



A Utilização das Impressoras 3D nos Principais Segmentos Setoriais

The Use of 3D Printers in Main Sector Segments

Recebido: 20/12/2022 | Revisado: 27/12/2022 | Aceito: 27/12/2022 | Publicado: 27/12/2022

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7487711>

Marcos de Oliveira Morais

Universidade de Santo Amaro (UNISA)

<http://orcid.org/0000-0002-5981-4725>

marcostecnologia2001@gmail.com

Irapuan Glória Júnior

Fatec Santana de Parnaíba

<https://orcid.org/0000-0003-2973-3470>

ijunior@ndsgn.com.br

Gabriel Alves Morais

Universidade Cruzeiro do Sul

<https://orcid.org/0000-0001-5176-4535>

gabrieltecnologia@gmail.com

Resumo

A Indústria 4.0, criada em 2011, originou uma série de alterações na forma de integrar a produção, incluindo o uso de impressoras 3D. Essas impressoras, também chamada de manufatura aditiva, transforma modelos virtuais em reais por meio da deposição e a fusão de diversos materiais, como polímeros, cerâmica, metais, tecidos e biomateriais. A pesquisa teve a intenção de apresentar aplicações das impressoras 3D nos principais segmentos setoriais. Possui natureza qualitativa e utilizou da revisão bibliográfica como metodologia. Os resultados obtidos foram aplicações das impressoras 3D nos setores da indústria automobilística, saúde e na construção civil. A contribuição para a teoria está na apresentação de algumas aplicações das impressoras 3D e a demonstração do potencial que existe para outros tipos de materiais. A contribuição para a prática está em descrever para gerentes de produção e outros profissionais ligados a tecnologia as aplicações disponíveis para seus projetos.

Palavras-chave: Impressão 3D, Impressora 3D, Indústria 4.0, Manufatura Aditiva



Abstract

Industry 4.0, created in 2011, led to a series of changes in the way of integrating production, including the use of 3D printers. These printers, also called additive manufacturing, transform virtual models into real ones through the deposition and fusion of various materials, such as polymers, ceramics, metals, fabrics and biomaterials. The research was intended to present applications of 3D printers in the main sectoral segments. It has a qualitative nature and used the bibliographic review as a methodology. The results obtained were applications of 3D printers in the sectors of the automotive industry, health and civil construction. The contribution to the theory is the presentation of some applications of 3D printers and the demonstration of the potential that exists for other types of materials. The contribution to the practice is to describe to production managers and other professionals linked to technology the applications available for their projects.

Keywords 3D Printing, 3D Printer, Industry 4.0, Additive Manufacturing

1. Introdução

As Revoluções Industriais foram marcos históricos de grande importância para a humanidade abrindo caminhos para uma série de mudanças e transformações no setor industrial. No final do século XVIII, a Inglaterra se torna o berço da primeira e grande revolução industrial, cada fase simboliza um momento histórico (Everton et al, 2020).

As ferramentas e a tecnologia existente têm como função diminuir a distância entre o que está na mente do projetista e a realidade, gerando uma forma visível de uma realidade interna permitindo a discussão daquilo que antes era só uma ideia, a fim de dar consistência e integridade ao projeto (Salmaso & Vizioli, 2013).

A Indústria 4.0 passa a ser uma das molas propulsoras no processo de inovação das organizações por alguns fatores disruptivos: aumento da disponibilidade de dados; aumento do poder computacional e conectividade; desenvolvimento de redes de internet adaptadas ao ambiente industrial; desenvolvimento da aprendizagem de máquina e inteligência de dados; bem como através do desenvolvimento de novas formas de interação homem-máquina. (Lee et al., 2013).

Criar interfaces homem-máquina passa a ser um dos grandes desafios na chamada quarta revolução industrial, ou indústria 4.0, fomentando o conhecimento tecnológico em diversas áreas organizacionais onde nesse sentido, Morais et al. (2018) contextualizaram,



após ampla revisão que a Indústria 4.0 influencia diretamente no aporte do conhecimento humano nas empresas modernas.

A manufatura aditiva, como também é conhecida a impressão 3D, possui como seu *input* primordial o uso de modelos virtuais. Tais modelos virtuais são gerados via softwares computacionais do tipo *Computer-Aided Design* (CAD), fornecendo à impressora 3D a informação essencial para a confecção do produto desejado. A deposição e a fusão de materiais são os métodos construtivos mais regularmente utilizados por essas máquinas, as quais também variam em muito quanto ao uso de matérias-primas, com diferentes tipos de polímeros, cerâmica, metais, tecidos, biomateriais, entre outros (Volpato, 2007).

