digitalização por contato	33
2.2.3	Digitalização sem contato.....	36
2.2.3.1	<i>Método de digitalização Transmissivo - Tomografia Computadorizada (TC) / Ressonância Magnética (RM).....</i>	<i>39</i>
2.2.3.2	<i>Tratamento de imagens médicas</i>	<i>40</i>
2.2.3.3	<i>Método de digitalização Ótica - Tempo de voo (TOF - Time Of Flight).....</i>	<i>41</i>
2.2.4	Processamento de pontos	43
2.3	Manufatura Aditiva (AM - Additive Manufacturing)	43
2.3.1	Técnicas Utilizadas	43
2.3.1.1	<i>Estereolitografia (SL).....</i>	<i>44</i>
2.3.1.2	<i>Sinterização Seletiva à Laser (SLS).....</i>	<i>45</i>

2.3.1.3 Impressão Tridimensional (3D Printer).....	46
2.3.1.4 Modelagem por fusão e deposição (FDM - Fused Deposition Modeling).....	47
2.3.2 Processos de Impressão por FDM	48
2.3.2.1 Moldagem 3D por Software Computer-Aided Design (CAD).....	48
2.3.2.2 Conversor de objetos 3D em arquivos *.STL, *.OBJ, *.3D-FILE etc.....	49
2.3.2.3 Fatiamento de arquivos ou linguagem gcode.....	49
2.3.2.4 Limitações tecnológicas para manufatura aditiva	52
2.3.2.5 Limite de dimensões (X,Y,Z).....	52
2.3.2.6 Geometria do objeto	53
2.3.2.7 Skirt/Brim.....	54
2.3.2.8 Infill.....	56
2.3.2.9 Material de suporte no auxílio da impressão de geometrias complexas.....	56
2.3.3 Materiais utilizados na aplicação da manufatura aditiva pela tecnologia FDM.....	57
2.3.3.1 Poli (ácido-láctico) - PLA	57
2.3.3.2 Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS - acrylonitrile butadiene styrene).....	59
2.3.3.3 Nylon.....	60
3 MATERIAIS E MÉTODOS	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	67
5 CONCLUSÃO	91
REFERÊNCIAS.....	92

1 INTRODUÇÃO

No mercado atual, as empresas buscam por produtos altamente competitivos e com entregas em curto prazo, e para que atendam todas as expectativas dos clientes, elas têm investido em várias tecnologias e uma delas é a Engenharia Reversa (RE – *Reverse Engineering*). Segundo Raja e Fernandes (2007); Sokovic e Kopac (2006), a RE é considerada uma das tecnologias que reduz os ciclos de produção no desenvolvimento dos produtos.

Através de um estudo exploratório a área da Ortopedia nos Hospitais Municipais vem se desenvolvendo muito devagar nos últimos anos, e os aparelhos ortopédicos continuam utilizando técnicas antigas e sem muita preocupação quanto ao bem-estar, conforto, funcionalidade e a renda financeira da população. Exemplos disso são as órteses utilizadas para imobilizar membros inferiores, superiores e para coluna cervical. Em visita técnica nos hospitais situados na cidade de Rio Verde no Estado de Goiás, até os dias de hoje os fabricam em seus estabelecimentos imobilizadores em gesso, um material considerado barato e de fácil acesso. No entanto, esse dispositivo possui problemas devido ao fato de ser pesado, não possuindo abertura para ventilação dos membros causando doenças na pele ou problemas de circulação por não ser personalizado e não poder ser lavado, pois o gesso em contato com a água perde sua resistência mecânica. Muitas vezes é necessário que esse dispositivo seja usado por um longo período de tempo dependendo da lesão ocorrida, fratura ou mau funcionamento das articulações.

Por volta da década de 1980, através do processo de adição de materiais, foi desenvolvida uma nova técnica de fusão por camadas planas que facilitou a produção de produtos rapidamente. Hoje, o termo mais utilizado para essa tecnologia é a Manufatura Aditiva (AM - *Additive Manufacturing*). Segundo Volpato (2007), esta tecnologia permite fabricar diretamente objetos, moldes, protótipos e peças em três dimensões com informações de um modelo criado tridimensional, fabricando rapidamente geometrias simples ou complexas e totalmente flexíveis.

