

TRANS VERSO

01 Revisão da literatura científica
sobre o uso da impressão 3D
na produção de próteses infantis
de membro superior

recebido em 22/08/2024
aprovado em 22/09/2024

Revisão da literatura científica sobre o uso da impressão 3D na produção de próteses infantis de membro superior

Bárbara Bernadelli Ribeiro

bernadelli@discente.ufg.br

Universidade Federal de Goiás

Laura Duarte Santana

lauraduarte@discente.ufg.br

Universidade Federal de Goiás

Pedro Henrique Gonçalves

pedrogoncalves@ufg.br

Universidade Federal de Goiás

RESUMO (PT): A impressão tridimensional (3D) tem se destacado na fabricação de próteses, oferecendo redução de custos, menor desperdício, rapidez e personalização especialmente para crianças amputadas, que frequentemente necessitam de novas próteses devido ao crescimento. Este trabalho objetiva agrupar, sintetizar e analisar algumas evidências encontradas na literatura científica sobre o uso da impressão 3D na produção de próteses para membro superior, com foco no público infantil. Foram analisados nove artigos, selecionados sistematicamente em bases de dados e avaliados com ferramentas de checklist. A maioria dos estudos revelou melhorias significativas nos parâmetros avaliados e, todos concordaram com a necessidade de mais pesquisas sobre o tema. Observou-se a indicação de aprimoramento estético, aumento da segurança e exploração de novos designs para ampliar as funcionalidades das próteses. Portanto, as evidências podem contribuir para o avanço contínuo da área, identificando lacunas e oportunidades para o desenvolvimento de próteses impressas mais eficazes e estéticas para crianças.

Palavras-chave: próteses, impressão 3D, membro superior, crianças.

ABSTRACT (ENG): *Three-dimensional (3D) printing has been prominent in the manufacture of prostheses, providing cost reduction, less waste, speed and customization, especially for amputee children, who frequently require new prostheses due to growth. This work aims to group, synthesize and analyse some evidence found in the scientific literature on the use of 3D printing in the production of upper limb prostheses, focusing on children. Nine articles were analysed, systematically selected from databases and evaluated with checklist tools. Most studies revealed significant improvements in the evaluated parameters, and all agreed on the need for further research on the subject. Note the indication of aesthetic improvement, increased safety and exploration of new designs to expand the functionalities of prostheses. Therefore, the evidence can contribute to the continuous advancement of the area, identifying gaps and opportunities for the development of more effective and aesthetic printed prostheses for children.*

Keywords: prosthetics, 3D printing, upper limb, children.

1. Introdução

A amputação é definida como a secção de um membro ou de parte dele para fins terapêuticos, ou seja, para o tratamento de doenças, e é classificada quanto à causa e de acordo com o nível onde é realizada (Carvalho, 2006, p. 311).

A classificação pode ser conforme a etiologia e o nível anatômico em que é executada. Quanto a etiologia, as amputações congênitas ocorrem quando há ausência de um ou mais membros ou segmentos corporais desde o nascimento, enquanto as amputações traumáticas resultam da perda de um membro ou parte dele em decorrência de eventos traumáticos ou acidentes. De acordo com a classificação anatômica, as amputações são categorizadas em sete principais tipos: amputação parcial da mão, transradial, transumeral (também conhecida como amputação de braço), desarticulação do punho, desarticulação do cotovelo, desarticulação do ombro e amputação escápulo-umeral (Barbin, 2017, p.16).

Essa intervenção pode ser crucial para salvar a vida do paciente em situações de doenças graves ou traumas, além de potencialmente melhorar sua qualidade de vida. No entanto, a amputação provoca mudanças profundas na vida do indivíduo, afetando tanto aspectos funcionais do dia a dia quanto a participação social e a percepção da imagem corporal (Brasil, 2014, p. 318). Essas dificuldades tornam-se ainda mais significativas durante a adolescência, um período em que a imagem corporal, o relacionamento com os pares e o desenvolvimento da própria identidade são determinantes na esfera psicossocial (Giaconi, 2019, p. 540).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a palavra reabilitação é definida como processo que capacita pessoas com deficiência para a autonomia (Brasil, 2006, p. 146). O conceito de reabilitação relaciona-se à independência funcional do amputado, influenciando também na melhora dos aspectos da autoimagem e das relações sociais. Neste contexto, dentre os vários mecanismos de reabilitação, estão as próteses, que são dispositivos destinados a suprir a ausência completa ou parcial de um membro, classificadas quanto à funcionalidade, confecção e tipo de fonte para o seu açãoamento (Stocco e Rodrigues, 2020, p. 66).

