

Clarice Gomes Lessa

Processo de Desenvolvimento de um  
protótipo de Prótese Mioelétrica Impresso  
em 3D de Membros Superiores para o  
Público Infanto-Juvenil: do pré  
desenvolvimento ao projeto conceitual

CLARICE GOMES LESSA

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE PRÓTESE  
MIOELÉTRICA IMPRESSO EM 3D DE MEMBROS SUPERIORES PARA O  
PÚBLICO INFANTO-JUVENIL: DO PRÉ DESENVOLVIMENTO AO PROJETO  
CONCEITUAL

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de  
Janeiro, como requisito parcial para a  
obtenção de grau de Bacharel em Terapia  
Ocupacional.

Orientadoras: Prof<sup>a</sup>. Caciana Rocha Pinho  
e Prof<sup>a</sup>. Msc. Natacha Harumi Ota

Rio de Janeiro  
2023

CLARICE GOMES LESSA

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE PRÓTESE  
MIOELÉTRICA IMPRESSO EM 3D DE MEMBROS SUPERIORES PARA O  
PÚBLICO INFANTO-JUVENIL: DO PRÉ DESENVOLVIMENTO AO PROJETO  
CONCEITUAL

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de  
Janeiro como requisito parcial para  
obtenção do grau de Bacharel em Terapia  
Ocupacional.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Banca Examinadora

---

Prof<sup>a</sup>. Esp. Caciana Rocha Pinho (Orientador/Interno)  
Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio de Janeiro

---

Prof<sup>a</sup>. Msc. Natacha Harumi Ota (Orientador/Externo)  
Universidade de São Paulo

---

Msc. Tainara S. Bina (Externo)

---

Prof. Dr. Sergio Shimura (Externo)  
Instituto Federal de São Paulo

---

Prof<sup>a</sup>. Dr. Ana Carolina Azevedo Carvalho (Interno)  
Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio de Janeiro

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que desempenharam papéis cruciais na conclusão deste trabalho. Agradeço especialmente à minha mãe Christina Maria e ao meu pai Manoel Ricardo, cujo amor e apoio foram a minha força motriz. Aos meus irmãos Bernardo e Clara, agradeço por suportarem minhas perturbações ao longo dessa jornada desafiadora.

Meus pets foram mais do que companheiros leais; seus lambeijos e carinhos foram remédios valiosos para os dias mais estressantes. Um agradecimento especial aos tios, tias e avó, tanto da casa 21 quanto da família do meu pai, que estiveram ao meu lado durante toda a trajetória acadêmica.

À minha Madrinha Vivian e aos meus afilhados, Luiza e Miguel, meu agradecimento por todo carinho e alegria que me proporcionaram. À psicóloga Rita, que desempenhou um papel crucial em me sustentar ao longo dessa trajetória desafiadora.

Minha melhor amiga Anairan foi minha âncora, ajudando-me a sobreviver ao turbilhão que é a jornada acadêmica. Aos amigos da faculdade, Thais Tostes, Talita Souza, Cassio Henrique, Pâmela Oliveiros, Vitória Mello, Leda Glicério, Vitória Cecchetto, Rita Brito, Juliana Marques, Guilherme Veiga e Adriana Macedo agradeço pela construção de vínculos que enriqueceram tanto amizades pessoais quanto profissionais.

Ao meu primeiro clã escoteiro, composto por Caio, Letícia, Bianca, Noug, Julia, Vitor, Marina Hirakawa, Marina Eiras, Fernanda, meu sincero agradecimento por acreditarem em mim, inspirarem-me e estenderem a mão nos momentos difíceis. À equipe de chefia do 76º GERJ Nossa Senhora do Medianeira (2016 a 2023), meu reconhecimento pelo apoio constante.

Aos afilhados do movimento escoteiro, Lara e Estagiário, agradeço por me inspirarem com seus sonhos e motivações. Aos afilhados da faculdade, Kemilly, Kesia e Paulo, cada contribuição, palavra de incentivo e gesto de apoio de vocês foram inestimáveis.

A Estefania Xavier e a Patrícia Souza (Patty) compartilharam risos nos momentos de descontração e ofereceram ombros nos momentos desafiadores. A Pedro, cuja luz iluminou meu caminho, meu agradecimento pelo carinho e apoio que tornaram este trabalho possível.

Às orientadoras Natacha Harumi Ota e Caciana Rocha Pinho, agradeço pelas instruções e conhecimentos transmitidos. Expresso minha profunda gratidão a todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa jornada acadêmica, sejam citados ou não neste texto. Cada contribuição, palavra de incentivo e gesto de apoio foram essenciais para o meu crescimento como estudante e como pessoa.

## PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE PRÓTESE MIOELÉTRICA IMPRESSO EM 3D DE MEMBROS SUPERIORES PARA O PÚBLICO INFANTO-JUVENIL: DO PRÉ DESENVOLVIMENTO AO PROJETO CONCEITUAL

### RESUMO

A manufatura aditiva ou, popularmente conhecida, impressão 3D, faz parte da quarta revolução industrial, tendo seu conceito chave a inovação, eficiência e customização. Na área da saúde, a prototipagem rápida está sendo demasiadamente explorada, pois novas tecnologias permitem a elaboração de produtos revolucionários e específicos. Na realidade do público infantojuvenil, não se observa uma forte tendência ao uso de próteses, devido a rápida perda do dispositivo devido ao crescimento biológico do corpo do usuário, o que acarreta em trocas constantes e alto custo para ter e manter. Por isso, tem-se como objetivo desenvolver um protótipo de prótese mioelétrica de membros superiores para o público infantojuvenil (7 a 11 anos), funcional, que considere o desenvolvimento biológico do usuário e com a utilização da impressão 3D, visando reduzir custos de produção. A metodologia utilizada para produção desse trabalho consiste em duas etapas. A primeira trata-se de uma revisão bibliográfica de base visando a compreensão do tema, as problemáticas, contextualizar sobre as possibilidades da manufatura aditiva e alinhar em como isso pode ser utilizado para produção de uma prótese. A segunda etapa consiste na produção do objeto em si, utilizando o Processo de Desenvolvimento de Produto proposto por Rozenfeld, focando-se na macro fase de pré-desenvolvimento e parcialmente na macro fase de desenvolvimento. Os resultados alcançados demonstram a viabilidade do desenvolvimento de uma prótese funcional, mesmo com o desafio persistente na dificuldade em atingir a plena amplitude de movimentos desejados. O trabalho apresenta o projeto em fase de finalização do modelo de desenvolvimento do projeto conceitual, deixando em aberto para trabalhos futuros a resolução de problemas ainda não validados no contexto atual e a realização de estudos mais aprofundados para aprimoramento de futuras versões do protótipo atual.

**Palavras-chave:** prótese mioelétrica. impressão 3D. tecnologia assistiva. amputação

### ***ABSTRACT***

Additive manufacturing or, popularly known, 3D printing, is part of the fourth industrial revolution, with its key concept being innovation, efficiency and customization. In the health sector, rapid prototyping is being exploited far too much, as new technologies make it possible to develop revolutionary and specific products. In the reality of children and adolescents, there is not a strong tendency to use prostheses, due to the rapid loss of the device as the user's body grows biologically, which results in constant replacements and a high cost of ownership and maintenance. The aim is therefore to develop a functional myoelectric upper limb prosthesis prototype for children and adolescents (7 to 11 years old) that takes into account the user's biological development and uses 3D printing to reduce production costs. The methodology used to produce this work consists of two stages. The first is a basic literature review aimed at understanding the subject, the problems, contextualizing the possibilities of additive manufacturing and aligning how this can be used to produce a prosthesis. The second stage consists of producing the object itself, using the Product Development Process proposed by Rozenfeld, focusing on the pre-development macro-phase and partially on the development macro-phase. The results achieved demonstrate the feasibility of developing a functional prosthesis, even with the persistent challenge of the difficulty in achieving the full range of movements desired. The work presents the project in the final stages of the development model of the conceptual project, leaving open for future work the resolution of problems not yet validated in the current context and the carrying out of more in-depth studies to improve future versions of the current prototype.

**Keywords:** myoelectric prosthesis. 3D printing. assistive technology. amputation.

## **RESUMEN**

La fabricación aditiva, o lo que popularmente se conoce como impresión 3D, forma parte de la cuarta revolución industrial, cuyo concepto clave es la innovación, la eficiencia y la personalización. En el sector de salud se está explotando mucho el prototipado rápido, ya que las nuevas tecnologías permiten desarrollar productos revolucionarios y específicos. En el caso de los niños y jóvenes, no hay una gran tendencia a utilizar prótesis, debido a la rápida pérdida del dispositivo a medida que el cuerpo del usuario crece biológicamente, lo que se traduce en sustituciones constantes y un elevado coste de propiedad y mantenimiento. Por tanto, el objetivo es desarrollar un prototipo de prótesis mioeléctrica funcional de miembro superior para niños y adolescentes (de 7 a 11 años) que tenga en cuenta el desarrollo biológico del usuario y utilice la impresión 3D para reducir los costes de producción. La metodología utilizada para la elaboración de este trabajo consta de dos etapas. La primera es una revisión bibliográfica básica destinada a comprender el tema, los problemas, contextualizar las posibilidades de la fabricación aditiva y alinear cómo puede utilizarse para producir una prótesis. La segunda etapa consiste en la producción del objeto propiamente dicho, utilizando el Proceso de Desarrollo de Producto propuesto por Rozenfeld, centrándose en la macrofase de predesarrollo y parcialmente en la macrofase de desarrollo. Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad del desarrollo de una prótesis funcional, incluso con el reto persistente de la dificultad de conseguir toda la gama de movimientos deseada. El artículo presenta el proyecto en la fase de finalización del modelo de desarrollo del diseño conceptual, dejando abierto para futuros trabajos la resolución de problemas aún no validados en el contexto actual y la realización de estudios más profundos para mejorar futuras versiones del prototipo actual.

