LUMEN ET VIRTUS
ISSN: 2177-2789

IMPRESSÃO 3D NA REABILITAÇÃO E PRÓTESES PERSONALIZADAS

3D PRINTING IN REHABILITATION AND CUSTOM PROSTHETICS

IMPRESIÓN 3D EN REHABILITACIÓN Y PRÓTESIS PERSONALIZADAS

https://doi.org/10.56238/levv16n55-083

Data de submissão: 15/11/2025 **Data de publicação:** 15/12/2025

Amanda Padilha dos Santos
Mestre em Ciências
Lattes: http://lattes.cnpq.br/9275460857774991

RESUMO

A tecnologia de impressão tridimensional representa revolução no campo da saúde, particularmente na reabilitação e produção de próteses personalizadas. A capacidade de fabricar dispositivos médicos customizados, adaptados às especificidades anatômicas e funcionais de cada paciente, transforma possibilidades terapêuticas e qualidade de vida de pessoas com deficiências. Este estudo analisa as aplicações da impressão 3D na reabilitação e produção de próteses personalizadas, avaliando vantagens, desafios e perspectivas futuras dessa tecnologia. A pesquisa caracteriza-se como estudo qualitativo de natureza exploratória e descritiva, fundamentado em revisão bibliográfica sistemática da literatura sobre aplicações da impressão 3D em diferentes áreas da reabilitação. Os resultados revelam aplicações diversificadas em próteses bucomaxilofaciais, próteses de membros, órteses e dispositivos auxiliares, com vantagens substanciais incluindo personalização, redução de tempo de produção e potencial de redução de custos. A análise demonstra que desafios relacionados a materiais, capacitação profissional, regulamentação e acesso limitam disseminação da tecnologia. O estudo conclui que a impressão 3D representa inovação transformadora que exige políticas públicas promotoras de investimentos, capacitação e acesso equitativo para aproveitamento pleno de seu potencial democratizador.

Palavras-chave: Impressão 3D. Próteses Personalizadas. Reabilitação. Manufatura Aditiva.

ABSTRACT

Three-dimensional printing technology represents a revolution in the health field, particularly in rehabilitation and production of personalized prosthetics. The capacity to manufacture customized medical devices, adapted to anatomical and functional specificities of each patient, transforms therapeutic possibilities and quality of life of people with disabilities. This study analyzes applications of 3D printing in rehabilitation and production of personalized prosthetics, evaluating advantages, challenges and future perspectives of this technology. The research is characterized as a qualitative study of exploratory and descriptive nature, based on systematic bibliographic review of literature on 3D printing applications in different rehabilitation areas. The results reveal diversified applications in maxillofacial prosthetics, limb prosthetics, orthoses and auxiliary devices, with substantial advantages including personalization, reduction of production time and potential cost reduction. The analysis demonstrates that challenges related to materials, professional training, regulation and access limit technology dissemination. The study concludes that 3D printing represents a transformative innovation that requires public policies promoting investments, training and equitable access for full exploitation of its democratizing potential.

Keywords: 3D Printing. Personalized Prosthetics. Rehabilitation. Additive Manufacturing.

RESUMEN

La tecnología de impresión 3D representa una revolución en el ámbito sanitario, especialmente en la rehabilitación y la producción de prótesis personalizadas. La capacidad de fabricar dispositivos médicos personalizados, adaptados a las especificidades anatómicas y funcionales de cada paciente, transforma las posibilidades terapéuticas y la calidad de vida de las personas con discapacidad. Este estudio analiza las aplicaciones de la impresión 3D en la rehabilitación y la producción de prótesis personalizadas, evaluando las ventajas, los retos y las perspectivas futuras de esta tecnología. La investigación se caracteriza por ser un estudio cualitativo de carácter exploratorio y descriptivo, basado en una revisión bibliográfica sistemática de la literatura sobre aplicaciones de la impresión 3D en diferentes áreas de la rehabilitación. Los resultados revelan diversas aplicaciones en prótesis maxilofaciales, prótesis de extremidades, órtesis y dispositivos de asistencia, con ventajas sustanciales que incluyen la personalización, la reducción del tiempo de producción y el potencial de reducción de costes. El análisis demuestra que los retos relacionados con los materiales, la formación profesional, la regulación y el acceso limitan la difusión de la tecnología. El estudio concluye que la impresión 3D representa una innovación transformadora que requiere políticas públicas que fomenten la inversión, la capacitación y el acceso equitativo para aprovechar al máximo su potencial democratizador.

Palabras clave: Impresión 3D. Prótesis Personalizadas. Rehabilitación. Fabricación Aditiva.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia de impressão tridimensional representa revolução paradigmática no campo da saúde, particularmente na reabilitação e produção de próteses personalizadas. A capacidade de fabricar dispositivos médicos customizados, adaptados às especificidades anatômicas e funcionais de cada paciente, transforma radicalmente as possibilidades terapêuticas e a qualidade de vida de pessoas com deficiências congênitas ou adquiridas. Até que ponto a impressão 3D democratiza o acesso a próteses de qualidade? De que maneira a personalização proporcionada por essa tecnologia impacta os resultados clínicos e a satisfação dos pacientes? Essas questões impõem-se como fundamentais para compreensão do potencial transformador dessa tecnologia, especialmente em contextos marcados por desigualdades no acesso a serviços de saúde e por limitações dos métodos convencionais de fabricação de dispositivos protéticos.