As próteses podem ser classificadas em quatro tipos principais: passivas, ativas, mioelétricas e híbridas (Barbin, 2017, p. 15). As próteses passivas, também conhecidas como estéticas, são leves e focadas no aspecto visual, oferecendo pouca ou nenhuma funcionalidade. Já as próteses ativas, ou funcionais, proporcionam alguma funcionalidade ao serem açãoadas pelo movimento do coto. As próteses mioelétricas, por sua vez, utilizam estímulos musculares captados por eletrodos na pele para gerar movimento, requerendo um controle muscular preciso. Por fim, as próteses híbridas, combinam uma articulação mecânica com uma mão mioelétrica, utilizando energia externa para funcionamento (Barbin, 2017, p. 16).

As mãos protéticas podem ser classificadas em três categorias principais: estéticas, mecânicas e mioelétricas (Castaneda, 2021). As mãos estéticas são próteses passivas, estruturadas com espumas e arames internos que reforçam os dedos. As mãos mecânicas são próteses ativas, açãoadas por tirantes, e possuem um mecanismo interno com três dedos funcionais que permitem realizar movimentos de pinça. Por sua vez, as mãos mioelétricas são próteses ativas que utilizam potenciais elétricos captados por eletrodos na pele para ativação (Castaneda, 2021).

Com os avanços da tecnologia na atualidade, existem próteses mais funcionais, porém com um preço muito elevado. O alto custo das próteses de membros superiores representa uma barreira econômica para muitas famílias, especialmente no caso de crianças, que necessitam de ajustes frequentes e trocas constantes das próteses para acompanhar seu crescimento contínuo (Gretsch *et al.*, 2016, p. 402). Por exemplo, de acordo com a organização sem fins lucrativos *Amputee Coalition*, as crianças geralmente precisam de uma nova prótese a cada dois anos até completarem os 18 anos, devido ao crescimento de seus corpos (Smith, 2009, p. 3).

A aplicação da tecnologia de impressão tridimensional (3D) ao desenvolvimento de prótese de mão é um caminho promissor para a redução de custos (Gretsch *et al.*, 2016, p. 401). De modo geral, a impressão 3D normalmente emprega fabricação aditiva, na qual um modelo 3D digitalizado é manipulado e depois impresso em camadas sucessivas para construir o objeto desejado (Francoisse *et al.*, 2020, p. 420). Além do baixo custo, a modelagem por deposição fundida possui vantagens como fabricação rápida, limpeza e fácil operação, que tornam a impressão 3D adequada para esse tipo de produção (Huang *et al.*, 2019, p. 1250).

Nesse contexto, a produção de próteses de membros superiores por meio da impressão 3D, com seu alto nível de customização, surge como uma oportunidade promissora para auxiliar na reabilitação de pacientes amputados, especialmente crianças, que necessitam de um acompanhamento constante. Dessa forma, torna-se relevante a realização de estudos científicos sobre essa aplicação, a fim de difundi-la e promover seu desenvolvimento. Assim, este trabalho tem como objetivo reunir, sintetizar e analisar as evidências disponíveis na literatura científica sobre o uso da impressão 3D na fabricação de próteses de membros superiores, com ênfase no público infantil.

2. Procedimentos Metodológicos

Nesta revisão, a estratégia PICO foi utilizada para definir os seguintes critérios: População (P): crianças e adolescentes; Intervenção (I): próteses de membro superior em 3D; Comparação (C): diferentes tipos de próteses; e Resultados (O): potencialidades gerais das próteses. Com base nessa estrutura, foi formulada a seguinte questão de pesquisa: “Quais são as potencialidades da prototipagem rápida de membros superiores para crianças?” Os critérios de inclusão abrangeram estudos observacionais envolvendo crianças que utilizaram ou testaram próteses de membros superiores impressas em 3D. Não foram impostos limites quanto ao idioma ou ao período de publicação, dada a natureza recente do tema na área da saúde.

