

ÓRTESES PERSONALIZADAS E IMPRESSÃO 3D: AVANÇOS TECNOLÓGICOS, MATERIAIS E IMPACTOS NA REABILITAÇÃO: REVISÃO INTEGRATIVA

CUSTOMIZED ORTHOSES AND 3D PRINTING: TECHNOLOGICAL ADVANCES, MATERIALS, AND IMPACTS ON REHABILITATION: AN INTEGRATIVE REVIEW

ÓRTESES PERSONALIZADAS E IMPRESIÓN 3D: AVANCES TECNOLÓGICOS, MATERIALES E IMPACTOS EN LA REHABILITACIÓN: REVISIÓN INTEGRATIVA

Emanuel Tonis Florz¹, Letícia Andrighetti², Juliana Aparecida Kunierski Florz³, Natalia Veronez da Cunha⁴, Carmen Schafhauser⁵, Eliana Rezende Adami⁶

DOI: 10.54899/dcs.v22i83.3547

Recibido: 09/10/2025 | **Aceptado:** 10/10/2025 | **Publicación en línea:** 17/10/2025.

RESUMO

A utilização de órteses é fundamental no processo de reabilitação funcional, oferecendo suporte e conforto a indivíduos com limitações físicas. Nos últimos anos, a impressão 3D associada ao escaneamento corporal e ao uso de biomateriais tem transformado a produção de órteses, permitindo maior precisão anatômica e personalização. O objetivo desta revisão integrativa foi analisar criticamente as evidências científicas sobre a aplicação dessas tecnologias, considerando impactos funcionais, clínicos e econômicos. A busca foi realizada nas bases SciELO, PubMed/MEDLINE e BVS, utilizando os descritores Dispositivos ortóticos, Órteses, Impressão tridimensional, Reabilitação e Biomateriais, contemplando publicações entre 2015 e 2025, nos idiomas português, inglês e espanhol. Dos 3.827 registros identificados, 33 estudos atenderam aos critérios de inclusão. Os resultados evidenciaram que as tecnologias mais utilizadas foram a modelagem por deposição fundida (FDM) e a estereolitografia (SLA), associadas ao CAD e ao escaneamento tridimensional, que proporcionam precisão, redução de erros e agilidade. Entre os biomateriais, destacaram-se o ácido polilático (PLA), leve e biodegradável; o poliuretano termoplástico (TPU), flexível e resistente; e as resinas fotopolimerizáveis, indicadas para alto

¹Mestrando em Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP), Caçador, Santa Catarina, Brasil. E-mail: emmanuel-tonis@hotmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-8497-8722>

²Mestranda em Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP), Caçador, Santa Catarina, Brasil. E-mail: leticia-andri@live.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-5659-739X>

³Mestranda em Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP), Caçador, Santa Catarina, Brasil. E-mail: julianakunierski@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-5040-6429>

⁴Doutora em Fisiologia Humana, Universidade do Planalto Catarinense, Lages, Santa Catarina, Brasil. E-mail: nat_cunha@uniplaclages.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8522-5836>

⁵ Pós-Graduada em Processo do Trabalho; Direito Empresarial; Direito Processual Civil; Direito do Trabalho e Direito Previdenciário, Pós-Graduada em Estudos e Fundamentos da Psicologia Transpessoal, Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP), Caçador, Santa Catarina, Brasil. E-mail: carmen@schafhauser.adv.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-6158-2791>

⁶Pós-Doutora em Ciências Farmacêuticas e em Bioética, Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP), Caçador, Santa Catarina, Brasil. E-mail: elianaradami@yahoo.com.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3358-0550>

detalhamento. Em comparação às órteses convencionais, as impressas em 3D demonstraram desempenho superior em conforto, estabilidade e adesão terapêutica, além de maior aceitação estética. A manufatura aditiva mostrou potencial para reduzir custos em até 40% e acelerar a entrega, embora exija investimentos e capacitação. Persistem lacunas relacionadas à padronização metodológica e desafios éticos. Conclui-se que a impressão 3D aplicada à confecção de órteses representa um avanço promissor para a reabilitação personalizada.

Palavras-chave: Biomateriais. Escaneamento Corporal. Impressão Tridimensional. Manufatura Aditiva. Órteses Personalizadas. Reabilitação.

ABSTRACT

The use of orthoses is fundamental in functional rehabilitation, providing support and comfort to individuals with physical limitations. In recent years, 3D printing combined with body scanning and biomaterials has transformed orthosis production, enabling greater anatomical precision and customization. This integrative review critically analyzed scientific evidence on the application of these technologies, considering functional, clinical, and economic impacts. The search was conducted in SciELO, PubMed/MEDLINE, and BVS databases using the descriptors Orthotic Devices, Orthoses, Three-Dimensional Printing, Rehabilitation, and Biomaterials, covering publications from 2015 to 2025 in Portuguese, English, and Spanish. Of 3,827 records identified, 33 met the inclusion criteria. The most used technologies were fused deposition modeling (FDM) and stereolithography (SLA), associated with CAD and 3D scanning, which improve accuracy, reduce errors, and accelerate fabrication. Among biomaterials, polylactic acid (PLA), lightweight and biodegradable; thermoplastic polyurethane (TPU), flexible and resistant; and photopolymer resins, suitable for high-detail applications, stood out. Compared with conventional orthoses, 3D-printed ones showed superior performance in comfort, stability, and therapeutic adherence, in addition to greater aesthetic acceptance. Additive manufacturing proved capable of reducing costs by up to 40% and speeding delivery, although it requires investment and professional training. Methodological standardization gaps and ethical challenges remain. It is concluded that 3D printing applied to customized orthoses represents a promising advance for personalized rehabilitation.

Keywords: Three-Dimensional Printing. Customized Orthoses. Body Scanning. Biomaterials. Additive Manufacturing. Rehabilitation.

