

EVOLUÇÃO DAS IMPRESSORAS 3D: REDUÇÃO DE CUSTOS, MUDANÇAS ESTRUTURAIS E APLICAÇÕES NA BIOMEDICINA

Barbara Lais Felipe de Oliveira ¹ & Ellen Ferreira Moraes Souza ²

¹²Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil

¹(barbara.felipe@ufrn.br),

²(ellen.moraes.063@ufrn.edu.br)

Resumo: A impressão 3D expandiu-se industrialmente devido à sua versatilidade e viabilidade econômica. Este artigo analisa a evolução dessa tecnologia desde sua origem, abordando custos, mudanças mecânicas e aplicações, com ênfase na biomedicina. A metodologia consistiu em uma revisão integrativa de artigos publicados entre 2010 e 2025. Os resultados indicam que, apesar do declínio do entusiasmo no cenário doméstico, a tecnologia consolidou-se e segue em forte evolução na área biomédica.

Palavras-chave: Manufatura Aditiva; Redução de custos; Mudanças mecânicas; Biomedicina.

INTRODUÇÃO

A impressão 3D, também conhecida como manufatura aditiva, surgiu na década de 80. Com foco inicial na criação de protótipos para que engenheiros e arquitetos pudessem construir modelos físicos de forma rápida e econômica, essa nova forma de fabricação evoluiu e passou a ser utilizada na manufatura industrial. Até o início dos anos 2000, a tecnologia de impressão tridimensional era inicialmente restrita ao ambiente industrial de prototipagem devido ao alto custo e à complexidade dos equipamentos (Savini & Savini, 2015; Marak et al., 2019).

Em 2005, este cenário mudou ao surgir um projeto desenvolvido por Adrian Bowyer denominado de RepRap, que consistia na criação de uma impressora de código aberto (open source), capaz de imprimir suas próprias peças. Nesse modelo, o software, o hardware e as instruções de montagem são disponibilizados de forma livre, permitindo que qualquer pessoa possa copiar, modificar e redistribuir os arquivos de montagem. Essa iniciativa foi uma das responsáveis pela popularização e expansão da impressão 3D para o consumidor, se tornando uma tecnologia acessível e possibilitando a disseminação em diversas áreas de conhecimento (Savini & Savini, 2015).

A propagação desses projetos de código aberto, possibilitou grandes mudanças estruturais, como a simplificação mecânica e a transição da utilização de máquinas robustas para modelos de mesa, permitindo a redução da dependência de grandes cadeias logísticas e se tornando uma alternativa sustentável (Barnatt, 2013; Jones et al., 2011). Com o hardware baseado no arduino, a utilização de motores de passo e um repositório completo presente em um site que

permite quase todas as pessoas a montarem uma impressora do zero, o custo das impressoras 3D diminuiu radicalmente nos últimos anos (Savini & Savini, 2015; Bagliotti et al., 2017).

Nesse cenário, a impressão 3D passou a ser explorada em outros setores, como na indústria alimentícia, na moda, na automobilística, no aeroespacial, na eletrônica, na engenharia civil, na robótica e no campo doméstico. No entanto, é nas áreas da engenharia biomédica e da saúde que a manufatura aditiva vem apresentando maior relevância no campo da pesquisa, permitindo avanços significativos, como a impressão de tecidos, órgãos e dispositivos personalizados para reabilitação (Gross et al., 2014).

Apesar de ser uma tecnologia inovadora que democratizou o acesso aos mais diversos setores, observou-se uma redução no entusiasmo inicial em relação ao mercado de consumo doméstico. Segundo Schneider et al. (2019), durante o período entre 2013 e 2014, a mídia colocou expectativas de que as impressoras 3D estariam presentes em todas as residências, todavia, após esse primeiro entusiasmo, as expectativas da venda de “uma impressora em cada casa” foi deixada de lado e passou a ser mais integrada a aplicações industriais, biomédicas, educacionais e profissionais. Além disso, a dificuldade para pessoas que não possuem os devidos conhecimentos em relação aos softwares de modelação, criaram barreiras para a popularização das impressoras 3D entre utilizadores não técnicos (Wade et al., 2017).