Os estudos foram identificados em dezembro de 2023 através de uma busca em diversas bases de dados acadêmicas, incluindo BVS (Biblioteca Virtual em Saúde), LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde), PubMed, SciELO (*Scientific Electronic Library Online*), EMBASE e *Web of Science*. A busca foi realizada via rede da Comunidade Acadêmica Federada (CAFe) da Universidade Federal de Goiás, que proporciona acesso ao Portal de Periódicos da CAPES por meio da Rede Nacional de Pesquisa. Para a pesquisa, foram utilizados termos combinados com operadores booleanos “AND” e “OR”, seguindo a estratégia de pesquisa a seguir, em todas as buscas:

(“artificial limbs” OR “prostheses” OR “prosthetics” OR “prosthesis”) AND (“printing” OR “three-dimensional” OR “computer-aided design”) OR (“rapid prototyping” OR “additive manufacturing” OR “computer-aided drafting”)

OR “computer-aided manufacturing” OR “three-dimensional design” OR “three-dimensional” OR “3D” OR “printer”) AND (“hand” OR “hands” OR “arm” OR “arms” OR “upper limb” OR “upper limbs”) AND (“child” OR “children” OR “pediatrics” OR “pediatric”).

2.1 Triagem de leitura e avaliação da qualidade metodológica

O processo de triagem da literatura foi conduzido de maneira sistemática para garantir a seleção de estudos relevantes e de alta qualidade. Primeiramente, foram excluídos os artigos que não atendiam aos critérios de inclusão com base na análise dos títulos e resumos. Em seguida, a leitura completa dos textos permitiu a exclusão adicional de estudos que não apresentavam uma relação substancial com a temática em questão. A avaliação da qualidade metodológica dos estudos selecionados foi realizada utilizando as ferramentas de checklist do *Joanna Briggs Institute (JBI)*, fundamental para assegurar que os resultados da revisão sejam baseados em evidências confiáveis e de alta qualidade.

3. Resultados

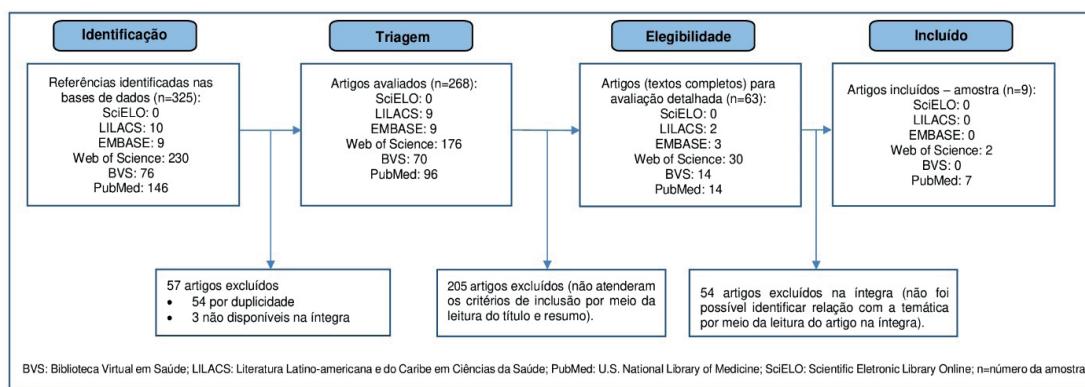


Figura 1 – Fluxograma. Fonte: elaborada pelos autores.

A busca nas bases de dados selecionadas retornou 325 artigos para triagem, dentre os quais 57 foram removidos como duplicados/não disponíveis na íntegra, 205 foram excluídos com base no título e no resumo e 54 foram excluídos após a leitura do texto completo. Por fim, nove artigos foram incluídos para análise nesta revisão (Figura 1).

Os artigos foram analisados por meio das ferramentas de checklist do *Joanna Briggs Institute (JBI)* e foi considerado de baixa qualidade aquele artigo com a porcentagem de “Sim” abaixo de 60%, qualidade moderada de 60-70% e alta qualidade acima de 70%. Apenas os estudos que atendiam a um padrão elevado de rigor e confiabilidade, foram considerados para a inclusão. Dessa maneira, os artigos classificados como de alta qualidade, que apresentaram robustez significativa nos critérios metodológicos estabelecidos, foram mantidos na revisão. Na Tabela 1, está descrita a porcentagem que cada relato de caso/estudo de caso alcançou no “Checklist for Case Reports”, sendo que os cinco estudos foram classificados como de alta qualidade, com uma porcentagem significativa de respostas “Sim” em relação aos critérios avaliados. Em decorrência dessa avaliação positiva, todos os cinco artigos foram mantidos.