Amer *et al.* (2024, p. 2) evidenciam que "a reabilitação bucomaxilofacial em pacientes com deficiências congênitas ou adquiridas beneficia-se significativamente das tecnologias de impressão 3D, que permitem reprodução precisa de estruturas anatômicas complexas". A região bucomaxilofacial apresenta desafios particulares para reabilitação protética devido à complexidade anatômica, às demandas estéticas elevadas, e às funções vitais envolvidas, incluindo respiração, alimentação e comunicação. Métodos convencionais de fabricação de próteses bucomaxilofaciais dependem de habilidades artesanais especializadas, consomem tempo considerável, e frequentemente produzem resultados que não atendem plenamente às expectativas funcionais e estéticas dos pacientes. A impressão 3D oferece alternativa que combina precisão dimensional, reprodutibilidade, e possibilidade de iterações rápidas para ajustes, transformando o processo de reabilitação.

Artioli (2025, p. 17600) demonstra que "a manufatura digital de próteses auriculares mediante impressão 3D representa avanço significativo em relação a técnicas convencionais, oferecendo maior precisão anatômica e redução de tempo de produção". Próteses auriculares constituem desafio particular devido à complexidade tridimensional da anatomia da orelha, às variações individuais significativas, e às expectativas estéticas elevadas dos pacientes. Métodos tradicionais de fabricação envolvem moldagem manual, escultura artesanal, e processos de tentativa e erro que podem estender-se por meses. A digitalização tridimensional combinada com impressão 3D permite captura precisa da anatomia contralateral, espelhamento digital, e fabricação de próteses com fidelidade anatômica superior, reduzindo drasticamente o tempo entre avaliação inicial e entrega do dispositivo final.

Borges *et al.* (2022, p. 3) alertam que "a inovação do tratamento da estenose aórtica utilizando impressão 3D exemplifica como essa tecnologia transcende aplicações protéticas, contribuindo para planejamento cirúrgico e educação médica". A impressão 3D de modelos anatômicos específicos de pacientes permite aos cirurgiões visualizar e manipular réplicas físicas de estruturas patológicas antes de procedimentos complexos, facilitando planejamento cirúrgico, seleção de dispositivos apropriados,

e comunicação com pacientes e equipes multidisciplinares. Essa aplicação evidencia que o impacto da impressão 3D na saúde estende-se para além da fabricação de dispositivos, influenciando processos de tomada de decisão clínica e transformando paradigmas de cuidado. A tecnologia configura-se, assim, não apenas como ferramenta de produção, mas como plataforma de inovação que redefine possibilidades terapêuticas.

A relevância deste estudo reside na necessidade de compreender as múltiplas dimensões da aplicação da impressão 3D na reabilitação e produção de próteses personalizadas, avaliando não apenas aspectos técnicos, mas também implicações clínicas, econômicas e sociais. A democratização do acesso a próteses de qualidade constitui desafio persistente em sistemas de saúde, particularmente em países em desenvolvimento onde recursos são limitados e demandas são elevadas. A impressão 3D apresenta-se como tecnologia potencialmente disruptiva, capaz de reduzir custos, acelerar processos de produção, e melhorar resultados clínicos. Investigar as aplicações, vantagens, desafios e perspectivas futuras dessa tecnologia significa examinar transformações em curso no campo da reabilitação que podem redefinir padrões de cuidado e ampliar possibilidades de inclusão social de pessoas com deficiências.

O objetivo geral desta pesquisa consiste em analisar as aplicações da impressão 3D na reabilitação e produção de próteses personalizadas, avaliando vantagens, desafios e perspectivas futuras dessa tecnologia. Como objetivos específicos, propõe-se: caracterizar as principais aplicações da impressão 3D em diferentes áreas da reabilitação protética; examinar as vantagens técnicas, clínicas e econômicas da impressão 3D em relação a métodos convencionais; identificar os desafios técnicos, regulatórios e de acesso que limitam a disseminação dessa tecnologia; e avaliar as perspectivas futuras e o potencial transformador da impressão 3D para democratização do acesso a dispositivos protéticos de qualidade.

Este trabalho estrutura-se em quatro seções principais. Após esta introdução, o referencial teórico apresenta os conceitos fundamentais para compreensão do fenômeno, dialogando com autores que investigam tecnologias de fabricação digital, reabilitação e inovação em saúde. A metodologia detalha os procedimentos adotados para coleta e análise de dados, explicitando as escolhas metodológicas e suas justificativas. Os resultados e discussão apresentam os achados da pesquisa, estabelecendo relações entre os dados empíricos e o arcabouço teórico mobilizado. Por fim, as considerações finais sintetizam as principais contribuições do estudo, apontam suas limitações e sugerem direções para investigações futuras. A compreensão aprofundada das aplicações da impressão 3D na reabilitação e produção de próteses personalizadas constitui passo fundamental para o desenvolvimento de políticas de saúde que promovam inovação tecnológica, melhoria da qualidade de vida de pessoas com deficiências, e construção de sistemas de saúde mais equitativos e eficientes,

capazes de responder às necessidades diversas da população mediante soluções tecnológicas avançadas e acessíveis.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A compreensão das aplicações da impressão 3D na reabilitação exige análise das transformações tecnológicas que tornaram essa inovação possível e acessível. Brasil *et al.* (2025, p. 3) afirmam que "o uso da impressão 3D na personalização de próteses de quadril representa avanço significativo na ortopedia, permitindo adaptação precisa às características anatômicas individuais e melhorando resultados clínicos". A personalização de dispositivos médicos constitui paradigma emergente que contrasta radicalmente com abordagens tradicionais baseadas em padronização e produção em massa. Próteses de quadril convencionais são fabricadas em tamanhos padronizados que frequentemente não se ajustam perfeitamente à anatomia individual, resultando em comprometimento funcional, desconforto e risco aumentado de complicações. A impressão 3D permite fabricação de dispositivos customizados que consideram variações anatômicas individuais, otimizando ajuste, função e durabilidade.