Diante disso, a questão de pesquisa deste trabalho é: "Quais as aplicações das impressoras 3D nos principais segmentos setoriais?". Os objetivos são: (1) Identificar as aplicações com impressoras 3D; e (2) Apresentar as principais aplicações segmentadas por setor.

2. Referencial Teórico

2.1. Inovação e Tecnologia nas Organizações

A busca por novas tendências tecnológicas e pelas vantagens competitivas que se possa obter nas organizações não é recente onde adquirir conhecimento e gerar potencial para possíveis inovações possibilita garantir a sobrevivência das organizações, mas que estudos mais recentes têm aprimorado a compreensão sobre a gestão da inovação nas empresas. A inovação trata-se da aquisição e da aplicação de conhecimentos que proporcionem o desenvolvimento de novos produtos que satisfaçam as necessidades dos consumidores (Trott, 2012).



A expansão da automação está associada à inovação contínua e a pressão da competitividade no assunto da globalização por meio dos rompimentos das fronteiras. As organizações buscam níveis mais superiores de produtividade e amortização dos custos. A concorrência estimula as indústrias a buscarem por mais pesquisa e desenvolvimento em novas tecnologias de produção, para criar oportunidades e aumento da competitividade (OIT, 2017).

A indústria 4.0 abrange muitas vertentes da tecnologia, além da Internet das Coisas (IoT) e a impressão 3D (Manufatura aditiva), pois existe o Big Data que se trata de uma captação de dados e análise dos mesmos, transformando-os em informações de qualidade para a empresa, além de existirem as tecnologias como a computação em nuvem, a segurança cibernética e a realidade aumentada (Hammer, Kostroch, & Quiros, 2017).

A utilização das tecnologias trazidas pela nova revolução industrial, existem alguns princípios em que são baseadas (Yang, 2017):

- ✓ **Interoperabilidade.** Habilidade de dois sistemas se comunicarem e utilizarem suas funcionalidades com a finalidade de um resultado positivo;
- ✓ **Virtualização.** Desmaterializar os processos que antes eram físicos e passam a ser virtuais, de preferência com a tecnologia Cloud;
- ✓ **Descentralização.** Aumento da capacidade de descentralizar atividades, mantendo a eficiência;
- ✓ **Capacidade em Tempo Real.** Resolução de assuntos e problemas em tempo real, dado a facilidade em ter acesso às informações;
- ✓ **Orientação para o Serviço.** Maior capacidade de foco no serviço e no cliente (ou utilizadores do sistema);
- ✓ **Modularidade.** Processos e tarefas mais flexíveis.



Compreender, entender e assimilar o modo como a inovação se configura no ambiente organizacional a partir de fatores objetivos, estruturais e também subjetivos foi, então, o primeiro passo para a identificação do caráter multifacetado do fenômeno relacionado à indústria 4.0 (Santos, Basso & Kimura, 2012).

O processo colaborativo dessas tecnologias aplicadas, tem potencial para habilitar as chamadas *Smart Factories*, que são capazes de fabricar produtos de forma mais eficiente e eficaz além de permitir um ganho de escala com a comunicação, interação e integração entre processos, máquinas, pessoas e recursos (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013).

Ampliar as vantagens competitivas por meio de novas ferramentas gerenciais torna o processo viável, seja para quem propõe ou mesmo para aqueles que estão no processo de execução direta destas novas diretrizes e, portanto, podem ter algum tipo de resistência quanto ao novo. Buscar desenvolver este processo eliminando possíveis barreiras passa a ser um grande desafio no processo de gestão (Morais et al. 2021).

Na área da impressão 3D, Dantas et.al. (2018) afirma que o custo da impressão tridimensional varia de acordo com material utilizado, o que pode ser um fator competitivo quando utilizado matéria prima adequada à aplicação a ser utilizada. Este e outros elementos passam a ser considerados como a quarta revolução industrial decorrente do século XXI.

2.2. Revoluções Industriais

Antes do surgimento da indústria, tudo era produzido de forma manual, fator que propiciava pequenas produções, e isso passava a ser inviável diante de uma população que crescia descontroladamente. Além disso, produzir mais rápido e em maior quantidade era a essência do capitalismo, que tinha como objetivo principal a obtenção de lucros (Cavalcante & Silva, 2011). A Figura 1 apresenta as revoluções industriais e a sua importância no cenário mundial.

Figura 1: Revoluções Industriais Baseado em Almeida (2021).



