

Reabilitação do amputado de membro superior usuário de prótese 3D: uma revisão integrativa

Bião, Menilde Araújo Silva¹; Santos Filho, Eudaldo Francisco^{1,2}; Santos, Leandro Brito³; Monteiro, Roberto Luiz Souza⁴; Pereira, Hernane Borges de Barros^{1,5,6}

1* – Pós-Graduação em Difusão do Conhecimento, IFBA/UFBA/UNEB, menildebiao@gmail.com

2 – Universidade do Estado da Bahia, UNEB, eudaudiofilho@gmail.com

3 – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, lbsantos@ufrb.edu.br

4 – Universidade Senai CIMATEC, roberto@souzamonteiro.com

5 – Universidade do Estado da Bahia, UNEB, hbbpereira@gmail.com

6 – Universidade Senai CIMATEC, hbbpereira@mail.com

*-Correspondência: Rua Artêmia Pires, 3040, Sim, Feira de Santana, Bahia, Brasil, 44370-000.

DOI 10.52050/9788579177149-10

RESUMO

Este estudo realizou uma revisão integrativa sobre a aplicação da impressão 3D na reabilitação e desenvolvimento de próteses para membros superiores. A metodologia inclui uma questão norteadora, seleção de artigos nas bases de dados da SciELO, Scopus e Web of Science. Foram incluídos nove estudos, cujos resultados demonstraram que a impressão 3D possibilita a fabricação de próteses personalizadas a um custo reduzido em comparação com as alternativas convencionais. Entretanto, os resultados indicam desafios, como limitação da força de prensão, destreza e durabilidade. Recomenda-se estudos com amostras experimentais maiores, uma vez que a maioria dos trabalhos analisados são estudos de caso.

Palavras-chave: impressão 3D, prótese, reabilitação.

ABSTRACT

This study performed an integrative review on the application of 3D printing in rehabilitation and development of upper limb prostheses. The methodology includes a guiding question and selection of articles from the SciELO, Scopus and Web of Science databases. Nine studies were included, whose results demonstrated that 3D printing enables the manufacture of customized prostheses at a reduced cost compared to conventional alternatives. However, the results indicate challenges,

such as limited grip strength, dexterity and durability. Studies with larger experimental samples are recommended, since most of the works analyzed are case studies.

Keywords: 3D printing, prosthesis, rehabilitation.

1. INTRODUÇÃO

O membro superior é fundamental para a realização das tarefas do dia a dia, sendo essencial para a autonomia e independência de uma pessoa. A perda desse membro vai muito além da limitação funcional, ela afeta diretamente a qualidade de vida e o bem-estar emocional (KURET, et al., 2018, p.4). Além dos desafios físicos, essa mudança pode gerar um impacto profundo na autoimagem, levando a sentimentos de ansiedade e depressão. Essas dificuldades não surgem apenas da condição física em si, mas também são amplificadas por barreiras ambientais e fatores sociais, tornando a adaptação ainda mais complexa e desafiadora (DESTELI, et al., 2014, p.738). O apoio adequado e a construção de um ambiente inclusivo são essenciais para que a pessoa possa ressignificar sua nova realidade e encontrar caminhos para viver com mais qualidade e dignidade.

No Brasil, onde 18,6 milhões de pessoas com 2 anos ou mais possuem deficiência (10,3% no Nordeste), 1,4% relataram dificuldades específicas como pegar objetos ou manipular recipientes, quadro frequente em amputados de membro superior (BRASIL, 2022). A amputação, classificada como deficiência física, consiste na remoção parcial ou total de um membro por intervenção cirúrgica (GOMES, SOUZA, 2021, p.95), gera impactos funcionais heterogêneos, dependendo de idade, comorbidades, nível de amputação e habilidade motora. Sem prótese, a redução da capacidade funcional é significativa (JORGE, 2020, p.000), reforçando a necessidade de soluções acessíveis.

Nesse contexto, as próteses emergem como recursos fundamentais de Tecnologia Assistiva (TA), pois substituem membros amputados ou com má formação congênita e rompem o ciclo de limitação ao promover igualdade de condições sociais (ALMEIDA, et al., 2019, p.787). No Brasil, seu acesso é garantido pela Lei 13.143/2015 (Estatuto da Pessoa com Deficiência), que assegura acesso a produtos, recursos, estratégias, práticas, processos, métodos e serviços de tecnologia assistiva (Art. 74) (BRASIL, 2019, p.38). Contudo, a produção de próteses convencionais para membros superiores envolve processos de fabricação prolongados, modelos limitados e alta customização (BRASIL, 2019, p.54).