A análise das aplicações da impressão 3D em reabilitação facial revela potencial particularmente significativo devido às demandas estéticas e funcionais dessa região. Cabral *et al.* (2023, p. 3) demonstram que "o protocolo de aquisição de imagens 3D por *smartphone* para criação de banco virtual de modelos nasais utilizados na reabilitação estético-funcional de pacientes mutilados democratiza o acesso a tecnologias de digitalização". A democratização das tecnologias de captura tridimensional, mediante uso de dispositivos amplamente disponíveis como *smartphones*, remove barreiras significativas que anteriormente limitavam aplicações da impressão 3D a centros especializados com equipamentos caros. Essa acessibilidade tecnológica amplia possibilidades de implementação em contextos de recursos limitados, aproximando tecnologias avançadas de populações tradicionalmente excluídas de inovações em saúde.

A análise das aplicações em membros superiores evidencia desafios específicos relacionados à funcionalidade e à complexidade biomecânica. Campos *et al.* (2025, p. 44) argumentam que "a tecnologia de impressão 3D na saúde brasileira apresenta vantagens significativas para criação de próteses de membros superiores, mas enfrenta desafios relacionados a custos de materiais, capacitação profissional e regulamentação". Próteses de membros superiores exigem não apenas ajuste anatômico adequado, mas também funcionalidade que permita realização de atividades cotidianas complexas, incluindo preensão, manipulação de objetos e gestos comunicativos. A impressão 3D permite fabricação de dispositivos funcionais a custos significativamente inferiores aos de próteses convencionais, particularmente relevante para populações pediátricas que necessitam substituições frequentes devido ao crescimento. Os desafios identificados, contudo, evidenciam que a simples

disponibilidade tecnológica não garante implementação bem-sucedida, sendo necessários investimentos em capacitação, desenvolvimento de materiais apropriados e estabelecimento de marcos regulatórios adequados.

A impressão 3D fundamenta-se em princípios de manufatura aditiva, processo no qual objetos tridimensionais são construídos mediante deposição sucessiva de camadas de material. Diferentes tecnologias de impressão 3D existem, incluindo modelagem por deposição fundida, estereolitografia, sinterização seletiva a laser, e *bioprinting*, cada uma com características, vantagens e limitações específicas. A seleção da tecnologia apropriada depende das propriedades desejadas para o dispositivo final, incluindo resistência mecânica, biocompatibilidade, precisão dimensional e características estéticas. Materiais utilizados em impressão 3D para aplicações médicas incluem polímeros termoplásticos, resinas fotopolimerizáveis, metais e, mais recentemente, biomateriais que incorporam células vivas para aplicações de engenharia de tecidos.

O processo de produção de próteses mediante impressão 3D envolve múltiplas etapas que integram tecnologias digitais. Inicia-se com aquisição de dados anatômicos mediante técnicas de imagem médica como tomografia computadorizada ou ressonância magnética, ou mediante digitalização tridimensional de superfícies corporais. Os dados são processados mediante *softwares* de modelagem tridimensional que permitem segmentação de estruturas anatômicas, criação de modelos digitais, e projeto de dispositivos protéticos customizados. O modelo digital é então convertido em instruções para impressora 3D, que fabrica o dispositivo físico. Etapas de pós-processamento podem incluir remoção de estruturas de suporte, tratamentos de superfície, e aplicação de acabamentos estéticos. Esse fluxo de trabalho digital oferece vantagens significativas em termos de precisão, reprodutibilidade e possibilidade de documentação e compartilhamento de projetos.

As vantagens da impressão 3D em relação a métodos convencionais de fabricação de próteses são múltiplas e significativas. A personalização constitui vantagem primária, permitindo adaptação precisa às características anatômicas e funcionais individuais. A redução de tempo de produção representa vantagem operacional importante, com dispositivos podendo ser fabricados em horas ou dias em vez de semanas ou meses. A redução de custos, particularmente para dispositivos complexos ou de baixo volume de produção, torna próteses acessíveis a populações que anteriormente não podiam custear dispositivos convencionais. A possibilidade de iterações rápidas facilita ajustes e refinamentos, melhorando satisfação dos pacientes. A democratização da produção, mediante disponibilização de arquivos digitais e tecnologias de impressão cada vez mais acessíveis, permite fabricação descentralizada e reduz dependência de centros especializados.

Os desafios que limitam a disseminação da impressão 3D em reabilitação são, contudo, significativos e multidimensionais. Desafios técnicos incluem limitações de materiais disponíveis, particularmente em termos de propriedades mecânicas, durabilidade e biocompatibilidade para

