

A UTILIZAÇÃO DA MANUFATURA ADITIVA NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS E TECNOLOGIAS NO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

 <https://doi.org/10.56238/arev6n4-157>

Data de submissão: 11/11/2024

Data de publicação: 11/12/2024

Miguel Olimpio de Paula Netto

UFJF

Mestrando em Ambiente Construído - PROAC

Universidade Federal de Juiz de Fora

Camila Souza Carvalho

UFJF

Mestranda em Ambiente Construído - PROAC

Universidade Federal de Juiz de Fora

Tatiana Tavares Rodriguez

UFJF

Doutorado em Engenharia Civil com ênfase em Geotecnia

Universidade Federal de Juiz de Fora

Ercilia de Stefano

UFJF

Pós-doutorado em Engenharia Civil - COPPE

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Moisés Luiz Lagares Júnior

UFJF

Doutorado em Engenharia Mecânica - FEMEC

Universidade Federal de Uberlândia

José Alberto Barroso Castanõn

UFJF

Doutorado em Engenharia de Transportes - COPPE

Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

A manufatura aditiva (MA), ou impressão 3D, tem crescido significativamente nas últimas décadas, revolucionando diversos setores ao possibilitar a criação de peças complexas com menor desperdício de material. O presente artigo tem como objetivo analisar o uso da MA no Brasil, focando em suas aplicações no desenvolvimento de novos produtos e tecnologias, além de identificar os principais desafios e tendências de pesquisa. Neste artigo, uma revisão sistemática de literatura foi realizada, a partir de 55 artigos publicados entre os anos de 2014 e 2024, categorizados por áreas de aplicação, como educação, saúde, construção civil, tecnologias assistivas e industriais, além da identificação dos processos e materiais mais empregados na atualidade. Os resultados mostram que a MA no país ainda é dominada por tecnologias consolidadas, como FDM/FFF, com destaque para a saúde e o setor industrial. No entanto, a exploração de materiais e técnicas mais avançadas permanece limitada devido

à falta de investimentos e de mão de obra qualificada. O estudo conclui que, para o Brasil avançar no campo da MA, é necessário diversificar as pesquisas com novos materiais e tecnologias emergentes, além de investir na capacitação de profissionais. Esses fatores são essenciais para que a manufatura aditiva se torne uma alternativa mais competitiva e sustentável no desenvolvimento de produtos e inovações no país.

Palavras-chave: Manufatura Aditiva. Impressão 3D. Inovações Tecnológicas. Desenvolvimento de Produtos. Sustentabilidade. Capacitação.

1 INTRODUÇÃO

Embora a manufatura aditiva seja comumente associada a um processo de fabricação recente, tendo ganhado relevância em meados de 2010, ela surgiu em 1983 no Japão como um processo conhecido como Stereolithography. Desde então, esse processo vem ganhando notoriedade devido à sua ampla gama de aplicações e ao seu potencial tecnológico no quesito versatilidade e agilidade de fabricação de produtos únicos e customizáveis (Kocovic, 2017).

Apesar de o processo ainda apresentar limitações, há inúmeras vantagens associadas. Segundo Priarone, Catalano e Settineri (2023), a redução de até 69% no peso de componentes utilizados na indústria automotiva resultou em uma economia significativa de energia e na redução da pegada de carbono, gerando impactos ambientais extremamente positivos. Além disso, Wu e EL-Refaie (2020) destaca que a manufatura aditiva permite a construção de máquinas elétricas com propriedades mecânicas, eletromagnéticas e térmicas superiores às obtidas por processos de fabricação convencionais, tornando o processo não apenas mais limpo, mas também mais eficiente.

A versatilidade e a capacidade adaptativa da manufatura aditiva estão principalmente associadas à sua habilidade de fabricar geometrias complexas (Wohlers; Caffrey, 2013), incluindo designs intrincados de microcanais em componentes. Essa característica torna a manufatura aditiva o único processo capaz de produzir tais geometrias (Panara et al., 2022).

Outro aspecto relevante é a capacidade da manufatura aditiva de transitar por diversas áreas. Na área metal-mecânica, por exemplo, (Zhang et al., 2018) fabricou peças utilizando pó de carbeto de tungstênio (WC) e pó de cobalto (Co), materiais essenciais na produção de aços e ferramentas. Essas peças apresentaram propriedades mecânicas superiores às fabricadas com os mesmos materiais por métodos convencionais. Na área biomédica, Duan et al. (2022) fabricou tecidos ósseos sintéticos biocompatíveis, com excelentes propriedades mecânicas, para auxiliar no reparo de ossos danificados. Vale ressaltar que este é um exemplo de fabricação de geometria complexa.

Inúmeros estudos na literatura indicam a versatilidade e o elevado potencial tecnológico da manufatura aditiva, especialmente quanto à capacidade de produzir peças de alta qualidade com baixo investimento e elevada agilidade no processo de confecção. Contudo, pouco se aborda na literatura brasileira sobre o impacto desse processo de fabricação na academia e nas indústrias, em especial nos processos de engenharia do produto. Embora a manufatura aditiva represente um avanço significativo nesse campo, é necessário verificar os rumos que a academia e as indústrias brasileiras têm seguido.

Diante disso, o presente trabalho propõe realizar uma revisão abrangente e sistemática sobre os impactos da manufatura aditiva no contexto industrial e acadêmico brasileiro, com o objetivo de identificar os principais produtos, tendências de pesquisa e metodologias desenvolvidas no cenário

nacional. Além disso, serão analisados os desafios associados ao uso das técnicas aditivas apontados pela literatura, assim como suas vantagens e desvantagens. A partir desse contexto, formula-se a seguinte hipótese:

O uso da manufatura aditiva no Brasil tem o potencial de transformar significativamente o desenvolvimento de produtos e tecnologias em diversos setores, como saúde, construção civil, educação e tecnologia assistiva, tornando os processos de fabricação mais eficientes, sustentáveis e acessíveis. Contudo, o avanço dessa tecnologia está limitado pela falta de investimento e mão de obra qualificada. Com base nessa hipótese, as questões de pesquisa que norteiam este estudo são:

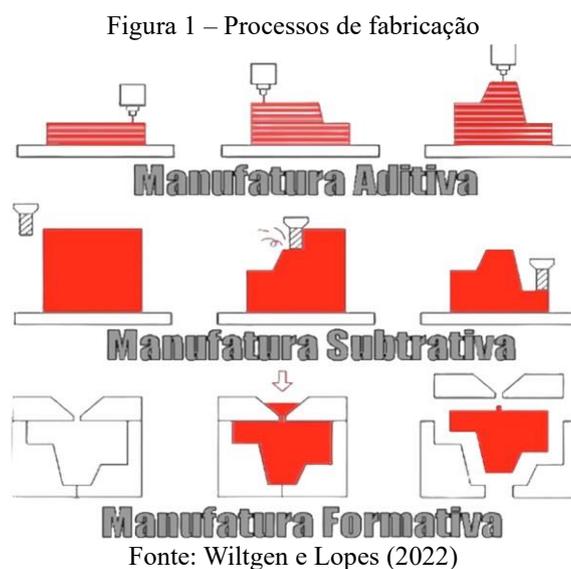
Como a manufatura aditiva está sendo aplicada no Brasil no desenvolvimento de novos produtos e tecnologias? Quais tendências de pesquisa emergentes podem alavancar o uso de tecnologias aditivas no Brasil?

Diante disso, o presente trabalho propõe realizar uma revisão abrangente e sistemática sobre os impactos da manufatura aditiva no contexto industrial e acadêmico brasileiro. O objetivo principal é responder a questões como: quais são os estudos realizados, visando identificar os produtos desenvolvidos, as tendências de pesquisa emergentes, as tecnologias e os materiais mais utilizados, além das metodologias aplicadas no cenário nacional. Para alcançar esses objetivos, a revisão foi conduzida da seguinte forma: o referencial teórico é apresentado na Seção 2, onde são discutidos os principais conceitos e avanços relacionados à manufatura aditiva, com ênfase no cenário global e em aplicações que possam influenciar o contexto brasileiro. A Seção 3 trata da metodologia e dos processos adotados na revisão sistemática, detalhando os critérios de seleção dos estudos, os procedimentos de coleta de dados e as ferramentas de análise utilizadas. Na Seção 4, são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa, com foco no uso da manufatura aditiva no Brasil. A Seção 5 explora o contexto nacional e as tendências de pesquisa emergentes, destacando as áreas com maior potencial de crescimento. Por fim, as conclusões e recomendações para futuras pesquisas e aplicações são apresentadas na Seção 6.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os processos de fabricação podem ser amplamente categorizados em três principais abordagens: manufatura subtrativa, formativa e a aditiva. Conforme descrito por Wiltgen e Lopes (2022), a manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D, constrói objetos camada por camada, adicionando material até que a geometria desejada seja formada, sendo ideal para a criação de geometria complexa com precisão e mínimo desperdício. A manufatura subtrativa, por sua vez, envolve a remoção de material de um bloco sólido por meio de processos como fresagem, torneamento

ou usinagem, esculpindo a peça final a partir de um material maior. A manufatura formativa molda materiais em formas específicas por meio de processos como forjamento, estampagem ou moldagem por injeção, aplicando forças externas para dar forma ao material sem adição ou remoção significativa. Cada uma dessas abordagens oferece vantagens e aplicações distintas, conforme os requisitos do projeto e as propriedades desejadas do produto final, conforme ilustrado na Figura 1, onde uma breve representação de cada processo pode ser visualizada junto ao processo intitulado.



Em relação aos processos convencionais de fabricação, Gade, Vagge e Rathod (2023) realizou uma revisão sistemática com o objetivo de discutir as vantagens da manufatura aditiva em comparação aos métodos subtrativos, destacando a capacidade de evitar deformações e tensões internas. O estudo evidenciou benefícios em termos de tempo, custo e qualidade na prototipagem de componentes funcionais, revelando a superioridade do método aditivo. Outro estudo relevante é a revisão sistemática realizada por Pant et al. (2021), que explora como a manufatura aditiva supera os processos subtrativos na indústria aeroespacial, permitindo a criação de peças mais leves, com melhores propriedades mecânicas e maior eficiência de combustível. Além disso, Belgiu, Turc e Carausu (2020) avaliou as vantagens e desvantagens da manufatura aditiva em comparação com a subtrativa, concluindo que a manufatura aditiva oferece maior eficiência e custo-benefício na prototipagem de produtos poliméricos. Outro destaque é o estudo de Cecchel e Cornacchia (2024), que demonstrou a manufatura aditiva como uma solução superior para a produção rápida de moldes de areia, apresentando propriedades mecânicas superiores em comparação aos métodos de fundição tradicionais.

No que se refere aos impactos causados pelo processo aditivo na indústria, Aguiar et al. (2023) apresenta uma revisão sobre o uso da prototipagem rápida por meio da impressão 3D no desenvolvimento de produtos, explorando as vantagens e desvantagens dessa tecnologia no processo produtivo. O estudo propôs diversas melhorias para otimizar os processos e destacou como principais vantagens a personalização de produtos, o uso eficiente de materiais e a possibilidade de criar geometrias complexas. Essas características possibilitam a produção de peças leves e funcionais, inviáveis de serem fabricadas por métodos tradicionais. Contudo, foram explicitadas algumas desvantagens, como o alto custo dos equipamentos, a limitação de materiais disponíveis e a carência de mão de obra qualificada para manutenção e operação. O estudo concluiu que a prototipagem rápida por impressão 3D é uma tecnologia inovadora, com potencial para melhorar significativamente o desenvolvimento de produtos ao otimizar o tempo e os recursos. No entanto, a expansão dessa tecnologia ainda enfrenta desafios, como a necessidade de reduzir os custos dos equipamentos e ampliar a variedade de materiais disponíveis.

No que se refere às tendências de pesquisas acadêmicas, Sonkamble e Phafat (2023) discute as capacidades atuais e as perspectivas futuras da Tecnologia de Feixe de Elétrons (EBT), um processo de manufatura aditiva (AM) de metais utilizado para produzir componentes metálicos diretamente a partir de dados eletrônicos da geometria desejada. Suas aplicações destacam-se principalmente nas indústrias aeroespacial e biomédica. Complementando essa discussão, Alkunte et al. (2024) examina os avanços e desafios no campo dos materiais funcionalmente graduados (FGMs) fabricados por métodos aditivos, abordando as diferentes técnicas de fabricação e os materiais utilizados, além de explorar suas aplicações em áreas como engenharia estrutural, automotiva, biomédica, robótica, eletrônica, impressão 4D e metamateriais. Além disso, Garofalo et al. (2024) contextualiza o uso crescente da manufatura aditiva em empresas e instituições marítimas, que inicialmente aplicaram essa tecnologia para prototipagem e desenvolvimento de produtos, e agora estão começando a expandir seu uso para a produção de peças de uso final e ferramentas. O estudo também destaca que a lenta adoção da manufatura aditiva no setor marítimo é atribuída principalmente à falta de educação em tecnologia e estratégias aditivas.