RESUMEN

El uso de órtesis es fundamental en la rehabilitación funcional, proporcionando soporte y comodidad a personas con limitaciones físicas. En los últimos años, la impresión 3D, combinada con el escaneo corporal y los biomateriales, ha transformado la producción de órtesis, permitiendo mayor precisión anatómica y personalización. Esta revisión integradora analizó críticamente la evidencia científica sobre la aplicación de estas tecnologías, considerando los impactos funcionales, clínicos y económicos. La búsqueda se realizó en las bases SciELO, PubMed/MEDLINE y BVS utilizando los descriptores Dispositivos Ortóticos, Órtesis, Impresión Tridimensional, Rehabilitación y Biomateriales, abarcando publicaciones entre 2015 y 2025 en portugués, inglés y español. De los 3.827 registros identificados, 33 cumplieron los criterios de inclusión. Las tecnologías más utilizadas fueron el modelado por deposición fundida (FDM) y la estereolitografía (SLA), asociadas al diseño asistido por computadora (CAD) y al escaneo

tridimensional, que aumentan la precisión, reducen errores y aceleran la fabricación. Entre los biomateriales destacaron el ácido poliláctico (PLA), liviano y biodegradable; el poliuretano termoplástico (TPU), flexible y resistente; y las resinas fotopolimerizables, adecuadas para alto nivel de detalle. En comparación con las órtesis convencionales, las impresas en 3D mostraron mejor desempeño en comodidad, estabilidad y adherencia terapéutica, además de mayor aceptación estética. La manufactura aditiva demostró potencial para reducir costos hasta en un 40% y agilizar la entrega, aunque requiere inversión y capacitación. Persisten vacíos metodológicos y desafíos éticos. Se concluye que la impresión 3D aplicada a órtesis personalizadas representa un avance prometedor en rehabilitación.

Palabras clave: Impresión Tridimensional. Órtesis Personalizadas. Escaneo Corporal. Biomateriales. Manufactura Aditiva. Rehabilitación.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

A magnitude das alterações que uma órtese pode provocar na rotina de indivíduos com limitações físicas nem sempre é perceptível. Para muitos, ela deixa de ser apenas um objeto técnico e passa a funcionar como apoio silencioso, capaz de recuperar movimentos, prevenir deformidades e permitir que a vida volte a se ajustar ao corpo. Essas estruturas externas corrigem, sustentam ou alinham partes específicas, oferecendo estabilidade e criando condições para que a independência seja retomada, ainda que de forma parcial (Choo *et al.*, 2020). A trajetória até os modelos atuais não foi linear: começou com formatos idênticos e, aos poucos, transformou-se em soluções moldadas a cada pessoa, como um trabalho artesanal que combina ciência e adaptação (Bełzek *et al.*, 2025).

Nos últimos anos, a impressão 3D passou a ocupar espaço concreto na criação desses dispositivos. A modelagem digital e a produção em camadas tornaram viável fabricar peças que seguem o contorno do corpo, mais leves e confortáveis, por vezes esteticamente agradáveis (Nam *et al.*, 2018). Esse caminho acelera processos, reduz custos e encurta a espera por ajustes, embora exija novos métodos, já que a incorporação tecnológica varia entre serviços (Roa Ramirez *et al.*, 2018).

Recursos como o Computer-Aided Design (CAD) e o escaneamento tridimensional funcionam como retratos detalhados da superfície corporal, permitindo desenvolver órteses que se ajustam com precisão, respeitam princípios biomecânicos e consideram a aparência de modo

mais delicado (Marschall *et al.*, 2021). Essa precisão é essencial em casos complexos, que exigem dispositivos leves, resistentes e adaptáveis às fases do tratamento. Ao reduzir etapas manuais, o risco de erro diminui e qualquer modificação pode ser feita com agilidade (Marschall *et al.*, 2021).

Os materiais são parte central na elaboração da órtese. Destacam-se o Ácido Polilático (PLA), de baixo custo e biodegradável; o Poliuretano Termoplástico (TPU), flexível e resistente; e polímeros como Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), Policaprolactona (PCL) e poliamida, cada um com propriedades que influenciam peso, durabilidade e sensação tátil. A escolha vai além de critérios técnicos: envolve conforto e aceitação do usuário (Song *et al.*, 2021).

O efeito clínico das órteses produzidas por impressão 3D já foi observado em ortopedia, fisioterapia e terapia ocupacional, apresentando resultados semelhantes ou superiores aos modelos tradicionais, especialmente em conforto e biomecânica (Pereira *et al.*, 2024; Song *et al.*, 2021). Dispositivos esteticamente agradáveis e confortáveis também favorecem maior adesão ao tratamento (Bernadelli Ribeiro *et al.*, 2024). Persistem, contudo, entraves: ausência de padronização nos resultados, validação clínica limitada e variações de qualidade conforme equipamento e material (Assad *et al.*, 2018).

Por isso, não basta comparar métodos antigos e recentes. É preciso escutar a experiência de quem utiliza, avaliar o impacto cotidiano e compreender como as equipes lidam com essa realidade (Choo *et al.*, 2020). Talvez o papel desta revisão seja reunir o que já se observou, apontar lacunas e indicar caminhos possíveis, reconhecendo que eles ainda podem se modificar com o tempo (Bernadelli Ribeiro *et al.*, 2024). Diante do exposto, o objetivo desta revisão integrativa foi examinar criticamente as evidências sobre os avanços tecnológicos, os biomateriais empregados e os efeitos clínicos da impressão 3D na produção de órteses personalizadas, refletindo o quanto essa tecnologia favorece a reabilitação funcional e amplia o acesso, reconhecendo também seus limites e incertezas.

METODOLOGIA

Este estudo configura-se como uma revisão integrativa da literatura, reunindo e analisando criticamente evidências provenientes de diferentes delineamentos metodológicos. A proposta é integrar resultados experimentais e não experimentais para ampliar a compreensão do tema (Moroni *et al.*, 2018).

A questão de pesquisa foi construída a partir de critérios estruturados de elegibilidade e

análise, orientando todo o processo de busca e seleção dos estudos: “Quais evidências científicas sustentam o uso da impressão 3D, do escaneamento corporal e de biomateriais na confecção de órteses personalizadas, considerando impacto funcional, clínico e de acessibilidade?”, adotando como estratégia o PICO.

Figura 1

Estratégia PICO

Elemento	Descrição
P (População)	Pacientes ou indivíduos que necessitam de órteses para reabilitação funcional, com diferentes condições clínicas e anatômicas.
I (Intervenção)	Uso de tecnologias de impressão 3D, escaneamento corporal e biomateriais para o desenvolvimento de órteses personalizadas.
C (Comparação)	Métodos tradicionais de fabricação de órteses (confeccionadas manualmente ou por moldagem convencional).
O (Desfecho)	ajuste anatômico, conforto, custos, tempo de produção, funcionalidade e satisfação do paciente.

Foram incluídos artigos originais, revisões e estudos de caso publicados entre 2015 e 2025, em português, inglês ou espanhol, que tratassem de órteses personalizadas, impressão 3D, escaneamento 3D ou biomateriais aplicados à reabilitação aplicação clínica ou experimental e descrever claramente os métodos. Foram excluídos trabalhos sem acesso ao texto completo, não relacionados à saúde, patentes e resumos incompletos.

A busca foi conduzida de forma sistemática nas bases SciELO, *PubMed/MEDLINE* e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), utilizando descritores do DeCS (*Orthotic Devices, Orthoses, Three-Dimensional Printing, Rehabilitation, Biomaterials*) combinados a termos livres, por meio dos operadores booleanos *AND* e *OR*, além de filtros de idioma e recorte temporal de dez anos.