A Primeira Revolução Industrial, ocorrida, sobretudo, na segunda metade do século XVIII (1760 – 1840), foi o primeiro paradigma na área de produção de grande escala, em que os modelos agrícola e artesanal de produção deram lugar à introdução do modelo industrial hoje existente (Almeida, 2021).

A segunda revolução (1850-1945) envolveu o desenvolvimento de indústrias química, elétrica, de petróleo e aço, além do progresso dos meios de transporte e comunicação (Almeida, 2021; Silveira, 2017).

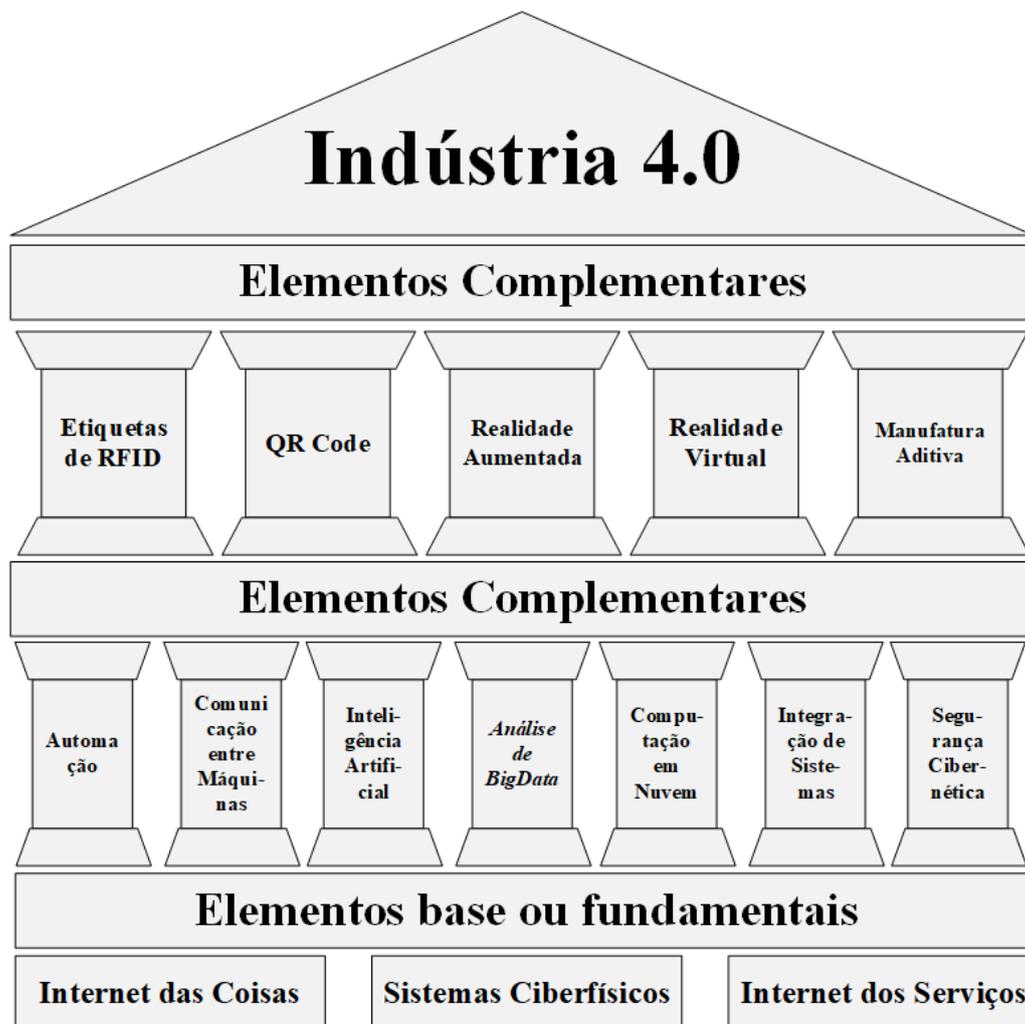
A terceira revolução industrial (1950 - 2010) foi marcada pela substituição gradual da mecânica analógica pela digital, pelo uso de microcomputadores e criação da Internet (1969) na época chamada pelo governo americano de Arpanet. Houve ainda, a crescente digitalização de arquivos e a invenção da robótica (Almeida, 2021).

A quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0 tem seu termo usado pela primeira vez em 2011, é oriunda de um projeto de estratégias do governo alemão votado para a tecnologia (Silveira, 2017).