aplicações de longo prazo. Desafios regulatórios relacionam-se à ausência de marcos normativos claros para dispositivos médicos fabricados mediante impressão 3D, criando incertezas jurídicas e dificultando aprovações regulatórias. Desafios de capacitação profissional referem-se à necessidade de formação de equipes multidisciplinares capazes de integrar conhecimentos clínicos, de engenharia e de tecnologias digitais. Desafios de acesso relacionam-se a custos de equipamentos e materiais, disponibilidade de infraestrutura tecnológica, e desigualdades socioeconômicas que perpetuam exclusão digital. A superação desses desafios exige não apenas avanços tecnológicos, mas também políticas públicas que promovam investimentos em pesquisa e desenvolvimento, estabeleçam regulamentações apropriadas, incentivem formação profissional, e garantam acesso equitativo a inovações tecnológicas em saúde, reconhecendo que tecnologias avançadas devem servir a objetivos de justiça social e não apenas a interesses comerciais ou de elites privilegiadas.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como estudo qualitativo de natureza exploratória e descritiva, fundamentado em revisão bibliográfica sistemática da literatura sobre aplicações da impressão 3D na reabilitação e produção de próteses personalizadas. A abordagem qualitativa justifica-se pela complexidade do objeto investigado, que exige compreensão aprofundada de aspectos técnicos, clínicos, econômicos e sociais que estruturam as aplicações dessa tecnologia no campo da saúde. Carvalho *et al.* (2019) analisam a prótese bucomaxilofacial como área da odontologia que transcende o escopo tradicional da boca, evidenciando a necessidade de abordagens multidisciplinares que integrem conhecimentos de diferentes especialidades. Essa perspectiva integrativa orienta a presente pesquisa, que reconhece que a compreensão adequada das aplicações da impressão 3D exige diálogo entre conhecimentos de engenharia, medicina, odontologia, fisioterapia e outras áreas envolvidas em processos de reabilitação.

Quanto aos objetivos, a pesquisa assume caráter exploratório na medida em que busca mapear e sistematizar conhecimentos sobre aplicações emergentes da impressão 3D em reabilitação, e descritivo ao propor-se caracterizar essas aplicações, suas vantagens, desafios e perspectivas futuras. Carvalho e Baia (2023) examinam o acesso de pacientes a próteses totais e parciais mediante análise de projeto municipal, demonstrando importância de iniciativas locais para ampliação de acesso a dispositivos protéticos. Essa sensibilidade para dimensões de acesso e equidade orienta a seleção do corpus bibliográfico, que privilegia estudos que abordam não apenas aspectos técnicos da impressão 3D, mas também implicações para democratização do acesso a tecnologias de reabilitação, particularmente em contextos de recursos limitados como o brasileiro.

O corpus de análise constitui-se de artigos científicos, revisões sistemáticas, estudos de caso, teses e dissertações que abordam aplicações da impressão 3D em diferentes áreas da reabilitação,

incluindo próteses bucomaxilofaciais, próteses de membros superiores e inferiores, órteses, e dispositivos auxiliares. Os critérios de seleção incluíram relevância temática, rigor metodológico, atualidade e diversidade de aplicações clínicas. Costa *et al.* (2025a) analisam otimização de impressão 3D através de plataformas reduzidas no fluxo *chairside*, evidenciando importância de inovações que tornam tecnologias mais acessíveis e integráveis a práticas clínicas cotidianas. Essa perspectiva fundamenta a decisão de incluir no corpus estudos que abordam não apenas aplicações em centros de alta complexidade, mas também implementações em contextos clínicos diversos, reconhecendo que a disseminação de tecnologias depende de sua adaptabilidade a diferentes realidades institucionais e econômicas.

A coleta de dados desenvolveu-se mediante busca sistemática em bases de dados acadêmicas, incluindo PubMed, SciELO, Portal de Periódicos CAPES, IEEE *Xplore*, Google Acadêmico e repositórios institucionais de universidades brasileiras. Foram utilizados descritores como "impressão 3D", "manufatura aditiva", "próteses personalizadas", "reabilitação", "dispositivos médicos customizados", "*3D printing*", "*additive manufacturing*", "*personalized prosthetics*" e "*rehabilitation*". A busca inicial identificou amplo conjunto de publicações, posteriormente refinado mediante leitura de títulos e resumos para verificação de aderência aos objetivos da pesquisa. Costa *et al.* (2025b) examinam aplicações da impressão tridimensional na saúde brasileira, oferecendo panorama de abordagens e vertentes dessa tecnologia no contexto nacional. Essa abordagem panorâmica inspira a presente pesquisa, que busca não apenas profundidade em aplicações específicas, mas também amplitude que permita compreensão das múltiplas dimensões e possibilidades da impressão 3D em reabilitação.

O procedimento analítico fundamenta-se em análise de conteúdo temática, abordagem que permite identificar, analisar e relatar padrões recorrentes em dados qualitativos. A análise desenvolveu-se em três etapas: familiarização com o corpus mediante leitura exploratória dos materiais selecionados; codificação temática, identificando categorias analíticas emergentes relacionadas a áreas de aplicação, tecnologias utilizadas, vantagens clínicas e técnicas, desafios e limitações, e perspectivas futuras; e interpretação crítica, relacionando os achados com teorias sobre inovação tecnológica em saúde, acesso a tecnologias de reabilitação e transformações em paradigmas de cuidado. Cada publicação foi analisada considerando seus argumentos centrais, evidências empíricas apresentadas, metodologias empregadas, referencial teórico mobilizado e contribuições específicas para compreensão do fenômeno investigado.

Aspectos éticos foram cuidadosamente considerados ao longo do processo investigativo. Embora pesquisas bibliográficas não envolvam participantes humanos diretos, exigem rigor na citação de fontes, respeito à propriedade intelectual e compromisso com representação fiel das ideias dos autores consultados. Todas as fontes utilizadas são devidamente referenciadas conforme normas

acadêmicas, evitando plágio e garantindo rastreabilidade das informações. Reconhece-se, ainda, que pesquisas sobre tecnologias em saúde carregam dimensões éticas relacionadas a equidade no acesso, segurança dos pacientes e potencial de ampliação ou redução de desigualdades. Esta pesquisa posiciona-se explicitamente em favor da democratização do acesso a tecnologias de reabilitação, rejeitando perspectivas que tratam inovações tecnológicas como privilégios de elites ou como mercadorias a serem comercializadas sem consideração de justiça social.