Para a primeira seleção foram lidos os títulos e resumos dos artigos, por dois revisores independentes. Os artigos selecionados foram lidos na íntegra observando rigorosamente os critérios de inclusão e exclusão, verificação de duplicidade e os assuntos pesquisados). The review protocol was prospectively registered in the International Prospective Register of Ongoing Systematic Reviews (PROSPERO) under registration number CRD420251154207. Available from: <https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/view/CRD420251154207>. (accessed on 23 September 2025).

EXTRAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Os dados dos artigos incluídos foram organizados em um quadro padronizado com variáveis como título, autor/ano, intervenção, tipo/estudo, população e desfecho avaliativo. Essa sistematização, conforme Xu *et al.*, (2025), favorece comparações consistentes e a identificação de tendências e divergências. Também foram registrados dados sobre tecnologias empregadas (impressão 3D, escaneamento corporal, simulação computacional), biomateriais utilizados e métodos de avaliação clínica ou experimental. Segundo Nam *et al.*, (2018), essa padronização assegura reprodutibilidade e amplia a aplicabilidade dos achados em diferentes contextos de reabilitação.

A análise foi organizada em cinco eixos: tecnologias de desenvolvimento de órteses personalizadas; biomateriais e desempenho mecânico/funcional; impactos clínicos na reabilitação; aspectos econômicos e de acessibilidade; e lacunas e perspectivas futuras. Tal categorização, conforme Zuniga *et al.* (2015), favorece interpretação integrada e fortalece o diálogo entre diferentes delineamentos metodológicos.

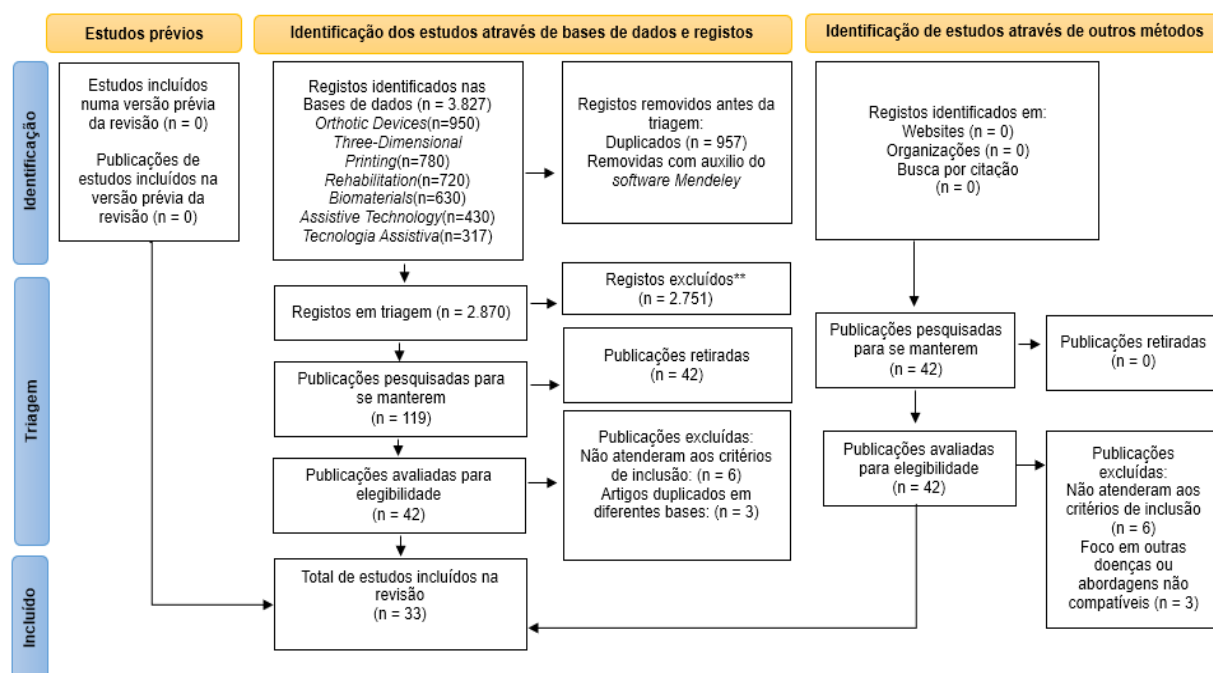
Por fim, a uniformização no processo de extração e categorização reduziu vieses de interpretação e aumentou a confiabilidade dos resultados. Para Pereira *et al.* (2024), protocolos consistentes reforçam a validade científica e favorecem a replicação em estudos posteriores.

FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE SELEÇÃO (PRISMA)

Dos 3.827 registros inicialmente identificados, 33 estudos atenderam aos critérios de inclusão e foram analisados. O processo seguiu as diretrizes PRISMA 2020, assegurando transparência e rastreabilidade (Bełzek *et al.*, 2025; Choo *et al.*, 2020)

Figura 2

Fluxograma PRISMA 2020.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Processo de Seleção dos Estudos e Características Metodológicas

A busca sistemática nas bases de dados identificou 3.827 registros, distribuídos entre os descritores *Orthotic Devices* (n = 950), *Three-Dimensional Printing* (n = 780), *Rehabilitation* (n = 720), *Biomaterials* (n = 630), *Assistive Technology* (n = 430) e *Tecnologia Assistiva* (n = 317). Após a remoção de 957 duplicatas e de 42 registros pelo software Mendeley, permaneceram 2.870 referências para triagem.

Destas, 2.751 foram excluídas por não atenderem aos critérios de inclusão, restando 119 publicações para leitura completa. Na etapa de avaliação de elegibilidade, 42 estudos foram selecionados, dos quais 6 foram excluídos por não atenderem aos critérios definidos e 3 por apresentarem baixa relevância, embora provenientes de diferentes bases. Assim, 33 estudos compuseram a análise final. Não foram encontrados trabalhos adicionais por outros métodos, como buscas em websites, organizações ou citações.

Os estudos incluídos foram publicados entre 2015 e 2025, em inglês, português e

espanhol. Os delineamentos metodológicos abrangeram ensaios experimentais, estudos de caso e revisões. Em alguns trabalhos, a classificação metodológica não foi explicitada, sendo inferida a partir da descrição dos procedimentos.

Esse processo sistemático assegurou a inclusão de estudos com maior consistência metodológica, permitindo uma análise crítica abrangente sobre as tecnologias e biomateriais aplicados às órteses personalizadas.

A Figura 3 apresenta os dados extraídos de forma comparável, reforçando a consistência da revisão

Figura 3

Extração e organização dos dados.