Segundo o CNI (2016), as principais barreiras internas para a aplicação no Brasil, esta relacionado aos altos custos de implantação, a falta de clareza na definição do

conhecimento sobre o retorno do investimento aplicado nas digitalizações, junto as dificuldades de implantações devido às estruturas das indústrias e culturas. Porém o processo evolutivo passa a ser irreversível possibilitando proporcionar um avanço na produção industrial. Em quesitos de se produzir em menos tempo, com maior velocidade, menor custo, essas tecnologias ainda auxiliaram na solução de problemas e melhoria na qualidade (Cheng et al. 2015).

Figura 2: A “Casa da Indústria 4.0”. Fonte: Sacomano et.al (2018).





Os pilares da Indústria 4.0 pode ser estabelecido com os elementos de um conceito ainda em formação é tarefa bastante complexa. Sacomano et al (2018) apresenta uma proposta para classificar os elementos que são a base formadora da indústria 4.0. Entende-se que não é uma formação definitiva, mas tem um caráter didático e concreto, conforme Figura 2.

3. Metodologia

O presente trabalho é de natureza qualitativa (Martins, & Theóphilo, 2016) e o emprego da metodologia de pesquisa bibliográfica, realizada pelo levantamento da dados em fontes secundárias, a qual compreendeu consultas em livros particulares, artigos científicos, bibliotecas, sites de universidades revisando os bancos de teses, dissertações e monografias, que segundo, busca proporcionar maior familiaridade com o problema, buscando torná-lo mais explícito, desta forma o desenvolvimento de novas metodologias, assim como novos conhecimentos que podem facilitar a compreensão da evolução tecnológica, viabilizando seu potencial tecnológico e utilização passa a ser de extrema relevância para o crescimento profissional e das organizações (Gil, 2008).

4. Análise e Interpretação dos Resultados

Diante do resultado das pesquisas foi possível identificar atuações da impressão 3D em diversos setores, como na indústria automobilística, saúde e na construção civil.

4.1. Setor da Indústria Automobilística

Utilizada em um primeiro momento como uma ferramenta para a prototipagem rápida, a Manufatura Aditiva ganhou espaço em outros setores na indústria como na produção de ferramentas e pequenos protótipos e até mesmo peças de reposição personalizadas. Com os recentes avanços nas técnicas e desenvolvimento de novos

materiais, no futuro pode ser possível a produção completa de um automóvel apenas usando uma única máquina de MA (Lopes & Wiltgen, 2022).

A impressão 3D está inovando na indústria a forma de obtenção de itens de produção seriada e não seriada. Com essa tecnologia, é possível desenvolver componentes singulares, otimizar a perda de materiais e aperfeiçoar os processos de produção, favorecendo que por meio dela obtenha-se grandes vantagens para as mais diversas aplicações industriais (Portela, 2020).

Gabaritos feitos por manufatura subtrativa levam um grande tempo para serem fabricados e muitas vezes são pesados devido ao uso dos materiais dos quais são produzidos. A produção por meio de Manufatura Aditiva permite redução da massa de matéria-prima, e assim, reduzir o peso em duas frentes distintas, com o uso de materiais mais leves e com projetos personalizados nos formatos dos gabaritos, resultando em um gabarito mais leve e ergonômico, com um menor tempo de fabricação de protótipos utilizados na indústria automotiva (Tamanini & Wiltgen, 2022).

Figura 3 – Protótipo fabricado em manufatura aditiva em tamanho real do painel do veículo Hyundai Kia Spectra



Fonte: Stratasys (2016).



A manufatura aditiva permite uma maior agilidade na construção de protótipos de insertos aplicados a moldes para injeção de termoplásticos, injeção sobre pressão entre outros, com a finalidade de apresentar até mesmo em escala real como será o produto acabado após o processo de usinagem convencional. A utilização do processo de manufatura aditiva em insertos é uma realidade aplicável, que pode ser considerada no projeto e fabricação de moldes ou partes de moldes plásticos (Marques Junior & Costa, 2019).

4.2. Setor da Saúde

A aplicação da impressão 3D no setor de saúde é uma das mais promissoras, tendo como exemplo na área odontológica a construção de mandíbulas (Delgado et al., 2012), podendo oferecer soluções com melhor funcionalidade para um implante temporário ou permanente.

A bioimpressão 3D está sendo aplicada na medicina regenerativa visando a necessidade de tecidos e órgãos adequados para transplante, que comparada com a impressão que não utiliza material biológico, envolve complexidade adicional, como a escolha dos materiais, tipos celulares, fatores de crescimento e diferenciação celular, desafios técnicos relacionados à sensibilidade de células vivas e construção de tecidos (Murphy & Atala, 2014).