Limitações metodológicas devem ser explicitamente reconhecidas. Primeiro, a pesquisa fundamenta-se exclusivamente em fontes bibliográficas, não incluindo dados empíricos primários coletados mediante avaliação direta de dispositivos fabricados por impressão 3D ou entrevistas com pacientes e profissionais. Segundo, a análise concentra-se predominantemente em literatura brasileira e internacional em língua portuguesa e inglesa, não contemplando publicações em outros idiomas que poderiam oferecer perspectivas adicionais. Terceiro, a seleção do corpus, embora sistemática, envolve escolhas que inevitavelmente privilegiam determinadas aplicações e perspectivas em detrimento de outras. Quarto, a natureza qualitativa da análise, embora permita profundidade interpretativa, não possibilita generalizações estatísticas sobre eficácia clínica ou custo-efetividade de diferentes aplicações. Essas limitações não invalidam os achados, mas delimitam seu escopo e sugerem direções para pesquisas futuras que possam complementar e expandir a compreensão das aplicações da impressão 3D na reabilitação e produção de próteses personalizadas, fenômeno que permanece em rápida evolução e que exige investigação contínua para acompanhar inovações tecnológicas e avaliar seus impactos sobre práticas clínicas e resultados para pacientes.

Quadro 1 –Referências Acadêmicas e Suas Contribuições para a Pesquisa

Autor	Título	Ano	Contribuições
Carvalho, G.; Souza, L.; Ferreira, T.; Bento, G.; Haddad, M.	Prótese bucomaxilofacial: a odontologia além da boca	2019	Introduz e fundamenta a reabilitação bucomaxilofacial, situando a prótese como extensão do cuidado odontológico para além da cavidade oral.
Borges, G.; Zendron, I.; Vaz, M.; Macedo, R.; Garcia, T.; Teixeira, L.; Arruda, J.	Inovação do tratamento da estenose aórtica utilizando a impressão 3D	2022	Exemplifica aplicação da impressão 3D em contexto cardiovascular, reforçando o potencial da manufatura aditiva em planejamento/intervenção clínica.
Fontoura, V.; Fontoura, R.; Dutra, C.; Sesma, N.	Uso da tecnologia CAD/CAM para realização de provisórios em impressoras 3D	2022	Contribui para fluxos digitais em odontologia (CAD/CAM + 3D), apoiando decisões sobre provisórios e integração laboratório-clínica.
Cabral, B.; Costa, D.; Grempel, R.; Neto, L.	Protocolo de aquisição de imagens 3D por smartphone para criação de um banco virtual de modelos nasais utilizados na reabilitação estético-funcional de pacientes mutilados	2023	Propõe protocolo de captura 3D por smartphone, reduzindo barreiras de custo e ampliando viabilidade de bancos digitais para reabilitação facial.
Carvalho, S.; Baia, C.	O acesso de pacientes à prótese total e prótese parcial: análise do projeto Simonésia Sorridente no município de Simonésia/MG	2023	Discute acesso a próteses (totais e parciais) via projeto local, contribuindo para avaliação de serviço e políticas de saúde bucal.

Amer, L.; Oliveira, B.; Silva, J.; Almeida, C.; Almeida, L.; Oliveira, C.; Oliveira, L.	Reabilitação bucomaxilofacial em pacientes com deficiências congênitas ou adquiridas	2024	Aborda reabilitação em casos congênitos/adquiridos, contribuindo para compreensão de indicações, objetivos funcionais e estéticos e complexidade do cuidado.
Ferreira, C.; Moura, I.; Santos, B.; Gomes, P.; Elias, C.	Comparação das propriedades mecânicas de zircônias impressas em 3D e fresadas convencionais para aplicações odontológicas	2024	Compara desempenho mecânico de zircônias por rotas distintas (impressão vs fresagem), sustentando escolhas de material/processo na odontologia digital.
Finck, N.; Zamprogno, L.; Gordano, N.; Hehr, L.; Ribeiro, M.; Pires, G.; Martins, B.	Polímeros para impressão 3D	2024	Sistematiza classes de polímeros e suas propriedades, apoiando seleção de materiais conforme aplicação, custo e requisitos biomecânicos.
Freitas, A.; Betiol, E.; Baú, R.	Proposta da utilização do silicone na impressão 3D	2024	Explora alternativa/material (silicone) e suas possibilidades/limites na impressão 3D, contribuindo para inovação em biomateriais e prototipagem.
Artioli, B.	Manufatura digital de próteses auriculares: uma revisão de escopo	2025	Mapeia evidências sobre próteses auriculares digitais, útil para identificar etapas do fluxo, tecnologias e lacunas de pesquisa.
Brasil, L.; Santana, A.; Ribeiro, M.; Neves, J.; Moraes, F.	Uso da impressão 3D na personalização de próteses de quadril: uma revisão integrativa	2025	Reúne evidências sobre personalização em ortopedia (quadril), apoiando discussão sobre ajuste anatômico, planejamento e desfechos.
Campos, I.; Silva, G.; Meneses, J.; Porto, M.; Oliveira, R.	Tecnologia de impressão 3D na saúde brasileira: vantagens e desafios da criação de próteses para membros superiores	2025	Debate benefícios e entraves no contexto brasileiro (custo, acesso, capacitação, regulação), útil para viabilidade e implementação em larga escala.
Costa, A.; Frascino, F.; Sesma, N.	Otimização de impressão 3D através de plataformas reduzidas no fluxo chairside	2025	Contribui para otimização do fluxo chairside (tempo, material, eficiência), relevante para produtividade clínica e padronização de processos.
Costa, H.; Campelo, M.; Rocha, A.; Nahum, A.; Cavalcante, C.; Vilacorta, G.; Silva, R.	Aplicação da impressão tridimensional na saúde: abordagens e vertentes	2025	Oferece visão ampla das vertentes de uso da impressão 3D na saúde, útil como base de enquadramento e categorização de aplicações.
Filho, J.	Barreiras e facilitadores na dispensação de próteses de membros inferiores: uma análise das políticas públicas	2025	Analisa determinantes de acesso/dispensação no SUS/políticas, contribuindo para discutir governança, logística, financiamento e equidade.
Filho, J.; Marques, V.; Minatel, V.	Rede de cuidados à pessoa com deficiência (RCPD) e reabilitação de amputados de membros inferiores	2025	Examina organização da RCPD e reabilitação de amputados, útil para articular linha de cuidado, fluxos e integração de serviços.
Florz, E.	Órteses personalizadas e impressão 3D: avanços tecnológicos, materiais e impactos na reabilitação: revisão integrativa	2025	Integra evidências sobre órteses personalizadas, articulando tecnologia/material e impacto funcional; sustenta discussões de efetividade e inovação em reabilitação.