Questão	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	%	Qualidade
(ZUNIGA <i>et al.</i> , 2017)	N	N	S	S	S	S	S	S	75%	Alta
(XU <i>et al.</i>)	S	S	S	S	S	S	S	S	100%	Alta
(ANDERSON; SCHANANDORE)	N	S	S	S	S	S	S	S	87,5%	Alta
(THOMAS; MUÑECAS)	N	S	S	S	S	S	S	S	87,5%	Alta
(CCORIMANYA <i>et al.</i>)	N	S	S	S	S	S	S	S	87,5%	Alta

Tabela 1 - Dados do checklist para relatos/estudos de caso. D1: As características demográficas do paciente foram claramente descritas?; D2: A história do paciente foi claramente descrita e apresentada como uma linha do tempo?; D3: A condição clínica atual do paciente na apresentação foi claramente descrita?; D4: Os testes de diagnóstico ou métodos de avaliação e os resultados foram claramente descritos? D5: A(s) intervenção(ões) ou procedimento(s) de tratamento foram claramente descritas?; D6: O quadro clínico pós-intervenção foi claramente descrito?; D7: Os eventos adversos (danos) ou imprevistos foram identificados e descritos?; D8: O relato de caso fornece lições para levar?; S: Sim; N:Não. Fonte: elaborada pelos autores.

Na Tabela 2, está descrita a porcentagem que cada série de casos alcançou no "Checklist for Case Series", sendo que os 3 artigos analisados foram classificados como de alta qualidade. Como resultado dessa avaliação, todos os cinco artigos foram incluídos na revisão.

Questão	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	%	Qualidade
(ZUNIGA <i>et al.</i> , 2015)	S	S	S	S	S	N	N	S	S	S	80%	Alta
(ZUNIGA <i>et al.</i> , 2019)	S	S	S	S	S	N	N	S	S	S	80%	Alta
(SIMS <i>et al.</i>)	S	S	S	S	S	N	N	S	S	N	70%	Alta

Tabela 2 – Dados do checklist para série de casos. D1: Houve critérios claros para inclusão na série de casos?; D2: A condição foi medida de forma padronizada e confiável para todos os participantes incluídos na série de casos?; D3: Foram utilizados métodos válidos para identificação da condição dos participantes incluídos na série de casos?; D4: A série de casos teve inclusão consecutiva de participantes?; D5: A série de casos teve inclusão completa dos participantes?; D6: Houve relatórios claros sobre a demografia dos participantes do estudo?; D7: Houve relato claro das informações clínicas dos participantes?; D8: Os resultados ou resultados de acompanhamento dos casos foram claramente relatados?; D9: Houve relato claro das informações demográficas do(s) local(is)/clínica(s) apresentado(s)?; D10: A análise estatística foi apropriada?; S: Sim; N:Não. Fonte: elaborada pelos autores.

A análise do artigo intitulado "Adequação das mãos protéticas impressas em 3D abertamente acessíveis para crianças feridas de guerra" não foi realizada pelas ferramentas do Joanna Briggs Institute, pois os checklists disponíveis não eram aplicáveis a esse tipo específico de estudo.

Os dados fundamentais dos estudos incluídos estão detalhados no Quadro 1, apresentados em ordem cronológica, assim como nas tabelas subsequentes. Os artigos analisados foram publicados entre 2015 e 2023 e conduzidos em diversos locais, incluindo Estados Unidos da América, China, Inglaterra, Catar e Japão.