Os tecidos e órgãos humanos possuem diferentes níveis de complexidade. Há certos tecidos, como cartilagem, córnea, válvulas cardíacas que não passam por vascularização, fazendo deles os primeiros alvos para bioimpressão 3D (Rezende et al., 2015). A Figura 4 apresenta a impressão parcial e uma mão com extensão de punho.

Figura 4: Prótese parcial de mão com acionamento a partir da extensão de punho.



Fonte: Rodrigues Júnior et al. (2018).

Comumente, o termo impressão celular ou simplesmente bioimpressão são utilizados. No avanço do teste in vivo da pele substituta produzida, pode-se mostrar a formação tecidual e contato célula-célula funcional correspondendo ao tecido 3D construído in vitro (Michael et al., 2013).

Segundo Thomaz et al (2018) também mostra o uso de impressora 3D para o desenvolvimento de um Biomodelo tridimensional para auxílio de procedimentos cirúrgicos, melhorando a visualização e explicação para a tomada de decisão médica antes das cirurgias. As impressoras 3D podem ser utilizadas em aplicações de diversas áreas tecnológicas, existem estudos voltados a área médica (Zahedi-Tabar et al., 2019), odontológica e construção civil (Gjelvold, 2019).

4.3. Setor da Construção Civil

A construção civil tem acompanhado os desenvolvimentos em técnicas de impressão 3D e começou a aplicá-los em maior escala. Principalmente a impressão de concreto e materiais cimentícios ultimamente tem ganhado muito interessados no campo da arquitetura e construção (Wolfes, 2015). Sua abordagem é muito semelhante ao da

operação de qualquer outra máquina FDM, no entanto, eles têm produzido peças grandes com todos os tipos de formas, com a possibilidade adicional de elementos internos, tais como a água, de gás ou de eletricidade. Já a técnica chamada de D-Shape, criada por Enrico Dini, utiliza um processo de deposição de pó (Gardner et al., 2013).

A impressão 3D é um processo avançado de fabricação que pode produzir automaticamente, peças com geometrias complexas, a partir de um desenho 3D no CAD (Gibson et al, 2014). Dessa forma, o interesse da pesquisa em empregar impressão 3D para construção civil aumentou exponencialmente nos últimos anos, visto que é um setor que tem uma baixa produtividade e tecnologias ultrapassadas, quando comparados a outros setores, que têm automatizado e digitalizado seus processos de fabricação (EL-Sayegh et al, 2020).

Figura 5: Esquema de construção com *Contour Crafting*



Fonte: CCC (2016).

Neste processo, o sistema de extrusão da pasta cimentícia é a parte mais importante de uma impressora 3D, com a escolha da composição correta da pasta cimentícia e dimensionamento adequado do conjunto motor/parafuso, consegue-se bons resultados de extrusão de material na impressão 3D (Jo et al, 2019).



4.4. Discussão

Guardadas as devidas proporções, a utilização das impressoras 3D se assemelha em muito as impressoras convencionais, sendo que entre as suas diferenças básicas dizem respeito principalmente ao tipo de material utilizado para ejetado assim como ao motor, acoplado para controlar a altura do produto.

O desenvolvimento dentro das perspectivas via manufatura aditiva elimina despesas com fabricação e tempo, e facilita a manutenção dos segredos industriais. Muitas vezes os produtos podem ser impressos em 3D sem a necessidade de montagens e geralmente exigem menos tempo para a fabricação, permitindo também correções mais eficientes e eficazes no produto que está sendo construído.

Por meio destas novas tecnologias realizar a impressão em 3D deste uma simples arruela até partes extremamente complexas do corpo humano, passando pela construção civil, se tornaram possíveis e a cada vez mais com custos acessíveis o que torna este processo de fundamental importância nos diversos segmentos, conforme apontado na revisão bibliográfica.

Estas aplicações além de proporcionar agilidade e maior precisão, torna-se um avanço exponencial quando se trata de tecnologia e a sua interação e interface entre os diversos segmentos facilitando o aprimoramento e o compartilhamento do conhecimento além da quebra de diversos paradigmas, permitindo que novas evoluções e revoluções aconteçam cada vez mais rápidas e abrangentes.

5. Conclusões

A Indústria 4.0, criada em 2011, originou uma série de alterações na forma de integrar a produção, incluindo o uso de impressoras 3D. Essas impressoras, também chamada de manufatura aditiva, transforma modelos virtuais em reais por meio da



deposição e a fusão de materiais, como polímeros, cerâmica, metais, tecidos e biomateriais.

Os resultados obtidos da pesquisa foram aplicações das impressoras 3D nos setores da indústria automobilística, saúde e na construção civil.