Fonte: Elaboração do próprio autor

O quadro é importante porque organiza, em perspectiva cronológica, como a literatura vem conectando reabilitação, odontologia digital e impressão 3D — desde bases sobre prótese bucomaxilofacial até revisões e aplicações em ortopedia, órteses e políticas públicas. Isso facilita identificar tendências tecnológicas, escolhas de materiais/processos, aplicações clínicas e, sobretudo, gargalos de acesso e implementação, oferecendo um mapa claro para sustentar o referencial teórico e orientar o recorte do seu estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura sobre aplicações da impressão 3D na reabilitação revelou diversidade significativa de áreas de aplicação, tecnologias empregadas e resultados clínicos. Os estudos examinados convergem na identificação de vantagens substanciais da impressão 3D em relação a métodos convencionais, particularmente em termos de personalização, redução de tempo de produção e potencial de redução de custos. Ferreira *et al.* (2024) comparam propriedades mecânicas de zircônias impressas em 3D e fresadas convencionais para aplicações odontológicas, demonstrando que materiais impressos podem alcançar desempenho comparável ou superior a materiais convencionais. Essa constatação desafia percepções de que dispositivos fabricados mediante impressão 3D seriam necessariamente inferiores em qualidade ou durabilidade, evidenciando que a tecnologia alcançou maturidade suficiente para aplicações clínicas exigentes.

A primeira dimensão identificada refere-se às aplicações em próteses de membros inferiores e políticas públicas de acesso. Filho (2025a) analisa barreiras e facilitadores na dispensação de próteses de membros inferiores, evidenciando que desafios de acesso transcendem questões tecnológicas, envolvendo dimensões políticas, administrativas e de organização de serviços. A impressão 3D apresenta-se como tecnologia potencialmente transformadora para ampliação de acesso, mas sua implementação efetiva depende de políticas públicas que garantam financiamento, estabeleçam fluxos de atendimento adequados, e promovam capacitação profissional. A tecnologia, por si só, não resolve desigualdades estruturais no acesso a serviços de saúde; ao contrário, pode amplificá-las se implementada sem consideração de equidade e justiça social.

A segunda dimensão relaciona-se à organização de redes de cuidado para reabilitação de amputados. Filho *et al.* (2025) examinam a Rede de Cuidados à Pessoa com Deficiência e reabilitação de amputados de membros inferiores, demonstrando importância de abordagens integradas que articulem diferentes níveis de atenção e especialidades profissionais. A impressão 3D insere-se nesse contexto como ferramenta que pode facilitar coordenação de cuidados, mediante possibilidade de fabricação descentralizada de dispositivos e compartilhamento digital de projetos entre diferentes serviços. A tecnologia potencializa, assim, não apenas aspectos técnicos da fabricação de próteses, mas também dimensões organizacionais do cuidado em reabilitação.

A terceira dimensão refere-se aos materiais utilizados em impressão 3D e suas propriedades. Finck *et al.* (2024) analisam polímeros para impressão 3D, evidenciando diversidade de materiais disponíveis e necessidade de seleção criteriosa baseada em requisitos específicos de cada aplicação. Materiais termoplásticos como ácido polilático e acrilonitrila butadieno estireno são amplamente utilizados devido a baixo custo e facilidade de processamento, mas apresentam limitações em termos de resistência mecânica e durabilidade para aplicações de longo prazo. Materiais mais avançados, incluindo poliamidas, policarbonatos e compósitos reforçados, oferecem propriedades mecânicas

superiores, mas a custos mais elevados. A seleção de materiais constitui, assim, decisão complexa que deve balancear requisitos técnicos, considerações econômicas e necessidades clínicas específicas.

A análise revelou, ainda, aplicações emergentes em órteses personalizadas. Florz (2025) examina órteses personalizadas e impressão 3D, identificando avanços tecnológicos, materiais e impactos na reabilitação. Órteses, dispositivos utilizados para suporte, alinhamento ou correção de segmentos corporais, beneficiam-se particularmente da personalização proporcionada pela impressão 3D. Órteses convencionais, frequentemente fabricadas em tamanhos padronizados ou mediante moldagem manual, podem apresentar ajuste inadequado que compromete eficácia terapêutica e conforto. Órteses impressas em 3D permitem ajuste anatômico preciso, incorporação de características funcionais específicas, e designs que combinam eficácia terapêutica com aceitabilidade estética, fator particularmente relevante para adesão ao tratamento.