Diante desses desafios, a manufatura aditiva ou impressão 3D consolida-se como alternativa promissora, superando limitações das próteses convencionais ao possibilitar personalização precisa mediante ajustes digitais, fabricação

de geometrias complexas através de projetos *open-source* compartilhados globalmente (GYLLINSKY, et al, 2019, p.205; ZUNIGA, et al, 2019, p.8) e redução significativa no tempo e custo de produção, ampliando o acesso. Contudo, essa inovação enfrenta lacunas críticas: a ausência de diretrizes padronizadas para reabilitação de usuários de próteses 3D e a escassez de estudos robustos sobre sua eficácia clínica, realidade que sobrecarrega as equipes multidisciplinares com incertezas práticas (THOMAS; MUÑECAS, 2022, p.970; TIMM, et al, 2022, p.69).

Para sistematizar essas discussões, foi estabelecida a seguinte questão norteadora: *Quais as vantagens e desvantagens da impressão 3D na confecção de próteses para reabilitação de amputados do membro superior?* A fim de respondê-la, conduziu-se uma revisão integrativa com o objetivo de mapear evidências científicas sobre a utilização dessa tecnologia no desenvolvimento protético para processos reabilitativos, visando subsidiar futuros protocolos clínicos e pesquisas na área.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica, realizada por meio de levantamento de artigos nas bases de dados *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Scopus* e *Web of Science*. Os dados foram coletados em janeiro de 2025 adotando os seguintes critérios de elegibilidade: publicações em português, inglês ou espanhol, artigos publicados entre 2010 a 2024, textos completos e de acesso livre.

Para o gerenciamento das referências, utilizou-se o software Zotero®, que auxiliou na organização dos artigos e identificação de publicações duplicadas. Foram excluídos artigos de conferência, dissertações, teses, livros e duplicadas.

A estratégia de busca foi construída com o objetivo de abranger os principais conceitos relacionados ao tema, garantindo uma recuperação abrangente e precisa da literatura disponível. A combinação de termos controlados e palavras-chave livres foi organizada em blocos temáticos interligados pelo operador booleano AND, assegurando que os resultados incluam necessariamente as dimensões centrais da pesquisa. A estratégia de busca detalhada encontra-se sistematizada no Quadro 1.

Quadro 1 - Estratégia de busca, 2025.

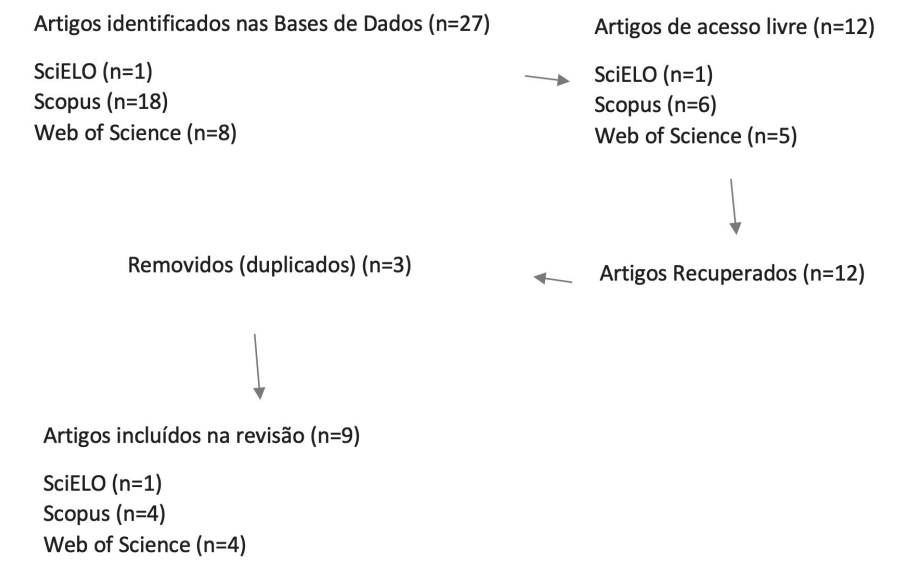
Base de Dados	Estratégia de Busca
SciELO Scopus Web of Science	("3D Printing" OR "Additive Manufacturing") AND ("Amputation" OR "Amputees") AND ("Upper limb" OR "Upper extremity") AND ("Prosthesis" OR "Artificial limb") AND ("Rehabilitation")

Para sistematização das evidências científicas, foi elaborado um mapa conceitual utilizando o *software Cmap Tools*, versão 6.04 (IHMC,2022), ferramenta que possibilita a organização visual de conceitos inter-relacionados.