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo analisar a evolução das impressoras 3D (de 2010 a 2025), considerando a redução de custos, as mudanças estruturais e suas aplicações na área



biomédica, a fim de compreender os fatores que contribuíram para sua popularização e expansão.

MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado para o desenvolvimento deste artigo, foi baseado na revisão integrativa desenvolvida por Whitemore e Knafl (2005). Mas, para a execução metodológica desta pesquisa, o roteiro seguido foi baseado na reestruturação proposta por Hassunuma et al. (2024), que estabelece o processo de revisão em dez passos distintos, conforme detalhado na tabela 1 abaixo:

Tabela 1. Reestruturação do método de revisão integrativa proposto por Hassunuma et al., evidenciando quais são as 10 etapas que devem ser seguidas (Hassunuma et al., 2024).

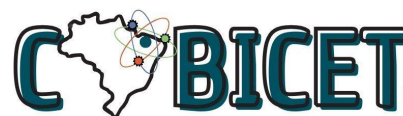
Etapas	Objetivos
1. Definição da Problemática	Delimitar o problema, os objetivos e a viabilidade do projeto frente ao cronograma.
2. Estruturação da Estratégia de Busca	Definir descritores (VNC/MeSH) e palavras-chave em inglês, português e espanhol.
3. Mapeamento de Repositórios	Selecionar bases de dados (CAPES, PubMed, Google Acadêmico) com maior produção sobre o tema.
4. Execução da Busca Avançada	Recuperar os artigos utilizando operadores booleanos para o cruzamento dos termos.
5. Definição de Critérios de Seleção	Estabelecer critérios de inclusão e exclusão para a triagem do material coletado.

6. Análise de Elegibilidade	Realizar análise preliminar para verificar a aderência ao tema e eliminar duplicatas.
7. Critério de inclusão	Consolidar a amostragem final de artigos que fundamentaram a revisão qualitativa.
8. Sistematização de Resultados	Estruturar os achados em quadros e tabelas comparativas para síntese das informações.
9. Discussão e Síntese Crítica	Gerar inferências e conclusões teóricas através do cruzamento crítico dos dados.
10. Construção do Manuscrito Final	Elaborar a redação do artigo final seguindo as diretrizes de publicação exigidas.

Seguindo as etapas apresentadas, a tabela 2 abaixo, mostra como foram divididas as atividades desta pesquisa, detalhando o processo de filtragem, a escolha da base de dados e os critérios usados para fundamentar a evolução da manufatura aditiva.

Tabela 2. Etapas seguidas para essa pesquisa com base na remodelação de Hassunuma et al., evidenciando o processo de busca realizado para fundamentar o presente artigo (Adaptado de Hassunuma et al., 2024).

Etapas	Objetivos
1. Foi escolhido o tema e definido quais perguntas deveriam ser respondidas	Investigação da evolução da impressão 3D, mudanças mecânicas, redução de



	custos, aplicações biomédicas e uso doméstico.	biomédica da impressão 3D.
2. Ocorreu a escolha das palavras-chaves para facilitar e aprofundar as pesquisas	Definição de termos em inglês relacionados à evolução, mecânica, custos, biomedicina e mercado doméstico.	10. Redação e apresentação.
3. Definição do depósito de dados	Google Acadêmico, Periódicos CAPES e PubMed.	Elaboração do manuscrito a partir da revisão integrativa.
4. Busca avançada	Aplicação de operadores booleanos para refinamento das buscas.	
5. Para uma filtragem melhor, foi definido o período interessado para os artigos	Artigos publicados entre 2010 e 2025, em português ou inglês.	
6. Definições de exclusão	Exclusão de artigos pagos, duplicados e sem relação direta com o tema.	
7. Critério de inclusão	Seleção de estudos alinhados às questões norteadoras da pesquisa.	
8. Como será feita a apresentação das informações obtidas	Agrupamento dos estudos por categorias temáticas.	
9. Fundamentação e conclusão	Avaliação da evolução tecnológica, econômica e	

Conforme demonstrado no quadro 2 acima, as pesquisas foram realizadas seguindo as etapas de forma rigorosa. A busca inicial através das palavras-chaves nas bases de dados selecionadas resultou num grande volume de ocorrências (3.549.460), correspondente à soma dos resultados retornados pelos três repositórios consultados, portanto foi necessário fazer um recorte temporal entre 2010 e 2025, o que reduziu esse número para 1.257.433 resultados de busca.