**Palabras clave:** prótesis mioeléctrica. impresión 3D. tecnología de asistencia. amputación.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	12
2.1	OBJETIVO GERAL .....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	13
<b>4</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	13
4.1	PRÓTESE DE MEMBRO SUPERIOR .....	13
<b>4.1.1</b>	<b>Soquete</b> .....	16
<b>4.1.2</b>	<b>Próteses Mioelétricas</b> .....	17
<b>4.1.3</b>	<b>Próteses Infantojuvenis</b> .....	18
4.2	PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO DE ROZENFELD .....	18
4.3	SCANNER 3D .....	20
4.4	IMPRESSÃO 3D .....	20
<b>4.4.1</b>	<b>Modelagem por fusão e deposição</b> .....	23
4.5	ARDUINO .....	25
4.6	PROTÓTIPO .....	26
<b>5</b>	<b>MÉTODO</b> .....	26
5.1	PRIMEIRA FASE .....	28
<b>5.1.1</b>	<b>Revisão bibliográfica de base</b> .....	28
<b>5.1.2</b>	<b>Pesquisa de mercado</b> .....	29
5.2	SEGUNDA FASE .....	33
<b>5.2.1</b>	<b>Macro fase de pré-desenvolvimento</b> .....	33
5.2.1.1	Selecionar a ideia a ser desenvolvida .....	34
5.2.1.2	Requisitos do cliente .....	34

5.2.1.3	Requisitos do produto .....	34
<b>5.2.2</b>	<b>Macro fase de desenvolvimento .....</b>	<b>36</b>
5.2.2.1	Projeto conceitual .....	36
5.2.2.2	Tecnologia do processo .....	37
5.2.2.2.1	<i>Modelagem 3D</i> .....	37
5.2.2.2.2	<i>Fatiamento</i> .....	38
5.2.2.2.3	<i>Programação</i> .....	40
5.2.2.2.4	<i>Eletrônica e eletromiografia</i> .....	40
5.2.2.2.5	<i>Grupamentos musculares utilizados</i> .....	41
5.2.2.2.6	<i>Manufatura do soquete</i> .....	42
5.2.2.2.7	<i>Escaneamento 3D</i> .....	43
<b>6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>52</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>53</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>55</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>63</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria 4.0, conhecida também como a quarta revolução industrial, trouxe inúmeras inovações na área da saúde impactadas pela afluência e a forma de labor da análise e controle avançado de processos como o Big Data, a automação, a Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*), a robótica e entre outros, que exerce efeito na maneira de trabalhar e no segmento da comunicação do encadeamento industrial (NETO *et al.*, 2021).

Conforme dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) de 2011, a estimativa aponta para um contingente de mais de um bilhão de indivíduos os quais vivem com deficiências, correspondendo a aproximadamente 15% da população global. No contexto brasileiro, o Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), registra a presença de 48.606.048 (quarenta e oito milhões, seiscentos e seis mil e quarenta e oito) pessoas com deficiência, sejam elas visual, auditiva, intelectual ou motora, representando uma parcela correspondente a 23,9% da população nacional.

De acordo com a *International Organization for Standardization* (1989), próteses ou aparelhos protéticos são dispositivos desenvolvidos para substituir partes do corpo humano que foram perdidas ou com alguma condição congênita. Em outras palavras, as próteses são como peças especiais que ajudam a colocar de volta uma parte ou até mesmo todo um membro ou segmentos do corpo que estão faltando ou não funcionam corretamente. Segundo Cook e Hussey (1995) prótese é classificado como um recurso de Tecnologia Assistiva (TA) em que pode ser compreendida como:

Qualquer item, equipamento ou produto, seja ele adquirido comercialmente, modificado ou personalizado, é usado para aumentar, manter ou melhorar as capacidades funcionais dos indivíduos. (Cook & Hussey, 1995, p. 5)

Os autores supracitados ainda descrevem que as próteses promovem o favorecimento das Atividades de Vida Diária (AVD), das Atividades Instrumentais de Vida Diária (AIVD) e do desempenho ocupacional na vida do sujeito.

A manufatura aditiva, mais popularmente conhecida como impressão tridimensional (I3D), faz parte da quarta revolução industrial, pois tem como seu conceito chave a inovação, eficiência e customização (WANG *et al.*, 2016). Está crescendo no mercado mundial há mais de trinta anos, inclusive no brasileiro, porém, apenas há dez anos, tomou maior dimensão, devido ao maior acesso monetário aos equipamentos e programas computacionais para a impressão 3D, gerando ampliação de estudos nesse campo, o que acarretou em uma expansão de variedade de produtos e possibilidades criativas e inovadoras (GERSTLE *et al.*, 2014; BARONIO *et al.*, 2016; MAIA, 2016; CAVALCANTE *et al.*, 2022).