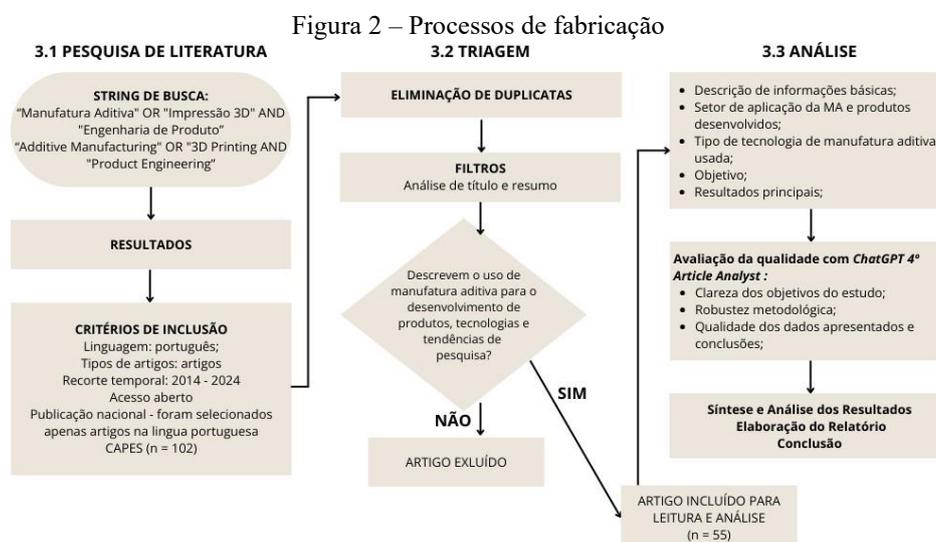
No que se refere às tecnologias utilizadas no campo da manufatura aditiva, Peng et al. (2021) revisa tecnologias de pós-processamento destinadas à melhoria da qualidade superficial e das propriedades mecânicas de peças produzidas por impressoras 3D que utilizam o processo de Fused Deposition Modeling (FDM), o método mais amplamente utilizado em impressoras 3D disponíveis no mercado. Complementarmente, Mohamed e Surmen (2024) explora o uso da manufatura aditiva em soluções biomiméticas, destacando tecnologias como FDM, sinterização seletiva a laser (SLS),

jateamento de aglutinante, estereo- litografia e fusão seletiva a laser (SLM). Por fim, Vafadar et al. (2021) analisa os principais processos de manufatura aditiva voltados para metais, como fusão por leito de pó (PBF), deposição de energia dirigida (DED), jateamento de ligante (BJ) e jateamento de nanopartículas (NPJ), oferecendo uma análise detalhada das aplicações industriais e dos desafios enfrentados por essas tecnologias. No contexto atual, essas são as principais tecnologias presentes no campo da manufatura aditiva, embora outros processos possam existir, a maioria deles se enquadrariam em algum dos métodos descritos anteriormente, com variações pontuais.

Com base na revisão brevemente discutida, é evidente a ampla gama de aplicações da manufatura aditiva e sua crescente relevância tanto na academia quanto nas indústrias. Esse crescimento é impulsionado pelas inúmeras vantagens associadas ao processo e pelo elevado potencial tecnológico que a manufatura aditiva oferece. Atualmente, essa tecnologia está sendo amplamente utilizada e estudada em diversos setores e áreas do conhecimento, especialmente no que se refere aos processos de fabricação e ao desenvolvimento de produtos como evidenciado anteriormente, reforçando assim sua importância no cenário industrial e acadêmico.

3 METODOLOGIA

Tendo em vista que o principal objetivo desta revisão sistemática de literatura é analisar como o Brasil tem utilizado a manufatura aditiva no desenvolvimento de produtos e tecnologias, identificando as principais áreas de aplicação, os desafios enfrentados e as tendências de pesquisa, a presente investigação configura-se como uma pesquisa de revisão bibliográfica, conforme Gil (2022). A estruturação do estudo é apresentada de forma visual no fluxograma da Figura 2.



Fonte: Elaborada pelos autores

3.1 PESQUISA DE LITERATURA

O primeiro passo envolveu a busca por literatura relevante no banco de dados CAPES, devido à sua ampla cobertura de publicações científicas no Brasil. Para a pesquisa, foram utilizadas as seguintes sequências de palavras-chave:

- Palavras-chave em língua portuguesa: “Manufatura Aditiva”OR “Impressão 3D”AND “Engenharia de Produto”
- Palavras-chave em língua inglesa: “Additive Manufacturing”OR “3D Printing AND “Product Engineering”

As sequências de palavras-chave foram cuidadosamente selecionadas para garantir o retorno de estudos científicos que abordem os temas definidos, tais como: verificação do contexto nacional sobre processos aditivos, metodologias aplicadas no Brasil, e as tendências de pesquisa. Além disso, os seguintes critérios foram adotados:

- Data de publicação: O filtro temporal utilizado abrange publicações entre os anos de 2014 e 2024.
- Disponibilidade: Os estudos deveriam estar disponíveis na base de dados com acesso aberto.
- Origem: Foram considerados apenas estudos publicados em âmbito nacional.
- Revisados por pares: Foram considerados apenas estudos revisados por pares.

Os critérios aplicados foram selecionados para alcançar um número significativo de estudos que descrevessem o panorama da manufatura aditiva no Brasil e auxiliassem na interpretação do cenário nacional em relação aos processos de fabricação aditivos.

3.2 TRIAGEM

O próximo passo envolve a triagem dos itens de pesquisa. Foram excluídos deste estudo os artigos que não abordam o uso da manufatura aditiva para o desenvolvimento de produtos ou tecnologias em setores industriais e acadêmicos, bem como publicações de opinião, revisões sem análises qualitativas ou quantitativas, publicações sem dados empíricos e trabalhos que não possuam o texto completo. Além disso, os artigos foram filtrados com base nos seguintes critérios:

- Título e resumo: Artigos cujos títulos e resumos não remetessem diretamente ao tema foram descartados.
- Conteúdo: Com base no contexto apresentado nos títulos e resumos, foi realizada uma breve leitura parcial dos principais pontos dos estudos, como resultados e conclusões, descartando aqueles que não cumprissem os requisitos previamente delineados.

- Duplicatas: Artigos duplicados foram removidos da análise.

A pesquisa inicial identificou artigos, sendo 102 em língua portuguesa e 226 em língua inglesa, que foram analisados e filtrados com base nos critérios previamente estabelecidos. A análise de filtragem foi realizada por toda a equipe, de forma separada para cada estudo. Os estudos selecionados passaram por uma aprovação majoritária entre os revisores, garantindo assim que somente os artigos relevantes, de acordo com os critérios estabelecidos, fossem incluídos na pesquisa.

3.3 ANÁLISE

Após o processo de filtragem, foi realizada a análise dos artigos selecionados, com a extração e categorização dos dados conforme sua área de atuação e contexto de aplicação. Os estudos foram então subdivididos de acordo com os seguintes fatores:

- Setor de aplicação: Identificação e apresentação concisa do setor de aplicação abordado no estudo.
- Tipo de tecnologia de manufatura aditiva: Classificação do tipo de tecnologia de manufatura aditiva utilizado nos estudos analisados.
- Descrição do objetivo do estudo: Breve descrição dos objetivos principais de cada estudo, ressaltando as metas dos pesquisadores.

Essa categorização permitiu uma análise detalhada do cenário de aplicação da manufatura aditiva no Brasil, oferecendo uma visão abrangente dos setores e tecnologias envolvidos. Os dados foram organizados e apresentados em formato de tabelas, contendo as informações previamente descritas.

Durante o processo de análise da qualidade dos estudos selecionados, sendo o número de revisores par, eventuais discordâncias surgiram quanto à qualidade metodológica e ao contexto dos trabalhos analisados. Para resolver tais divergências, foi utilizado o ChatGPT 4.0 Article Analyst, uma ferramenta desenvolvida por usuários do ChatGPT (2024), que analisa artigos no formato PDF quanto à sua metodologia, relevância e resultados alcançados. Para refinar o uso da ferramenta, foi inserido o seguinte input:

"Analise o artigo avaliando sua qualidade metodológica e relevância, baseando-se em: Clareza dos objetivos do estudo, Robustez metodológica e Qualidade dos dados apresentados, além de resultados e conclusões."

Após a extração e análise dos dados, foi realizada uma síntese narrativa dos resultados, destacando o panorama geral do uso da manufatura aditiva no Brasil, incluindo as principais tendências, setores mais envolvidos, e os tipos de produtos ou tecnologias desenvolvidas. Além disso, foram

analisados os desafios e benefícios identificados no uso dessa tecnologia. Os resultados foram organizados em um relatório final, seguindo as diretrizes da metodologia PRISMA, que inclui etapas como a identificação de estudos relevantes, triagem com critérios de inclusão e exclusão, extração de dados de forma padronizada e a elaboração de uma síntese clara e objetiva dos achados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA METODOLOGIA APLICADA

Conforme descrito na seção anterior, a pesquisa realizada na base de dados Periódicos Capes resultou na identificação de 102 artigos em língua portuguesa e 226 em língua inglesa. Os artigos em inglês foram excluídos com base nos critérios previamente estabelecidos. Os artigos selecionados foram, então, organizados de acordo com suas áreas de aplicação, sendo divididos em seis principais categorias: desenvolvimento de produtos educacionais, produtos voltados para a área da saúde, produtos para o setor da construção civil, tecnologias assistivas, desenvolvimento industrial, e produtos em áreas diversas.

O processo de seleção e filtragem dos artigos em língua portuguesa está detalhado na Tabela 1, de forma genérica. A tabela apresenta o número total de estudos inicialmente encontrados nas bases de dados, o número de estudos descartados após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, e o número final de estudos selecionados para análise.

Tabela 1 – Artigos analisados em língua portuguesa

Área	total	Selecionados	Descartados
Todos os artigos analisados	102	55	47
Desenvolvimento de produtos na área da educação	21	12	9
Desenvolvimento de produtos na área da saúde	27	14	13
Desenvolvimento de produtos na área de construção civil	4	4	0
Desenvolvimento de produtos - tecnologias assistivas	15	8	7
Desenvolvimento de produtos em tecnologias industriais	18	11	7
Desenvolvimento de produtos em áreas variadas	17	6	11

Fonte: Elaborada pelos autores

A análise dos resultados e a apresentação dos artigos selecionados são aprofundadas nas subseções subsequentes, proporcionando uma visão mais detalhada e abrangente de cada uma das áreas delimitadas, onde os artigos foram divididos.

4.1 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NA ÁREA DA EDUCAÇÃO

Conforme mencionado anteriormente, nesta subseção foram analisados um total de 21 estudos, dos quais 9 foram descartados. A área de aplicação analisada abrange conteúdos relacionados ao desenvolvimento de produtos ou metodologias voltados para o apoio ao ensino básico e superior em escolas e universidades. Esses estudos se concentraram em soluções inovadoras que utilizam a manufatura aditiva para criar ferramentas educacionais, promovendo melhorias nos processos de ensino-aprendizagem, tanto no ambiente acadêmico quanto no pedagógico, e podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Desenvolvimento de produtos na área educacional

Área Educacional		
Nome	Artigo	Tecnologia e material
Impressão 3D e o Desenvolvimento de Produtos Educacionais	(Onisaki; Vieira, 2019)	Fabricação por Filamento Fundido (FFF) - PLA
Simulador de dreno de tórax: desenvolvimento de modelo de baixo custo para capacitação de médicos e estudantes de medicina	(Bettega et al., 2019)	Não especificado
Reconstrução e impressão 3D do neurocrânio de cão com o uso de tomografia computadorizada como ferramenta para auxiliar no ensino da anatomia veterinária	(Santos; Andrade, 2020)	Fabricação por Filamento Fundido (FFF) - termoplástico em filamento
Impressão 3D como Recurso para o Desenvolvimento de Material Didático: Associando a Cultura Maker à Resolução de Problemas	(Bertti; Silveira; Neto, 2020)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PLA ou ABS
Desenvolvimento de um Educador Vaginal Através do Processo de Manufatura Aditiva (Impressão 3D)	(Martins et al., 2017)	Fabricação por Filamento Fundido (FFF) - PLA
Representação tridimensional de dentes de mamíferos e sua utilização como recurso didático na formação de professores de Ciências e Biologia	(Silva et al., 2023)	Não especificado
Desenvolvimento de Modelos Impressos em 3D para o Ensino de Ciências	(Palaio; Almeida; Patreze, 2018)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PLA
Aplicação de modelos de impressão 3D como ferramenta para atividades práticas experimentais no ensino de Física	(Capeloto et al., 2023)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PLA
Aprendizagem ativa por meio da prototipagem rápida em um Curso de Graduação em Engenharia de Energia	(Ferreira; Freitas-Gutierrez, 2022)	FDM (Fused Deposition Modeling) - Não especificado

Modelo didático para o ensino de Ciências, construção por meio de impressão 3D: análise e avaliação no processo de ensino-aprendizagem	(Oliveira; Ferreira; Martins, 2022)	FDM (Fused Deposition Modeling) - ABS
Aprendizagem de Anatomia Vertebral Humana por Meio do Uso de Modelos Vertebrais Lombares 2D e 3D	(Bona et al., 2020)	FDM (Fused Deposition Modeling) - Não especificado
Impressão 3D na Avaliação de Pericardite Constrictiva	(Abrantes et al., 2024)	FDM (Fused Deposition Modeling) - Filamentos termoplásticos

Fonte: Elaborada pelos autores

O primeiro artigo selecionado, desenvolvido por Onisaki e Vieira (2019), trata da aplicação da impressão 3D no desenvolvimento de produtos educacionais, destacando o uso da Fabricação por Filamento Fundido (FFF) com termoplásticos como PLA. A tecnologia foi utilizada para criar e personalizar materiais didáticos em disciplinas como ciências, história, artes e tecnologia, oferecendo flexibilidade para atender às necessidades específicas do ensino. O estudo delimita sua área de aplicação na criação de ferramentas pedagógicas inovadoras.

O segundo artigo, de Bettega et al. (2019), foca no uso da impressão 3D no desenvolvimento de um simulador de baixo custo para o ensino da técnica de drenagem torácica. A tecnologia foi utilizada para criar um modelo anatômico da caixa torácica humana, empregando diferentes materiais para simular estruturas corporais, destacando a importância na capacitação médica.