Mesmo utilizando dessa filtragem, o volume de publicações ainda era grande, por conseguinte, inicialmente, a seleção passou a ser feita por títulos para descartar o que não era o foco, seguida da leitura dos resumos para checar se eles respondiam as indagações principais. É importante destacar que na análise dos títulos, devido ao grande número de resultados encontrados, a seleção se concentrou a partir dos trabalhos considerados mais relevantes pelas próprias bases de dados, variando conforme a quantidade de registros retornados em cada busca. Posteriormente, ocorreu leituras completas dos artigos selecionados, totalizando 17 estudos. Foram excluídos artigos duplicados, trabalhos fora do escopo da pesquisa e publicações sem acesso ao texto completo.

Finalizada a seleção, as etapas seguintes concentraram-se na análise dos dados extraídos dos artigos selecionados, buscando responder às indagações propostas pela pesquisa acerca da evolução das impressoras 3D, incluindo mudanças estruturais e mecânicas, redução de custos, popularização e democratização das impressoras, a expansão de suas aplicações, principalmente na área biomédica e a perda da empolgação quando se fala no cenário doméstico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados introduzidos neste artigo foram limitados nas bases de dados do Periódico da Capes, da PubMed e do Google Acadêmico, como citado anteriormente na tabela 2. Após a aplicação dos critérios de seleção realizados entre os dias 13 e 20 de abril de 2026, com a utilização das

palavras-chaves, os descritores booleanos e o recorte temporal, foi determinada a quantidade de publicações realizadas para a fundamentação dessa análise, como mostrada na tabela 3 abaixo.

Tabela 3. Resultados com o recorte temporal e descritores booleanos.

Palavras-chaves	Resultados
<i>3D printing evolution review</i>	203.885
<i>History of 3d printers development</i>	17.858
<i>Additive manufacturing evolution</i>	116.339
<i>3D printing mechanical changes</i>	174.333
<i>3D printing cost reduction</i>	304.052
<i>3D printing biomedical applications</i>	354.392
<i>Decline of desktop 3D printing</i>	7.160
<i>Expectations and limitations of home 3D printing</i>	18.400
<i>3D printing or additive manufacturing AND Evolution AND Biomedicine</i>	17.731
<i>Additive manufacturing AND cost reduction</i>	20.161
<i>3D printing OR additive manufacturing AND mechanical changes</i>	23.122
Total após recorte temporal	1.257.433 ocorrências

O planejamento, a princípio, foi realizado seguindo uma ordem lógica baseada nas relações entre as questões centrais. Como a evolução da impressão 3D acaba integrando as questões das mudanças mecânicas, desenvolvimentos de novos materiais e redução de custos, ela foi estabelecida como o ponto de partida. Seguindo essa mesma lógica, após o levantamento sobre a evolução da impressão 3D,

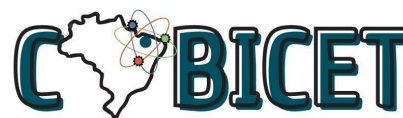
foram pesquisados aspectos tecnológicos e econômicos relacionados às mudanças mecânicas, à redução de custos e à popularização da tecnologia. Posteriormente, foram incluídos termos associados às aplicações biomédicas, uma vez que esse setor representa uma das áreas de maior destaque na utilização da impressão 3D. Por fim, foram investigadas pesquisas relacionadas às expectativas, limitações e ao uso doméstico da tecnologia, buscando compreender seus desafios atuais.

Como mostrado na tabela 3, a maior concentração do volume foi observada em torno do campo biomédico, seguido pelos estudos focados no decréscimo de custos e, enfim, pelas história e evolução da manufatura aditiva. Em contrapartida, quando se fala do declínio e das limitações dessa tecnologia no campo doméstico, a quantidade de registros diminuiu de forma considerável.

Após a aplicação dos critérios de seleção descritos na metodologia, foram definidos os estudos que compuseram a base teórica desta revisão. A tabela 4 abaixo apresenta um sumário dos trabalhos selecionados, destacando seus principais temas e contribuições para a compreensão da evolução das impressoras 3D.