Segundo os autores Gibson e Srinath (2015), dentro da área da saúde, a prototipagem rápida vem sendo demasiadamente explorada, pois as novas tecnologias, por meio de programa computacionais e máquinas, permitem a prototipação de produtos inovadores e específicos, como a *“criação de tecidos vivos, personalização de órteses e próteses, modelos anatômicos entre inúmeras outras funções”* (LACERDA *et al.*, 2020).

No âmbito da produção de novas tecnologias na prototipagem, os membros inferiores acabam sendo mais visados, já que, os movimentos possuem menor complexidade e sua reabilitação é mais rápida, demonstrando resultados mais visíveis em tempo mais curto (RAICHLE *et al.*, 2008).

Ao trazer esta realidade para o público infantil e infantojuvenil, não se observa tão forte tendência quanto à prescrição para este grupo, tanto no setor público, por meio do Sistema Único de Saúde (SUS) quanto no âmbito privado, devido rápida perda do dispositivo como consequência do crescimento biológico do corpo do indivíduo que, nesta etapa, em termo saudáveis, crescem cerca de 7,6 cm ao ano (GRUMMER-STRAWN *et al.*, 2009). Isso acarreta em uma necessidade de trocas constantes e, conseqüentemente, um alto custo para manter o uso da prótese.

Contemplando este cenário, este trabalho acadêmico traz a atenção e busca responder ao questionamento sobre a possibilidade do desenvolvimento de um protótipo de prótese mioelétrica de membros superiores para o público infantojuvenil.

## **2 OBJETIVOS**

## 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um protótipo de prótese mioelétrica de membros superiores para o público infantojuvenil (7 a 11 anos), funcional, que considere o desenvolvimento biológico do usuário e com a utilização da manufatura aditiva, especificamente a impressão 3D como ferramenta para o desenvolvimento.

## 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconhecer, por meio de pesquisas e testes, os materiais mais apropriados para a desenvolvimento do protótipo;
- Verificar ajustes de calibração do programa computacional para modelagem 3D, corte de modelos, programação, scanner 3D e correção de scanner 3D;
- Modelar tridimensionalmente e realizar a impressão 3D do arcabouço do protótipo;
- Construir o código de programação da placa da prótese;
- Identificar e aplicar uma forma de conexão cérebro-máquina com a montagem do protótipo de prótese mioelétrica.

## 3 JUSTIFICATIVA

Para efetuar o presente estudo, ao confrontarmos as próteses mioelétricas e biônicas disponíveis no mercado, considerando a variável de crescimento, uma vez que crianças frequentemente perdem suas próteses devido à incompatibilidade com o desenvolvimento do corpo, e tendo em vista os custos mais reduzidos associados aos componentes do dispositivo, o protótipo proposto abordará de maneira abrangente essas questões críticas identificadas no mercado e nas fontes de pesquisa acadêmica, as quais são caracterizadas como lacunas, e simultaneamente, poderá apresentar custos inferiores em comparação às alternativas já existentes.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 PRÓTESE DE MEMBRO SUPERIOR

das questões ainda não validadas neste contexto e a realização de estudos aprofundados para orientar as fases subsequentes do trabalho, reforçando a necessidade de um planejamento estratégico e a busca contínua por recursos para impulsionar este projeto na vanguarda da Tecnologia Assistiva.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, A.; COELHO, J. P.; CADETE, A.; LOPES,; VASCONCELOS, A.; BATALHA, I. Amputações e Malformações Congênitas do Membro Superior na População Pediátrica-**Revisão de 27 Anos Congenital skeletal deficiencies in upper limb in a pediatric population: 27 years Revision.**2009.

AHMED, J.; RAHMAN, M.S.; ROOS, Y. H. Glass transitions and phase transitions in foods and biological materials.1 ed., chapter 12, 2017.

ALLIPRANDINI, D.H.; FORCELLINI, F.; TOLEDO, J.C.; SCALICE, R. SILVA, S.L. Gestão de desenvolvimento de produto: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

ALZHRANI, M. Modification of recycled poly(ethylene terephthalate) for FDM 3D-printing applications, Tese de M.Sc, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, 2017.

AMARAL, C. S. T.; DE SOUZA, O.; Souza, L. H.; da Silva, G. J.; LNF Trevizan. Novos caminhos da biotecnologia: as inovações da indústria 4.0 na saúde humana. **Revista Brasileira Multidisciplinar-ReBraM**, v.23, n.3, p.203-231, 2020.

ARAÚJO, J. P.; AGRAWAL, P.; MÉLO, T. J. A. Blendas PLA/PEgAA: avaliação da reatividade entre os polímeros e da concentração de PEgAA nas propriedades e na morfologia. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.10, n.3, p. 118-127, 2015.