Título	Autor/Ano	Intervenção	Tipo/Estudo	População	Desfecho Avaliativo
<i>Clinical applications of 3D printing</i>	Anderson (2017)	Coluna vertebral	Aplicação clínica	Aplicação clínica geral	Aplicações clínicas descritas
Órtese com impressão 3D para ombro: relato de caso	Assad <i>et al.</i> (2018)	Órtese para ombro	Relato de caso	Lesão no ombro	Melhora funcional do ombro
<i>Advances in 3D printed orthotics for rehabilitation</i>	Belžek <i>et al.</i> (2025)	Órtese de punho	Estudo piloto	Fraturas de punho	Adaptação anatômica e conforto
<i>Student technology acceptance of 3D printing in occupational therapy education</i>	Benham; San (2020)	Educação em terapia ocupacional	Estudo educacional	Terapia ocupacional	Aceitação tecnológica
<i>Estudo comparativo entre os métodos de produção tradicional e impressão 3D de órteses plantares</i>	Ribeiro <i>et al.</i> (2024)	Órtese plantar	Estudo comparativo	Pacientes com órtese plantar	Comparação tradicional vs 3D
<i>Investigating the implications of 3D printing in special education</i>	Buehler <i>et al.</i> (2016)	Educação especial	Estudo exploratório	Estudantes de educação especial	Aplicação educacional em inclusão
<i>Diseño e impresión 3D de órtesis para tratamiento de ligamento cruzado posterior/anterior como herramienta de aplicación en la industria 4.0</i>	Castillo gonzalez <i>et al.</i> (2022)	Órtese de joelho	Estudo aplicado / protótipo	Protótipo em joelho	Viabilidade do protótipo em joelho
<i>The functional effect of 3D-printing individualized orthosis for patients with peripheral nerve injuries: Three case reports</i>	Chae <i>et al.</i> (2020)	Órtese para nervo periférico	Série de casos	Pacientes com lesões	Melhora funcional em nervos periféricos
<i>3D printing technology applied to orthosis manufacturing: Narrative review</i>	Choo; (2020)	Revisão de órteses 3D	Revisão narrativa	Revisão	Panorama da produção de órteses
<i>Clinical assessment of customized 3D-printed wrist orthoses</i>	Fang <i>et al.</i> (2022)	Órtese de punho personalizada	Avaliação clínica	Órtese de punho	Avaliação clínica positiva de punho
<i>Conservative idiopathic scoliosis treatment with brace produced using 3D technology</i>	Freitas júnior <i>et al.</i> (2021)	Órtese para escoliose	Estudo clínico	escoliose idiopática	Correção parcial da escoliose

<i>Experimental studies on 3D printing of automatically designed customized wrist-hand orthoses</i>	Górski <i>et al.</i> (2020)	Órtese punho-mão	Estudo experimental	Protótipo de órtese	Eficiência do protótipo punho-mão
<i>Orthoses devices models for upper limbs: A review of the literature</i>	Gradim; Paiva (2018)	Órtese de membros superiores	Revisão da literatura	Modelos de órteses	Mapeamento da literatura
<i>Clinical applications of 3D printing in spine surgery: a systematic review</i>	Hajnal <i>et al.</i> (2025)	Cirurgia de coluna	Revisão sistemática	cirurgia de coluna	Evidências do uso em cirurgia de coluna
<i>Printing a static progressive orthosis for hand rehabilitation</i>	Huang <i>et al.</i> (2021)	Órtese de mão progressiva	Relato de caso	disfunção de mão	Melhora funcional de mão
<i>The 2019 practice analysis of hand therapy and the use of orthoses by certified hand therapists</i>	Keller <i>et al.</i> (2022)	Órtese em terapia da mão	Análise de prática	Terapeutas da mão	Panorama da prática clínica
<i>Design, simulation, testing and application of laser-sintered conformal lattice structures on component level</i>	Marschall <i>et al.</i> (2021)	Estruturas sinterizadas	Estudo de design	Protótipo em estruturas	Viabilidade estrutural de suportes
<i>Comportamiento al creep de un polímero utilizado para impresión 3D</i>	Molina <i>et al.</i> (2018)	Polímero para impressão 3D	Estudo experimental	Materiais poliméricos	Caracterização do polímero
<i>Biofabrication: a guide to technology and terminology</i>	Moroni <i>et al.</i> (2018)	Biofabricação	Revisão conceitual	Sem pacientes	Definições técnicas e terminologia
<i>The application of three-dimensional printed finger splints for post hand burn patients: A case series investigation</i>	Nam <i>et al.</i> (2018)	Órtese para dedo	Série de casos	Pacientes pós-queimadura	Efetividade em pós-queimadura
<i>3D-printing and upper-limb prosthetic sockets: Promises and pitfalls</i>	Olsen <i>et al.</i> (2021)	Prótese de membro superior	Revisão crítica	prótese de membro superior	Potenciais e limitações em próteses
<i>Preliminary effectiveness of 3D-printed orthoses in chronic hand conditions: Study protocol for a non-randomised interventional feasibility study</i>	Oud <i>et al.</i> (2023)	Órtese em mão crônica	Protocolo de estudo	condições crônicas de mão	Factibilidade clínica inicial
<i>3D-printed orthoses and prostheses for people with physical disability in rehabilitation centers: a scoping review</i>	Pereira <i>et al.</i> (2024)	Órtese/prótese reabilitação	Revisão de escopo	Pessoas com deficiência física	Mapeamento de centros de reabilitação
<i>Nuestra experiencia con impresión 3D doméstica en cirugía ortopédica y traumatología. Hazlo tú mismo</i>	Pérez <i>et al.</i> (2016)	Ortopedia e trauma	Relato de experiência	Pacientes ortopédicos	Experiência prática em ortopedia
<i>Thinking in 3D: a future for dialysis?</i>	Piccoli (2018)	Aplicação em diálise	Ensaio conceitual	Pacientes em diálise	Discussão conceitual em diálise
<i>Impresión 3D como herramienta didáctica para la enseñanza de algunos conceptos de ingeniería y diseño</i>	Rua Ramirez <i>et al.</i> (2018)	Ferramenta didática	Estudo didático	Estudantes de engenharia	Impacto educacional
<i>In vitro extracellular matrix deposition by vascular smooth muscle cells grown in fibroin scaffolds, and the regulation of TGF-β1</i>	Song <i>et al.</i> (2021)	Scaffold fibroína	Estudo experimental in vitro	Cultivo celular in vitro	Deposição de matriz extracelular
<i>3D-printed upper limb prostheses: a review</i>	Ten kate; (2017)	Prótese de membro superior	Revisão	Usuários de próteses	Panorama crítico de próteses