Tabela 4. Estudos que compuseram a base teórica desta revisão.

Categoria temática	Referências principais	Auxílio na pesquisa
Evolução histórica	Barnatt (2013); Savini e Savini (2015); Dumitrescu e Tănase (2016); Gibson, Rosen e Stucker (2015).	Histórico e consolidação da manufatura aditiva.
Mudanças mecânicas	Gokhare et al. (2017); Shahrubudin et al. (2019); Bagliotti e Gasparotto (2020); Savini e Savini (2015)	Processos de fabricação e evolução técnica das impressoras.
Redução de custos	Wittbrodt et al. (2013); Kostakis e Papachristou (2014);	Impressão 3D de baixo custo e projetos



	Bagliotti e Gasparotto (2020); Savini e Savini (2015)	<i>open-source</i> .
Popularização	Marak et al. (2019); Mavri et al. (2021)	Adoção da tecnologia por consumidores.
Aplicações biomédicas	Gross et al. (2014); Morimoto et al. (2021); Ramlee et al. (2024); Xu et al.; Zuniga et al.	Aplicações médicas, próteses e órteses.
Limitações e cenário doméstico	Wade et al. (2017); Schneider et al. (2020)	Barreiras e desafios do uso residencial.

A análise dos estudos selecionados apresentados no quadro 4 acima, revelou uma convergência entre os autores no que se refere à evolução da impressão 3D, bem como aos impactos econômicos, sociais e tecnológicos. De modo geral, as publicações associam o avanço da manufatura aditiva às mudanças mecânicas das impressoras, ao desenvolvimento de novos materiais e à redução dos custos de produção.

Nesse contexto, a revisão integrativa demonstrou que a evolução histórica da impressão 3D constitui o ponto de partida comum entre os estudos analisados. Os autores confluem ao indicar que os primeiros avanços da manufatura aditiva ocorreram no início da década de 1980, quando o Japonês Hideo Kodama solicitou uma patente para seu sistema de prototipagem rápida, usando uma resina líquida fotopolimerizável por luz UV (um tipo de plástico que se solidifica em resposta à luz), contudo sua ideia não prosseguiu para maiores resultados. Em 1984, o empresário Bill Masters registrou uma patente que pela primeira vez na história, mencionou o termo “impressão 3D” (Gross, B.C. et al, 2014; Turney, D. et al, 2014; Savini & Savini, 2015; Barnatt, 2013).

Após todos esses avanços, o primeiro a realmente construir uma impressora 3D foi Chuck Hull, em 1987. Ele foi responsável por criar o primeiro aparelho estereolitográfico (SLA) do mundo, que era

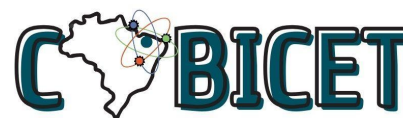
capaz de fabricar peças complexas, camada por camada, numa determinada fração de tempo. Hull também desenvolveu o formato de arquivo STL (Estereolitografia ou Linguagem de Tesselção Padrão), responsável por interligar softwares de modelagem assistida por computador (CAD) ao sistema de impressão 3D (Gross, B.C. et al, 2014; Turney, D. et al, 2014).

Esse formato armazena as informações das superfícies do modelo tridimensional em forma de seções triangulares, com coordenadas definidas para os vértices em um arquivo de texto. Quanto maior o número de triângulos utilizados para definir a superfície, maior será a resolução e a precisão espacial da peça impressa. Essa transição do formato STL foi o primeiro grande passo para a padronização, permitindo que a robustez industrial começasse a ser traduzida para sistemas computacionais (Gross, B.C. et al, 2014; Turney, D. et al, 2014).