ARDUINO, Loja Arduino. Arduíno. Arduino LLC, 2015.

BARONIO, G., Harran, S., SIGNORINI, A. A critical analysis of a hand orthosis reverse engineering and 3D printing process. *Applied Bionics and Biomechanics*, p.1-7, 2016.

BESKO, M.; BILYK, C.; SIEBEN, P. G. Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D. **Gestão Tecnologia e Inovação**, v. 1, n. 3, p. 9-18, 2017.

BINA, T. S.;KUNKEL, M.E.; RIBEIRO, R. C.;RIBEIRO, T. V. Produção De Próteses Mecânicas 3d De Membro Superior Para Um Caso De Amputação Bilateral Infantil: Desafios Da Reabilitação. livro: *Processos de Intervenção em Fisioterapia e Terapia Ocupacional 2*, p.185-198, 2020.

BISNETO, F.; NOVAES, E. Deformidades congênitas dos membros superiores: parte I: falhas de formação. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 47, p. 545-552, 2012.

Brasil. Departamento de Informática do SUS (DATASUS). Informações de Saúde (TABNET). Brasília, DF: Ministério da Saúde; 2019. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/qiuf.def>>. Acesso em: 31 out. 2023

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº388, de 28 de julho de 1999.

BRYANT, P. R.; GEETHA, P. Deficiências de membros adquiridos em crianças e adultos jovens. **Medicina física e reabilitação**, v.82, 2001.

BURHAN, M. H. Concepção e fabrico de uma palmilha ortopédica utilizando o scanner de sensor de jogos Kinect® XBOX e a impressora 3D. 2015. **Tese** (Doutorado). Universiti Tun Hussein Onn Malásia. Disponível em:<http://eprints.uthm.edu.my/1367> .Acesso em 31 out. 2023.

CAVALCANTE, A.; ARAÚJO, C.; GOMES, L.; ANDRADE, L.; IANO, R.; DE OLIVEIRA, M. Indústria 4.0 e o Desenvolvimento do Capital Humano. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, 2022.

CAMPOS, S. U.; RIBEIRO, J. L. D. Um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos de empresas do setor moageiro de trigo. **Production**, v. 21, p. 379-391, 2011.

CASTRO, C. S. S. Conceitos de Atividades de acordo com Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde-CIF, 2017.

COMUNIDADE EDUCACIONAL: projete o seu futuro. Autodesk, 2023. Disponível em:<https://www.autodesk.com.br/education/home>. Acesso em: 31 Out 2023.

Conheça os tipos de impressão 3D e os seus benefícios. 3DLAB, 2023. Disponível em: <https://3dlab.com.br/tipos-de-impressao-3d-e-beneficios>. Acesso em: 02 OUT 2023.

COOK; HUSSEY. Assistive Technologies: Principles and Practice, Mosby - Year Book, USA-Missouri, 1995.

DA SILVA, B. B.; ANDRADE E. Z.; MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L. C. Design Centrado no Usuário e Tecnologias de Prototipagem Rápida Aplicados no Desenvolvimento de Soquete para Prótese Transradial: Um Estudo de Caso. **Revista Conhecimento Online**, v. 3, p. 191-204, 2021.

DA SILVA, L. P. Desenvolvimento Preliminar De Uma Prótese De Braço Controlada Por Eletroencefalografia. 2020.

DA SILVA , L. R.; DA SILVA, P. R. Impacto da indústria 4.0 nas organizações, na perspectiva do brasil e portugal. **Revista da UI\_IPSantarém**, v. 8, n. 4, p. 151-160, 2020.

DE LUCA, C. J. Electromyography. In: WEBSTER, J.G. (Ed.). **Encyclopedia of medical devices and instrumentation**. New York: John Wiley, 2006.

DE MENEZES, B. G. Controle de um motor de corrente continua para uso em órteses e próteses. 2008.

DE OLIVEIRA , F. F. S.; DE OLIVEIRA, E. R. Desenvolvimento de recurso de tecnologia assistiva para paciente com lesão do plexo braquial. **Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo**, v. 28, n. 2, 2017.

DE OLIVEIRA, M. M.; DIAS, J. A.; DOS SANTOS, P. H M.; BIÃO, M. A. S. Proposta de protocolo de reabilitação para membro superior em pacientes protetizados com tecnologia 3D. **Anais do Seminário Tecnologias Aplicadas a Educação e Saúde**, 2019.

DOS SANTOS, S. O. Um modelo relacional da motricidade. Univ. do Porto, 2012. Disponível em: <http://www.hottopos.com/collat11/45-54Sergio.pdf>. Acesso em: 07 Abr. 2023

ENGENHEIRO DE MATERIAIS. Elastômeros termoplásticos. Disponível em: <<http://engenheirodemateriais.com.br/tag/tpu/>>. Acesso em: 03 Out. 2023.

FITZGIBBONS, P.; MEDVEDEV, G. Functional and clinical outcomes of upper extremity amputation. **Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons**, v. 23, n. 12, p. 751-760, 2015.