Autor	Ano	Local	TÍTULO
(ZUNIGA <i>et al.</i>)	2015	EUA	Besta ciborgue: uma mão protética impressa em 3D de baixo custo para crianças com diferenças nos membros superiores.
(XU <i>et al.</i>)	2017	China	Prótese de membro superior com impressão tridimensional para criança com amputação traumática de punho direito.
(SIMS <i>et al.</i>)	2017	Inglaterra	Projeto participativo de próteses de membros superiores pediátricos: métodos qualitativos e prototipagem.
(ZUNIGA <i>et al.</i>)	2017	EUA	O desenvolvimento de uma prótese tridimensional impressa de baixo custo para ombro, braço e mão para crianças.
(ZUNIGA <i>et al.</i>)	2019	EUA	Mudanças funcionais através do uso de próteses transicionais impressas em 3D em crianças.
(ANDERSON; SCHANANDORE)	2021	EUA	Usando uma prótese impressa em 3D para melhorar a participação de uma jovem ginasta.
(CABIBIHAN <i>et al.</i>)	2021	Catar	Adequação das mãos protéticas impressas em 3D abertamente acessíveis para crianças feridas de guerra.
(THOMAS; MUÑECAS)	2022	EUA	Um protocolo de reabilitação para o uso de uma mão protética impressa em 3D em pediatria: relato de caso.
(CCORIMANYA <i>et al.</i>)	2023	Japão	Uma prótese de mão impressa em 3D personalizada para intervenção precoce em crianças com deficiência congênita abaixo do cotovelo: estudo de caso de design centrado no usuário.

Fonte: elaborada pelos autores.

As características básicas dos artigos incluídos foram reunidas no Quadro 2, no qual os tipos de estudos mais encontrados foram relato de casos e série de casos, a população do estudo teve a idade variando de 3-16 anos e o tipo de prótese foi diverso, estando presentes próteses de mão e de ombro e próteses mecânicas e mioelétricas.

Autor	Ano	Desenho do estudo	Populações do estudo	Tipo de dispositivo
(ZUNIGA <i>et al.</i>)	2015	Série de casos	Onze crianças de 3 a 16 anos com reduções de membros superiores.	Prótese "Cyborg Beast"
(XU <i>et al.</i>)	2017	Relato de caso	Paciente de 8 anos amputado traumático do punho direito.	Prótese mecânica ("Raptor Reloaded")

(SIMS <i>et al.</i>)	2017	Série de casos	Trinta e quatro pessoas, incluindo oito crianças e adolescentes de 8 a 15 anos.	Prótese de ombro impressa em 3D
(ZUNIGA <i>et al.</i>)	2017	Relato de caso	Paciente de 7 anos.	Prótese de ombro impressa em 3D
(ZUNIGA <i>et al.</i>)	2019	Série de casos	Onze crianças de 3 a 15 anos de idade com reduções de membros superiores.	Prótese "Cyborg Beast 2"
(ANDERSON; SCHANANDORE)	2021	Relato de caso	Paciente de 9 anos com deficiência congênita na mão esquerda.	Prótese de mão ("Talon")
(CABIBIHAN <i>et al.</i>)	2021	-	Comparação entre 6 mãos protéticas para crianças (até 18 anos).	Próteses mecânicas
(THOMAS; MUÑECAS)	2022	Relato de caso	Paciente de 6 anos de idade com deficiência congênita transradial direita do membro superior.	Prótese mecânica
(CCORIMANYA <i>et al.</i>)	2023	Estudo de caso	Paciente de 4 anos com deficiência congênita abaixo do cotovelo direito.	Prótese mioelétrica

Fonte: elaborada pelos autores.

De maneira geral, o Quadro 3 fornece uma visão abrangente sobre os objetivos, principais resultados, limitações e sugestões de cada estudo incluído. Os principais objetivos da utilização da impressão 3D para a confecção de próteses foram explorar a eficácia dessas próteses em crianças. A maioria dos estudos revelou melhorias significativas nos parâmetros avaliados. No entanto, cada estudo apresentou diferentes limitações, e, quanto às sugestões propostas, houve um consenso quanto à necessidade de mais pesquisas para aprofundar o entendimento sobre o tema.

Autor (ANO)	Objetivos	Principais resultados	Limitações	Sugestões
(ZUNIGA <i>et al.</i> , 2015)	Descrever uma mão protética impressa em 3D para crianças com reduções de membros superiores; Propor uma metodologia de adaptação de prótese que possa ser realizada à distância.	Não houve diferenças médias entre as medidas antropométricas tiradas diretamente dos membros superiores dos sujeitos e aquelas extraídas de fotografias.	-	Estudos adicionais devem examinar a funcionalidade, validade, durabilidade, benefícios e taxa de rejeição.
(XU <i>et al.</i> , 2017)	Avaliar a função da prótese após treinamento de reabilitação protética.	Tanto a pontuação de espontaneidade UNB quanto a pontuação de habilidade UNB do dispositivo melhoraram significativamente após o treinamento e reabilitação programados, indicando a boa funcionalidade desta prótese.	A prótese ainda funcionava de maneira inadequada em certos movimentos finos ou bimanuais.	Mais estudos são necessários para avaliar as potenciais desvantagens das próteses em 3D em comparação com as convencionais feitas sob medida. Recepção, função e qualidade de vida entre diferentes desenhos precisam ser exploradas.