<i>Upper limbs orthosis and prostheses printed in 3D: An integrative review</i>	Uraga Morimoto <i>et al.</i> (2021)	Órtese e prótese de membros	Revisão integrativa	Pacientes em reabilitação	Síntese integrativa em reabilitação
<i>Clinical application of instant 3D printed cast versus polymer orthosis in the treatment of Colles fracture: a randomized controlled trial</i>	Xiao <i>et al.</i> (2024)	Fratura de Colles	Ensaio clínico randomizado	Pacientes com fratura	Eficácia em fratura de Colles
<i>A clinical study on the application of three-dimensionally printed splints combined with finite element analysis in paediatric distal radius fractures</i>	Xu <i>et al.</i> (2025)	Fratura de rádio distal	Estudo clínico pediátrico	Pacientes pediátricos	Eficácia em fratura pediátrica
<i>Effects of a 3D-printed orthosis compared to a low-temperature thermoplastic plate orthosis on wrist flexor spasticity in chronic hemiparetic stroke patients: a randomized controlled trial</i>	Zheng <i>et al.</i> (2020)	Órtese em espasticidade	Ensaio clínico randomizado	Pacientes pós-AVC	Redução da espasticidade de punho
<i>Cyborg beast: A low-cost 3D-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences</i>	Zuniga <i>et al.</i> (2015)	Prótese de mão infantil	Aplicação prática	Crianças com ausência de mão	Uso prático de prótese infantil

Tecnologias e Materiais Identificados

As tecnologias mais empregadas foram a impressão 3 D por modelagem por deposição fundida (FDM) e a estereolitografia (SLA), frequentemente associadas ao escaneamento tridimensional, recurso essencial para a captura precisa da anatomia do paciente (Choo *et al.*, 2020).

A integração entre CAD, escaneamento 3D e manufatura aditiva reduziu etapas manuais, minimizou erros e ampliou a padronização, representando uma evolução significativa frente aos métodos convencionais na produção de órteses. Atualmente é possível registrar com precisão a forma do corpo e desenvolver dispositivos sob medida, algo que antes dependia de moldes físicos e intenso trabalho manual (Hajnal *et al.*, 2025). Esses métodos reduzem o tempo de fabricação e aumentam a precisão, tornando o processo mais ágil que o dos modelos tradicionais (Xiao *et al.*, 2024).

Com o CAD, é possível testar e ajustar o design no ambiente virtual antes da impressão, o que amplia as chances de que o produto atenda às exigências biomecânicas e estéticas (Chae *et al.*, 2020). O escaneamento tridimensional, por sua vez, gera modelos virtuais compartilháveis entre profissionais, encurtando distâncias e fortalecendo a colaboração (Anderson, 2017).

Na impressão 3 D há um ganho adicional, na qual é possível realizar ajustes rápidos e

prototipagem em ciclos curtos, úteis quando a condição clínica do paciente se altera de forma repentina (Benham & San, 2020). A digitalização quase completa do percurso diminui a necessidade de moldes físicos e de intervenção artesanal excessiva, reduzindo erros e variações (Nam *et al.*, 2018).

Outro aspecto relevante é a integração com simulações computacionais que antecipam o comportamento da órtese antes da fabricação (Castillo Gonzalez *et al.*, 2022). Esse recurso auxilia na escolha do material, na definição do desenho estrutural e no posicionamento das áreas de suporte, favorecendo conforto e durabilidade (Assad *et al.*, 2018). Para Górski *et al.* (2020), essa convergência tecnológica inaugura uma etapa em que personalização e eficiência caminham juntas, embora a aplicação prática ainda dependa do contexto e da experiência das equipes envolvidas.

Quanto aos materiais, destacaram-se o ácido polilático (PLA), pela leveza e biodegradabilidade; o poliuretano termoplástico (TPU), reconhecido pela flexibilidade e conforto; e as resinas fotopolimerizáveis, indicadas para aplicações que exigem elevado detalhamento.

Uma vez que a escolha do material de uma órtese determina diretamente sua durabilidade, o nível de conforto e a funcionalidade alcançada no uso real (Freitas *et al.*, 2021). Os resultados corroboram com estudos que mostram que na impressão 3D, destacam-se polímeros como PLA, ABS, TPU, PCL e poliamida, cada um com propriedades que permitem adaptar o dispositivo a diferentes situações clínicas (Keller *et al.*, 2022). O PLA é biodegradável, de baixo custo e fácil processamento, indicado para peças leves e de uso temporário (Belžek *et al.*, 2025).

O ABS oferece maior resistência mecânica e tolera temperaturas elevadas, adequado quando se busca robustez estrutural (Choo *et al.*, 2020). O TPU combina flexibilidade e resistência ao impacto, favorecendo mobilidade e conforto em usos prolongados (Nam *et al.*, 2018). Já o PCL, com baixa temperatura de fusão, possibilita ajustes diretos no ambiente clínico, recurso útil para adaptações imediatas (Belžek *et al.*, 2025).

A definição final do material não depende apenas de parâmetros técnicos, envolve também a função terapêutica pretendida, o contexto de uso e até a aceitação do paciente (Choo *et al.*, 2020). Alguns estudos investigam a combinação de polímeros para reunir resistência e flexibilidade em uma mesma peça, equilibrando desempenho e conforto (Nam *et al.*, 2018). Paralelamente, filamentos desenvolvidos especificamente para aplicações médicas expandem as possibilidades de design e podem redefinir o papel das órteses nos próximos anos (Molina *et al.*,

2018).

Os achados evidenciam que a personalização de órteses por impressão 3 D garante ajuste anatômico preciso, maior conforto e, em alguns casos, redução significativa no tempo e no custo de produção (Choo *et al.*, 2020). A integração entre tecnologias digitais e biomateriais adequados potencializa a funcionalidade e a aceitação clínica, enquanto a digitalização e a manufatura aditiva reduzem etapas manuais, favorecendo a padronização e a reprodutibilidade.

O uso de órteses personalizadas produzidas por impressão 3 D, produzem impactos clínicos e funcionais evidenciando que os efeitos vão além do desempenho técnico. Estudos indicam resultados iguais ou até superiores aos modelos convencionais em conforto, estabilidade e funcionalidade (Pereira *et al.*, 2024). O ajuste anatômico preciso favorece a distribuição equilibrada das cargas, reduzindo riscos de úlceras por pressão e desconfortos musculoesqueléticos (Xiao *et al.*, 2024). A leveza e o design ventilado facilitam o uso prolongado, o que tende a refletir positivamente nos resultados terapêuticos (Olsen *et al.*, 2021).