GAEBLER, S.; LIPSCHUTZ, I. DEFICIÊNCIAS CONGÊNITAS Incidência. Reabilitação Pediátrica: Princípios e Práticas , p. 335, 2010. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=usO95dxAE8C&oi=fnd&pg=PA335&dq=%22International+Society+for+Prosthetics+and+Orthotics%22+AND+%22Congenital+Disabilities%22&ots=M6s2QE EaYU&sig=FpV55EEGHO5TdUdh0BlevHcvtxw#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 05 de Jul. 2022

GAIHONG, W., SHUQIANG, L., HUSHENG, J. Preparation and properties of heat resistant Polylactic acid (PLA)/Nano-SiO<sub>2</sub> composite filament. **Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed**, v. 31, n. 1, pp. 164-171, Feb. 2016.

GEBLER, M.; UITERKAMP, A. J. M. S.; VISSER, C. A global sustainability perspective on 3D printing technologies. *Energ. Policy* 74 (C), 158–167, 2014

GERSTLE, T. L., IBRAHIM, A. M. S., KIM, P. S., LEE, B. T., LIN, S. J. . A plastic surgery application in evolution: three-dimensional printing. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 133, 446-45, 2014.

Gibson, I.; Srinath, A. SIMPLIFYING MEDICAL ADDITIVE MANUFACTURING: MAKING THE SURGEON THE DESIGNER.2015. *Procedia Technology*, 20, 237–242. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.protcy.2015.07.038>. Acesso em: 25 Out. 2023

GODOI, T. S. M. Prótese mioelétrica controlada por redes neurais. 2014. Disponível em: [https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/3865/1/Tomas%20Godoi%20Monografia%20%201\\_2013.pdf](https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/3865/1/Tomas%20Godoi%20Monografia%20%201_2013.pdf). Acesso em:22 Out. 2023

GOMES, G. G. C.;Gomes, F.G.C.; Ivan, T. M., F. Y.; Zapparoli, G.P. S.; Gíglio, C.A.; Verri, E.D. Construção de uma prótese mioelétrica de mão controlada por micromotores conectados a uma placa de arduino. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 1, p. 123-136, 2019.

GRUMMER-STRAWN, L.; KREBS, N. F.; REINOLD, C. M. Uso de gráficos de crescimento da Organização Mundial da Saúde e do CDC para crianças de 0 a 59 meses nos Estados Unidos. 2009. Disponível em:<https://stacks.cdc.gov/view/cdc/5746>. Acesso em: 22 Out. 2023

International Organization for Standardization – ISO. (1989). ISO 8549-1:1989. Prosthetics and orthotics — Vocabulary — Part 1: General terms for external limb prostheses and external orthoses. Recuperado em 29 de junho de 2019, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8549:-1:ed-1:v1:en>. Acesso em: 22 Out. 2023

JIMÉNEZ, F. Implementação da metodologia de design thinking no desenvolvimento de uma prótese robótica de membro superior. 2021.Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/39215/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O\\_MESTRADO\\_FRANCYS\\_archivo.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/39215/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_MESTRADO_FRANCYS_archivo.pdf)

KUNKEL, M. E.; ABE, P. B.; PASQUA, M.; GONÇALVES, I. T.; PINHEIRO, L. M.; RODRIGUES, S. M. Mao3D-Protetização e reabilitação de membro superior adulto com a tecnologia de impressão 3D. A Produção do Conhecimento na Engenharia Biomédica. 1ed. Ponta Grossa: **Atena Editora**, v. 1, p. 14-29, 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Maria-Elizete-Kunkel/publication/333599417\\_MAO3D\\_-\\_PROTETIZACAO\\_E\\_REABILITACAO\\_DE\\_MEMBRO\\_SUPERIOR\\_ADULTO\\_COM\\_A\\_TECNOLOGIA\\_DE\\_IMPRESSAO\\_3D/links/607328ada6fdcc5f779c8c19/MAO3D](https://www.researchgate.net/profile/Maria-Elizete-Kunkel/publication/333599417_MAO3D_-_PROTETIZACAO_E_REABILITACAO_DE_MEMBRO_SUPERIOR_ADULTO_COM_A_TECNOLOGIA_DE_IMPRESSAO_3D/links/607328ada6fdcc5f779c8c19/MAO3D)

-PROTETIZACAO-E-REABILITACAO-DE-MEMBRO-SUPERIOR-ADULTO-COM-A-TECNOLOGIA-DE-IMPRESSAO-3D.pdf>. Acesso em: 05 Abr. 2023.

LACERDA, T. F.; GOMES, S. M.; SOUZA, J. K. S.; CARVALHO, V. C. S.; MACHADO, L. C. S.; CHAVES, A. C. H.; CHAVES, ACL. **Romanielo, A. F. R.**; Aplicabilidade da impressora 3D na prática médica contemporânea. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 1, p. 620-625, 2020.