O terceiro artigo, de Santos e Andrade (2020), aborda a impressão 3D no ensino de anatomia veterinária, permitindo a criação de modelos tridimensionais do neurocrânio de cães. Utilizando tomografias computadorizadas, os modelos serviram como ferramentas educativas e auxiliaram no planejamento cirúrgico.

Berti, Silveira e Neto (2020) explora o uso da impressão 3D em uma escola pública da Paraíba, Brasil, integrando a cultura maker e a resolução de problemas com metodologias ativas como Design Thinking. A tecnologia utilizada foi a impressora Winbo Mini, oferecendo novas formas de engajar alunos com protótipos e materiais personalizados.

O quinto artigo, de Martins et al. (2017), aplica a impressão 3D na fisioterapia e saúde da mulher, especificamente no desenvolvimento de um educador vaginal para o tratamento de disfunções do assoalho pélvico, destacando o uso de poliácido láctico (PLA) para o processo de impressão.

O sexto estudo, de Silva et al. (2023), aborda a criação de modelos anatômicos de dentes de mamíferos para o ensino de zoologia e biologia, usando impressão 3D como recurso didático. O processo utilizou a tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling) com filamento de ABS.

O sétimo artigo, de Palaio, Almeida e Patreze (2018), analisa a criação de modelos tridimensionais de microalgas para o ensino de ciências, utilizando impressão 3D com filamento PLA para auxiliar no estudo da diversidade biológica.

Capeloto et al. (2023) aplica a impressão 3D no ensino de Física, desenvolvendo modelos tridimensionais para experimentos práticos em escolas. O processo foi realizado com a impressora XYZ – Da Vinci 1.0 Pro, utilizando filamento de PLA para criar materiais seguros e eficazes.

O nono artigo, de Ferreira e Freitas-Gutierrez (2022), utiliza a impressão 3D no ensino de Engenharia de Energia, permitindo que os alunos desenvolvam projetos práticos e funcionais em sala de aula, promovendo um aprendizado mais ativo e colaborativo.

Oliveira, Ferreira e Martins (2022) foca na criação de um modelo anatômico do sistema circulatório para o ensino de ciências, destacando o uso de impressão 3D FDM com polímero ABS e modelagem no software SolidWorks para construir um modelo em tamanho real.

O décimo primeiro artigo, de Bona et al. (2020), aplica a impressão 3D na medicina veterinária para o tratamento de osteossarcoma vertebral em cães, utilizando o material PETG para criar um espaçador vertebral após a remoção de um tumor, contribuindo para a estabilidade pós-cirúrgica.

O décimo segundo artigo, de Abrantes et al. (2024), usa a impressão 3D para avaliar e planejar cirurgias relacionadas à pericardite constritiva, com foco na criação de modelos anatômicos para facilitar a educação e a prática médica. A tecnologia FDM foi utilizada para imprimir modelos cardíacos a partir de imagens tomográficas.

A análise dos artigos revela uma forte tendência no cenário brasileiro de integrar a impressão 3D ao desenvolvimento de produtos educacionais, destacando sua aplicação em diversas disciplinas, como ciências, biologia, física e saúde. A Fabricação por Filamento Fundido (FFF), especialmente com o uso de PLA e ABS, surge como a tecnologia mais utilizada, devido à sua acessibilidade, segurança e versatilidade na criação de materiais didáticos personalizados. O uso de modelagem 3D em softwares como SolidWorks e Blender tem se mostrado essencial no processo de criação dos modelos, enquanto a abordagem maker e metodologias ativas, como Design Thinking, reforçam o caráter interativo e colaborativo das práticas educacionais. Mesmo em campos como a medicina veterinária e a fisioterapia, os estudos são voltados para a capacitação educacional, demonstrando uma convergência no uso da impressão 3D para aprimorar o ensino e facilitar o aprendizado por meio de recursos tangíveis e interativos. Essa tendência aponta para um caminho onde a impressão 3D se consolida como uma ferramenta crucial no desenvolvimento de soluções educacionais inovadoras, que atendem tanto às necessidades de capacitação profissional quanto às demandas de ensino em diferentes níveis e áreas do conhecimento.

4.2 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NA ÁREA DA SAÚDE

Conforme mencionado anteriormente, nesta subseção foram analisados um total de 27 estudos, dos quais 13 foram descartados. A área de aplicação abordada envolve o desenvolvimento de produtos e metodologias voltados para a área da saúde, com foco em soluções inovadoras utilizando a manufatura aditiva. Esses estudos exploraram a criação de ferramentas e tecnologias aplicadas no campo da medicina hospitalar, promovendo avanços nos processos de tratamento médico, além de desenvolver equipamentos capazes de resolver desafios presentes tanto em ambientes acadêmicos quanto hospitalares. As contribuições analisadas dessa área de pesquisa podem ser visualizadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Desenvolvimento de produtos na área da saúde

Área Médica		
Nome	Artigo	Tecnologia e material
Utilização de membros protéticos fabricados a partir de impressão 3D para amputados	(Rodrigues; Stocco, 2020)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PLA e ABS
Impressão 3D de protetores faciais para proteção de profissionais da saúde contra a infecção do COVID-19	(Andrade et al., 2020)	Fused Deposition Modeling (FDM) - ABS
Tomografia Computadorizada Multidetectors com Ultra Baixa Dose de Radiação e Impressão 3D como Auxiliares para Cirurgia Guiada em Implantodontia	(Rodrigues et al., 2020)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PLA
Planejamento pré-operatório de correção de deformidades supramaleolares através de impressão 3D: Relato de Caso	(Baumfeld et al., 2021)	FDM (Fused Deposition Modeling) - PLA
Artroplastia Parcial de Ombro Guiada por Prototipagem Tridimensional	(Maia et al., 2024)	sinterização seletiva a laser (SLS), poliamida PA 12
Desenvolvimento de design de máscara como equipamento de proteção individual por meio de impressão 3D	(Ramos; Lopes; Teixeira, 2023)	FDM (Fused Deposition Modeling) - TPE e PLA
Impressão 3D de Separador Magnético: Uma Abordagem Acessível para o Preparo de Amostras no Diagnóstico da COVID-19	(Silva-Neto et al., 2023)	FDM (Fused Deposition Modeling) - PLA
Bioimpressão 3D de Tecidos e Órgãos: uma prospecção tecnológica	(É et al., 2020)	bioimpressão de géis - polímeros biodegradáveis e hidrogéis celulares
Aplicação da tecnologia de impressão 3D no tratamento da pseudartrose da fratura de Hoffa	(Mendonça et al., 2022)	FDM (Fused Deposition Modeling) - ABS

Tabela 3 – (continuação)

Área Médica		
Nome	Artigo	Tecnologia e material

Uso da impressão tridimensional para auxílio diagnóstico e terapêutico das fraturas de pilão tibial	(Wustro et al., 2024)	FDM (Fused Deposition Modeling) - Não especificado
Navegação em software livre e impressão 3D aplicada ao tratamento de osteoma mandibular	(Silva et al., 2023)	FDM (Fused Deposition Modeling) - PLA e SLA
Tratamento da Consolidação Viciosa do Rádio Distal: Osteotomia Corretiva Mediante Planejamento com Prototipagem em Impressão 3D	(Belloti et al., 2021)	FDM (Fused Deposition Modeling) - PLA
Órtese com impressão 3D para ombro: relato de caso	(Assad et al., 2017)	Fused Deposition Modeling (FDM) - ABS Plus
Navegação em software livre e impressão 3D: princípios básicos e simulações em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais	(Guidolin et al., 2022)	FDM (Fused Deposition Modeling) - CPE+ (Chlorinated PolyEthylene)

Fonte: Elaborada pelos autores

O primeiro artigo selecionado, desenvolvido por Rodrigues e Stocco (2020), explora a aplicação da impressão 3D no desenvolvimento de próteses para amputados, utilizando a tecnologia Fused Deposition Modeling (FDM) com materiais como PLA e ABS. A principal vantagem destacada foi a criação de dispositivos de baixo custo e personalizáveis, capazes de substituir parcialmente ou totalmente as funções dos membros perdidos. O estudo delimita sua área de atuação no desenvolvimento de produtos de saúde, com a possibilidade de integrar sistemas mioelétricos para aumentar a funcionalidade.

O segundo artigo, desenvolvido por Andrade et al. (2020), investiga a aplicação da impressão 3D na produção de protetores faciais durante a pandemia de COVID-19. A tecnologia foi usada para suprir a escassez de EPIs em hospitais, com a criação de suportes plásticos de ABS para folhas de acetato. O estudo se concentrou na área da saúde, mais especificamente na proteção de profissionais durante a crise sanitária.

O terceiro artigo, desenvolvido por Rodrigues et al. (2020), aborda o uso da impressão 3D na odontologia, especificamente na produção de guias cirúrgicos personalizados para implantodontia. A tecnologia FDM, com PLA, foi utilizada para criar guias a partir de imagens tomográficas, melhorando a precisão dos implantes dentários. O foco do estudo é o desenvolvimento de ferramentas médicas para aplicação em cirurgias dentárias.

O quarto artigo, de Baumfeld et al. (2021), destaca a impressão 3D no planejamento cirúrgico ortopédico, criando modelos 3D do tornozelo para cirurgias de correção de deformidades. A tecnologia

FDM com PLA permitiu o planejamento preciso de osteotomias, contribuindo para maior eficiência cirúrgica. O estudo é focado na saúde ortopédica.

O quinto artigo, de Maia et al. (2024), explora a criação de modelos anatômicos para artroplastias de ombro, utilizando sinterização seletiva a laser (SLS) com poliamida. O objetivo foi otimizar o planejamento cirúrgico e a personalização de próteses. O estudo delimita sua área de aplicação na ortopedia.

O sexto artigo, de Ramos, Lopes e Teixeira (2023), aborda a produção de máscaras faciais reutilizáveis para proteção contra o SARS-CoV-2, com design inovador utilizando filamentos de TPE e PLA, visando conforto e eficiência na vedação. O estudo se concentra em soluções de saúde pública.

O sétimo artigo, de Silva-Neto et al. (2023), descreve a criação de um separador magnético de baixo custo para a extração de RNA, aplicado no diagnóstico da COVID-19. O dispositivo foi desenvolvido com impressão 3D FDM, utilizando PLA, para agilizar o preparo de amostras clínicas.

O oitavo artigo, de É et al. (2020), trata da bioimpressão 3D para medicina regenerativa, abordando o uso de polímeros biodegradáveis e células-tronco na criação de tecidos biomiméticos para transplantes, com foco na redução da rejeição e no tempo de espera.

O nono artigo, de Mendonça et al. (2022), explora a impressão 3D no planejamento cirúrgico de fraturas do côndilo femoral, utilizando biomodelos para simulações pré-operatórias e melhorando a precisão na colocação de implantes. O estudo se concentra na ortopedia.

O décimo artigo, de Wustro et al. (2024), investiga a impressão 3D no diagnóstico e planejamento de fraturas de pilão tibial, criando modelos tridimensionais das fraturas que foram comparados com tomografias para auxiliar no tratamento ortopédico.

O décimo primeiro artigo, de Silva et al. (2023), aplica a impressão 3D no planejamento cirúrgico buco-maxilo-facial, criando biomodelos para a remoção de osteomas mandibulares, com o uso de softwares livres e impressão 3D FDM e SLA.

O décimo segundo artigo, de Belloti et al. (2021), aborda a impressão 3D no tratamento de consolidações viciosas de fraturas do rádio distal, utilizando modelos anatômicos para o planejamento cirúrgico e melhoria na visualização das deformidades.

O décimo terceiro artigo selecionado, desenvolvido por Assad et al. (2017), trata da aplicação da impressão 3D na saúde, com foco no desenvolvimento de órteses para estabilização de ombro. A tecnologia utilizada foi a impressão 3D por Fused Deposition Modeling (FDM), utilizando termoplástico ABS Plus, que oferece maior resistência mecânica. O escaneamento 3D foi feito com o scanner Sense da 3D Systems, e a modelagem foi realizada com softwares Solid Edge e Magics.

O decimo quarto artigo selecionado, desenvolvido por Guidolin et al. (2022), trata da aplicação da impressão 3D na Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais, auxiliando no planejamento cirúrgico e na construção de biomodelos para guias cirúrgicos personalizados. A tecnologia utilizada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), com o material CPE+ (Chlorinated PolyEthylene) para a criação de modelos anatômicos e guias cirúrgicos. Softwares livres, como 3D Slicer, 3D Builder e Meshmixer, foram utilizados no processo de modelagem e segmentação de imagens obtidas via tomografia computadorizada.

A análise dos artigos revela que o cenário brasileiro tem adotado amplamente a impressão 3D como uma ferramenta essencial no desenvolvimento de soluções voltadas para a medicina hospitalar, com foco em planejamento cirúrgico, próteses personalizadas e dispositivos médicos. As técnicas mais utilizadas são a Fused Deposition Modeling (FDM), destacada pelo uso de materiais como PLA e ABS, e a Sinterização Seletiva a Laser (SLS), que se mostrou fundamental em aplicações ortopédicas e de bioimpressão. Esses estudos evidenciam a versatilidade da manufatura aditiva tanto na criação de bio- modelos anatômicos quanto na fabricação de equipamentos de proteção individual (EPIs) e dispositivos para diagnóstico, como separadores magnéticos. A tendência de integrar softwares livres para o planejamento cirúrgico também se destaca, permitindo a execução de cirurgias mais complexas em ambientes com recursos limitados. O desenvolvimento de produtos médicos por meio de impressão 3D segue uma trajetória de inovação e personalização, demonstrando o compromisso da pesquisa nacional em otimizar tratamentos e diagnósticos com soluções acessíveis e eficazes para o sistema de saúde.