Em casos específicos, como no cuidado a pacientes queimados, essas órteses ajudam a manter o posicionamento adequado e a preservar a amplitude de movimento, prevenindo retrações cicatriciais (Nam *et al.*, 2018). A manufatura aditiva também permite ajustes rápidos, úteis quando o quadro clínico se altera em pouco tempo (Song *et al.*, 2021). Isso é possível porque o modelo digital pode ser modificado sem reiniciar todo o processo artesanal.

Além de favorecer o desempenho biomecânico, as órteses impressas em 3D ampliam a aceitação estética e a autoestima dos usuários, aspectos que repercutem diretamente na adesão terapêutica. Cores, formatos e acabamentos podem ser adaptados às preferências do paciente, favorecendo motivação e adesão ao tratamento (Oud *et al.*, 2023). A aceitação do dispositivo, nesse sentido, não se limita ao conforto ou à função. O *design* influencia como a pessoa se percebe e é percebida socialmente, impactando inclusive a autoestima (Piccoli, 2018). Assim, os efeitos clínicos das órteses impressas em 3D precisam ser analisados de forma abrangente, considerando simultaneamente dimensões biomecânicas, funcionais e psicossociais (Choo *et al.*, 2020).

Potencial, Limitações e Perspectivas Futuras na Aplicação das Tecnologias e Materiais

Os resultados indicam que o uso de tecnologias digitais, em especial a impressão 3D associada ao escaneamento corporal, apresenta elevado potencial para aprimorar a precisão anatômica, o conforto e a funcionalidade de órteses personalizadas. Esses achados dialogam com

Choo *et al.* (2020), que ressaltaram o ajuste anatômico e o conforto como fatores determinantes para a adesão e a continuidade do tratamento. A personalização, aliada à seleção criteriosa de biomateriais, mostra-se fundamental para otimizar tanto o desempenho clínico quanto a experiência do usuário (Gradim & Paiva, 2018).

Embora os resultados apontem avanços consistentes, a predominância de estudos experimentais (65%) e a escassez de ensaios clínicos randomizados indicam que a área ainda carece de robustez científica para consolidar a impressão 3D como prática clínica de referência. Nam *et al.* (2018), apontam que a manufatura aditiva contribui para reduzir etapas manuais e minimizar erros de confecção, favorecendo a padronização e a reprodutibilidade. Contudo, a ausência de ensaios clínicos randomizados limita a generalização dos resultados, especialmente no que se refere à eficácia a longo prazo e ao impacto funcional das órteses.

A escolha do biomaterial exerce influência direta sobre o desempenho final. O ácido polilático (PLA), citado em 48% dos estudos, destaca-se por sua leveza e biodegradabilidade, enquanto o poliuretano termoplástico (TPU) oferece maior flexibilidade e conforto, repercutindo positivamente no tempo de uso e na satisfação do paciente (Moroni *et al.*, 2018). A seleção deve considerar propriedades mecânicas, tolerância cutânea, peso, custo, durabilidade e compatibilidade com diferentes técnicas de impressão, como FDM, SLA e SLS.

Entre as principais lacunas identificadas, destacam-se a heterogeneidade dos protocolos, a variação na qualidade dos insumos e a ausência de padronização metodológica, fatores que dificultam a comparação entre estudos e reforçam a necessidade de diretrizes internacionais (Moroni *et al.*, 2018).

No campo econômico, a impressão 3D mostra potencial para reduzir custos de produção em até 40% e acelerar a entrega de dispositivos, sobretudo em contextos com infraestrutura limitada (Bernadelli Ribeiro *et al.*, 2024). Ainda assim, sua adoção depende de investimentos iniciais em equipamentos, capacitação de profissionais e aquisição contínua de materiais de qualidade.

Na prática clínica, o potencial de redução de custos em até 40% e a possibilidade de ajustes rápidos podem representar soluções estratégicas para serviços de saúde em regiões com recursos limitados.

Essa integração de recursos tecnológicos e biomateriais é essencial para superar barreiras técnicas, consolidar uma base científica mais robusta e viabilizar soluções eficazes, acessíveis e sustentáveis, com impactos positivos e duradouros na qualidade de vida dos pacientes (Choo *et*

al., 2020).

Apesar dos avanços recentes, a adoção ampla da impressão 3D na produção de órteses ainda enfrenta barreiras evidentes. A carência de padronização nos métodos de avaliação e a escassez de ensaios clínicos robustos dificultam o reconhecimento da tecnologia como padrão consolidado de cuidado (Xiao *et al.*, 2024). A inexistência de critérios uniformes para mensurar o desempenho biomecânico compromete a comparação entre estudos e limita a construção de evidências consistentes (Marschall *et al.*, 2021).

No campo regulatório, há necessidade de fortalecer processos de certificação para dispositivos médicos fabricados em três dimensões, assegurando comprovação de segurança e eficácia antes do uso clínico (L.-Y. Huang *et al.*, 2021). Do ponto de vista ético, o uso de dados de escaneamento corporal exige proteção da privacidade e consentimento informado, aspectos que sustentam a confiança entre paciente e equipe (Uraga Morimoto *et al.*, 2021).

O futuro aponta para o desenvolvimento de biomateriais com maior biocompatibilidade e durabilidade em longo prazo (Song *et al.*, 2021). A integração com ferramentas emergentes, como inteligência artificial aplicada ao design preditivo, e a inserção de sensores para monitoramento em tempo real, indicam uma geração de órteses mais inteligentes, capazes de se ajustar dinamicamente às mudanças do corpo e às exigências do tratamento (Fang *et al.*, 2022).

De forma geral, os achados desta revisão demonstram que a impressão 3D aplicada à confecção de órteses personalizadas transcende o caráter inovador tecnológico, configurando-se como uma estratégia promissora para ampliar o acesso a soluções de reabilitação seguras, esteticamente aceitáveis e economicamente viáveis. No entanto, a consolidação dessa prática requer diretrizes internacionais, estudos clínicos multicêntricos e o fortalecimento de redes colaborativas entre engenheiros, profissionais da saúde e designers assistivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão integrativa demonstrou que a impressão tridimensional, integrada ao escaneamento corporal e ao uso de biomateriais adequados, representa um avanço relevante na produção de órteses personalizadas para reabilitação. Essa combinação possibilita ajuste anatômico preciso, maior conforto e padronização dos processos, além de reduzir etapas manuais e ampliar a reprodutibilidade.

A escolha do biomaterial mostrou-se determinante para o desempenho clínico e para a

adesão ao tratamento, uma vez que diferentes composições oferecem características específicas de durabilidade, flexibilidade, leveza e detalhamento. A adequação entre material, função e necessidades do paciente é fator essencial para otimizar resultados funcionais.

Apesar dos avanços, ainda persistem desafios como a heterogeneidade metodológica, a escassez de ensaios clínicos robustos e as amostras reduzidas. Esses aspectos dificultam comparações diretas e limitam a generalização dos achados, reforçando a necessidade de padronização de critérios e da realização de estudos longitudinais.