LASLETT, D.; URMEE, T.. The effect of aggregation on city sustainability rankings. *Ecological Indicators*, v.112, e.106076, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020>.

MAIA, B. A. Parametrização dimensional, por modelo de regressão, de próteses de mão para crianças, confeccionadas por manufatura aditiva. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2016.

MÉTODOS e Técnicas em Ergonomia: Interações no sistema homem-máquina-ambiente. In: *ERGONOMIA Projeto e Produção*. 2. ed. [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5599930/mod\\_resource/content/2/C%C3%B3pia%20de%20IIIDA%2C%20Itiro%2C%20Ergonomia%20projeto%20e%20produ%C3%A7%C3%A3o.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5599930/mod_resource/content/2/C%C3%B3pia%20de%20IIIDA%2C%20Itiro%2C%20Ergonomia%20projeto%20e%20produ%C3%A7%C3%A3o.pdf): EDGARD BLUCHER, 2005. cap. 2, p. 25-66. ISBN 85-212-0354-3.

MORAIS, Bruna Souza. **Desenvolvimento de prótese mioelétrica para membro superior**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. p 20. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/82/82131/tde-26082021-201629/publico/Dissert\\_BrunaSouzaMorais\\_Corrigida\\_ME.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/82/82131/tde-26082021-201629/publico/Dissert_BrunaSouzaMorais_Corrigida_ME.pdf). Acesso em: 10 Nov 2023

NAYYAR, A.; PURI, V. A review of Arduino board's, Lilypad's & Arduino shields. In: 2016 3rd international conference on computing for sustainable global development (INDIACom). IEEE, 2016. p. 1485-1492.

NETTER: Frank H. Netter Atlas De Anatomia Humana. 7 ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2018.

NETO, A. R.; FIORIN, M. Uma Análise da Interrelação entre Indústria 4.0, Educação 4.0 e Engenharia, e suas Influências na Perspectiva de Crescimento Econômico do Brasil no Século XXI. **Caderno de Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 28-46, 2021.

NORTON K. "A brief history of prosthetics" InMotion 2007, Amputee Coalition.

ONUBR. (06 de Maio de 2017). Número de pobres no Brasil terá aumento de no mínimo 2,5 milhões em 2017, aponta Banco Mundial. Fonte: ONUBR: <https://nacoesunidas.org/numero-de-pobres-no-brasil-tera-aumento-de-no-minimo25-milhoes-em-2017-aponta-banco-mundial/>

PAIVA, L. L.; GOELLNER, S. V. Reinventando a vida: um estudo qualitativo sobre os significados culturais atribuídos à reconstrução corporal de amputados mediante a protetização. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*, v. 12, p. 485-497, 2008.

PAIVA, T. N.; NOGUEIRA, C. C. Estudo Comparativo Das Principais Tecnologias De Impressão 3D No Brasil. **Facit Business and Technology Journal**, v. 1, n. 24, 2021.

Peña, A. (16 de Junho de 2016). ÉPOCA Negócios. Fonte: ÉPOCA Negócios: <http://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2016/06/braco-biomecanicoprotese-de-baixo-custo-made-paraguai.htm>. Acesso em 13 Jun 2023

PEREIRA, F. S. Manufatura aditiva. 2022. Disponível em: <https://repositorio-api.fei.edu.br/server/api/core/bitstreams/04b6fad2-30be-4633-a069-f6078e4f3a3e/content>. Acesso em: 22 Set 2023

PEREZ, A. L. F.; Darós, R.R.; Puntel, F.E.; Vargas. Uso da Plataforma Arduino para o Ensino e o Aprendizado de Robótica. In: International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning. Disponível em: 2013. [https://online-engineering.org/icbl-archives/proceedings/2013/papers/Contribution77\\_a.pdf](https://online-engineering.org/icbl-archives/proceedings/2013/papers/Contribution77_a.pdf). Acesso em: 10 Nov 2023

PEIXOTO, A. M.; Peixoto G.O.M., Montteiro, R.L.S.; Carneiro, T. K. G. Procedimentos adotados na coleta de sinais mioelétricos para construção de próteses da mão. **Sociedade Brasileira de Computação**, 2021.

Piaget, J. *The Origins of Intelligence in Children*. Internacional Universities Press. 1952

PINTO, S. L. UAZEVEDO; ISC DE , CS TEIXEIRA, G. S. A. P. S. BRASIL, AF Hamadet *al*. O movimento maker: enfoque nos fablabs brasileiros. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 3, n. 1, p. 38-56, 2018.

PORTO, T. Monteiro, S. Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil. Trabalho Final de Graduação. UFRJ, Rio de Janeiro, v. 9, 2016.

PRINZ, F.; ATWOOD, C.; AUBIN, R.; BEAMAN, J.; BROWN, R.; FUSSEL, P.; LIGHTMAN, A.; SACHS, E.; WEISS, L.; WOZNY, M. Rapid prototyping in Europe and Japan, 1997.