Essa evolução histórica inicial determinou não apenas o surgimento de novas patentes, mas também mudanças significativas nas configurações mecânicas das máquinas e nos materiais utilizados. Enquanto o método pioneiro de Hull baseava-se na estereolitografia para a cura de resinas líquidas fotopolimerizáveis, as décadas seguintes testemunharam o desenvolvimento de abordagens mecânicas distintas, como a Sinterização Seletiva a Laser (SLS) e a Modelagem por Fusão e Deposição (FDM) (Shahrubudin et al., 2019). Esses novos métodos ampliaram os materiais empregados na impressão 3D, permitindo a fabricação de peças com polímeros, ligas metálicas e materiais cerâmicos de alto desempenho (Gokhare et al., 2017; Shahrubudin et al., 2019).

Na época, o custo elevado da tecnologia restringia sua aplicação a grandes fábricas de manufatura pesada (Savini e Savini, 2015; Marak et al., 2019). Mas esse cenário de restrição ao ambiente industrial começou a mudar com o passar do tempo, com cada vez mais patentes registradas e a simplificação dos componentes, impulsionada pelo surgimento de projetos de código aberto, como o RepRap. Esse movimento consolidou a tecnologia de Fabricação por Filamento Fundido (FFF), introduzindo arquiteturas de baixo custo baseadas em eixos cartesianos e extrusores de polímeros acessíveis, como o PLA e o ABS (Bagliotti e Gasparotto, 2020; Wittbrodt et al., 2013).

Desse modo, essa tecnologia, devido a sua versatilidade e viabilidade econômica de produtos que podem ser confeccionados, veio se tornando cada vez mais acessível para a população, principalmente para pesquisadores e profissionais que a estudam e aplicam em diferentes áreas, como, por exemplo, no



desenvolvimento de próteses de alta qualidade para pacientes com amputações (Savini & Savini, 2015).

A modelagem para impressão 3D é frequentemente realizada em softwares de CAD, como SolidWorks, Fusion 360, AutoCAD e outras plataformas, que permitem a criação precisa de modelos tridimensionais personalizados conforme as necessidades específicas do paciente. A facilidade que a impressão 3D oferece para a personalização e a produção rápida e precisa de dispositivos médicos tem sido destacada também em estudos recentes (Savini & Savini, 2015).

A aplicação da prototipagem rápida no campo médico iniciou-se nos primeiros anos dos anos 2000, especialmente com a fabricação de implantes dentários e próteses ortopédicas. Além disso, a impressão 3D passou a ser explorada em outros setores, como a indústria alimentícia e a moda. No entanto, é nas áreas da engenharia biomédica e da saúde que a manufatura aditiva vem apresentando maior relevância no campo da pesquisa, permitindo avanços significativos, como a impressão de tecidos, órgãos e dispositivos personalizados para reabilitação (Gross, B.C. et al, 2014).

Por conta da rapidez e menor custo de produção, de acordo com o estudo de 9 projetos feitos por Morimoto, S.Y.U. et al (2021), cinco tiveram como foco o desenvolvimento de próteses para crianças, justamente pelo fato de que essa é uma fase da vida em que o crescimento e o desenvolvimento ocorrem de forma acelerada, gerando diversas alterações no corpo. Isso torna inviável o acompanhamento da confecção de novas próteses a cada etapa desse processo, tanto em termos de tempo quanto de custo, o que reforça a importância de soluções acessíveis e adaptáveis como a impressão 3D.

Um exemplo de projeto notável de baixo custo, é o “Cyborg Beast”, realizado por ZUNIGA, J. et al (2015), que através de um programa de software de modelagem chamado Blender 7.2, projetou uma mão para crianças de 6 a 17 anos, utilizando uma impressora 3D, usando plástico polilactídeo (PLA) e acrilonitrila butadieno estireno (ABS). Um outro estudo feito por XU, G. et al (2019), aborda a construção de uma mão impressa em 3D que foi aplicada 6 meses após a cirurgia e foi avaliada em acompanhamentos de 1 a 3 meses. O caso aborda a situação de um menino de 8 anos que sofreu amputação traumática do punho direito em decorrência de um acidente com uma máquina de trituração. O dispositivo foi feito com materiais que custaram menos de 20 dólares, levou menos de 8 horas para fazer a impressão e a montagem dos componentes foi concluída em apenas 20 minutos.