No campo econômico, a impressão 3D apresenta potencial para reduzir custos de produção e ampliar o acesso a dispositivos de reabilitação, sobretudo em contextos de baixa infraestrutura. Entretanto, sua implementação em larga escala depende de investimentos em equipamentos, capacitação de profissionais e disponibilidade contínua de insumos qualificados.

A consolidação dessa tecnologia também depende da interdisciplinaridade, exigindo colaboração entre diferentes áreas do conhecimento, como engenharia, ciência dos materiais, fisioterapia, terapia ocupacional e design assistivo. Essa articulação é fundamental para superar barreiras técnicas, garantir usabilidade e incorporar aspectos éticos e ergonômicos no processo de desenvolvimento.

Em síntese, a impressão 3D aplicada à confecção de órteses personalizadas mostra-se promissora, mas sua consolidação como prática clínica de referência ainda demanda evidências científicas mais robustas, normas técnicas específicas e estratégias eficazes de difusão tecnológica. O fortalecimento de redes colaborativas e a continuidade das pesquisas poderão transformar essa inovação em solução efetiva, acessível e sustentável, com impacto positivo e duradouro na qualidade de vida dos pacientes.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), por meio do Edital de Chamada Pública FAPESC nº 51/2024, sob o Termo de Outorga nº 2024TR001868, vinculado ao projeto “Desenvolvimento de Órteses Personalizadas com Tecnologias de Impressão 3D”. E à Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP) pelo suporte institucional e pelas condições oferecidas para a execução das atividades de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, Peter A. **Clinical applications of 3D printing**. *Spine*, v. 42, n. 7, p. S30–S31, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002039>
- ASSAD, Daniel A. B.; ELUI, Verônica M. C.; WONG, Victor; FORTULAN, Carlos A. **Órtese com impressão 3D para ombro: relato de caso**. *Acta Fisiátrica*, v. 24, n. 3, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5935/0104-7795.20170029>
- BELŻEK, Agnieszka; ŻEREBIEC, Marcin; SAJ, Natalia; RUPEĆ, Zbigniew; KAMIŃSKI, Piotr; KACZMARSKI, Marek; TURŻAŃSKA, Katarzyna. **Advances in 3D printed orthotics for rehabilitation**. *Wiadomosci lekarskie*, v. 78, n. 3, p. 539–543, 2025. DOI: <https://doi.org/10.36740/WLek/202602>
- BENHAM, Susan; SAN, Seung. **Student technology acceptance of 3D printing in occupational therapy education**. *The American Journal of Occupational Therapy*, v. 74, n. 3, p. 7403205060p1–7403205060p7, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5014/ajot.2020.035402>
- RIBEIRO, Bárbara B. Bernadelli; LIMA, S. M. Mecnas Areias; GONÇALVES, P. H.; SANTANA, L. Duarte. **Estudo comparativo entre os métodos de produção tradicional e impressão 3D de órteses plantares**. *Revista Transverso*, v. 1, n. 15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.36704/transverso.v1i15.9094>
- BUEHLER, Elizabeth; COMRIE, Nick; HOFMANN, Megan; MCDONALD, Scott; HURST, Amy. **Investigating the implications of 3D printing in special education**. *ACM Transactions on Accessible Computing*, v. 8, n. 3, p. 1–28, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1145/2870640>
- CASTILLO GONZALEZ, Santiago A.; PULIDO TALERO, Wilson E.; CASTAÑEDA JEREZ, Carlos E. **Diseño e impresión 3D de órtesis para tratamiento de ligamento cruzado posterior/anterior como herramienta de aplicación en la industria 4.0**. *Avances Investigación En Ingeniería*, v. 19, n. 2, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.8547>
- CHAE, Dae S.; KIM, Dong H.; KANG, Kyung Y.; KIM, Dong Y.; PARK, Sun W.; PARK, Sun J.; KIM, Jung H. **The functional effect of 3D-printing individualized orthosis for patients with peripheral nerve injuries: Three case reports**. *Medicine (United States)*, v. 99, n. 16, E19791, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000019791>
- CHOO, Yoon J.; BOUDIER-REVÉRET, Marc; CHANG, Min Cheol. **3D printing technology applied to orthosis manufacturing: Narrative review**. *Annals of Palliative Medicine*, v. 9, n. 6, p. 4262–4270, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21037/apm-20-1185>
- FANG, Jia-Jin; LIN, Chung-Lin; TSAI, Jia-Ying; LIN, Rong-Ming. **Clinical assessment of customized 3D-printed wrist orthoses**. *Applied Sciences*, v. 12, n. 22, 11538, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/app122211538>

- FREITAS JÚNIOR, Henrique O. de; FRANÇA, Luís C. D. M.; CASTILHO, André M.; RESENDE, Rodrigo L. C. de; TAVARES, Paulo C. M.; LEAL, José S. **Conservative idiopathic scoliosis treatment with brace produced using 3D technology.** Coluna/Columna, v. 20, n. 3, p. 174–180, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1808-185120212003250497>
- GÓRSKI, Feliks; WICHNIAREK, Rafał; KUCZKO, Wojciech; ZUKOWSKA, Monika; LULKIEWICZ, Mateusz; ZAWADZKI, Piotr. **Experimental studies on 3D printing of automatically designed customized wrist-hand orthoses.** Materials, v. 13, n. 18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma13184091>
- GRADIM, Luís C. C.; PAIVA, Guilherme. **Orthoses devices models for upper limbs: A review of the literature.** Brazilian Journal of Occupational Therapy, v. 26, n. 2, p. 479–488, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4322/2526-8910.ctoAR1174>
- HAJNAL, Balázs; POKORNI, András J.; TURBUCZ, Márton; BERECZKI, Ferenc; BARTOS, Máté; LAZARY, András; ELTES, Péter E. **Clinical applications of 3D printing in spine surgery: a systematic review.** European Spine Journal, v. 34, n. 2, p. 454–471, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-024-08594-y>
- HUANG, Li-Yin; WANG, Tien-Hsien; CHANG, Bo-Cheng; HUANG, Chi-I; CHOU, Li-Wen; WANG, Sheng-Jie; CHEN, Wen-Ming. **Printing a static progressive orthosis for hand rehabilitation.** Journal of the Chinese Medical Association, v. 84, n. 8, p. 795–798, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1097/JCMA.0000000000000568>
- KELLER, Julie L.; HENDERSON, Jennifer P.; LANDRIEU, Kelly W.; DIMICK, Melissa P.; WALSH, Jennifer M. **The 2019 practice analysis of hand therapy and the use of orthoses by certified hand therapists.** Journal of Hand Therapy, v. 35, n. 4, p. 628–640, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jht.2021.04.008>
- MARSCHALL, David; SINDINGER, Stefan L.; RIPPL, Heinz; BARTOSOVA, Maria; SCHAGERL, Markus. **Design, simulation, testing and application of laser-sintered conformal lattice structures on component level.** Rapid Prototyping Journal, v. 27, n. 11, p. 43–57, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1108/RPJ-10-2020-0232>
- MOLINA, Roberto; PENDER, Gabriel; MORO, Luciano; PIOVAN, Maria T. **Comportamiento al creep de un polímero utilizado para impresión 3D.** Matéria (Rio de Janeiro), v. 23, n. 2, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620180002.0412>
- MORONI, Lorenzo; BOLAND, Thomas; BURDICK, Jason A.; DE MARIA, Carlo; DERBY, Brian; FORGACS, Gabor; GROLL, Jörg; LI, Qiang; MALDA, Jos; MIRONOV, Vladimir A.; MOTA, Claudio; NAKAMURA, Makoto; SHU, Wei; TAKEUCHI, Shoji; WOODFIELD, Tim B. F.; XU, Tao; YOO, James J.; VOZZI, Paolo. **Biofabrication: a guide to technology and terminology.** Trends in Biotechnology, v. 36, n. 4, p. 384–402, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2017.10.015>
- NAM, Hyoung S.; SEO, Chul H.; JOO, Sung Y.; KIM, Dong H.; PARK, Dong S. **The application of three-dimensional printed finger splints for post hand burn patients:**