O propósito deste estudo é apresentar o trabalho em conjunto com as técnicas de RE e AM para o desenvolvimento de órteses personalizadas de forma rápida, prática, funcional, com resistência mecânica e principalmente com um custo acessível para que toda população de baixa renda possa ter acesso. Resolver os problemas como o peso da órtese fabricada em gesso, permitir que o dispositivo possa ser limpo ou lavado, e incluir em sua superfície

aberturas no intuito de permitir a ventilação do membro evitando a proliferação de bactérias ou doenças na pele.

5 CONCLUSÃO

Através das técnicas de tempo de voo e transmissivo, a tecnologia de Engenharia Reversa permitiu o desenvolvimento tridimensional dos membros superior e inferior através da digitalização em três dimensões. Os modelos digitalizados foram exportados para softwares CAD que os ajudaram na modelagem personalizada e ajustes necessários dos imobilizadores ortopédicos. Assim que desenvolvidos digitalmente e modelados, foram fabricadas as peças através do processo de Adição pela técnica de Modelagem por Fusão e Deposição.

Esses modelos apresentam resistência mecânica superior quando comparadas com os imobilizadores convencionais existentes, são mais leves, mais higiênicos permitindo ser lavados e assim não produzindo odor podendo ser removidos para limpeza por um sistema de fixação caso seja necessário.

Através da Engenharia Reversa, os protótipos são personalizados para cada paciente, desta forma os imobilizadores se encaixam nos membros mais adequadamente, evitando problemas como desconforto e mau posicionamento na imobilização.

Conclui-se que o método de Engenharia Reversa é apto na utilização para o desenvolvimento de imobilizadores, demonstrando que vários tipos de tecnologias podem chegar ao mesmo resultado. A proposta na aplicação da técnica Engenharia Reversa de tempo de voo por um sistema como o aparelho Kinect One em conjunto com uma técnica de Manufatura Aditiva é o custo baixo, sendo que todo o trabalho foi desenvolvido com *softwares* livres sem custo desde a sua digitalização até o envio para impressão. Para a utilização da técnica de Engenharia Reversa pela Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética facilita devido muitos diagnósticos serem detectados através deles, sendo assim pode utilizar o exame para a produção das Órteses. Através deste estudo pode-se observar que a quantidade de técnicas de Engenharia Reversa e Manufatura Aditiva existente no mercado é possível desenvolver diversos tipos de órteses, e o desenvolvimento destas tecnologias tem avançado muito nas últimas décadas, aonde materiais novos e mais baratos são desenvolvidos e o tempo de produção fica cada vez mais rápido. Desta forma, este estudo abre novas portas para que outras pesquisas possam ser feitas utilizando a Engenharia Reversa e Manufatura Aditiva em conjunto para o desenvolvimento de órteses mais baratas e personalizadas aos pacientes.

REFERÊNCIAS

- 3D MICROSCRIBE. [S. l.], 2016. Disponível em: <www.3d-microscribe.com> Acesso em: 4 set. 2016.
- 3D SYSTEMS. [S. l.], 2016. Disponível em: <www.3dsystems.com> Acesso em: 12 jul. 2016.
- ALVES, D. C. C. **Aspectos ergonômicos relevantes para a concepção de tecnologia assistiva: órteses de membros inferiores**. 2012. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade do Minho, Guimarães, 2012.
- ANGGORO, P. W.; BAWONO, B.; SUJATMIKO, I. Reverse engineering technology in redesign process ceramics: application for CNN plate. **Procedia Manufacturing**, Amsterdam, v. 4, p. 521-527, 2015. ISSN 2351-9789.
- BELLIAN, J. A.; KERANS, C.; JENNETTE, D. C. Digital outcrop models: applications of terrestrial scanning lidar technology in stratigraphic modeling. **Journal of sedimentary research**, Tulsa, v. 75, n. 2, p. 166-176, 2005. ISSN 1527-1404.
- BUDAK, I. et al. Pre-processing of point-data from contact and optical 3D digitization sensors. **Sensors**, Basel, v. 12, n. 1, p. 1100-1126, 2012.
- CANCIGLIERI JUNIOR, O.; SELHORST JUNIOR, A.; SANT ANNA, Â. M. O. Método de decisão dos processos de prototipagem rápida na concepção de novos produtos. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 22, p. 345-355, 2015. ISSN 0104-530X. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2015000200345&nrm=iso>. Acesso em: 12 jul. 2016.
- CARVALHO, J. A. **Órteses: um recurso terapêutico complementar**. Barueri: Manole, 2006. ISBN 8520423361.
- CHEREM, A. J.; DE PAULA GONÇALVES, J.; GOULD III, J. A. **Fisioterapia na ortopedia e na medicina do esporte**. Barueri: Manole, 1993. ISBN 8520401074.
- DE GOUVEIA, M. D. F. **Aplicação da prototipagem rápida no planejamento de cirurgias craniofaciais**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- DICKEN, P. Reverse Engineering regains popularity. **IEEE Review**, Piscataway, v. 42, n. 5, p. 213-S2, S4, 1996. ISSN 0953-5683.
- DION, B.; BERTONE, N. An overview of avalanche photodiodes and pulsed lasers as they are used in 3D laser radar type applications. **SPIE Proceedings**, v. 5435, p. 187-195, , 2004,
- ELUI, V. M. C.; OLIVEIRA, M. H. P. D.; SANTOS, C. B. D. Órteses: um importante recurso no tratamento da mão em garra móvel de Hansenianos. **Hansen Int**, v. 26, n. 2, p. 105-11, 2001.