3. RESULTADOS

Foram identificados 27 artigos nas bases de dados consultadas. Desses, quinze (15) não estavam disponíveis para acesso livre, resultando em um conjunto de doze (12) estudos para análise. Após a verificação da duplicidade em diferentes bases, três (03) artigos foram excluídos, totalizando nove (09) estudos incluídos nesta revisão (Figura 1). Todos os artigos selecionados foram avaliados integralmente, após triagem inicial baseada na adequação dos resumos aos critérios de inclusão previamente estabelecidos.

Figura 01 - Etapas de busca e seleção dos estudos



Os artigos selecionados foram sistematicamente catalogados em um quadro contendo as seguintes informações: autor(es), país de origem, ano de publicação,

periódico de vinculação, fator de impacto da revista e área do conhecimento predominante. Na tabela 1, são apresentados os estudos selecionados.

Tabela 1 - Estudos sobre o uso da impressão 3D para confecção de próteses e reabilitação do membro superior

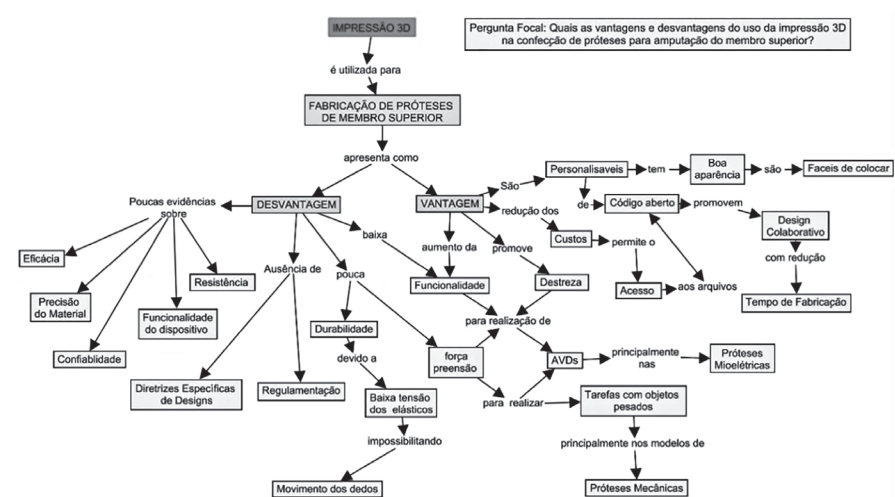
Autores	País	Ano de Publicação	Periódico	Fator de Impacto (JCR) 2023	Áreas do Conhecimento
1.Pereira et al	Brasil	2024	<i>BMC Musculoskelet. Disord.</i>	2.2	Reumatologia Ortopedia
2.Raduica et al	Itália	2024	Machine	2.1	Engenharia Mecânica
3.Copeland et al	EUA	2022	<i>Biomedical Engineering online</i>	2.9	Engenharia Biomédica
4.Lee et al	Coreia do Sul	2022	Medicine	1.4	Medicina Geral e Interna
5.Morimoto et al	Brasil	2021	Caderno Brasileiro de Terapia Ocupacional	0.6	Saúde Pública, Ocupacional e Ambiental
6.Manero et al	EUA	2019	<i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>	4.6	Saúde Pública, Ambiental e Ocupacional
7.Young et al	EUA	2019	<i>3D Printing in Medicine</i>	3.2	Radiologia Medicina Nuclear e Imagens Médicas
8.Kate et al	Holanda	2017	<i>Disabil. Rehabil. Assistive Technol</i>	1.9	Reabilitação
9.Xu et al	EUA	2017	Medicine	1.4	Medicina Geral e Interna

A investigação teórica revela que o maior potencial de publicação ocorreu em 2022 com três artigos. O país com mais estudos foram os Estados Unidos com quatro publicações, seguido pelo Brasil com dois estudos. Quanto à área do conhecimento das publicações, sete estão relacionadas às ciências da saúde

e duas às engenharias. Os artigos foram publicados em nove periódicos, todos com fator de impacto no Journal Citation Report (JCR) 2023. Os periódicos *International Journal of Environmental Research and Public Health* e *3D Printing in Medicine* com fator de impacto entre 4.6 e 3.2.

