

FABRICAÇÃO DE MEMBROS ARTIFICIAIS POR MEIO DA IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL: VANTAGENS, IMPACTOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Anna Kellssya Leite Filgueira

NUTES/UEPB, BRAZIL, [annakellssya21@gmail](mailto:annakellssya21@gmail.com)

Kátia Elizabete Galdino

UEPB/NUTES, BRAZIL, [katiaelizabete@gmail](mailto:katiaelizabete@gmail.com)

Eduardo Jorge Valadares Oliveira

UEPB/NUTES, BRAZIL, [edujvo@gmail](mailto:edujvo@gmail.com)

Ketinlly Yasmyne Nascimento Martins

UEPB/NUTES, BRAZIL, yasmyne.martins@nutes.uepb.edu.br

Rodolfo Ramos Castelo Branco

UEPB/NUTES, BRAZIL, rodolfo.ramos@nutes.uepb.edu.br

INTRODUÇÃO

Os membros artificiais são dispositivos, permanentes ou transitórios, que substituem total ou parcialmente um membro visando devolver a funcionalidade e independência ao indivíduo (BRASIL, 2019). No processo de fabricação desses dispositivos é importante equilibrar a necessidade individual de estabilidade, segurança, mobilidade, durabilidade e estética para causar maior aceitação do usuário (KORKMAZ et al., 2012) e a inovação tecnológica tem sido peça chave para aquisição da união dessas características.

De fato, o desenvolvimento de produtos médicos no geral através de processos de fabricação inovadores vem ganhando espaço e sendo cada vez mais legitimados, pois possibilitam particularidades específicas não alcançadas, muitas vezes, pelo processo convencional (MORIMOTO et. al., 2021). No cenário atual, um grande destaque é a manufatura aditiva (MA), convencionalmente denominada por impressão tridimensional, que possibilita a fabricação de produtos físicos por meio de tecnologia computadorizada e softwares específicos (MAIA, 2016).

As características da MA têm fornecido a fabricação de produtos médicos, principalmente os customizados, um novo panorama que incluem diversidade de materiais, rapidez de processo, barateamento de custo, facilidade de manutenção e de reprogramação (GARCIA, 2010; VOLPATO, 2017). Esses aspectos podem fornecer maior liberdade de produção e design de membros artificiais, principalmente com relação aos materiais e as formas variadas (MAIA, 2016).

Nessas perspectivas, o objetivo desse estudo é compreender o cenário atual da fabricação de membros artificiais por meio da impressão tridimensional e as vantagens em relação ao procedimento convencional de molde gessado.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura. A elaboração do estudo permeou por sete etapas metodológicas: 1) Elaboração da questão de pesquisa; 2) Determinação dos critérios de elegibilidade; 3) Identificação de estudos relevantes (Determinação das bases de dados de interesse e melhor estratégia de busca); 4) Seleção e

categorização dos estudos; 6) Extração dos dados; 7) Síntese e detalhamento das informações (DONATO; DONATO, 2019).

A questão norteadora foi baseada na estratégia PICO que representa um acrônimo para Problema (P), Intervenção (I), Comparação (C), “Outcomes” – desfecho (O) (SANTOS; PIMENTA; NOBRE, 2007) e instituiu-se como: “Quais as vantagens e perspectivas (O) da fabricação de membros artificiais (P) por meio da impressão tridimensional (I) quando comparado a fabricação por molde gessado (C)?”.

Para reduzir o risco de viés, os critérios de elegibilidade foram definidos anteriormente ao início da pesquisa. Como critérios de inclusão considerou-se: INC.01 – Área de interesse: O artigo deve abordar membros artificiais e impressão tridimensional simultaneamente; INC.02 – Idioma: O artigo deve estar escrito em inglês, português ou espanhol; INC. 03 – Desenho do estudo: O artigo deve ser um estudo primário. Como critérios de exclusão foram estabelecidos os seguintes pontos: EXC.01 – Disponibilidade: O artigo completo deve estar disponível para acesso; EXC.02 – Execução do estudo: O artigo não deve aplicar metodologias em animais.

O levantamento literário foi realizado em três bases de dados eletrônicas distintas: Biblioteca Virtual em Saúde: BVS (BIREME); Cochrane Library; e MEDLINE/PubMed (via National Library of Medicine). Para montar a estratégia de busca, inicialmente houve a seleção dos termos e entretermos que, por sua vez, estavam devidamente registrados no Medical Subject Headings (MeSH) e nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS).

Após rodadas prévias de diferentes combinações, a equipe de pesquisa considerou como estratégia mais relevante visando aumentar a probabilidade de encontrar as respostas da questão norteadora, a associação, através dos operadores booleanos “OR” e “AND”, dos termos “Membros artificiais” e “Impressão Tridimensional” com seus respectivos entretermos. Para a composição da estratégia completa respeitou-se as particularidades de busca de cada base de dados.