RAICHLE, K. A; HANLEY, M.A.; I Molton , NJ Kadel, K Campbell, E Phelps, D Ehde , DG Smith. Prosthesis use in persons with lower-and upper-limb amputation. *Journal of rehabilitation research and development*, v. 45, n. 7, p. 961, 2008.

RODRIGUES, A. de S. L por elementos finitos da influência que o coeficiente de atrito e o material do soquete exercem nas tensões da interface coto-prótese em amputação transfemoral. 2018.

RODRIGUES, V. de C. Impressão 3D de dispositivos com liberação controlada de aciclovir para tratamento de herpes genital. 2022.

RONG, K.; PATTON, D.; CHEN, W. Business models dynamics and business ecosystems in the emerging 3D printing industry. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 134, p. 234–245, 2018.

ROZENFELD, H; AMARAL, D.C.; ALLIPRANDINI, D.H.; FORCELLINI, F.; TOLEDO, J.C.; SCALICE, R. SILVA, S.L. *Gestão de desenvolvimento de produto: uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva, 2006.

SALES, A. M. G; NAVEIRO, Ricardo Manfredi. Modelo de processo de desenvolvimento de produtos e ciclo de vida de projetos do guia pmbok-uma análise comparativa. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP. São Carlos–SP, 2010.

SAUDABAYEV, A.; VAROL, H. A. Sensors for robotic hands: a survey of state of the art. *IEEE Access*, v. 3, p. 1765-1782, 2015.

SAÚDE BRASIL 2020/2021 : anomalias congênitas prioritárias para a vigilância ao nascimento / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças não Transmissíveis. – Brasília : Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude\\_brasil\\_anomalias\\_congenitas\\_prioritarias.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_brasil_anomalias_congenitas_prioritarias.pdf). Acesso em: 05 Jul. 2022.

SAMPAIO, R. F.; LUZ, M. T. Funcionalidade e incapacidade humana: explorando o escopo da classificação internacional da Organização Mundial da Saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, p. 475-483, 2009.

SILVA, A. M. DA; FERREIRA, A. S.; SILVA, I. G. OLIVEIRA DA; MAIA, S. O.; FARIA, Rodrigo Nascimento Portilho de. *Impressão 3D na construção civil*. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres, Anápolis, 2019. Disponível em: [http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/8486/1/6\\_AlexandreAndreIgorSaulo.pdf](http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/8486/1/6_AlexandreAndreIgorSaulo.pdf). Acesso em: 01 out. 2023

SILVA, T. Roberto da. *Impressão 3d e automação de uma prótese de membro superior com baixo custo*. 2021.

Silva, T. S., Moreira, F. D. S. *Mão 3D: um estudo sobre o desenvolvimento de próteses utilizando impressora 3D*. 2018.

SILVA, J. V. L. da. A manufatura aditiva (impressão 3D): desafios e oportunidades para as empresas inovadoras. *Medium*, 2018. Disponível em: <https://medium.com/hist%C3%B3riasweme/a-manufatura-aditiva-impress%C3%A3o-3d-desafios-e-oportunidades-para-as-empresasinovadoras-19edab646004>. Acesso em: 13 out. 2023.

SUBTIL, R.P *RÓTESE ORTOPÉDICA COM O USO DE TECNOLOGIA DE MANUFATURA ADITIVA*. 2022.

TAVARES, M. C. G. C. Imagem Corporal. São Paulo: Manole, 2003.

ULRICH, K.T.; EPPINGER, S.D. Product design and development. 6th ed. United States of America: The McGraw-Hill Companies. 2015.  
o em: 22 out 2023.

VASCONCELOS, A; BATALHA, I. Isabel. Amputações e Malformações Congénitas do Membro Superior na População Pediátrica-Revisão de 27 Anos Congenital skeletal deficiencies in upper limb in a pediatric population: 27 years Revision 2009. Disponível em:

<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=4e5f3da97aa971030016b09bb4d2fb1f29d2e8ed> . Acesso em:03 abr. 2023

VELARDE. Projeto, análise e fabricação das peças de uma bomba centrífuga impressa com filamento PETG. Publicación Semestral Pädi Vol. 11 No. Especial 4 250-263(2023).

VOLPATO, N.; Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D. 1. ed. São Paulo: **Edgard Blücher Ltda.**, 2018.

WANG, S., WAN, J., LI, D., & ZHANG, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, 2016.

WANG, X., LIU, W., ZHOU, H., *et al.*, “Study on the effect of dispersion phase morphology on porous structure of poly (lactic acid)/poly (ethylene terephthalate glycol-modified) blending foams”, *Polymer*, v. 54, n. 21, pp. 5839-5851, Oct. 2013.

WATANABE, Gabriel *et al.* Construção de uma impressora 3D de baixo custo. **Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação**, v.2, n.1, 2016.