ETHNOS. Site. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <www.ethnos.com.br/orteses> Acesso em 15 Nov. 2016.

FERREIRA, L. A. B. et al. Effect of ankle-foot orthosis on gait velocity and cadence of stroke patients: a systematic review. **Journal of physical therapy science**, Tokyo, v. 25, n. 11, p. 1503-1508, 2013. ISSN 0915-5287.

FILAMENTOS 3D BRASIL. Site. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <www.filamentos3dbrasil.com.br>. Acesso em: 02 ago. 2016.

FOGGIATO, J.; VOLPATO, N.; BONTORIN, A. Recomendações para modelagem em sistemas CAD-3D. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO - COBEF, 4., 2008, Estância de São Pedro. **Anais...** Estância de São Pedro: IFSC, 2008. p. 1-8.

FREEMANMFG. Site. Sturgis, 2016. Disponível em <www.freemanmfg.com>. Acesso em: 7 nov. 2016.

GARIB, D. G. et al. Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia. **Rev. Dental Press Ortod Ortop Facial**, Maringá, v. 12, n. 2, p. 139-56, 2007.

GORNI, A. A. Introdução à prototipagem rápida e seus processos. **Plástico Industrial**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 230-239, 2001.

HARRIS, E. **A new orthotics terminology**: a guide to its use for prescription and fee schedules. Alexandria: American Orthotic and Prosthetic Association, 1973.

HEALTHCARE. Site. São Paulo, 2016. Disponível em <www.healthcare.siemens.com.br>. Acesso em: 7 nov. 2016.

INVESALIUS. São Paulo, 2016. Disponível em <www.cti.gov.br/invesalius/?lang=pt>. Acesso em: 7 nov. 2016.

KOBBELT, L. P.; BOTSCH, M. **An interactive approach to point cloud triangulation**. [S.l]: Wiley Online Library, 2000.

KUMAR, A.; JAIN, P.; PATHAK, P. Reverse engineering in product manufacturing: an overview. In: KATALINIC, B.; TEKIC, Z. (Ed.). **DAAAM International Scientific Book**. Vienna: DAAAM International, 2013. Cap. 39, p. 665-679.

LENCINA, D. C. et al. Moldagem por injeção da PA 6.6 em moldes de estereolitografia metalizados com Ni-P pelo processo electroless. **Polímeros**, São Carlos, v. 17, p. 88-92, 2007. ISSN 0104-1428. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282007000200006&nrm=iso>. Acesso em: 7 nov. 2016.

LIMA, C. B. **Engenharia reversa e prototipagem rápida estudos de casos**. 2003. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Campinas, Campinas, 2003.

LIN, Y.-P.; WANG, C.-T.; DAI, K.-R. Reverse engineering in CAD model reconstruction of customized artificial joint. **Medical Engineering & Physics**, London, v. 27, n. 2, p. 189-193, 2005. ISSN 1350-4533. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350453304001729>>. Acesso em: 7 nov. 2016.