A seleção e categorização dos estudos foi baseada no fluxograma da declaração PRISMA e realizada através da ferramenta para condução de revisão RAYYAN. Para tanto, foi realizado um compilado dos arquivos encontrados nas bases de dados eletrônicas e removido as duplicatas. Sequencialmente, os artigos foram submetidos a uma triagem de primeiro nível através da leitura de títulos e resumos,

conforme os critérios de elegibilidade anteriormente definidos. Os estudos selecionados foram encaminhados a um segundo nível de triagem por meio da leitura de texto completo, onde novamente foram analisados independentemente.

A extração de dados dos artigos incluídos foi realizada através de um formulário predefinido e desenvolvido diretamente para o estudo. Para contemplar as etapas de análise, interpretação e discussão foi elaborado um “quadro síntese” abordando os seguintes itens: Ano de publicação; Autor; Título; Objetivo do estudo; Metodologia; e Pontos chaves.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento literário com o uso das estratégias de busca resultou em 251 artigos, sendo 77 captados pela BVS(BIREME), dois captados pela Cochrane Library e 172 captados pela MEDLINE/PubMed. Os artigos encontrados separadamente, em cada base de dados eletrônica, foram compilados em pasta única e constatou-se a exigência de 76 duplicatas que foram removidas após análise específica.

Seguindo os passos metodológicos, através da plataforma RAYYAN, 175 títulos e resumos foram analisados conforme os critérios de elegibilidade estabelecidos. Após a análise em primeiro nível, 54 artigos foram selecionados para serem lidos na íntegra, no entanto, 16 desses não apresentaram disponibilidade de artigo completo e, adequando-se aos critérios de exclusão, foram retirados da pesquisa. Por fim, 38 artigos foram analisados em segundo nível e apenas 14 artigos foram considerados relevantes para o estudo.

Os artigos incluídos são de maioria publicados em datas superiores ao ano de 2019, evidenciando a atualidade do tema tratado neste estudo. De forma geral, os achados indicaram que a impressão tridimensional pode proporcionar mecanismos sem montagens, com procedimentos de ajuste à distância (CUELLAR et al., 2018, 2019), maior acessibilidade a dispositivos protéticos de forma econômica, personalizada e bem ajustada (XU et al., 2017), melhor adaptação e sensação de conforto aos encaixes (HERBERT et al., 2005), design colaborativo e diversificado (MANERO et al., 2019), e possibilidade

de reajuste por antecipação ao ganho/perda de volume sem necessidade de reproduzir o processo do zero (NICKEL et al., 2020).

No que se refere a detalhes estruturais, a produção de membros artificiais através da impressão tridimensional pode, inclusive, alcançar o desenvolvimento de dispositivos com recursos aprimorados, como uma mão robótica proposta por Wahit et. al. (2020), onde demonstrou uma similaridade de 70-98% entre o projeto 3D e a estrutura construída do robô, podendo suportar até 1,6 kg de carga tanto na simulação quanto teste real. Além disto, as soluções de design têm correspondido aos requisitos mecânicos/morfológicos, cinedinâmicos e de funcionalidade (MOHAMMADI et al., 2020).

Outrossim, a união de características, como o baixo custo e a personalização de acordo com o paciente, demonstra que esse processo de fabricação é uma excelente opção para prótese de transição, sendo um grande benefício para crianças que estão em constante mudanças físicas relacionadas ao crescimento (BHAT et.al., 2021). Anderson e Schanandore (2021) afirmam ainda que, no quesito transição, a relação de custo-benefício tem permitido modificação do dispositivo para adicionar resistência e durabilidade.

Um ponto chave proporcionado pela tecnologia tridimensional é a rapidez para entrega dos dispositivos, sendo possível fornecer a um paciente uma prótese completa e individualizada após 24 horas da digitalização 3D (GÓRSKI et al., 2021) assegurando, além disso, conservar e reutilizar as medições iniciais em caso de troca e reajuste ao mesmo tempo que mantêm um potencial significativo de impactar positivamente na qualidade de vida, inclusive dos indivíduos economicamente desfavorecidos (LEE et al., 2017).

Para além, a fabricação de peças leves e personalizáveis tem possibilitado um destaque em longa escala na área esportiva. Os membros artificiais impressos em 3D não demonstraram diferenças estatísticas em todos os parâmetros durante a corrida quando comparados a órteses tradicionais moldadas em gesso, sugerindo-se como uma alternativa viável (MO et al., 2019). Em ambiente aquático, a tecnologia tem proporcionado aos atletas menos gasto de energia para uso, sendo classificadas como mais alta, agradável e utilizável quando comparadas às convencionais (GOLDSTEIN et al., 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da impressão tridimensional para fabricação de membros artificiais pode demonstrar um potencial aumento na acessibilidade, personalização e aquisição quando comparados a dispositivos de molde gessado. Além disso, este estudo fornece subsídios que fortalecem a ideia de que componentes protéticos impressos de 3D podem proporcionar um baixo custo, leveza, conforto, design diversificado e tornar as atualizações substancialmente mais acessíveis, seja para esportistas, crianças ou adultos.