(SIMS <i>et al.</i> , 2017)	Compreender a opinião de crianças com diferença nos membros superiores, seus pais e profissionais sobre a utilidade dos dispositivos protéticos de membros superiores e como eles poderiam ser melhorados; Desenvolver dispositivos por meio de técnicas qualitativas e prototipagem rápida.	Foram desenvolvidos protótipos com base no feedback de áreas que careciam de melhora.	-	O desenvolvimento futuro de dispositivos precisa se concentrar na facilidade de uso, versatilidade, aparência e segurança.
(ZUNIGA <i>et al.</i> , 2017)	Descrever uma prótese mecânica de ombro impressa tridimensional de baixo custo para realizar atividades bimanuais e unilaterais com preensão funcional.	Correção parcial do desvio da coluna vertebral do paciente; Melhora no equilíbrio e no desempenho de algumas atividades funcionais bimanuais; Não se mostrou eficaz para atividades unilaterais, devido à baixa força de preensão.	A baixa força de preensão e a baixa durabilidade do dispositivo protético.	É necessário incluir um certificado de protesista ou de especialista em membros superiores em uma equipe de pesquisa sobre o tema.
(ZUNIGA <i>et al.</i> , 2019)	Identificar alterações funcionais e de força após o uso de próteses transicionais impressas em 3D por várias semanas em crianças com diferenças nos membros superiores.	Houve uma melhora significativa na mão para função, mas não para força.	Falta de um grupo de controle de mesma idade; Pequeno número de crianças participantes do estudo; Restrições das próteses em 3D;	Examinar a aplicação clínica de próteses em 3D não apenas para aumentar a função, mas como parte do processo de reabilitação protética.
(ANDERSON; SCHANANDORE, 2021)	Investigar a aplicação de uma mão protética impressa em 3D para melhorar a participação, confiança e satisfação de uma criança nas aulas de ginástica, especificamente, habilidades relacionadas à barra horizontal.	Houve melhora significativa na participação, confiança e satisfação da criança após a protetização.	-	Deve ser realizada uma análise detalhada da durabilidade e resistência da prótese de mão à medida que o paciente evolui de atividades iniciais para avançadas.
(CABIBIHAN <i>et al.</i> , 2021)	Avaliar se as mãos protéticas impressas em 3D, de acesso aberto e alimentadas pelo corpo, são adequadas para o uso de crianças com falta de mãos em ambientes com poucos recursos.	Os dedos da mão impressa em 3D só são capazes de flexão e extensão em um desenho de palma plana; A expectativa média de vida foi de 4 anos sob atividades diárias leves;	Não abordou a aparência da prótese.	Trabalhos futuros poderão abordar o ajuste de uma luva e sua coloração.
(THOMAS; MUÑECAS, 2022)	Avaliar os resultados da utilização de um dispositivo protético 3D com um programa de exercícios domiciliares.	Foram observadas melhorias na amplitude de movimento, força, coordenação e integração sensorial.	Durabilidade e os fatores ambientais que afetam a mão impressa em 3D.	Novos estudos para investigar as experiências de uso de um dispositivo impresso em 3D antes do uso protético.

(CCORIMANYA et al., 2023)	Investigar os requisitos de design de uma prótese para crianças muito pequenas com deficiência congênita abaixo do cotovelo usando uma abordagem de design centrado no usuário.	A prótese deve ser uma prótese mioelétrica simples que execute tarefas simples de preensão, ajude a mão intacta em tarefas com as duas mãos, ajude a criança no treinamento e sirva como prótese transitória.	Os critérios de desenho descobertos foram confirmados com apenas uma criança.	Novos estudos para testagem dos designers.
----------------------------------	---	---	---	--

Fonte: elaborado pelos autores.