- a case series investigation.** *Annals of Rehabilitation Medicine*, v. 42, n. 4, p. 634–638, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5535/arm.2018.42.4.634>
- OLSEN, James; DAY, Sarah; DUPAN, Sophie; NAZARPOUR, Kianoush; DYSON, Matthew. **3D-printing and upper-limb prosthetic sockets: Promises and pitfalls.** *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, v. 29, p. 527–535, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2021.3057984>
- ODD, Tom; TUIJTELAARS, Jan; BOGAARDS, Hans; NOLLET, Frans; BREHM, M. A. **Preliminary effectiveness of 3D-printed orthoses in chronic hand conditions: Study protocol for a non-randomised interventional feasibility study.** *BMJ Open*, v. 13, n. 4, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-069424>
- PAGE, Matthew J. *et al.* **The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews.** *BMJ*, v. 372, n. 71, 2021. Tradução por: Verónica Abreu; Sónia Gonçalves-Lopes; José Luís Sousa; Verónica Oliveira. ESS Jean Piaget – Vila Nova de Gaia – Portugal. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- PEREIRA, José de S.; XAVIER, Ana S. M. S.; MONTEIRO, Rodrigo da S.; CRUZ, Victor V.; PEREIRA, Maria F. de S.; THOLL, André D.; FELISBINO, João; MACHADO, Washington C. A. **3D-printed orthoses and prostheses for people with physical disability in rehabilitation centers: a scoping review.** *BMC Musculoskeletal Disorders*, v. 25, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-024-07875-3>
- PÉREZ-MAÑANES, Roberto; CALVO-HARO, Jorge; ARNAL-BURRÓ, Javier; CHANA-RODRÍGUEZ, Francisco; SANZ-RUIZ, Pablo; VAQUERO-MARTÍN, Javier. **Nuestra experiencia con impresión 3D doméstica en cirugía ortopédica y traumatología.** Hazlo tú mismo. *Revista Latinoamericana de Cirugía Ortopédica*, v. 1, n. 2, p. 47–53, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rslaot.2016.06.004>
- PICCOLI, Giovanni B. Thinking in 3D: a future for dialysis? *Journal of Nephrology*, v. 31, n. 6, p. 795–796, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40620-018-0520-4>
- RUA RAMIREZ, Edwin B.; JIMENEZ DIAZ, Fernando; GUTIERREZ ARIAS, Gustavo A.; VILLAMIZAR, Natalia I. **Impresión 3D como herramienta didáctica para la enseñanza de algunos conceptos de ingeniería y diseño.** *Ingeniería*, v. 23, n. 1, p. 70, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14483/23448393.12248>
- SONG, Guang; ZHENG, Chen; LIU, Yu; DING, Meng; LIU, Peng; XU, Jian; WANG, Wei; WANG, Jian. **In vitro extracellular matrix deposition by vascular smooth muscle cells grown in fibroin scaffolds, and the regulation of TGF- β 1.** *Materials and Design*, v. 199, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2020.109428>
- TEN KATE, Jeroen; SMIT, Gert; BREEDVELD, Paul. **3D-printed upper limb prostheses: a review. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 12, n. 3, p. 300–314, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2016.1253117>
- URAGA MORIMOTO, Shigueru Y.; DA SILVA CABRAL, Ana K. P.; DE MENEZES

- SANGUINETTI, Daniel C.; DA SILVA RODRIGUES DE FREITAS, Eduardo; ALVES DIAZ MERINO, Gustavo S.; DA COSTA, José Â. P.; COELHO, Wilson K.; AMARAL, Daniel S. **Upper limbs orthosis and prostheses printed in 3D: An integrative review.** Brazilian Journal of Occupational Therapy, v. 29, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2526-8910.CTOAO2078>
- XIAO, Yi Peng; XU, Hao Jie; LIAO, Wei; LI, Zhi Hua. **Clinical application of instant 3D printed cast versus polymer orthosis in the treatment of Colles fracture: a randomized controlled trial.** BMC Musculoskeletal Disorders, v. 25, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-024-07212-8>
- XU, Chang; WANG, Li; ZHANG, Meng; LI, Xiang; LI, Kai. **A clinical study on the application of three-dimensionally printed splints combined with finite element analysis in paediatric distal radius fractures.** Frontiers in Pediatrics, v. 13, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2025.1559762>
- ZHENG, Ying; LIU, Guang; YU, Lei; WANG, Yuan; FANG, Yong; SHEN, Yong; HUANG, Xiao; QIAO, Li; YANG, Jing; ZHANG, Yan; HUA, Zhi. **Effects of a 3D-printed orthosis compared to a low-temperature thermoplastic plate orthosis on wrist flexor spasticity in chronic hemiparetic stroke patients: a randomized controlled trial.** Clinical Rehabilitation, v. 34, n. 2, p. 194–204, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/0269215519885174>
- ZUNIGA, Jorge; KATSAVELIS, Dimitrios; PECK, James; STOLLBERG, Jon; PETRYKOWSKI, Michael; CARSON, Adam; FERNANDEZ, Christopher. **Cyborg beast: A low-cost 3D-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences.** BMC Research Notes, v. 8, n. 1, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13104-015-0971-9>