Em contrapartida, percebe-se que apesar dos benefícios encontrados sobressair o tema abordado, nenhum material descreveu sobre as exigências técnicas do processo produtivo, restringindo, em parte, a explanação do panorama do estudo. De fato, para aprimorar e fortalecer os achados torna-se necessário a publicação de mais estudos primários com amostragem maior e abordagem técnica mais específica.

Palavras-chave: Membros Artificiais; Impressão Tridimensional; Adaptação.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, B.; SCHANANDORE, J. V. Using a 3D-Printed Prosthetic to Improve Participation in a Young Gymnast. **Pediatr Phys Ther**, v. 33, n. 1, p. E1–E6, 2021. BHAT, A. K. et. al. Relevance of 3D Prited Prosthesis in Children. **The Journal of Hand Surgery** (Asian-Pacific Volume), v. 26, n.4, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Secretaria de Atenção Especializada à Saúde. Guia para Prescrição, Concessão, Adaptação e Manutenção de Órteses, Próteses e Meios Auxiliares de Locomoção. **Brasília**: MS, 2019.

CUELLAR, J. S. et al. Ten guidelines for the design of non-assembly mechanisms: The case of 3D-printed prosthetic hands. **Proc Inst Mech Eng H**, v. 232, n. 9, p. 962–971, 2018. CUELLAR, J. S. et al. Functional evaluation of a non-assembly 3D-printed hand prosthesis. **Proc Inst Mech Eng H**, v. 233, n. 11, p. 1122–1131, 2019.

DONATO, H.; DONATO, M. Stages for undertaking a systematic review. **Acta Medica Portuguesa**, v. 32, n. 3, p. 227–235, 2019.

GARCIA, Luiz Hilário Tobler. **Desenvolvimento e fabricação de uma mini-impressora 3D para cerâmica**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2010.

GOLDSTEIN, T. et al. A Pilot Study Testing a Novel 3D Printed Amphibious Lower Limb Prosthesis in a Recreational Pool Setting. **PM R**, v. 12, n. 8, p. 783–793, 2020.

GÓRSKI, F. et al. Study on properties of automatically designed 3d-printed customized prosthetic sockets. **Materials**, v. 14, n. 18, 2021.

HERBERT, N. et al. A preliminary investigation into the development of 3-D printing of prosthetic sockets. **Journal of rehabilitation research and development**, v. 42, n. 2, p. 141–146, 2005.

KORKMAZ, M. et. al. Evaluation of functionality in acquired and congenital upper extremity child amputees. **Acta orthopaedica et traumatologica turcica**, v. 46, n. 4, p. 262–268, 2012.

LEE, K. H. et al. Hand Functions of Myoelectric and 3D-Printed Pressure-Sensored Prosthetics: A Comparative Study. **Annals of rehabilitation medicine**, v. 41, n. 5, p. 875–880, out. 2017.

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.

MANERO, A. et al. Implementation of 3D Printing Technology in the Field of Prosthetics: Past, Present, and Future. **Int. j. environ. res. public health (Online)**, v. 16, n. 9, 2019.

MO, S. et al. The biomechanical difference between running with traditional and 3D printed orthoses. **J Sports Sci**, v. 37, n. 19, p. 2191–2197, 2019.

MOHAMMADI, A. et al. A practical 3D-printed soft robotic prosthetic hand with multi- articulating capabilities. **PLoS One**, v. 15, n. 5, p. e0232766–e0232766, 2020.

MORIMOTO , S. Y. U. et. al. Órteses e próteses de membro superior impressas em 3D: uma revisão integrativa. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional**, 2021.

NICKEL, E. et al. Three-dimensional printing in prosthetics: Method for managing rapid limb volume change. **Prosthet Orthot Int**, v. 44, n. 5, p. 355–358, 2020.

SANTOS, C. M. da C; PIMENTA, C. A. de M; NOBRE, M. R. C. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 1-4, 2007.

VOLPATO, Neri. Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D. São Paulo: Blucher, 2017.

WAHIT, M. A. A. et al. 3D Printed Robot Hand Structure Using Four-Bar Linkage Mechanism for Prosthetic Application. **Sensors (Switzerland)**, v. 20, n. 15, p. 1–22, 2020.

XU, G. et al. Three-dimensional-printed upper limb prosthesis for a child with traumatic amputation of right wrist: A case report. **Medicine (Baltimore)**, v. 96, n. 52, p. e9426–e9426, 2017.