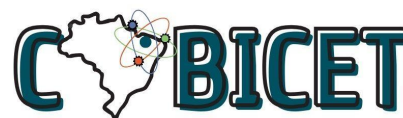
Além disso, estudos recentes feitos por Ramlee, M.H. et al (2024), investigam o reforço de soquetes protéticos impressos em 3D com materiais como fibra de carbono, fibra de carbono-Kevlar, fibra de vidro e cimento. Os resultados demonstram que soquetes reforçados com cimento apresentam resistência ao escoamento até 89,57% superior e módulo de elasticidade até 76,15% maior em comparação aos modelos não reforçados, indicando maior durabilidade e eficiência no uso prolongado. De forma complementar, pesquisa de Zhang et al. (2022) analisa, por meio de simulações de elementos finitos, como diferentes modos de fixação influenciam a condução biomecânica de próteses 3D aplicadas a defeitos críticos da diáfise dos membros inferiores.

Apesar dos avanços tecnológicos da impressão 3D nas mais diversas áreas, principalmente no campo biomédico, ocorre um conflito entre alguns autores quando se fala da perda do entusiasmo inicial em relação à manufatura aditiva. Enquanto autores como Mavri et al. (2020) o conclui que a impressão 3D tende a se tornar cada vez mais presente em residências e escritórios, especialmente com a redução do custo das impressoras de mesa e afirma que essa tecnologia possui potencial para transformar profundamente os processos produtivos, democratizar a fabricação e estimular novos modelos de produção personalizados e descentralizados, autores como Schneider et al. (2019), indica que o setor vive um período após o primeiro “hype”.

Essa pesquisa feita por Schneider et al. (2019), aponta inicialmente que, de fato, o crescimento da impressão 3D foi fortemente impulsionado pelo surgimento das impressoras *open source*, especialmente após o projeto RepRap, além da expansão de espaços colaborativos como FabLabs e makerspaces. Esses ambientes fortaleceram a ideia de fabricação desconcentrada durante o auge da euforia.

Desde esse momento, a impressão 3D passou a ser apresentada como uma tecnologia revolucionária capaz de transformar completamente a produção industrial e doméstica. Diversos discursos afirmavam que qualquer pessoa poderia fabricar objetos em casa, tornando-se simultaneamente consumidora e produtora. Entretanto, no contexto residencial é enfatizado que a impressão 3D foi limitada à produção de objetos simples, pois, a complexidade da manutenção e do uso de *softwares* CAD resultou na perda de interesse no âmbito doméstico após o ano de 2015, concentrando a manufatura aditiva em ambientes profissionais, acadêmicos e industriais Schneider et al. (2019).

De modo geral, os estudos analisados indicam que a trajetória da manufatura aditiva foi marcada por avanços técnicos, ampliação dos materiais



disponíveis, redução de custos e expansão das áreas de aplicação. Esses fatores contribuíram para consolidar a impressão 3D como uma tecnologia relevante em diferentes setores, especialmente na indústria e na área biomédica.

CONCLUSÃO

A revisão integrativa realizada permitiu entender a história da impressão 3D, que vai desde seus primeiros conceitos de prototipagem rápida até sua consolidação como uma tecnologia amplamente empregada em diferentes setores. Os estudos desenvolvidos mostraram que o progresso da produção aditiva não foi relacionado somente à melhoria dos aparelhos, mas também a novos materiais, à diversificação dos processos de fabricação e à diminuição dos custos.

As iniciativas de código aberto, como o projeto RepRap, foi um ponto crucial para a democratização da tecnologia 3D, possibilitando, dessa forma, a sua propagação nos ambientes acadêmicos, industriais e de pesquisa. Ele permitiu que houvesse uma variação de materiais e o aumento da precisão dos equipamentos, além de contribuírem para a ampliação de suas aplicações a várias áreas, ainda que complexas, incluindo, em particular, o setor biomédico.