4.3 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NA ÁREA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Conforme mencionado anteriormente, nesta subseção foram analisados um total de 4 estudos. A área de aplicação abordada concentra-se no desenvolvimento de produtos e metodologias voltados para a construção civil, utilizando a manufatura aditiva como principal ferramenta de inovação. Esses estudos exploraram a criação de soluções tecnológicas aplicadas ao setor, visando melhorar os processos construtivos e desenvolver equipamentos inovadores capazes de resolver desafios tanto em ambientes acadêmicos quanto nos canteiros de obras. As contribuições dessa área de pesquisa podem ser visualizadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Desenvolvimento de produtos em áreas de construção

Áreas Construtivas		
Nome	Artigo	Tecnologia e material

Estudo da Viabilidade de Fabricação de Filamento Compósito Sustentável para Impressão 3D a partir de uma Matriz PLA Reforçada com Resíduos de Fibras de Madeira	(Spohr; Sánchez; Marques, 2021)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PLA + Pó de madeira
Impressão 3D com materiais cimentícios: uma análise comparativa de projetos residenciais	(Carbonari et al., 2023)	Extrusão - Cimento
A Industrialização da Construção com Terra Através da Impressão 3D	(Taparello, 2016)	Não especificada - terra compactada
Utilização do resíduo de mármore para aplicação como carga de filamentos de PLA visando aplicação na impressão 3D	(Siqueira et al., 2024)	FDM (Fused Deposition Modeling) - PLA

Fonte: Elaborada pelos autores

O primeiro artigo selecionado, desenvolvido por Spohr, Sánchez e Marques (2021), trata da aplicação da impressão 3D no desenvolvimento de filamentos sustentáveis para a fabricação de produtos voltados para a construção civil. O estudo investiga a viabilidade de produzir um filamento compósito a partir de uma matriz de PLA reforçada com resíduos de fibras de madeira, buscando criar um material mais ecológico e com propriedades mecânicas aprimoradas. A tecnologia utilizada foi a Fused Filament Fabrication (FFF), também conhecida como Fused Deposition Modeling (FDM), utilizando resíduos da indústria moveleira para agregar sustentabilidade ao processo de manufatura aditiva.

O segundo artigo selecionado, desenvolvido por Carbonari et al. (2023), trata da aplicação da impressão 3D na construção civil, com foco no desenvolvimento de projetos residenciais utilizando materiais cimentícios. A tecnologia visa acelerar o processo construtivo, reduzir custos e desperdícios, além de promover a sustentabilidade por meio do uso de materiais reciclados e sistemas inovadores. A principal tecnologia empregada foi a impressão 3D por extrusão de materiais cimentícios, utilizando métodos como Contour Crafting, D-Shape e Concrete Printing, permitindo a construção de casas e elementos arquitetônicos por meio da deposição em camadas.

O terceiro artigo selecionado, desenvolvido por Taparello (2016), explora a aplicação da impressão 3D na construção civil, especificamente na construção com terra. O estudo investiga o uso do solo como material principal para a criação de edificações, destacando suas vantagens ambientais e econômicas, como o baixo custo, sustentabilidade e conforto térmico. A tecnologia discutida envolve a impressão 3D com terra compactada, utilizando robôs e máquinas automatizadas para empilhar camadas de solo e formar estruturas. O estudo delimita sua área de aplicação no desenvolvimento de métodos sustentáveis para a construção civil.

O quarto artigo selecionado, desenvolvido por Siqueira et al. (2024), trata da aplicação da impressão 3D no desenvolvimento de filamentos compósitos sustentáveis, especificamente PLA reforçado com resíduos de mármore. O estudo tem como objetivo melhorar as propriedades mecânicas do PLA e reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte de resíduos de mármore. A tecnologia empregada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), onde o compósito PLA/mármore foi obtido por meio de moagem de alta energia e mistura com solventes, resultando em um material adequado para futura extrusão e aplicação em impressão 3D. O estudo delimita sua área de aplicação na construção civil sustentável.

A análise dos artigos revela uma tendência crescente no cenário brasileiro de integrar a impressão 3D no desenvolvimento de soluções sustentáveis para a construção civil, com foco em materiais alternativos e tecnologias inovadoras. As pesquisas apontam para o uso predominante de Fused Deposition Modeling (FDM) e técnicas de extrusão de materiais cimentícios e compósitos, como PLA reforçado com resíduos de madeira ou mármore. Esses estudos demonstram um forte compromisso com a sustentabilidade, ao buscar alternativas que reduzam o impacto ambiental e otimizem o processo construtivo, promovendo a reutilização de resíduos industriais e a eficiência na construção de edificações. Além disso, a aplicação da impressão 3D com materiais naturais, como o solo, reforça a viabilidade de novas abordagens ecológicas para a construção, aliando baixo custo e conforto térmico. Assim, o desenvolvimento de produtos voltados para a construção civil por meio da manufatura aditiva sinaliza um caminho promissor, no qual a inovação tecnológica e a sustentabilidade se consolidam como pilares fundamentais no setor.

4.4 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS EM TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

Conforme mencionado anteriormente, nesta subseção foram analisados um total de 15 estudos, sendo 7 descartados. A área de aplicação concentra-se no desenvolvimento de produtos e metodologias voltadas para tecnologias assistivas. Embora este campo possa compartilhar algumas características com a área da saúde e educação, o foco principal está em demonstrar como a manufatura aditiva pode ser utilizada como uma ferramenta inovadora para solucionar problemas relacionados a deficiências físicas e outras necessidades assistivas. Esses estudos exploraram a criação de soluções tecnológicas voltadas para a melhoria da qualidade de vida de pessoas com deficiência, bem como o desenvolvimento de equipamentos inovadores que podem ser aplicados tanto em contextos acadêmicos quanto em outras situações práticas. As contribuições dessa área de pesquisa podem ser visualizadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Desenvolvimento de produtos - tecnologias assistivas

Área Tecnologia Assistiva		
Nome	Autor	Tecnologia e material
Dispositivo óptico vestível para o auxílio de deficientes visuais na sala de aula	(Borges et al., 2020)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PLA
O desenvolvimento de um dispositivo de tecnologia assistiva/ortoprótese para a reabilitação de pacientes com hanseníase e presença de mão em garra e/ou reabsorção óssea	(Júnior et al., 2021)	Não especificado - fibra de vidro, couro natural e chapas galvanizadas
Digitalização de estruturas biológicas no design de material instrucional tátil para pessoas com deficiência visual	(Junior et al., 2023)	FDM (Fused Deposition Modeling) - PLA
Prototipagem rápida no desenvolvimento de produtos: construção do protótipo de um adaptador para escrita	(Serra et al., 2020)	Fused Filament Fabrication (FFF) - ABS
Combinando: um material para ensino de análise combinatória a estudantes cegos	(Basniak; Dombrowski, 2023)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PLA
Prototipagem Rápida: Um Apoio de Pés Ergonômico para Auxiliar o Retorno Venoso	(Pereira; Santos, 2021)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PLA e ABS

Tabela 5 – (continuação)

Área Tecnologia Assistiva		
Nome	Autor	Tecnologia e material
Utilização do displacement map na criação de recursos auxiliares à educação inclusiva para Pessoas com Deficiência Visual	(Monteiro; Garcia, 2022)	Fused Deposition Modeling (FDM) - Não especificado
Ensino de Geografia e Transtorno do Espectro Autista: Proposição de Material 3D	(Silva; Silva, 2023)	FDM (Fused Deposition Modeling) - ABS

Fonte: Elaborada pelos autores

O primeiro artigo selecionado, desenvolvido por Borges et al. (2020), trata da aplicação da impressão 3D no desenvolvimento de um dispositivo óptico vestível para o auxílio de deficientes visuais em salas de aula. A tecnologia foi utilizada para criar as peças estruturais do dispositivo por meio de Fused Deposition Modeling (FDM), utilizando ABS Plus. O dispositivo permite capturar imagens e transmiti-las para smartphones, onde são ampliadas e filtradas para melhorar a visibilidade. O estudo delimita sua área de aplicação no desenvolvimento de produtos voltados para a educação e tecnologia assistiva, promovendo inclusão no ambiente escolar.

O segundo artigo selecionado, desenvolvido por Júnior et al. (2021), trata do desenvolvimento de um dispositivo de tecnologia assistiva para a reabilitação de pacientes com hanseníase que apresentam deformidades nas mãos, como mão em garra e reabsorção óssea. O dispositivo visa melhorar a função manual desses pacientes. Embora o artigo compare a ortoprótese desenvolvida com

métodos tradicionais de impressão 3D, a fabricação foi feita com materiais alternativos de baixo custo, como fibra de vidro, couro natural e chapas galvanizadas, com o objetivo de manter o custo acessível. O estudo delimita sua área de aplicação na reabilitação e tecnologia assistiva.

O terceiro artigo selecionado, desenvolvido por Junior et al. (2023), trata da aplicação da impressão 3D no desenvolvimento de materiais didáticos táteis para pessoas com deficiência visual. O estudo se concentra na criação de modelos de estruturas biológicas, como crânios, cabeças, escamas e caudas de serpentes, visando tornar o ensino de ciências mais acessível por meio do toque. A tecnologia utilizada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), com o uso de PLA devido à sua facilidade de uso e custo-benefício. Os modelos digitais foram gerados por escaneamento 3D com o Scanner EinScan-SE, editados no GOM Inspect e impressos em uma BIQU B1. O estudo delimita sua área de aplicação no desenvolvimento de tecnologia assistiva para a educação inclusiva.

O quarto artigo selecionado, desenvolvido por Serra et al. (2020), trata da aplicação da impressão 3D no desenvolvimento de produtos assistivos, com foco na construção de um adaptador para escrita destinado a crianças com restrições motoras nas mãos. A tecnologia utilizada foi a Fused Filament Fabrication (FFF), empregando uma impressora 3D Ultimaker 2 com filamento ABS. O processo incluiu a modelagem CAD e a prototipagem de dois modelos, com ajustes feitos após o primeiro teste de impressão para otimização do design.

O quinto artigo selecionado, desenvolvido por Basniak e Dombrowski (2023), aplica a impressão 3D na educação matemática inclusiva, com foco no desenvolvimento de um material pedagógico para o ensino de Análise Combinatória (Princípio Fundamental da Contagem) destinado a estudantes cegos. O estudo promove a acessibilidade ao tornar o aprendizado de matemática mais interativo e manipulável. A tecnologia utilizada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), com materiais como PLA, escolhido por sua biodegradabilidade e resistência. O material foi modelado no software Blender e impresso em uma impressora Cliever CL1 - Black Edition.

O sexto artigo selecionado, desenvolvido por Pereira e Santos (2021), aplica a impressão 3D no design ergonômico, com foco no desenvolvimento de um apoio de pés com movimentação ativa para melhorar o retorno venoso dos membros inferiores de pessoas que passam longos períodos sentadas. A tecnologia utilizada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), empregando materiais como ABS para a base, PLA para o pedal e nylon para a camada texturizada, escolhidos por suas propriedades de resistência e aderência. O estudo delimita sua área de aplicação na ergonomia e saúde ocupacional.

O sétimo artigo selecionado, desenvolvido por Monteiro e Garcia (2022), aplica a impressão 3D na educação inclusiva, com foco no desenvolvimento de recursos educacionais táteis para pessoas

com deficiência visual (PDV). O estudo explora o uso da técnica de displacement map para converter imagens 2D em modelos 3D, criando materiais acessíveis que facilitam o aprendizado de alunos com deficiência visual por meio do tato. A tecnologia utilizada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), com uma impressora SETHI3D S4X para produzir os modelos tridimensionais a partir de imagens vetorizadas, permitindo uma compreensão tátil de símbolos e formas.

O oitavo artigo selecionado, desenvolvido por Silva e Silva (2023), aplica a impressão 3D no ensino de geografia para alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA). O estudo foca no desenvolvimento de recursos didáticos impressos em 3D para facilitar o aprendizado de geomorfologia e cartografia, promovendo inclusão escolar e auxiliando na compreensão espacial dos temas. A tecnologia utilizada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), com filamentos de ABS, e os modelos tridimensionais foram obtidos de plataformas como Thingiverse e MyMiniFactory, proporcionando uma abordagem didática diferenciada e interativa.

A análise dos artigos revela uma forte tendência no cenário brasileiro em utilizar a ****impressão 3D**** como ferramenta-chave para o desenvolvimento de tecnologias assistivas, com destaque para a educação inclusiva, reabilitação e ergonomia. As pesquisas focam na criação de dispositivos personalizados e acessíveis, como materiais táteis, órteses, adaptadores e dispositivos ópticos, visando melhorar a inclusão de pessoas com deficiência em ambientes escolares e profissionais. A tecnologia Fused Deposition Modeling (FDM), utilizando principalmente PLA e ABS, aparece como a técnica mais empregada devido à sua versatilidade, custo-benefício e propriedades mecânicas. Além disso, há uma crescente integração de softwares de modelagem 3D e ferramentas de digitalização para a personalização dos dispositivos, permitindo a adaptação de soluções específicas para cada usuário. Esse movimento evidencia um caminho promissor para o Brasil, onde a inovação tecnológica está sendo aplicada para promover maior acessibilidade e inclusão, ampliando o acesso a produtos assistivos de qualidade, com foco em soluções sustentáveis e de baixo custo.