A contribuição para a teoria está na apresentação de algumas aplicações das impressoras 3D e na demonstração do potencial que existe para outros tipos de materiais. A contribuição para a prática está em descrever para gerentes de produção e outros profissionais ligados a tecnologia as aplicações disponíveis para seus projetos. Futuros trabalhos estão o aumento dos setores e o enfoque na área da saúde.

Referencial Bibliográfico

- Alberti, Eduardo & Bueno, Bruno & D'Oliveira, Ana Sofia. (2015). *Processing of Ni Superalloys by Additive Manufacturing Using Plasma Transferred Arc*. Soldagem e Inspeção. 20(2). 137-147. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-9224/SI2002.02>
- Almeida, Diogo de. As revoluções industriais. set. 2021. Disponível em: <https://prezi.com/p/lvdgzjgy9whq/revolucoes-industriais-e-modelos-produtivos/>. Acesso em: 2 ago. 2022.
- Bagliotti, I. R., & Gasparotto, A. M. S. (2021). Aplicação da Tecnologia de Impressão 3D como Inovação em uma Industria Moveleira. *Revista Interface Tecnológica*, 18(1), 631-643.
- Baygin, M., Yetis, H., Karakose, M., & Akin, E. (2016). *An effect analysis of industry 4.0 to higher education, no ITHET: Information. Technology. Based Higher. Education. and Training, 15th International Conference on. IEEE.* 1-4. DOI: <http://doi.org/10.1109/ITHET.2016.7760744> .
- Biazzo, S.; Panizzolo, R.; Gore, A. (2017) *Lean product development implementation approach: Empirical evidence from indian lean manufacturers. International Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 8, n. 3, p. 189-201.
- Carvalho, Carlos Vitor de Alencar et al. (2020) Um material potencialmente significativo para o ensino da engenharia civil utilizando impressora 3D e realidade aumentada: uma experiência com alunos do ensino médio e do ensino superior. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, ed. 3, p. 10855-10868.



- CCC (2016) Contour Crafting Corporation. Disponível em: <http://www.contourcrafting.com>. Acesso em: 26 dez. 2022.
- Cheng, C. (2015) *Semantic degrees for industrie 4.0 engineering: deciding on the degree of semantic formalization to select appropriate technologies*. In: *European software engineering conference and the acm sigsoft symposium on the foundations of software engineering*, 10., Bergamo.
- CNI. Confederação Nacional da Indústria (2016). Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br>
- Coelho, A.W. F., Araujo, A., & da Silva Moreira Thiré, R. (2019). Manufatura aditiva por estereolitografia: análise da geometria da peça e da influência da posição e orientação de fabricação. *Revista Matéria*, 23(4). Disponível em <https://revistas.ufrj.br/index.php/rm/article/view/26008/14011> .
- Dantas, I. M., et al. (2018). Implantação De Impressão 3D: Melhoria No Processo De Projetos No Grupo Açotubo. *Revista Científica Semana Acadêmica*, 3, 1–17. <https://semanaacademica.org.br/artigo/implantacao-de-impressao-3d-melhoria-no-processo-de-projetos-no-grupo-acotubo> .
- Dantas, I.M., Pacheco, L.M., Silva, R.F.; Santos, S.L.; Botelho, W.C. (2018) Implantação de Impressão 3D: Melhoria no Processo de Projetos no Grupo Açotubo. *Revista Científica Semana Acadêmica*, v. 1, p. 1-17.
- Delgado, J., Lauretti, C. A. R., Camilo, A. A., Silva, J. V. L., Sereno, L., Ciurana, J. (2012) *Mandible Reconstruction Using an Additive Manufacturing Technology*. In: *Anais 1st International Conference on Design and Processes for Medical Devices*, Brescia. 1st International Conference on Design and Processes for Medical Devices PROMED. Rivoli: Neos Edizione, v. 1. p. 275-278.
- Delgado, J.; Lauretti, C. A. R.; Camilo, A. A.; Silva, J. V. L.; Sereno, L.; Ciurana, J. Mandible (2012). *Reconstruction Using an Additive Manufacturing Technology*. In: *1st International Conference on Design and Processes for Medical Devices, Brescia. 1st International Conference on Design and Processes for Medical Devices PROMED*. Rivoli: Neos Edizione, v. 1. p. 275-278 .
- El-Sayegh, S.; Romdhane, L.; Manjikian, S. *A Critical Review of 3D Printing in Construction: Benefits, Challenges and Risks*. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. Volume 20, 2020.
- Everton, D. D. J. T., Farias, E. P., & de Castro, K. C. B. (2020). A evolução do processo industrial Brasileiro: A Industria 4.0. *Engenharia de produção: Inovação na indústria 4.0*, 8.