A partir da análise dos artigos, inclinada em responder à pergunta focal “Quais as vantagens e desvantagens da impressão 3D na confecção de próteses para reabilitação de amputados do membro superior?” Foi elaborado um mapa conceitual. Conforme ilustrado na Figura 2, o mapa resultante representa graficamente as interconexões entre esses domínios, destacando tanto evidências consolidadas quanto lacunas no conhecimento sobre reabilitação com próteses 3D para amputados de membros superiores.

Figura 2 - Mapa conceitual sobre as vantagens e desvantagens do uso de impressão 3D na produção de próteses de membros superiores.



4. DISCUSSÃO

A análise dos artigos selecionados destaca os principais aspectos do uso da impressão 3D na reabilitação do amputado de membro superior. O desenvolvimento de próteses através da impressão 3D apresenta vantagens, conforme demonstram Morimoto et al. (2021, p.7), que destacam a redução de custos no desenvolvimento de próteses, em comparação com métodos tradicionais. Particularmente relevante é a observação dos autores de que a impressão 3D tem sido aplicada com maior frequência para o público infantil, que necessita de substituições frequentes de próteses devido ao crescimento.

Manero et al. (2019, p.3) ressalta que a impressão 3D supera barreiras como o crescimento contínuo e elevado custos com a produção, o que é comum em próteses tradicionais, permitindo ajustes rápidos e personalização lúdica (cores, formas).

Contudo, os autores alertam que a maioria das próteses está na fase inicial de desenvolvimento, com estudos predominantemente focados em casos específicos e sem avaliações robustas de eficácia em grandes grupos de amputados com diferentes níveis de amputação do membro superior. Esta limitação é corroborada por Kate et al. (2017, p.12), cuja revisão sistemática de 58 dispositivos identificou lacunas significativas na avaliação de parâmetros como durabilidade e aceitação do usuário em longo prazo. Os autores destacam que, apesar do aumento de projetos envolvendo impressão 3D, as evidências sobre seu desempenho continuam sendo, em grande parte, sem comprovação científica.

Sobre a satisfação do usuário, Coperland et al. (2022, p.9) demonstraram que, embora a prótese impressa em 3D proporcionou melhor desempenho funcional no teste Box and Block, ela teve menor satisfação geral do usuário em comparação com a prótese tradicional. Os aspectos referidos pelo usuário foram a insegurança com relação a durabilidade e eficácia do dispositivo.

Este paradoxo entre funcionalidade e aceitação ressalta a importância de integrar aspectos ergonômicos e estéticos ao processo de design, como ilustrado por Xu et al. (2017, p.3) em seu relato de caso pediátrico. O estudo de Xu et al. (2017, p.3) é revelador ao demonstrar que mesmo uma prótese de baixo custo pode alcançar bons resultados quando combinada com um programa de reabilitação personalizado, sugerindo que o sucesso da impressão 3D depende tanto do dispositivo em si quanto de um programa de reabilitação.

Quanto à customização, Pereira et al. (2024, p.8) destacam que a impressão 3D permite adaptações refinadas em nível individual. Esta vantagem é especialmente relevante quando consideramos as observações de Raduica et al. (2024.p.6) sobre o desenvolvimento de próteses 3D, que podem ser rapidamente ajustadas às necessidades específicas do usuário.

A produção local e sob demanda, destacada em ambos os estudos, representa um avanço significativo na disponibilidade de próteses para membros superiores. Contudo, desafios críticos ainda precisam ser superados. Pereira et al. (2024, p.8) enfatizam a importância de considerar as propriedades mecânicas dos materiais utilizados na impressão 3D, apontando limitações como força, rigidez e resistência das próteses fabricadas. Essas restrições são especialmente preocupantes diante das exigências funcionais dos membros superiores para a realização das atividades diárias, evidenciando a necessidade de aprimoramentos

técnicos e adaptações para garantir maior eficácia e durabilidade das próteses impressas.