4.5 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS EM TECNOLOGIAS INDUSTRIAIS

Conforme mencionado anteriormente, nesta subseção foram analisados um total de 18 estudos, sendo 7 descartados. A área de aplicação concentra-se no desenvolvimento de produtos e metodologias voltados para tecnologias aplicáveis à indústria. O foco principal está em demonstrar como a manufatura aditiva pode ser utilizada como uma ferramenta inovadora para solucionar problemas específicos de diversos campos industriais. Esses estudos exploraram a criação de soluções tecnológicas direcionadas à melhoria de processos industriais e ao desenvolvimento de equipamentos

inovadores, aplicáveis tanto em contextos acadêmicos quanto em operações industriais práticas. As contribuições dessa área de pesquisa podem ser visualizadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Desenvolvimento de produtos em áreas industriais

Áreas Metal-Mecânica e Tecnologias Industriais		
Nome	Artigo	Tecnologia e material
Estudo da Viabilidade do Uso de Prototipagem Rápida 3D em Processos Produtivos no Meio Rural	(Zucca et al., 2018)	Fused Deposition Modeling (FDM) - Não especificado

Tabela 6 – (continuação)

Áreas Metal-Mecânica e Tecnologias Industriais		
Nome	Artigo	Tecnologia e material
Criação de Artefato Poka Yoke por Impressão 3D para Inspeção do Diâmetro ao Longo do Comprimento dos Tubos de Seção Circular	(Dias; Galhardi, 2023)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PETG
Entre o Virtual e o Tangível: Parametria de Mobiliário para Promover Processos Colaborativos em Contextos de Habitação de Interesse Social	(Silva; Nunes; Medvedovski, 2021)	Não especificado
Design, Ergonomia e Impressão 3D: Um Exercício Prático de Projeto para Protetores de Tomada	(Sousa et al., 2022)	Fused Deposition Modeling (FDM) - ABS
Equipamentos de Proteção Individual Impressos em 3D por Instituições de Ensino Federais para o Enfrentamento da COVID-19	(Santos et al., 2020)	Fused Deposition Modeling (FDM) - para protetores faciais e filamentos plásticos
A importância das metodologias 4.0 no desenvolvimento de uma pequena empresa: Estudo de caso sobre a utilização de impressão 3D em uma empresa Metalúrgica	(Morais; Santos; Morais, 2021)	Fused Deposition Modeling (FDM) - Não especificado
Processo de prototipagem rápida como alternativa para o re-design de componentes de equipamentos: estudo de caso de uma hélice para exaustor de ar impressa em 3D	(Mergener; Silva, 2021)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PLA
Utilização da Reengenharia, Aliada à Prototipagem, na Manutenção de Equipamentos Laboratoriais da UNESP – Campus de Guaratinguetá	(Mattos et al., 2023)	Fused Deposition Modeling (FDM) - ABS
Aviamentos Impressos em 3D para Pequenas Marcas de Moda	(Hornburg et al., 2022)	Fabricação por Filamento Fundido (FFF) - PLA, PETG, TPU e ABS
Impressão 3D para vestuário: novos paradigmas de design e consumo	(Gomes et al., 2020)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PLA e FilaFlex

Desenvolvimento de uma estufa de baixo custo para filamentos de impressoras 3D	(Baêta; Silva, 2023)	Não especificado
--	----------------------	------------------

Fonte: Elaborada pelos autores

O primeiro artigo selecionado, desenvolvido por Zucca et al. (2018), trata da aplicação da impressão 3D no meio rural, com foco no desenvolvimento de peças de reposição e protótipos para máquinas agrícolas. O estudo aborda como a prototipagem rápida pode ser utilizada para resolver problemas de fabricação de peças em propriedades rurais, otimizando os processos produtivos e reduzindo custos e tempo. A tecnologia empregada foi a impressão 3D por Fused Deposition Modeling (FDM), permitindo a produção de peças mecânicas customizadas de maneira rápida e eficiente. O estudo delimita sua área de aplicação no desenvolvimento de tecnologias voltadas para a indústria agrícola e rural.

O segundo artigo selecionado, desenvolvido por Dias e Galhardi (2023), trata da aplicação da impressão 3D na indústria metal-mecânica, com foco na criação de artefatos Poka Yoke para a inspeção de diâmetros de tubos de aço. A tecnologia utilizada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), com filamento de PETG, escolhido por sua resistência mecânica, química e térmica, ideal para protótipos funcionais.

O terceiro artigo selecionado, desenvolvido por Silva, Nunes e Medvedovski (2021), aplica tecnologias digitais, como impressão 3D e design paramétrico, no desenvolvimento de soluções para habitação de interesse social (HIS). O estudo foca na criação de mobiliário customizado e na adaptação de espaços habitacionais, promovendo processos colaborativos entre técnicos e moradores para requalificação de moradias. A fabricação digital por impressão 3D foi combinada com interfaces tangíveis e o uso de ferramentas de design paramétrico, como o software Grasshopper, para gerar mobiliário adaptado às necessidades das HIS.

O quarto artigo selecionado, desenvolvido por Sousa et al. (2022), trata da aplicação da impressão 3D no design de produto e ergonomia, com foco no desenvolvimento de protetores de tomada para ambientes domésticos, visando aumentar a segurança e prevenir acidentes elétricos, especialmente com crianças. A tecnologia utilizada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), utilizando o material ABS, escolhido por sua resistência mecânica e segurança no contato com a rede elétrica.

O quinto artigo selecionado, desenvolvido por Santos et al. (2020), trata da aplicação da impressão 3D na saúde pública, com foco no desenvolvimento de equipamentos de proteção individual (EPIs) durante a pandemia de COVID-19. Instituições federais de ensino no Brasil utilizaram impressoras 3D para fabricar protetores faciais, máscaras similares ao modelo N-95 e outros

dispositivos de proteção para profissionais de saúde. A tecnologia empregada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), utilizando materiais como acetato e filamentos plásticos, seguindo padrões de código-aberto, como o modelo desenvolvido pela Prusa Research.

O sexto artigo selecionado, desenvolvido por Moraes, Santos e Moraes (2021), trata da aplicação da impressão 3D no setor metalúrgico, com foco na implementação das tecnologias da Indústria 4.0 em uma pequena empresa. A tecnologia utilizada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), com a fabricação de peças simples, como arruelas e suportes de alinhamento, complementando os métodos tradicionais de usinagem.

O sétimo artigo selecionado, desenvolvido por Mergener e Silva (2021), trata da aplicação da impressão 3D na indústria de ventilação e exaustão, com foco no redesign de hélices para exaustores de ar em cabines de aplicação de adesivos. A tecnologia empregada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), com filamento de PLA, sendo o protótipo da hélice comparado a modelos metálicos para avaliar sua eficiência.

O oitavo artigo selecionado, desenvolvido por Mattos et al. (2023), trata da aplicação da impressão 3D na manutenção de equipamentos laboratoriais, com foco na recuperação de botões de acionamento de reguladores de tensão para os laboratórios de Física da UNESP. A tecnologia utilizada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), com filamento de ABS, escolhido por sua resistência mecânica. O processo envolveu modelagem no SolidWorks e preparação para impressão no Simplify3D, resultando na fabricação de 120 botões.

O nono artigo selecionado, desenvolvido por Hornburg et al. (2022), trata da aplicação da impressão 3D na indústria da moda, com foco na criação de aviamentos personalizados, como botões, plaquetas e argolas, para pequenas marcas de moda. A tecnologia utilizada foi a Fused Filament Fabrication (FFF), com impressão em materiais como PLA, PETG, TPU e ABS. O processo foi realizado com as impressoras Cliever CL1 Black Edition e Systemprime Delta, permitindo a criação de aviamentos com diferentes níveis de detalhes e resistência.

O décimo artigo selecionado, desenvolvido por Gomes et al. (2020), trata da aplicação da impressão 3D na indústria da moda, com foco no desenvolvimento de peças de vestuário, acessórios e calçados. A tecnologia utilizada foi a Fused Deposition Modeling (FDM), empregando termoplásticos como PLA e Filaflex para a criação de peças flexíveis e personalizadas.

O décimo primeiro artigo selecionado, desenvolvido por Baêta e Silva (2023), trata da aplicação da impressão 3D na preservação de filamentos usados em impressoras do tipo FDM (Fused Deposition Modeling). O estudo desenvolve uma estufa de baixo custo para melhorar a durabilidade e a qualidade dos filamentos, mantendo-os secos e prontos para uso. A tecnologia utilizada foi um

protótipo de estufa com sistema de controle PID para regular a temperatura, utilizando componentes acessíveis como lâmpadas H4, placas Arduino Uno, sensores LM35, e isolamento térmico com isopor e papel alumínio. O estudo delimita sua área de aplicação na otimização do uso de filamentos na impressão 3D.

A análise dos artigos revela uma tendência crescente no cenário brasileiro de utilizar a impressão 3D como uma ferramenta estratégica para o desenvolvimento de tecnologias industriais, com foco em modernização de processos, redução de custos e personalização de produtos. As pesquisas mostram o predomínio da técnica Fused Deposition Modeling (FDM), com a aplicação de materiais como PLA, ABS e PETG, que oferecem boa resistência mecânica e versatilidade para diversas indústrias. O uso da impressão 3D abrange desde a fabricação de peças de reposição e protótipos para o setor agrícola e metalúrgico até o desenvolvimento de soluções ergonômicas, aviamentos para a moda e preservação de filamentos. Os estudos também destacam a incorporação das tecnologias da Indústria 4.0, demonstrando o potencial da impressão 3D para otimizar processos produtivos em pequenas e grandes empresas, promovendo inovação e sustentabilidade. Esse panorama evidencia que o Brasil está adotando a manufatura aditiva como uma aliada na busca por eficiência e flexibilidade nos mais variados setores industriais.

4.6 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS EM ÁREAS VARIADAS

Conforme mencionado anteriormente, nesta subseção foram analisados um total de 17 estudos, sendo 11 descartados. A área de aplicação concentra-se no desenvolvimento de produtos e metodologias voltados para tecnologias aplicáveis a áreas variadas. O foco principal está em demonstrar como a manufatura aditiva pode ser utilizada como uma ferramenta inovadora e versátil para solucionar problemas específicos de diversos campos. Esses estudos exploraram a criação de soluções tecnológicas direcionadas à melhoria de processos e desenvolvimento de equipamentos inovadores, aplicáveis em diversos contextos acadêmicos e operações práticas. As contribuições dessa área de pesquisa podem ser visualizadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Desenvolvimento de produtos em áreas variadas

Áreas Variadas		
Nome	Artigo	Tecnologia e material
A Impressão 3D no Âmbito das Representações Cartográficas	(Graça et al., 2021)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PLA
Desenvolvimento de um Projeto Para Impressão 3D Multimaterial Utilizando um Módulo Extrusor Duplo Para Impressões Pessoais	(Prado et al., 2020)	Fused Deposition Modeling (FDM) - PLA e ABS

Aplicação da manufatura aditiva em Ciências Forenses: novas tecnologias a serviço da justiça e da sociedade	(Matos et al., 2023)	Não especificado
Utilização da manufatura aditiva (Impressão 3D) no tratamento de osteossarcoma vertebral em cão submetido a vertebrectomia lombar: Relato de caso	(Santos; Siqueira; Thizen, 2022)	(FDM) Fused Deposition Modeling - PETG

Tabela 7 – (continuação)

Áreas Variadas		
Nome	Artigo	Tecnologia e material
Avaliação por câmera termográfica de implante de co-poliâmida associado a elastômero termoplástico em traqueia de coelho	(Bini et al., 2021)	(FDM) Fused Deposition Modeling - PCTPE
Abordagem de Especificação de Requisitos para Modelagem 3D do Robô Otto para Sessões de Terapia com Crianças Autistas	(Rebouças et al., 2024)	(FDM) Fused Deposition Modeling - PLA

Fonte: Elaborada pelos autores

O primeiro artigo selecionado, desenvolvido por Graça et al. (2021), trata da aplicação da impressão 3D no campo da cartografia, com foco na criação de modelos tridimensionais de mapas. A tecnologia foi utilizada para gerar representações físicas de terrenos e outros dados espaciais, facilitando a visualização e compreensão de mapas, especialmente em contextos educacionais e de acessibilidade, como a criação de mapas táteis para deficientes visuais. A tecnologia empregada foi a Fused Deposition Modeling (FDM), utilizando filamentos como PLA para imprimir mapas em relevo. O estudo delimita sua área de aplicação no desenvolvimento de produtos voltados para tecnologias e aplicações variadas.

O segundo artigo selecionado, desenvolvido por Prado et al. (2020), trata da aplicação da impressão 3D no desenvolvimento de sistemas de extrusão para impressoras 3D pessoais, com foco na impressão multimaterial. O projeto visa expandir as capacidades de impressoras 3D de baixo custo, permitindo a impressão simultânea de dois materiais diferentes, como plásticos estruturais e solúveis. A tecnologia utilizada foi a Fused Deposition Modeling (FDM), com o desenvolvimento de um módulo extrusor duplo, permitindo maior precisão e versatilidade nas impressões. O estudo delimita sua área de aplicação no aprimoramento de impressoras 3D pessoais para uso multimaterial.

O terceiro artigo selecionado, desenvolvido por Matos et al. (2023), trata da aplicação da impressão 3D nas Ciências Forenses, com foco na identificação humana e na recriação de evidências, como ossos, dentes e trajetórias de projéteis. A tecnologia é utilizada para produzir réplicas precisas de evidências forenses a partir de varreduras, facilitando a visualização por jurados e reduzindo a

necessidade de manuseio das provas originais. Embora o artigo explore várias técnicas de impressão 3D, não especifica detalhadamente um único método. O estudo delimita sua área de aplicação no desenvolvimento de novas tecnologias para auxiliar a justiça e a sociedade.