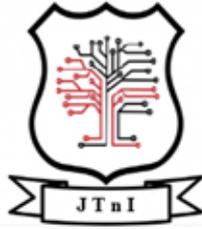
- Floyd, C. (1984). A systematic look at prototyping. In: BUDDE, R. (Ed.); Kuhlenkamp, K. (Ed.); Zulligohoven, H. (Ed.), *Approaches to prototyping*. Berlin: Springer Verlag, 2, 12-20.
- Gardner, M., Alwi, A.; Karayiannis, S. *Construção (2013) MegaScale 3D Printing*. Reino Unido: *University of Surrey*.
- Gibson, I.; Rosen, D. W.; Stucker, B. *Additive Manufacturing Technologies*. Vol. 17. New York: Springer. 2014.
- Gil, A. C. (2008). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 6. ed. São Paulo: Atlas.
- Gjelvold, B. (2019) *Accuracy of surgical guides from 2 different desktop 3D printers for computed tomography-guided surgery*. Malmö, Suécia: *Centre of Dental Specialist Care, Lund, e Department of Prosthodontics, Faculty of Odontology, University of Malmö*.
- Gjelvold, B., Mahmood, D. J. H., & Wennerberg, A. (2019). Accuracy of surgical guides from 2 different desktop 3D printers for computed tomography-guided surgery. *The Journal of prosthetic dentistry*, 121(3), 498-503.
- Grimm, T. (2004). *User's guide to rapid prototyping*. Dearborn, *Society of Manufacturing Engineers*, Miami: *Society of Manufacturing Engineers*, p. 284.
- Hammer, C., Kostroch, D., Quiros, G. (2017). *Big Data: Potential, Challenges and Statistical Implications*. *International Monetary Fund*. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/Staff-Discussion-Notes/Issues/2017/09/13/Big-Data-Potential-Challenges-and-Statistical-Implications-45106>. Acesso em: 02/ago/2022
- Hausman, K. K., & Horne, R. (2014). *3D printing for dummies*. John Wiley & Sons.
- Iszczuk, A. C. D., Ventris, K. F. D., Pinto, G. B., Shirabayashi, J. V., dos Santos, M. A. R., de Souza, R. C. T., & Dal Molin Filho, R. G. (2021). Evoluções das tecnologias da indústria 4.0: dificuldades e oportunidades para as micro e pequenas empresas. *Brazilian Journal of Development*, 7(5), 50614-50637.
- Jo, J. H.; Jo, B. W.; Cho, W.; Kim, J. H. (2019) *Development of a 3D Printer of Concrete Structures: Laboratory testing of cementitious materials*. *International Journal of Concrete Structures and Materials*. Volume 14.
- Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J. (2013) *Securing the future of German manufacturing Industry: Recommendations for implementing the Strategic initiative Industrie 4.0*. Frankfurt.
- Lee, E. A. (2008). *Cyber Physical Systems: Design Challenges*. *1th IEEE Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC)*, p. 363-369.



- Lopes, M., & Wiltgen, F. (2022). CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPOS EXPERIMENTAIS VIA MANUFATURA ADITIVA–INOVAÇÃO EM SISTEMAS DE SEGURANÇA VEICULAR. *REVISTA DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA*, 14(1).
- Lovo, J. F. P., & Fortulan, C. A. (2016). Estudo de propriedades mecânicas e anisotropia em peças fabricadas por manufatura aditiva tipo FDM. I Simpósio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da EESC-USP (SiPGEM/EESC-USP), 1, 2-8.
- Marques Junior, G. B. M. & Costa, C. A. (2019). Manufatura aditiva aplicada na fabricação de insertos para moldes de injeção termoplásticos. *Scientia Cum Indústria*, 7(2), 76-82. <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v7iss2p76>
- Martins, G. de A., & Theóphilo, C. R. (2016). Metodologia da Investigação Científica Para Ciências Sociais Aplicadas (3ª ed). Atlas
- Michael, S. (2013) *Tissue engineering skin substitutes created by laserassisted bioprinting form skin-like structures in the dorsal skin fold chamber in mice*. *Plos One*, São Francisco, v. 8, n. 3, p. 1-12, mar. 2013.
- Monaco, D. M., Zanduzzo, A. G., Zanette, L. N., Catecati, T., Araújo, F., Faust, F., & Gitirana, M. (2014). Avaliação da usabilidade de produtos eletroeletrônicos com o auxílio da prototipagem rápida por impressão 3D e da realidade aumentada. *D.A. Pesquisa*, 9(12), 202-218. <https://doi.org/10.5965/1808312909122014202>
- Morais, M. O., Maria, D. F., & Oliveira, L. M. (2021). A Inovação e a Indústria 4.0: Proposta para utilização de elementos para uma organização competitiva. *Research, Society and Development*, 10(8), e51210817685-e51210817685.
- Morais, M.O., Araujo, N.B. de, Aleixo, H.W. S. e Uchoa, L. S. O. (2018) Conhecimento e o capital humano na indústria 4.0. *Brazilian Journal of Development*, 4(7), Edição Especial, 4570-4583.
- Murphy, S., Atala, A. (2014) *3D bioprinting of tissues and organs*. *Nature biotechnology*, New York, v. 32, n. 8, p. 773-785, aug. 2014.
- Murr, L. E., Martinez, E., Amato, K. N., Gaytan, S. M., Hernandez, J., Ramirez, D. A., & Wicker, R. B. (2012). *Fabrication of metal and alloy components by additive manufacturing: examples of 3D materials science*. *Journal of Materials Research and technology*, 1(1), 42-54.
- Organização Internacional do Trabalho (2017). Disponível em: http://www.ilo.org/public/portugue/region/eurpro/lisbon/pdf/cit104_relatoriordiretorfinal.pdf.