Embora parte da expectativa inicial relacionada ao uso doméstico não tenha ido na direção prevista identificada nas evidências desenvolvidas nesse documento, a transição da impressão 3D para contextos profissionais, acadêmicos e industriais não representou um retrocesso, mas sim um progresso importante em outros âmbitos. Nesse cenário, a capacidade de produzir peças complexas com uma maior rapidez e precisão, assim como menor desperdício de material, acabou firmando a manufatura aditiva como uma importante tecnologia de fabricação, demonstrando que a cada ano, a inovação que essa ferramenta gera, irá contribuir cada vez mais para o avanço científico e para ampliação de acesso a soluções assistivas.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), pelo suporte institucional, e especialmente ao setor de engenharia mecatrônica e de arquitetura, por prestar apoio e por partilhar os conhecimentos que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BAGLIOTTI, I. R.; GASPAROTTO, A. M. S. O processo de produção de uma impressora 3D de baixo custo RepRap com tecnologia Fused Filament Fabrication. Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga

(FATEC), Taquaritinga, SP, 2020. (Trabalho Acadêmico).

BARNATT, C. 3D Printing: The Next Industrial Revolution. ExplainingTheFuture.com, Nottingham, 2013.

DUMITRESCU, G. C.; TĂNASE, I. A. 3D Printing - A New Industrial Revolution. Knowledge Horizons - Economics, v. 8, p. 32-39, 2016.

GOKHARE, V. G.; RAUT, D. N.; SHINDE, D. K. A Review paper on 3D-Printing Aspects and Various Processes Used in the 3D-Printing. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), v. 6, p. 953-958, 2017.

GROSS, B. C. et al. Evaluation of 3D Printing and Its Potential Impact on Biotechnology and the Chemical Sciences. Analytical Chemistry, v. 14, p. 3224-3241, 2014.

HASSUNUMA, R. M. et al. Revisão integrativa e redação de artigo científico: uma proposta metodológica em 10 passos. [Manuscript not published].

KOSTAKIS, V.; PAPACHRISTOU, M. Commons-based peer production and digital fabrication: The case of a RepRap-based, Lego-built 3D printing-milling machine. Telematics and Informatics, v. 31, p. 434-443, 2014.

MARAK, Z. R.; TIWARI, A.; TIWARI, S. Adoption of 3D Printing technology: an Innovation Diffusion Theory perspective. International Journal of Innovation, v. 7, p. 87-103, 2019.

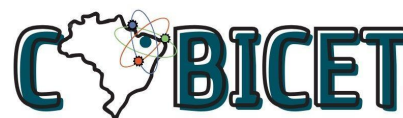
MAVRI, M.; FRONIMAKI, E.; KADREFI, A. Survey analysis for the adoption of 3D printing technology: consumers' perspective. Journal of Science and Technology Policy Management, v. 12, p. 501-522, 2021.

MORIMOTO, S. Y. U. et al. Órteses e próteses de membro superior impressas em 3D: uma revisão integrativa. Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional, v. 29, p. 1-15, 2021.

RAMLEE, M. H. et al. Investigation on three-dimensional printed prosthetics leg sockets coated with different reinforcement materials: analysis on mechanical strength and microstructural. Journal of Mechanical Engineering, v. 18, p. 45-62, 2021.

SAVINI, A.; SAVINI, G. G. A Short History of 3D Printing, a Technological Revolution Just Started. Proceedings of the International Conference on History of Electrical Engineering, v. 1, p. 1-8, 2015.

SCHNEIDER, C.; ROßMANN, M.; LÖSCH, A. Sociotechnical Visions of 3D Printing – After the



First Hype? KIT Scientific Working Papers, n. 138, Karlsruhe, 2020.

SHAH RUBUDIN, N.; LEE, T. C.; RAMLAN, R. An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 102, p. 3853-3871, 2019.

SILVA, N. D. da. Manutenção Produtiva Total (TPM). [s. n.], Brasil, 2025. (Apostila).

WADE, R.; GARLAND, N.; UNDERWOOD, G. Challenges of 3D printing for home users. Anais do International Conference on Engineering and Product Design Education, p. 1-6, 2017.

WITTBRODT, B. T. et al. Life-cycle economic analysis of distributed manufacturing with open-source 3-D printers. Mechatronics, v. 23, p. 713-726, 2013.

XU, G. et al. Three-dimensional-printed upper limb prosthesis for a child with traumatic amputation of right wrist. Medicine (Baltimore), v. 99, p. 1-5, 2020.

ZUNIGA, J. et al. Cyborg beast: a low-cost 3d-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences. BMC Research Notes, v. 8, p. 1-10, 2015.