O quarto artigo selecionado, desenvolvido por Santos, Siqueira e Thizen (2022), trata da aplicação da impressão 3D no campo da medicina veterinária, com foco no tratamento de osteossarcoma vertebral em cães. A tecnologia foi utilizada para fabricar um espaçador vertebral impresso em 3D, que foi inserido durante uma cirurgia de vertebrectomia para estabilizar a coluna do cão após a remoção de um tumor. A técnica de Fused Deposition Modeling (FDM) foi empregada, utilizando o material PETG, que oferece alta resistência, biocompatibilidade e baixo custo. O estudo delimita sua área de aplicação no uso de impressão 3D para tratamentos veterinários avançados.

O quinto artigo selecionado, desenvolvido por Bini et al. (2021), trata da aplicação da impressão 3D na medicina veterinária, com foco no uso de próteses traqueais em coelhos. O estudo visa avaliar a biocompatibilidade e os processos inflamatórios na reconstrução da traqueia, utilizando implantes impressos em 3D. A tecnologia utilizada foi a Fused Deposition Modeling (FDM), empregando náilon associado a elastômero termoplástico PCTPE. A impressão foi realizada com uma impressora Prusa i3, e a biocompatibilidade foi avaliada por meio de imagens termográficas. O estudo delimita sua área de aplicação no uso de manufatura aditiva para intervenções cirúrgicas veterinárias.

O sexto artigo selecionado, desenvolvido por Rebouças et al. (2024), trata da aplicação da impressão 3D na terapia assistida por robôs, com foco no tratamento de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA). O estudo apresenta o desenvolvimento do robô Otto, projetado para facilitar a interação social e a comunicação durante sessões terapêuticas. A tecnologia utilizada foi a impressão 3D FDM (Fused Deposition Modeling), com filamentos PLA, visando criar um brinquedo terapêutico robusto, acessível e de baixo custo, com um design simplificado e lúdico. O estudo delimita sua área de aplicação na utilização de robôs em terapias para crianças com TEA.

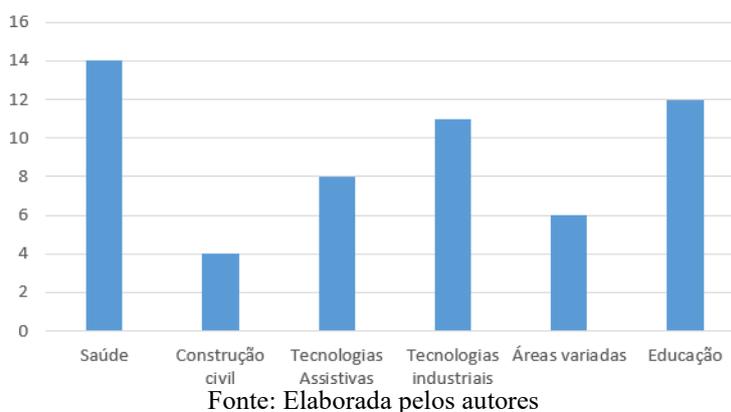
A análise dos estudos revela uma crescente utilização da impressão 3D como ferramenta versátil para o desenvolvimento de produtos em áreas variadas, incluindo cartografia, ciências forenses, medicina veterinária e terapias assistidas por robôs. A técnica Fused Deposition Modeling (FDM) aparece como a mais utilizada, com materiais como PLA, PETG e náilon, que se destacam por sua resistência, biocompatibilidade e custo-benefício. A impressão 3D tem sido aplicada para criar soluções que facilitam a visualização de dados complexos, promovem acessibilidade, e oferecem avanços na área médica e tecnológica. O cenário brasileiro tem adotado essa tecnologia para resolver problemas específicos em diversos campos, desde o aprimoramento de impressoras 3D pessoais até a

criação de ferramentas terapêuticas e de suporte na medicina veterinária, destacando seu papel fundamental na inovação e na adaptação a diferentes necessidades industriais, educacionais e sociais.

5 CONTEXTO NACIONAL DA MANUFATURA ADITIVA

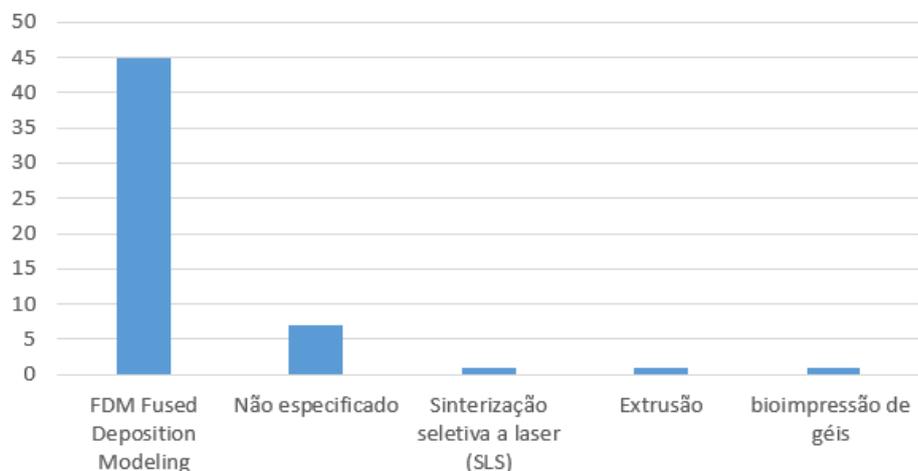
O cenário nacional relacionado à manufatura aditiva tem demonstrado um crescimento expressivo a partir do ano de 2020, considerando que apenas 7 dos 55 artigos analisados são anteriores a essa data. Em relação às tendências de pesquisa, o contexto nacional apresenta uma distribuição variada entre diferentes áreas de aplicação. Cerca de 25,45% das pesquisas são voltadas para a área da saúde, 21,81% voltadas para área educacional, 7,27% para a construção civil, 14,54% para o desenvolvimento de tecnologias assistivas, 20% estão focadas no desenvolvimento de tecnologias industriais, e 10,9% abrangem áreas diversas, incluindo desde a medicina veterinária até a medicina forense, aplicada à resolução de casos criminais. Essa diversidade reflete a versatilidade e a ampla aplicabilidade dos processos aditivos, como pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 – Tendências de Pesquisas
Tendências de Pesquisa - Áreas de aplicação



Apesar desse avanço, o Brasil ainda se restringe, em grande parte, às tecnologias de manufatura aditiva mais consolidadas no mercado. Aproximadamente 82% dos estudos analisados utilizam a tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling) ou FFF (Fused Filament Fabrication), que são equivalentes. A escassez de pesquisas que empregam tecnologias menos convencionais destaca um desafio no contexto nacional. Embora a manufatura aditiva seja vista como um processo de fabricação de baixo custo, as tecnologias menos difundidas exigem investimentos mais elevados e mão de obra especializada, o que limita seu uso e estudo. As tecnologias mais utilizadas no Brasil podem ser visualizadas na Figura 4.

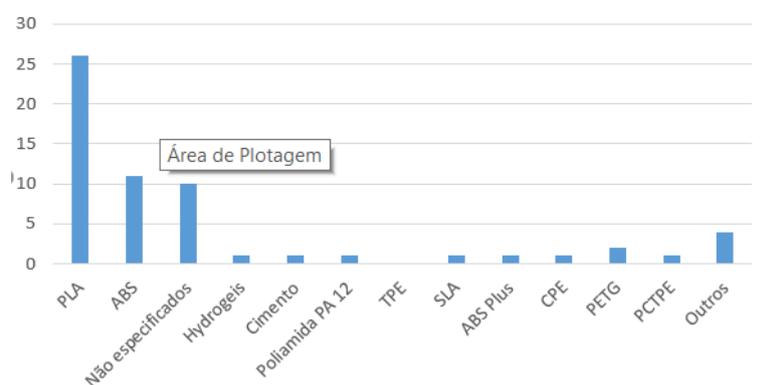
Figura 4 – Tecnologias Utilizadas nos Estudos
Tecnologias de impressão



Fonte: Elaborada pelos autores

Outro obstáculo relevante é a falta de mão de obra qualificada e investimentos necessários para explorar diferentes tipos de materiais. Os materiais convencionais, como PLA (poliácido láctico) e ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), dominam os estudos, sendo utilizados em cerca de 32 dos 55 artigos analisados. A predominância desses materiais limita o desenvolvimento de pesquisas que poderiam explorar materiais mais avançados ou específicos para determinadas aplicações. A distribuição dos materiais utilizados nas pesquisas pode ser observada na Figura 5.

Figura 5 – Materiais Utilizados nos Estudos
Materiais utilizados



Fonte: Elaborada pelos autores

Em suma, embora o Brasil tenha apresentado um crescimento notável em pesquisas relacionadas à manufatura aditiva, o país ainda enfrenta limitações significativas em termos de tecnologias de impressão e materiais utilizados. Esse cenário decorre do fato de a manufatura aditiva ser um processo relativamente novo no país e o investimento inicial, embora não exorbitante, continua

a ser uma barreira para pesquisas mais aprofundadas, especialmente em tecnologias menos convencionais.

6 CONCLUSÃO

Este estudo sistemático revisou o uso da manufatura aditiva (MA) no Brasil, com o objetivo de identificar os produtos desenvolvidos, as tendências de pesquisa emergentes, as tecnologias e os materiais mais utilizados, além das metodologias aplicadas no cenário nacional. A análise revelou um crescimento significativo das pesquisas relacionadas à manufatura aditiva no Brasil a partir de 2020, com a maioria dos estudos concentrados em setores como saúde, educação e indústria.

As tecnologias de impressão 3D mais utilizadas no Brasil são o Fused Deposition Modeling (FDM) e a sinterização seletiva a laser (SLS). O FDM foi a tecnologia predominante, sendo empregada em aproximadamente 82% dos estudos revisados. A preferência por essa tecnologia reflete seu custo acessível e sua ampla disponibilidade no mercado, mas também destaca uma limitação no uso de tecnologias mais avançadas e menos convencionais, que demandam maior investimento e mão de obra qualificada. No setor de saúde, foram analisados 14 artigos, com destaque para o uso de impressoras 3D na criação de próteses personalizadas, biomodelos anatômicos e ferramentas de diagnóstico, evidenciando a crescente adoção da tecnologia no ambiente hospitalar.

Na área educacional, 12 estudos abordaram o uso da manufatura aditiva para melhorar o ensino básico e superior, com o desenvolvimento de modelos tridimensionais voltados para práticas pedagógicas inovadoras. No setor industrial, 11 estudos destacaram-se na modernização de processos e no desenvolvimento de produtos sustentáveis. Além disso, 8 estudos focaram em tecnologias assistivas, visando facilitar a vida de pessoas com deficiências. As áreas diversas, incluindo a construção civil, estiveram representadas em 10 artigos, demonstrando a versatilidade da manufatura aditiva no contexto nacional.

Em termos de materiais, o PLA (poliácido láctico), ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) e PETG foram amplamente utilizados, aparecendo em 32 dos 55 artigos revisados. A predominância de materiais convencionais, como o PLA e o ABS, e a escassez de pesquisas que exploram alternativas mais avançadas refletem uma limitação significativa no desenvolvimento de novos materiais no Brasil.

Portanto, embora o país tenha demonstrado um crescimento expressivo no uso da manufatura aditiva, seu avanço é limitado por fatores como a falta de investimento e a carência de mão de obra qualificada. A superação desses desafios passa pela expansão do uso de materiais inovadores, a adoção de técnicas avançadas de manufatura e o investimento na capacitação profissional. A metodologia

aplicada nos estudos revisados foi variada, envolvendo desde estudos experimentais até a aplicação de simulações computacionais, mostrando um avanço nas práticas de pesquisa no cenário brasileiro.

Para que a manufatura aditiva se torne uma alternativa competitiva e sustentável no Brasil, é essencial que os setores acadêmico e industrial ampliem seus esforços na adoção de tecnologias emergentes e na formação de profissionais capacitados, garantindo que o país acompanhe a evolução global dessa tecnologia.

REFERÊNCIAS

Juliana Cadilho Abrantes and Fernanda Turque and Bernardo Fróes Demier and Daniel Gama Neves and Davi Shunji Yahiro and Tadeu Takao Almodovar Kubo and Leonardo Canale and Claudio Tinoco Mesquitaauthor, Impressão 3d na avaliação de pericardite constrictiva, *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 121, n. 2, p. e20220866, 2024, Disponível em: <<https://doi.org/10.36660/abc.20220866>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.

Samuel Leite Aguiar and Frederico Romel Maia Tavares and Francisca Jeanne Sidrim de Figueiredo Mendonça and Cícero Eduardo de Matos Cassiano and Ana Karine Gomes Duarteauthor, Estudo sobre o uso da prototipagem rápida em impressão 3d aplicada ao desenvolvimento de produtos: Uma revisão sistemática da literatura, XLIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, Ceará, Brasil, Outubro 2023, <https://www.abepro.org.br/publicacoes/artigo.asp?e=enegepa=2023c=46123>. Citado na página 4.

Alkunte, Suhas and Fidan, Ismail and Naikwadi, Vivekanand and Gudavasov, Shamil and Ali, Mohammad Alshaikh and Mahmudov, Mushfig and Hasanov, Seymour and Cheepu, Muralimohanauthor, Advancements and challenges in additively manufactured functionally graded materials: A comprehensive review, *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, v. 8, n. 1, 2024, ISSN 2504-4494, Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2504-4494/8/1/23>>. Citado na página 4.

Marco Antônio Bertoncini Andrade and Charlene da Silva and Jéssika Valeska da Silva Cella and Matheus Brum Marques Bianchi Saviauthor, Impressão 3d de protetores faciais para proteção de profissionais da saúde contra a infecção do covid-19, *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 16, n. 44, p. 59–66, 2020, Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/12207>>. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 11.