As aplicações em odontologia representam área de implementação particularmente avançada da impressão 3D. Fontoura *et al.* (2022) analisam uso da tecnologia *CAD/CAM* para realização de provisórios em impressoras 3D, demonstrando integração bem-sucedida de fluxos de trabalho digitais em práticas clínicas odontológicas. A odontologia beneficia-se de características que facilitam implementação de impressão 3D, incluindo dimensões relativamente pequenas dos dispositivos, demandas elevadas de personalização, e infraestrutura digital já estabelecida mediante uso de *scanners* intraorais e *softwares* de planejamento. A experiência acumulada em odontologia oferece lições valiosas para implementação de impressão 3D em outras áreas da reabilitação.

Freitas *et al.* (2024) propõem utilização de silicone na impressão 3D, explorando possibilidades de materiais flexíveis para aplicações que exigem propriedades específicas de elasticidade e biocompatibilidade. Os achados desta pesquisa evidenciam que a impressão 3D na reabilitação e produção de próteses personalizadas representa campo em rápida evolução, caracterizado por inovações contínuas em tecnologias, materiais e aplicações clínicas. As vantagens identificadas são substanciais e incluem personalização que melhora ajuste e função, redução de tempo de produção que acelera processos de reabilitação, e potencial de redução de custos que pode democratizar acesso. Os desafios, contudo, permanecem significativos e incluem limitações de materiais, necessidades de capacitação profissional, ausência de marcos regulatórios claros, e desigualdades no acesso a tecnologias. A superação desses desafios exige não apenas avanços tecnológicos, mas também políticas públicas que promovam investimentos em pesquisa e desenvolvimento, estabeleçam regulamentações apropriadas, incentivem formação profissional, e garantam que inovações tecnológicas sirvam a objetivos de justiça social e melhoria da qualidade de vida de todas as pessoas que necessitam de dispositivos de reabilitação, independentemente de sua condição socioeconômica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo propôs-se a analisar as aplicações da impressão 3D na reabilitação e produção de próteses personalizadas, avaliando vantagens, desafios e perspectivas futuras dessa tecnologia. A pesquisa demonstrou que a impressão 3D representa inovação transformadora com aplicações diversificadas em múltiplas áreas da reabilitação, incluindo próteses bucomaxilofaciais, próteses de membros superiores e inferiores, órteses e dispositivos auxiliares. As vantagens identificadas são substanciais e incluem personalização que permite adaptação precisa às características anatômicas e funcionais individuais, redução de tempo de produção que acelera processos de reabilitação, e potencial de redução de custos que pode democratizar acesso a dispositivos de qualidade. Os achados evidenciam que a tecnologia alcançou maturidade suficiente para aplicações clínicas exigentes, com materiais e processos capazes de produzir dispositivos com propriedades mecânicas, estéticas e funcionais adequadas. A impressão 3D configura-se, assim, não como promessa futura, mas como realidade presente que já transforma práticas de reabilitação em diversos contextos.

As contribuições deste trabalho situam-se em múltiplas dimensões. No plano teórico, a pesquisa articula literatura sobre tecnologias de fabricação digital, reabilitação e inovação em saúde, oferecendo síntese abrangente que integra perspectivas técnicas, clínicas e sociais frequentemente tratadas de forma fragmentada. No plano empírico, o mapeamento sistemático das aplicações, vantagens e desafios fornece panorama atualizado do estado da arte da impressão 3D em reabilitação, identificando áreas de implementação bem-sucedida e lacunas que demandam investigação adicional. No plano prático, os resultados fornecem subsídios para formulação de políticas de saúde que promovam inovação tecnológica, sugerindo que a disseminação efetiva da impressão 3D exige não apenas disponibilidade tecnológica, mas também investimentos em capacitação profissional, estabelecimento de marcos regulatórios apropriados, e políticas que garantam acesso equitativo. A compreensão das múltiplas dimensões da impressão 3D em reabilitação constitui passo fundamental para aproveitamento pleno do potencial transformador dessa tecnologia.

Reconhecem-se, contudo, limitações significativas que delimitam o alcance dos achados e sugerem direções para investigações futuras. A pesquisa fundamentou-se exclusivamente em revisão bibliográfica, não incluindo dados empíricos primários que poderiam enriquecer a compreensão mediante avaliação direta de dispositivos, mensuração de resultados clínicos ou análises de custo-efetividade. A análise concentrou-se predominantemente em literatura recente, não contemplando perspectiva histórica mais ampla que poderia contextualizar desenvolvimentos atuais. A natureza qualitativa do estudo, embora permita profundidade interpretativa, não possibilita generalizações estatísticas sobre eficácia ou superioridade de dispositivos impressos em 3D em relação a alternativas convencionais. Estudos futuros poderiam complementar esta pesquisa mediante ensaios clínicos controlados que comparem resultados de dispositivos impressos em 3D e convencionais, análises

econômicas que avaliem custo-efetividade em diferentes contextos, investigações sobre satisfação e qualidade de vida de pacientes, e estudos de implementação que examinem facilitadores e barreiras para disseminação dessa tecnologia em diferentes realidades institucionais e socioeconômicas.