MEIRA, C. R. et al. Desenvolvimento de pó à base de gesso e binder para prototipagem rápida. **Cerâmica**, São Paulo, v. 59, p. 401-408, 2013. ISSN 0366-6913. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132013000300009&nrm=iso>. Acesso em: 7 nov. 2016.

MEJIA, D. P. M. **Alteração da marcha como fator determinante para indicação de AFO na melhora funcional dos sequelados de AVE**. [S. l.: s. n.], [20??]

MISSIONMD.NET/PRODUCTS. Site. San Jose, 2016. Disponível em: <www.missionmd.net/products>. Acesso em: 7 nov. 2016.

MUNHOZ, Andre Luiz Jardim. **Desenvolvimento de um sistema de estereolitografia termica em tres dimensões na construção de prototipos com a aplicação do laser de CO2**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

ORTHOPEDICMOTION. Site. Las Vegas, 2016. Disponível em: <www.orthopedicmotion.com/orthotics>. Acesso em: 7 nov. 2016.

OTTOBOCK. Site. Valinhos, 2016. Disponível em: <www.ottobock.com.br>. Acesso em: 7 nov. 2016.

PAHOLE, I. et al. Rapid prototyping processes give new possibilities to numerical copying techniques. **Journal of materials processing technology**, Amsterdam, v. 164, p. 1416-1422, 2005. ISSN 0924-0136.

RAJA, V.; FERNANDES, K. J. (Ed.) **Reverse engineering: an industrial perspective**. London: Springer Science & Business Media, 2007. ISBN 1846288568.

ROLANDDG. Site. [S. l.], 2016. Disponível em <www.rolanddg.com> Acesso em: 7 nov. 2016.

SANTA BARBARA, A. **Processamento de imagens medicas tomograficas para modelagem virtual e fisica**: o software In Versalius. 2006, 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Campinas, Campinas, 2006.

SEKIMOTO, K. et al. Development of 3D Laser Radar for Traffic Monitoring. **Ishikawajima Harima Engineering Review**, v. 43, n. 4, p. 114-117, 2003. ISSN 0578-7904.

SILVA, F. P. D. et al. A digitalização tridimensional móvel e sua aplicação no design de produto. **Design & Tecnologia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 60-65, 2010. ISSN 2178-1974.

SOKOVIC, M.; KOPAC, J. RE (reverse engineering) as necessary phase by rapid product development. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 175, n. 1, p. 398-403, 2006. ISSN 0924-0136.

TAKAGAKI, L. K. Tecnologia de impressão 3D. **Rit-Revista Inovação Tecnológica**, v. 2, n. 2, 2013. ISSN 2179-2895.

UEBELHART, Beatriz et al. **Prototipagem rápida para o desenvolvimento de protótipos e ensaios " In Vitro" e " In Vivo" de uma Bomba de Sangue Centrífuga Implantável**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

VÁRUDY, T. et al. Reverse engineering of geometric modelsreverse engineering of geometric models—an introduction. **Computer-Aided Design**, San Diego, v. 29, n. 4, p. 255-268, 1997/04/01 1997. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001044859600054>>. Acesso em: 4 jul. 2016.

VINESH, R.; KIRAN, J. F. **Reverse engineering: an industrial perspective**. London: Springer-Verlag, 2008.

VOLPATO, N. **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

WATAYA, C. H. et al. **Desenvolvimento de menisco de poli (álcool vinílico)(PVA) personalizado com auxílio da prototipagem rápida**. 2012. 92 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Campinas, campinas, 2012.

WECKENMANN, A. et al. Multisensor data fusion in dimensional metrology. **CIRP Annals-Manufacturing Technology**, Amsterdam, v. 58, n. 2, p. 701-721, 2009.

YUAN, X.; ZHENRONG, X.; HAIBIN, W. Research on integrated reverse engineering technology for forming sheet metal with a freeform surface. **Journal of Materials Processing Technology**, Amsterdam, v. 112, n. 2, p. 153-156, 2001. ISSN 0924-0136.

XBOX. [S. l.], 2016. Disponível em <www.xbox.com/pt-BR/xbox-one/?xr=shellnav>. Acesso em: 7 nov. 2016.

ZCOORPORATION. [S. l.], 2016. Disponível em: <www.zcorp.com> Acesso em: 4 jul. 2016.