4. Discussões

A literatura sobre impressão tridimensional tem se expandido rapidamente: todos os artigos selecionados foram publicados nos últimos 8 anos. No entanto, as revisões sistemáticas anteriores geralmente têm se concentrado em pacientes adultos, deixando limitada a análise sobre próteses voltadas para o público infantil. Ainda nesse sentido, foi necessário utilizar 25 palavras chave para que fosse abrangido um número maior de artigos sobre o tema, sendo que 11 dessas palavras foram utilizadas como sinônimo de impressão 3D, o que indica que não há uma linguagem comum para o termo. Além disso, essa revisão destacou a tendência do alinhamento com estudos observacionais descritivos, precisamente estudos/relatos de casos e séries de casos em oposição a estudos experimentais, como ensaios clínicos randomizados, que possuem alto nível de evidência.

Os artigos encontrados na presente pesquisa aplicaram próteses impressas em 3D em indivíduos com deficiência adquirida ou congênita de membros. Das 9 literaturas revisadas, 3 relatam especificamente de pacientes com deficiência congênita, outros 3 têm a grande maioria dos participantes com deficiência congênita (apesar de ter uma minoria com deficiência adquirida), 2 focam em perdas traumáticas e 1 expõe ambas as perdas (congênita e adquirida). Desses, apenas 1 artigo tem como foco o nível de amputação desarticulação de ombro, outros 3 citam amputação transradial, 2 têm como destaque amputação parcial de mão, 1 ambas (parcial de mão e transradial) e apenas 2 sobre desarticulação de punho, sendo que um deles também inclui parcial de mão. Ou seja, no geral, deu-se maior atenção a pacientes deficientes congênitos e aos níveis transradial e parcial de mão.

Pode-se argumentar que o uso da tecnologia de impressão 3D na fabricação de próteses para crianças oferece muitos benefícios, especialmente devido à necessidade de trocas protéticas mais frequentes nesse público, que está em fase de crescimento. Além da redução de custo, essa inovação permite uma redução de resíduos e desperdício, pois o material usado é adicionado em camadas de forma precisa, ao contrário de métodos tradicionais de fabricação em que se retira material para confecção do produto. Além disso, a maioria dos processos convencionais de produção de próteses utiliza materiais altamente poluentes, como metais, silicone e gesso. Nesse sentido, o recurso tecnológico abordado nas pesquisas analisadas apresenta vantagens tanto sociais quanto ambientais.

5. Considerações Finais

Em resumo, as pesquisas analisadas neste estudo ressaltam o crescente potencial da manufatura aditiva, especialmente a impressão 3D, na produção de próteses para membros superiores em crianças. No entanto, é válido salientar que várias das conclusões delineadas neste estudo corroboram descobertas previamente estabelecidas em pesquisas anteriores.

Ao utilizar uma abordagem rigorosa de revisão sistemática, incluindo a busca em múltiplas bases de dados e a análise de estudos que abordam tanto a funcionalidade quanto os aspectos de estética das próteses, pode-se obter uma visão abrangente do estado atual do campo. Dessa forma, destacam-se as melhorias no desempenho das atividades diárias e na adaptação das crianças às próteses.

Observa-se também uma indicação de aprimoramento na estética dos dispositivos, acompanhada pelo aumento da segurança e pela exploração de novos designs, visando ampliar as funcionalidades das próteses.

A utilização de modelos escaneados potencializa a manufatura aditiva, ampliando as possibilidades de atuação, onde a flexibilidade e a personalização na produção abrem caminho para uma integração mais eficaz com a área médica e os processos de design. Por fim, considera-se que o método de pesquisa adotado foi eficaz em alcançar os objetivos propostos, fornecendo evidências sólidas que podem contribuir para o avanço contínuo da área, identificando lacunas e oportunidades para o desenvolvimento de próteses mais eficazes e estéticas para crianças.

Agradecimentos

Este trabalho foi possível graças à oportunidade de participação dos autores no Programa de Iniciação à Pesquisa (PIP) da Universidade Federal de Goiás (UFG), além do fomento fornecido, durante a pesquisa, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela UFG.