Danielle Aline Barata Assad and Valeria Meirelles Carril Elui and Vincent Wong and Carlos Alberto Fortulanauthor, Órtese com impressão 3d para ombro: relato de caso, *Acta Fisiátrica*, v. 24, n. 3, p. 154–159, 2017, Disponível em: <<https://doi.org/10.5935/0104-7795.20170029>>. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 12.

Maria Ivete Basniak and André Felipe Dombrowskiauthor, Combinando: um material para ensino de análise combinatória a estudantes cegos, *ACTIO: Revista de Extensão e Cultura*, v. 8, n. 1, p. 1–23, 2023, Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.

Tiago Baumfeld and Ricardo Fernandes Rezende and Luiza Helena Oliveira e Araújo and Marco Antonio Percope de Andrade and Daniel Baumfeld and Rudolf Huebnerauthor, Planejamento pré-operatório de correção de deformidades supramaleolares através de impressão 3d: Relato de caso, *Medicina (Ribeirão Preto)*, v. 54, n. 3, p. e172832, 2021, Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.rmrp.2021.172832>>. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 11.

Cláudio Fortes Baêta and Eric Valero Carvalho da Silvaauthor, Desenvolvimento de uma estufa de baixo custo para filamentos de impressoras 3d, *Research, Society and Development*, v. 12, n. 6, p. e1912641857, 2023, Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v12i6.41857>>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 19.

G. Belgiu and C.G. Turc and C. Carausuauthor, Selection of subtractive manufacturing technology versus additive manufacturing technology for rapid prototyping of a polymeric product, *Mater. Plast.*,

v. 57, n. 4, p. 343–352, 2020, Disponível em: <<https://doi.org/10.37358/MP.20.4.5434>>. Citado na página 3.

João Carlos Belloti and Bernardo Vaz Peres Alves and Nicola Archetti and Luis Renato Nakachima and Flavio Faloppa and Marcel Jun Sugawara Tamaokiauthor, Tratamento da consolidação viciosa do rádio distal: Osteotomia corretiva mediante planejamento com prototipagem em impressão 3d, Revista Brasileira de Ortopedia, v. 56, n. 3, p. 384–389, 2021, Disponível em: <<https://doi.org/10.1055/s-0040-1718510>>. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 12.

J.V.P. Bertti and E.E. Silveira and A.C. Assis Netoauthor, Reconstrução e impressão 3d do neurocrânio de cão com o uso de tomografia computadorizada como ferramenta para auxiliar no ensino da anatomia veterinária, Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, v. 72, n. 5, p. 1653–1658, 2020, Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-4162-11209>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.

Ana Luísa Bettega and Luis Fernando Spagnuolo Brunello and Guilherme Augusto Nazar and Giovanni Yuji Enomoto de-Luca and Lucas Mansano Sarquis and Henrique de Aguiar Wiederkehr and José Aguiomar Foggatto and Sylvania Klug Pimentelauthor, Simulador de dreno de tórax: desenvolvimento de modelo de baixo custo para capacitação de médicos e estudantes de medicina, Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões, Colégio Brasileiro de Cirurgiões, v. 46, n. 1, p. e2011, 2019, Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20192011>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.

Isabella Fernanda Bernardo Bini and Laise Michi Yamashiro and Cléber Kazuo Ido and Juliana de Oliveira Ribeiro and Gabriel Luiz Montanhim and Josiane Moraes Pazzini and Thiago André Savitti de Sá Rocha and Luis Gustavo Gosuen Gonçalves Dias and Paola Castro Moraesauthor, Avaliação por câmera termográfica de implante de co-poliamida associado a elastômero termoplástico em traqueia de coelho, Veterinária e Zootecnia, v. 28, p. 001–011, 2021. Citado na página 20.

Cristiane de Bona and Tatiane Sabriela Camozzato and Charlene da Silva and Patrícia Fernanda Dorow and Matheus Savi Brumauthor, Aprendizagem de anatomia vertebral humana por meio do uso de modelos vertebrais lombares 2d e 3d, Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 18, n. 1, p. 1–20, 2020, Disponível em: <<https://jems.sbc.org.br/jems2/index.php?r=person/view&id=236138>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.

André Fiel Borges and Judson Ferreira dos Santos Junior and Leticia Oliveira Sousa and Renan Cavalcante Souza and Rafael Cavalcante Duarte Galvão and Vinícius Campos Tinoco Ribeiro and Vitor Rodrigues Greati and Ivanovitch Medeiros Dantas da Silva and Francisco Irochima Pinheiroauthor, Dispositivo óptico vestível para o auxílio de deficientes visuais na sala de aula, Research, Society and Development, v. 9, n. 9, p. e930997623, 2020, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7623>>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.

Otávio Augusto Capeloto and Cristiana Nunes Rodrigues and Adriano Pereira Guilherme and Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchiauthor, Aplicação de modelos de impressão 3d como ferramenta para atividades práticas experimentais no ensino de física, Revista de Ciências e Tecnologia, v. 6, n. 6, p. 710–722, 2023, Disponível em: <<https://doi.org/10.12345/rect.v6i6.2023>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.

Luana Toralles Carbonari and Berenice Martins Toralles and Livia Fernanda Silva and Lisiane Ilha Librelotto and Thalita Gorban Ferreira Giglioauthor, Impressão 3d com materiais cimentícios: uma análise comparativa de projetos residenciais, *Mix Sustentável*, v. 9, n. 4, p. 27–39, August 2023, Disponível em: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.27-39>>. Citado na página 13.

Cecchel, Silvia and Cornacchia, Giovannaauthor, Additive manufacturing for rapid sand casting: Mechanical and microstructural investigation of aluminum alloy automotive prototypes, *Metals*, v. 14, n. 4, 2024, ISSN 2075-4701, Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2075-4701/14/4/459>>. Citado na página 4.

ChatGPTauthor, Article Analyst Conversation, 2024, accessed: 2024-07-16, Disponível em: <<https://chatgpt.com/g/g-JwYhftH3M-article-analyst/c/df568dde-25f4-45b8-8474-75d762b60fd3>>. Citado na página 6.

Leandro Antunes Dias and Antonio César Galhardiauthor, Criação de artefato poka yoke por impressão 3d para inspeção do diâmetro ao longo do comprimento dos tubos de seção circular, *Revista Foco*, v. 16, n. 2, p. e1040, 2023, Disponível em: <<https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n2-133>>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

Jing Duan and Huiping Shao and Jialei Wu and Hongyuan Liu and Siqi Wang and Tao Linauthor, Effect of sio2 in situ cross-linked cs/pva on srfel2o19 scaffolds prepared by 3d gel printing for targeting, *Ceramics International*, v. 48, n. 20, p. 30307–30316, 2022, ISSN 0272-8842, Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884222023379>>. Citado na página 2.

Cristiano Corrêa Ferreira and Luiz Fernando Freitas-Gutierrezauthor, Aprendizagem ativa por meio da prototipagem rápida em um curso de graduação em engenharia de energia, *Revista Thema*, v. 21, n. 3, p. 776–795, 2022, Disponível em: <<https://doi.org/10.15536/thema.V21.2022.776-795.2197>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.

S. Gade and S. Vagge and M. Rathodauthor, A review on additive manufacturing – methods, materials, and its associated failures, *Advances in Science and Technology Research Journal*, v. 17, n. 3, p. 40–63, 2023, Disponível em: <<https://doi.org/10.12913/22998624/163001>>. Citado na página 3.

Garofalo, James and Shah, Raj and Thomas, Gavin and Shirvani, Khosro and Marian, Max and Rosenkranz, Andreasauthor, Additive Manufacturing in the Maritime Industry: A Perspective on Current Trends and Future Needs, *Journal of Ship Production and Design*, v. 40, n. 01, p. 36–43, 02 2024, ISSN 2158-2866, Disponível em: <<https://doi.org/10.5957/JSPD.05230005>>. Citado na página 4.

Gil, Antonio Carlosauthor, Como fazer pesquisa qualitativa, 1 ed. ed., Barueri[SP]: Atlas, 2022, ISBN 978-65-5977-048-9. Citado na página 5.

Juliana Neves Gomes and Suzana Helena de Avelar Gomes and Sirlene Maria da Costa and Silgia Aparecida da Costaaauthor, Impressão 3d para vestuário: novos paradigmas de design e consumo, *ModaPalavra e-periódico*, v. 13, n. 29, p. 136–156, 2020, Disponível em: <<https://doi.org/10.5965/1982615x13292020136>>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

Alan José Salomão Graça and Juliana Moulin Fosse and Luís Augusto Koenig Veiga and Mosar Faria Botelhoauthor, A impressão 3d no âmbito das representações cartográficas, *Revista Brasileira de*

Cartografia, v. 73, n. 3, p. 809–826, 2021, Disponível em: <<https://doi.org/10.14393/rbcv73n3-56659>>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

Leandro Rios Guidolin and André Frotta Müller and Mateus Samuel Tonetto and Amália Pletsch Furlanetto and Edela Puricelli and Alexandre Silva de Quevedo and Deise Ponzoniauthor, Navegação em software livre e impressão 3d: princípios básicos e simulações em cirurgia e traumatologia buco-maxilo-faciais, Research, Society and Development, v. 11, n. 1, p. e57811125324, 2022, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25324>>. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 12.

Lais Estefani Hornburg and João Eduardo Chagas Sobral and Danilo Corrêa Silva and Rosinei Batista Ribeiroauthor, Aviaamentos impressos em 3d para pequenas marcas de moda, DATJournal, v. 7, n. 4, p. 319–333, 2022, Disponível em: <<https://www.datjournal.univille.br>>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

Mauro Inácio Alves Junior and Lívia Cristina Ambrósio and Lígia Souza Lima Silveira da Mota and Fausto Orsi Medola and Luis Carlos Paschoarelliauthor, Digitalização de estruturas biológicas no design de material instrucional tátil para pessoas com deficiência visual, DATJournal, v. 8, n. 4, p. 100–123, 2023. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.

Jorge Lopes Rodrigues Júnior and Helder Clay Fares dos Santos Júnior and Estéfane Costa da Silva and Jorge Lopes Rodrigues Neto and Adriano Prazeres de Miranda and Nonato Márcio Custódio Maia Sá and Marília Brasil Xavierauthor, O desenvolvimento de um dispositivo de tecnologia assistiva/ortoprótese para a reabilitação de pacientes com hanseníase e presença de mão em garra e/ou reabsorção óssea, Research, Society and Development, v. 10, n. 16, p. e449101623742, 2021, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i16.23742>>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.

Petar Kocovicauthor, History of additive manufacturing, In: 3D Printing and Its Impact on the Production of Fully Functional Components: Emerging Research and Opportunities, IGI Global, 2017, p. 1–24, Disponível em: <<https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2289-8.ch001>>. Citado na página 2.

Lucas Maia and Kennedy Tavares Ladeia and Bernardo Figueira Althoff and Adriano Marchetto and Diego Meneghel and Guilherme Valdir Baldoauthor, Artroplastia parcial de ombro guiada por prototipagem tridimensional, Revista Brasileira de Ortopedia, v. 59, n. S1, p. e73–e77, 2024, Disponível em: <<https://doi.org/10.1055/s-0042-1749625>>. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 11.

Ketinlly Yasmyne Nascimento Martins and Rodolfo Ramos Castelo Branco and Katiuska Duarte de Andrade and Josivânia Bezerra da Silva and Maria de Lourdes Fernandes de Oliveiraauthor, Desenvolvimento de um educador vaginal através do processo de manufatura aditiva (impressão 3d), Revista Pesquisa em Fisioterapia, v. 7, n. 1, p. 20–23, February 2017, Disponível em: <<https://doi.org/10.17267/2238-2704rpf.v7i1.1239>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.

Iolanda Augusta Fernandes de Matos and Vitoria Bonan Costa and Mariely Araújo de Godoi and Clemente Maia da Silva Fernandes and Mônica da Costa Serraauthor, Aplicação da manufatura aditiva em ciências forenses: novas tecnologias a serviço da justiça e da sociedade, Research, Society and Development, v. 12, n. 1, p. e28412139725, 2023, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i1.39725>>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

Vitoria de Oliveira Mattos and Renan Augusto Sigaud Ferraz and Rafael Issao Fukai and Denise Gabriele Lourenzoni de Carvalho Sousa and João Pedro Monterani Laguna and Lucas Ramos Marques

and Higor Augusto Alves Pedro and Daniel Julien Barros da Silva Sampaio and Marcelo Sampaio Martinsauthor, Utilização da reengenharia, aliada à prototipagem, na manutenção de equipamentos laboratoriais da unesp – campus de guaratinguetá, Revista Foco, v. 16, n. 1, p. e793, 2023, Disponível em: <<https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n1-083>>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

Celso Júnio Aguiar Mendonça and Sidney Carlos Gasoto and Ivan Moura Belo and João Antônio Palma Setti and Jamil Faissal Soni and Bertoldo Schneider Júniorauthor, Aplicação da tecnologia de impressão 3d no tratamento da pseudartrose da fratura de hoffa, Revista Brasileira de Ortopedia, v. 58, n. 2, p. 303–312, 2022, Disponível em: <<https://doi.org/10.1055/s-0042-1750760>>. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 12.

Diego Mergener and Fábio Pinto da Silvaauthor, Processo de prototipagem rápida como alternativa para o re-design de componentes de equipamentos: estudo de caso de uma hélice para exaustor de ar impressa em 3d, Projética, v. 12, n. 1, p. 88–113, 2021, Disponível em: <<https://doi.org/10.5433/2236-2207.2021v12n1p88>>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

Mohamed, Mohamed Yassin and Surmen, Hasan Kemalauthor, In: , Brojo Kishore Mishraeditor (Ed.), Fostering Cross-Industry Sustainability With Intelligent Technologies, IGI Global, 2024, p. 499–520, Disponível em: <<https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1638-2.ch030>>. Citado na página 4.