Em contrapartida, os estudos de Lee et al., (2022, p.5) e Young et al. (2019, p.7) destacam o potencial da impressão 3D na reabilitação de pacientes com amputações parciais de dedos, enfatizando vantagens como leveza, baixo custo e personalização rápida. Ambos os trabalhos demonstram que próteses impressas em 3D, especialmente as mecânicas, podem oferecer melhora funcional em comparação com dispositivos cosméticos tradicionais. Lee et al., (2022, p.5) observaram que a combinação entre próteses personalizadas e treinamento protético adequado resultou em benefícios, o que corrobora com os achados apresentados por Xu et al. (2017, p.4).

No entanto, os autores alertam para limitações, como a necessidade de validação em amostras maiores (Lee et al, 2022, p.5). Apesar desses desafios, os estudos concordam que a impressão 3D representa uma alternativa promissora para democratizar o acesso a próteses, particularmente em regiões carentes. Manero et al. (2019, p.15) destaca a importância da comunidade *maker* no desenvolvimento de soluções inovadoras e de código aberto. Essa abordagem colaborativa não apenas acelera o progresso tecnológico, como também amplia a disponibilidade de dispositivos personalizados, melhorando a acessibilidade de próteses funcionais.

Pesquisas futuras devem focar na efetividade funcional em longo prazo, padronização de designs e integração de tecnologias complementares, como sugerem Raduica et al. (2022, p.11) através da combinação entre impressão 3D a sistemas de sensores, apontando para o desenvolvimento de próteses híbridas com feedback sensorial.

5. CONCLUSÕES

A revisão bibliográfica identificou 27 estudos, dos quais nove atenderam aos critérios de inclusão e foram analisados. Os achados destacam avanços na aplicação da impressão 3D na reabilitação de amputados de membro superior, proporcionando próteses personalizadas, acessíveis e de rápida fabricação, promovendo uma democratização da Tecnologia Assistiva.

Este estudo oferece contribuições expressivas ao demonstrar como a impressão 3D revoluciona a produção de próteses, viabilizando dispositivos altamente customizáveis e economicamente viáveis. Em comparação aos métodos convencionais, essa tecnologia se destaca por permitir a fabricação de geometrias complexas e designs inovadores, impulsionados por plataformas de código aberto, ampliando consideravelmente o acesso a soluções avançadas de reabilitação.

No entanto, os resultados também apontam desafios cruciais que precisam ser superados para consolidar essa inovação na prática clínica. Entre eles, destaca-se a necessidade de estabelecer protocolos de reabilitação integrados ao uso de próteses 3D, otimizar suas propriedades mecânicas e conduzir estudos longitudinais para avaliar sua eficácia clínica e aceitação pelos usuários. O avanço contínuo nessa área não apenas redefine os paradigmas da Tecnologia Assistiva, mas também abre caminho para uma reabilitação mais inclusiva, funcional e acessível.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – [Código de Financiamento 001] pelo apoio financeiro para realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. M.V.T. et al., Órteses e Próteses e Materiais: Tecnologia Assistiva Fundamental para a Equiparação de oportunidades às Pessoas com Deficiência. In: CONGRESSO DE SECRETÁRIOS MUNICIPAIS DE SAÚDE DO ESTADO DE SÃO PAULO, n. XXX, 2016, São Paulo. Tema da experiência: Redes de Atenção à Saúde. São Paulo: PMSP, 2016.
- BRASIL, Ministério da Saúde. *Diretrizes de atenção à pessoa amputada*. Brasília: Ministérios da Saúde, 2013.
- BRASIL, Ministério da Saúde. *Guia para Prescrição, Concessão, Adaptação e Manutenção de Órteses, Próteses e Meios Auxiliares de Locomoção*. Brasília: Ministérios da Saúde, 2019.
- BRASIL. Estatuto da Pessoa com Deficiência. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portal da Saúde. TabNet DataSUS. 2022. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>. Acesso em: 30 nov. 2024.
- COPELAND, C. et al. Functional performance and patient satisfaction comparison between a 3D printed and a standard transradial prosthesis: a case report. *BioMedical Engineering OnLine*, v. 21, n. 15, p. 1-12, 2022.
- DAVIDS, W; MEYER, B. D. Prosthetic management of children with unilateral congenital below-elbow deficiency. *Journal of Bone and Joint Surgery*, New York, v. 88, p. 1294-1300, 2006.
- DESTELI, E. E. et al. Comparison of upper limb amputees and lower limb amputees: A psychosocial perspective. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, Munich, v. 40, p. 735–739, 2014.
- GOMES, D.; SOUZA, A. Symbolic aspects of lower limb amputation from the perspective of Jungian psychology. *Revista de Psicologia, Diversidade e Saúde*, Salvador, v. 10, n. 1, p. 94-105, mar. 2021.
- GYLLINSKY, V. J, et al. Patient Self-assessment of 3D Printed Upper-extremity Prosthetics. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART COMPUTING (SMARTCOMP), Washington. *Patient Self-Assessment of 3D Printed Upper-Extremity Prosthetics*. Washington: IEEE, 2019.