Referências

- ANDERSON, B; SCHANANDORE, J.V. Using a 3D-Printed Prosthetic to Improve Participation in a Young Gymnast. **Pediatric Physical Therapy**, v. 33, n. 1, p. E1-E6, jan. 2021.
- BARBIN, I. C. C. **Próteses de membros superiores e inferiores: indicações e confecção**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://ares.unasus.gov.br/acervo/html/ARES/24252/1/Pr%C3%B3teses%20de%20membros%20superiores%20e%20inferiores%20indica%C3%A7%C3%A7%C5%8B%C2%80e%20confec%C3%A7%C3%A7%C3%A3o.pdf>>.
- BRASIL. Ministério da Educação. **III Seminário Nacional de Formação de Gestores e Educadores – Educação Inclusiva: direito à diversidade**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial, 2006. p. 146.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Técnico em órteses e próteses**. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde, Departamento de Gestão do Trabalho na Saúde: Brasília, 2014. p. 318.
- CABIBIHAN, J-J.; et al. Suitability of the Openly Accessible 3D Printed Prosthetic Hands for War-Wounded Children. **Frontiers in Robotics and AI**, v. 7, p.1-14, jan. 2021.
- CARVALHO, J. A. **Órteses um Recurso Terapêutico Complementar**. São Paulo: Manole, 2006.
- CASTANEDA, L. Próteses de membros superiores e inferiores: indicações e confecção. In: UNIVERSIDADE ABERTA DO SUS; UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO. **Atenção à pessoa com deficiência: transtornos do espectro do autismo, Síndrome de Down, pessoa idosa com deficiência, pessoa amputada e órteses, próteses e meios auxiliares de locomoção**. Prescrição, Concessão, Adaptação e Manutenção de Órteses, Próteses e Meios Auxiliares de Locomoção. São Luís: UNA-SUS; UFMA, 2021.
- CCORIMANYA, L.; et al. A Personalized 3D-Printed Hand Prosthesis for Early Intervention in Children With Congenital Below-Elbow Deficiency: User-Centered Design Case Study. **IEEE Access**, vol. 11, p. 1-17, maio 2023.
- FRANCOISSE, C.A., et al. Three-dimensional printing in medicine: a systematic review of pediatric applications. **Pediatric Research**, v.89, p. 415-425, jun. 2020.
- GIACONI, C. et al. Experiências do uso de ortoprótese de mão impressa em 3D (Cyborg Beast) em adolescentes com amputação congênita de mão e seus cuidadores principais: Um estudo de casos. **Revista chilena de pediatria**, Santiago, v. 90, n. 5, p. 539-544, oct. 2019. Disponível em: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062019000500539-&lng=es&nrm-iso. Acesso em: 10 ago. 2023.
- GRETSCHE, K. F.; et al. Development of novel 3D-printed robotic prosthetic for transradial amputees. **Prosthetics and Orthotics International**, v. 40, n. 3, p. 400-403, jun. 2016.
- HUANG, T.-Y. et al. Biomechanical Evaluation of Three-Dimensional Printed Dynamic Hand Device for Patients With Chronic Stroke. **Journal of Biomechanics**, v. 27, n. 6, p. 1246–1252, jun. 2019.

SIMS, T.; *et al.* Participatory Design Of Pediatric Upper Limb Prostheses: Qualitative Methods And Prototyping. **International Journal of Technology Assessment in Health Care**, v. 33, n. 6, p. 629-637, set. 2017.

SMITH, D. G.; CAMPBELL, K. M. **Próteses para crianças com diferenças de membros**. Amputee Coalition, 2009. p. 1-5. Disponível em: <https://www.amputee-coalition.org/resources/prostheses-for-children/>.

STOCCHI, T.D; RODRIGUES, R.A. Utilização de membros protéticos fabricados a partir de impressão 3D para amputados. **Archives of Health Sciences**, São José do Rio Preto - SP, v. 27, n.1, p. 65-69, dez. 2020.

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, FL, v. 15, n. 24, p.1-6, nov. 2022.

XU, G. M. D; *et al.* Three-dimensional-printed upper limb prosthesis for a child with traumatic amputation of right wrist: A case report. **Medicine**, v. 96, n. 52, p.1-5, dez. 2017.

ZUNIGA, J.; *et al.* Cyborg beast: A low-cost 3d-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences. **BioMedCentral Research Notes**, v. 8, n. 10, p. 1-8, jan. 2015.

ZUNIGA, J.M.; *et al.* The development of a low-cost three-dimensional printed shoulder, arm, and hand prostheses for children. **Prosthetics and Orthotics International**, v. 17, n. 2, p. 205-209, abr. 2017.

ZUNIGA, J.M.; *et al.*; Functional changes through the usage of 3D-printed transitional prostheses in children. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v.41, n. 1, p. 68-74, 2019.