Hércules M. S. Monteiro and Lucas J. Garciaauthor, Utilização do displacement map na criação de recursos auxiliares à educação inclusiva para pessoas com deficiência visual, Revista Design & Tecnologia, v. 12, n. 25, p. 1–17, 2022, Disponível em: <<https://www.pgdesign.ufrgs.br/det2022iss25pp01-17>>. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.

Marcos de Oliveira Morais and Osmildo Sobral dos Santos and Gabriel Alves Moraisauthor, A importância das metodologias 4.0 no desenvolvimento de uma pequena empresa: Estudo de caso sobre a utilização de impressão 3d em uma empresa metalúrgica, Research, Society and Development, v. 10, n. 1, p. e56710112218, 2021, Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.12218>>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

Cíntia Rochele Alves de Oliveira and Cristiano Corrêa Ferreira and Claudete da Silva de Lima Martinsauthor, Modelo didático para o ensino de ciências, construção por meio de impressão 3d: análise e avaliação no processo de ensino-aprendizagem, Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, v. 32, p. 44–53, 2022, Disponível em: <<https://doi.org/10.24215/18509959.32.e5>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.

Hadassa Harumi Castelo Onisaki and Rui Manoel de Bastos Vieiraauthor, Impressão 3d e o desenvolvimento de produtos educacionais, Educitec, Educitec, Manaus, v. 05, n. 10, p. 128–137, March 2019, edição especial. Citado na página 8.

Sueny Calazans dos Santos Palaio and Marcus Vinicius Lima de Almeida and Camila Maistro Patrezeauthor, Desenvolvimento de modelos impressos em 3d para o ensino de ciências, Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista, v. 8, n. 3, p. 70–82, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.

SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS, Additive Manufacturing Bearing Design for Performance Improvement and Carbon Footprint Reduction, Day 2 Tue, November 01, 2022 de Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, (Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, Day 2 Tue, November 01, 2022), D022S158R004 p., Disponível em:

<<https://doi.org/10.2118/211837-MS>>. Citado na página 2.

Pant, M. and Pidge, P. and Nagdeve, L. and Kumar, H. author, A review of additive manufacturing in aerospace application, *Revue des Composites et des Matériaux Avancés-Journal of Composite and Advanced Materials*, v. 31, n. 2, p. 109–115, 2021, Disponível em: <<https://doi.org/10.18280/rcma.310206>>. Citado na página 3.

Peng, Xing and Kong, Lingbao and Fuh, Jerry Ying Hsi and Wang, Hao author, A review of post-processing technologies in additive manufacturing, *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, v. 5, n. 2, 2021, ISSN 2504-4494, Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2504-4494/5/2/38>>. Citado na página 4.

Juliana Fernandes Pereira and João Eduardo Guarnetti dos Santos author, Prototipagem rápida: Um apoio de pés ergonômico para auxiliar o retorno venoso, *Revista Conhecimento Online*, v. 13, n. 2, p. 114–129, 2021, Disponível em: <<https://doi.org/10.25112/rco.v2i0.2543>>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.

Vaner José do Prado and Leonardo Cardoso de Freitas and Fernanda Muller Jesuíno and Euclério Barbosa Ornellas Filho author, Desenvolvimento de um projeto para impressão 3d multimaterial utilizando um módulo extrusor duplo para impressões pessoais, *Research, Society and Development*, v. 9, n. 4, p. e62942853, 2020, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2853>>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

Paolo C. Priarone and Angioletta R. Catalano and Luca Settineria author, Additive manufacturing for the automotive industry: on the life-cycle environmental implications of material substitution and lightweighting through re-design, *Progress in Additive Manufacturing*, v. 8, n. 6, p. 1229–1240, 2023, ISSN 2363-9520, Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s40964-023-00395-x>>. Citado na página 2.

Carlos M. C. Ramos and Jorge R. Lopes and Raquel B. Teixeira author, Desenvolvimento de design de máscara como equipamento de proteção individual por meio de impressão 3d, *Revista Design & Tecnologia*, v. 13, n. 26, p. 183–193, 2023, Disponível em: <<https://www.pgdesign.ufrgs.br>>. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 11.

Gabriel Ribeiro Bastos de Sousa Rebouças and Thais Reggina Kempner and Luciana Correia Lima de Faria Borges and Eunice Pereira dos Santos Nunes author, Abordagem de especificação de requisitos para modelagem 3d do robô otto para sessões de terapia com crianças autistas, *Projética*, v. 15, n. 1, p. 1–24, 2024, Disponível em: <<https://doi.org/10.5433/2236-2207.2024.v15.n1.48223>>. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.

Renan Alves Rodrigues and Thiago Domingues Stocco author, Utilização de membros protéticos fabricados a partir de impressão 3d para amputados, *Archives of Health Sciences, Universidade Santo Amaro*, v. 27, n. 1, p. 65–69, 2020, Disponível em: <<https://doi.org/10.17696/2318-3691.27.1.2020.1640>>. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 11.

Ricardo Bidart de Leon Rodrigues and Eva Aguiar Almeida Campos Castro Torriani and Giuliano Omizzolo Giacomini and Gustavo Nogara Dotto and Gabriela Salatino Liedke author, Tomografia computadorizada multidetectores com ultra baixa dose de radiação e impressão 3d como auxiliares para cirurgia guiada em implantodontia, *RFO UPF*, v. 25, n. 2, p. 241–246, 2020, Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.5335/rfo.v25i2.9579>>. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 11.

Amanda Ferreira dos Santos and Iulas de Souza Ramos and Ana Clara Silva dos Santos and Grasiely Faccin Borges and Ita de Oliveira e Silva and Jane Mary de Medeiros Guimarãesauthor, Equipamentos de proteção individual impressos em 3d por instituições de ensino federais para o enfrentamento da covid-19, *Cadernos de Prospecção*, v. 13, n. 5, p. 1237–1250, 2020, Disponível em: <<https://doi.org/10.9771/cp.v13i5.38373>>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

César Augusto Ramos dos Santos and Emerson Gonçalves Martins de Siqueira and Guilherme Thizenauthor, Utilização da manufatura aditiva (impressão 3d) no tratamento de osteossarcoma vertebral em cão submetido a vertebrectomia lombar: Relato de caso, *Veterinária e Zootecnia*, v. 29, p. 001–006, 2022, Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.01.078>>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

Jarles Tarso Gomes Santos and Adja Ferreira de Andradeauthor, Impressão 3d como recurso para o desenvolvimento de material didático: Associando a cultura maker à resolução de problemas, *Revista Novas Tecnologias na Educação, CINTED-UFRGS*, v. 18, n. 1, p. 1–15, July 2020, Disponível em: <<https://doi.org/10.1000/renote2020>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.

Mayanne Camara Serra and André Leonardo Demaison Medeiros Maia and Patrício Moreira de Araujo Filho and Eduardo Mendonça Pinheiroauthor, Prototipagem rápida no desenvolvimento de produtos: construção do protótipo de um adaptador para escrita, *Projética*, v. 11, n. 1, p. 108–133, 2020, Disponível em: <<https://doi.org/10.5433/2236-2207.2020v11n1p108>>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.

Adriane Borda Almeida da Silva and Cristiane dos Santos Nunes and Nirce Saffer Medvedovskiaauthor, Entre o virtual e o tangível: Parametria de mobiliário para promover processos colaborativos em contextos de habitação de interesse social, *Revista Pixo*, v. 17, n. 5, p. 195–211, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

Jadson Lisboa da Silva and Vinícius Matheus Szydoski and Edela Puricelli and Deise Ponzoniaauthor, Navegação em software livre e impressão 3d aplicada ao tratamento de osteoma mandibular, *Research, Society and Development*, v. 12, n. 14, p. e33121444507, 2023, Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v12i14.44507>>. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 12.

Habdias A. Silva-Neto and Gerson F. Duarte-Junior and Gabriela Silvério Bazílio and Juliana Alves Parente-Rocha and Diego B. Colugnati and Clayton L. Borges and Wendell K. T. Coltroauthor, Impressão 3d de separador magnético: Uma abordagem acessível para o preparo de amostras no diagnóstico da covid-19, *Química Nova*, v. 46, n. 5, p. 476–481, 2023, Disponível em: <<https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230023>>. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 12.

Regiane Guimarães da Silva and Alcides Loureiro Santos and Marcelo Loureiro da Silva and Yuri Karaccas de Carvalhoauthor, Representação tridimensional de dentes de mamíferos e sua utilização como recurso didático na formação de professores de ciências e biologia, *ENCITEC - Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, v. 13, n. 1, p. 78–97, 2023, Disponível em: <<https://doi.org/10.31512/encitec.v13i1.796>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.

Silvana de Sousa Silva and Elane do Socorro Oliveira da Silvaauthor, Ensino de geografia e transtorno do espectro autista: Proposição de material 3d, *Revista Ensino de Geografia (Recife)*, v. 6, n. 1, p.

115–129, 2023, Disponível em: <<https://doi.org/10.51359/2594-9616.2023.256876>>. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.

Vicente Castilho Rozado Siqueira and Mariana Barbosa Mendes de Sousa and Julianna dos Santos da Silva Ferreira and Eric Ribeiro da Cunha and João Victor Nicolini and Simone Pereira Taguchi Borgesauthor, Utilização do resíduo de mármore para aplicação como carga de filamentos de pla visando aplicação na impressão 3d, *The Journal of Engineering and Exact Sciences (jCEC)*, v. 10, n. 1, p.171–184, 2024, Disponível em: <<https://doi.org/10.18540/jcecvl10iss1pp17140>>. Citado na página 13.

Sonkamble, Vijayalaxmi and Phafat, Nitinauthor, A current review on electron beam assisted additive manufacturing technology: recent trends and advances in materials design, *Discover Mechanical Engineering*, v. 2, n. 1, p. 1, 2023, ISSN 2731-6564, Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s44245-022-00008-x>>. Citado na página 4.

Ferdinan Sousa and Nayana Gatinho and André Demaison and Lívia Flávia Camposauthor, Design, ergonomia e impressão 3d: Um exercício prático de projeto para protetores de tomada, *Revista de Design e Ergonomia*, v. 5, p. 168–179, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

Daniel Lauxen Spohr and Felipe Antônio Lucca Sánchez and André Canal Marquesauthor, Estudo da viabilidade de fabricação de filamento compósito sustentável para impressão 3d a partir de uma matriz pla reforçada com resíduos de fibras de madeira, *Mix Sustentável*, v. 7, n. 4, p. 115–126, September 2021, Disponível em: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n4.115-126>>. Citado na página 13.

Gladys I. K. Taparelloauthor, A industrialização da construção com terra através da impressão 3d, *Mix Sustentavel, Revista de Arquitetura*, p. 87–92, 2016, Disponível em: <<https://doi.org/10.12345/impresao3d-construcao-terra>>. Citado na página 13.

Vafadar, Ana and Guzzomi, Ferdinando and Rassau, Alexander and Hayward, Kevinauthor, Advances in metal additive manufacturing: A review of common processes, industrial applications, and current challenges, *Applied Sciences*, v. 11, n. 3, 2021, ISSN 2076-3417, Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/11/3/1213>>. Citado na página 4.

Wiltgen, Filipe and Lopes, Marceloauthor, Artigo: Manufatura aditiva e subtrativa na construção de moldes mecânicos híbridos para aplicação em manufatura formativa paper: Additive and subtractive manufacturing in the construction of hybrid mechanical molds for application in formative manufacturing, *Revista de Tecnologia*, v. 15, p. 45–63, 10 2022. Citado na página 3.

Terry T. Wohlers and Tim Caffreyauthor, Wohlers report 2013: additive manufacturing and 3d printing state of the industry: annual worldwide progress report, In: *Semantic Scholar*, [s.n.], 2013, Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:108186451>>. Citado na página 2.

Wu, Fan and EL-Refaie, Ayman M.author, Toward additively manufactured electrical machines: Opportunities and challenges, *IEEE Transactions on Industry Applications*, v. 56, n. 2, p. 1306–1320, 2020. Citado na página 2.

Leonardo Wustro and João Luiz Vieira da Silva and Bruno Arnaldo Bonacin Moura and Helena Squizzato Schoenberger and Debora Takito and Júlio César Honório D’Agostiniauthor, Uso da

impressão tridimensional para auxílio diagnóstico e terapêutico das fraturas de pilão tibial, Revista Brasileira de Ortopedia, v. 59, n. 3, p. e456–e461, 2024, Disponível em: <<https://doi.org/10.1055/s-0044-1785514>>. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 12.

Zhang, Xinyue and GUO, Zhimeng and CHEN, Cunguang and YANG, Weiweiauthor, Additive manufacturing of wc-20co components by 3d gel-printing, International Journal Of Refractory Metals And Hard Materials, Elsevier BV., v. 70, p. 215–223, 2018. Citado na página 2.

Rafael Zucca and Rodrigo Couto Santos and Juliano Lovatto and Felipe Lovatto and Arthur Carniato Sanchesauthor, Estudo da viabilidade do uso de prototipagem rápida 3d em processos produtivos no meio rural, Enciclopédia Biosfera, v. 15, n. 28, p. 517–532, 2018, Disponível em: <https://doi.org/10.18677/EnciBio_2018B45>. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.

Gutiele do Nascimento do É and Graziela Parente Peduti and Allyson Moises Lopes de Carvalho and Ananda dos Santos Rabelo and Michely Correia Dinizaauthor, Bioimpressão 3d de tecidos e Órgãos: uma prospecção tecnológica, Cadernos de Prospecção, v. 13, n. 5, p. 1383–1393, 2020, Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.9771/cp.v13i5.33571>>. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 12.