INSTITUTE FOR HUMAN AND MACHINE COGNITION (IHMC). CmapTools (versão 6.04) [Software]. Pensacola, FL: IHMC, 2022. Disponível em: <https://cmap.ihmc.us>. Acesso em: 03 jan. 2025.

JORGE, A. *Dados epidemiológicos nacionais de amputação e proposta de dispositivo para treinamento de usuários de próteses de membro superior*. 2020. 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Bio-médica), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

KURET, Z. et. al. Adjustment to finger amputation and silicone finger prosthesis use. *Disability and Rehabilitation*, p. 1-6, jan. 2018.

LAKE, C.; DODSON, R. Progressive upper limb prosthetics. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, Philadelphia, v. 17, p. 49-72, 2006.

LEE, M. Y. et al. Functional improvement by body-powered 3D-printed prosthesis in patients with finger amputation: two case reports. *Medicine*, Waltham v. 101, n. 25, mar.2022.

LLORENTE, L. et al. Impacto funcional y psicosocial del uso de prótesis de bajo costo en impresión 3D en amputado unilateral de antebrazo: estudio de un caso. *Rehabilitación Integral*, Chile, v. 14, n. 1, p. 16-21, abr. 2019.

LUZA, L. M. et al. Psychosocial and physical adjustments and prosthesis satisfaction in amputees: a systematic review of observational studies. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, Abingdon, v. 15, n. 5, p. 582-589, 2019.

MANERO, A. et al. Implementation of 3D Printing Technology in the Field of Prosthetics: Past, Present, and future. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Basle, v. 16, n. 9, p. 3-15, 2019.

MORIMOTO, S. Y. U. et al. Órteses e próteses de membro superior impressas em 3D: uma revisão integrativa. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, São Carlos, v. 29, p.1-14, 2021.

PEREIRA, J. de S. et al. 3D-printed orthoses and prostheses for people with physical disability in rehabilitation centers: a scoping review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, Londres, v. 25, p. 1-10, 2024.

RĂDUICĂ, F. F. et al. A Perspective on Rehabilitation Through Open-Source Low-Cost 3D-Printed Distal to the Wrist Joint Transitional Prosthetics: Towards Autonomous Hybrid Devices. *Machines*, v. 12, p.1-30, 2024.

RIBEIRO, A. A. et al. Impressão 3D e amputação: uma revisão do escopo. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, Abingdon, v. 16, n. 2, p. 221-240, 2019.

THOMAS, A. MUÑECAS, T. A rehabilitation protocol for the use of a 3D-printed prosthetic hand in pediatrics: A case report. *Journal of Hand Therapy*, Miami, p. 967-973, nov. 2022.

TIMM, L. *Design and development of an open-source ADL-compliant prosthetic arm for trans-radial amputees*. 2021. Dissertation (Division of Biomedical Engineering), University of Cape Town, Cape Town, 2021.

Xu, G. et al. Three-dimensional-printed upper limb prosthesis for a child with traumatic amputation of right wrist A Case report. *Medicine*, Waltham, v. 96, n.52, p.1-5,2017.

YOUNG, K. J. et al. Assessment of body-powered 3D printed partial finger prostheses: a case study. *3D Printing in medicine*, v. 5, n. 1, p. 1-8, 2019.

ZUNIGA, J. et al. Functional changes through the usage of 3D-printed transitional prostheses in children. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, Abingdon, v. 14, n. 1, p. 68-74, jan.2019.