- Portela S. (2022) Impressão 3D: Saiba Porque Ela É uma Tecnologia Necessária. 3DLAB. Disponível em: <https://3dlab.com.br/impressao-3d-tecnologia-necessaria/>. Acesso em: 10 de ago. 2022.
- Rezende, R. (2015) Organ printing as an information technology. *Procedia Engineering*, Amsterdam, v. 110, p. 151-158, jul. 2015.
- Rodrigues Júnior, Cruz, L. M. S.; Sarmanho, A. P. S. (2018). Impressora 3D no Desenvolvimento de Pesquisas com Próteses, *Revista Interinstitucional Brasileira de Terapia Ocupacional-REVISBRATO*, v. 2, n. 2, p. 398-413, 2018.
- Rodrigues, V. P., Zancul, E. S., Mançanares, C. G., Giordano, C. M., & Salerno, M. S. (2017). Manufatura aditiva: estado da arte e *framework* de aplicações. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 12(3), 1-34. <https://doi.org/10.15675/gepros.v12i3.1657> .
- Sacomano, J. B., Bonilla, S. H. Gonçalves, R. F., et al. (2018). *Indústria 4.0: conceitos e fundamentos*. São Paulo: Blucher.
- Salmaso, J., & Vizioli, S. H. T. (2013). O uso do modelo físico e digital nos processos de projeto da arquitetura contemporânea. Seminário Internacional “Representar Brasil 2013” As representações na Arquitetura, Urbanismo e Design, II.
- Santos, D. F. L., Basso, L. F. C., & Kimura, H. (2012). A estrutura da capacidade de inovar das empresas brasileiras: uma proposta deconstruto. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 9(3), 103-128.
- Stratasys, (2016). Five ways 3D printing is transforming the automotive industry. Catálogo Stratasys.
- Tamanini, C., & Wiltgen, F. (2022). Manufatura Aditiva e as Mudanças na Indústria Automotiva. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, 13(32), 90-104.
- Thomaz, J. H. C.; Gomes, T. E.; Couto, B. R. G. M.; Barbosa, S. L. (2018) Biomodelo tridimensional para auxílio de procedimentos cirúrgicos. In: XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia e 1º Simpósio Internacional de Educação em Engenharia, 2018, Salvador/BA. COBENGE 2018
- Trott, Paul. (2012) *Gestão da inovação e desenvolvimento de novos produtos*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Volpato, N. (2007). *Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações*. Editora Blucher.
- Volpato, N. (2007). *Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações*. Editora Blucher.
- Wolfes, R. 3D Printing of Concrete Structures. Graduation (Thesis) -Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2015.



Journal of Technology & Information

- Wu, P., Wang, J., & Wang, X. (2016). A critical review of the use of 3-D printing in the construction industry. *Automation in Construction*, 68, 21-31.
- Yang, L. (2017). Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research issues. *Journal of Industrial Information Integration*. Volume 6, junho de 2017, páginas 1-10. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>. Acesso em: 01/ago/2022.
- Zahedi-Tabar, Z., Bagheri-Khoulenjani, S., Mirzadeh, H., & Amanpour, S. (2019). Modelos 3D de tumores cancerosos in vitro: usando impressoras 3D. *Hipóteses médicas*, 124, 91-94.