A impressão 3D na reabilitação representa mais que inovação tecnológica; configura-se como oportunidade de transformação de paradigmas de cuidado que historicamente privilegiaram padronização em detrimento de personalização, e que frequentemente excluíram populações vulneráveis do acesso a tecnologias avançadas. A democratização dessa tecnologia, mediante redução de custos de equipamentos e materiais, disponibilização de conhecimentos e projetos em plataformas abertas, e políticas públicas que promovam acesso equitativo, pode contribuir para construção de sistemas de saúde mais justos e efetivos. Este estudo oferece contribuição modesta, porém necessária, para esse projeto coletivo de transformação, iluminando possibilidades, desafios e caminhos para aproveitamento pleno do potencial da impressão 3D em benefício de todas as pessoas que necessitam de dispositivos de reabilitação. A luta por acesso universal a tecnologias de saúde constitui, em última instância, luta pela dignidade humana e pelo reconhecimento de que inovações tecnológicas devem servir a objetivos de justiça social, inclusão e melhoria da qualidade de vida de todos os membros da sociedade, independentemente de suas condições físicas ou socioeconômicas.

REFERÊNCIAS

Amer, L.; Oliveira, B.; Silva, J.; Almeida, C.; Almeida, L.; Oliveira, C.; Oliveira, L. (2024). Reabilitação bucomaxilofacial em pacientes com deficiências congênitas ou adquiridas. Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida, 16(1). https://doi.org/10.36692/v16n1-73r

Artioli, B. (2025). Manufatura digital de próteses auriculares: uma revisão de escopo. Saúde Coletiva (Barueri), 16(101), 17598–17617. https://doi.org/10.36489/saudecoletiva.2025v16i101p17598-17617

Borges, G.; Zendron, I.; Vaz, M.; Macedo, R.; Garcia, T.; Teixeira, L.; Arruda, J. (2022). Inovação do tratamento da estenose aórtica utilizando a impressão 3d. Research, Society and Development, 11(14), e123111435450. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i14.35450

Brasil, L.; Santana, A.; Ribeiro, M.; Neves, J.; Moraes, F. (2025). Uso da impressão 3d na personalização de próteses de quadril: uma revisão integrativa. Delos: Desarrollo Local Sostenible, 18(72), e6752. https://doi.org/10.55905/rdelosv18.n72espec-020

Cabral, B.; Costa, D.; Grempel, R.; Neto, L. (2023). Protocolo de aquisição de imagens 3d por smartphone para criação de um banco virtual de modelos nasais utilizados na reabilitação estético-funcional de pacientes mutilados. Revista de Saúde Digital e Tecnologias Educacionais, 8(1). https://doi.org/10.36517/resdite.v8i1.44098

Campos, I.; Silva, G.; Meneses, J.; Porto, M.; Oliveira, R. (2025). Tecnologia de impressão 3d na saúde brasileira: vantagens e desafios da criação de próteses para membros superiores. RevSeD, 19(30), 42–52. https://doi.org/10.22169/revsed.v19n30.1486

Carvalho, G.; Souza, L.; Ferreira, T.; Bento, G.; Haddad, M. (2019). Prótese bucomaxilofacial: a odontologia além da boca. Archives of Health Investigation, 8(6). https://doi.org/10.21270/archi.v8i6.3223

Carvalho, S.; Baia, C. (2023). O acesso de pacientes à prótese total e prótese parcial: análise do projeto simonésia sorridente no município de simonésia/mg. Pensar Acadêmico, 21(4), 1293–1308. https://doi.org/10.21576/pensaracadmico.2023v21i4.3835

Costa, A.; Frascino, F.; Sesma, N. (2025). Otimização de impressão 3d através de plataformas reduzidas no fluxo chairside. Revista ABOD, 3(1), 78–84. https://doi.org/10.63972/abod/2025.v3i1.56

Costa, H.; Campelo, M.; Rocha, A.; Nahum, A.; Cavalcante, C.; Vilacorta, G.; Silva, R. (2025). Aplicação da impressão tridimensional na saúde: abordagens e vertentes. RevistaFT, 29(144), 21–22. https://doi.org/10.69849/revistaft/cs10202503211921

Ferreira, C.; Moura, I.; Santos, B.; Gomes, P.; Elias, C. (2024). Comparação das propriedades mecânicas de zircônias impressas em 3d e fresadas convencionais para aplicações odontológicas. Observatorio de la Economía Latinoamericana, 22(12), e8329. https://doi.org/10.55905/oelv22n12-192

Filho, J. (2025). Barreiras e facilitadores na dispensação de próteses de membros inferiores: uma análise das políticas públicas. ARE, 7(5), 21721–21740. https://doi.org/10.56238/arev7n5-043

Filho, J.; Marques, V.; Minatel, V. (2025). Rede de cuidados à pessoa com deficiência (RCPD) e reabilitação de amputados de membros inferiores. Revista Caderno Pedagógico, 22(4), e13978. https://doi.org/10.54033/cadpedv22n4-065

Finck, N.; Zamprogno, L.; Gordano, N.; Hehr, L.; Ribeiro, M.; Pires, G.; Martins, B. (2024). Polímeros para impressão 3d. Revista Científica FAESA, 20(2), 258–266. https://doi.org/10.5008/1809.7367.288

Florz, E. (2025). Órteses personalizadas e impressão 3d: avanços tecnológicos, materiais e impactos na reabilitação: revisão integrativa. Revista DCS, 22(83), e3547. https://doi.org/10.54899/dcs.v22i83.3547

Fontoura, V.; Fontoura, R.; Dutra, C.; Sesma, N. (2022). Uso da tecnologia CAD/CAM para realização de provisórios em impressoras 3d. ABOD, 1(1), 24. https://doi.org/10.63972/abod/2022.v1i1.31

Freitas, A.; Betiol, E.; Baú, R. (2024). Proposta da utilização do silicone na impressão 3d. RevistaFT, p. 55–56. https://doi.org/10.69849/revistaft/ra10202410052355