

A evolução da fabricação: Comparação e sinergia entre manufatura aditiva e subtrativa

The evolution of manufacturing: Comparison and synergy between additive and subtractive manufacturing

La evolución de la manufactura: Comparación y sinergia entre la manufactura aditiva y subtrativa

Recebido: 13/05/2025 | Revisado: 21/05/2025 | Aceitado: 21/05/2025 | Publicado: 24/05/2025

Érica Alves Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0992-6727>
Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: ericaalves96@hotmail.com

Marcelo Henrique Souza Bomfim

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0263-6075>
Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: marcelo.bomfim@ifmg.edu.br

Frank de Mello Liberato

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6618-2164>
Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: frank.mello@ifmg.edu.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo analisar as diferenças, vantagens, desafios e sinergias entre os processos de manufatura aditiva e subtrativa no contexto da Indústria 4.0. A metodologia adotada foi uma revisão bibliográfica, considerando publicações dos últimos cinco anos sobre o tema. Os resultados indicam que, enquanto a manufatura aditiva se destaca pela flexibilidade de design e redução de desperdício, a manufatura subtrativa oferece maior precisão dimensional e resistência mecânica. A integração dessas tecnologias em sistemas híbridos tem se mostrado uma solução promissora para otimização de custos e eficiência produtiva. A conclusão aponta para a necessidade de investimentos em pesquisa para superar desafios econômicos e técnicos, promovendo a adoção dessas tecnologias de forma mais ampla na indústria.

Palavras-chave: Manufatura aditiva; Manufatura subtrativa; Indústria 4.0; Eficiência produtiva.

Abstract

This article aims to analyze the differences, advantages, challenges, and synergies between additive and subtractive manufacturing processes in the context of Industry 4.0. The adopted methodology was a bibliographic review, considering publications from the last five years on the topic. The results indicate that while additive manufacturing stands out for its design flexibility and waste reduction, subtractive manufacturing offers greater dimensional accuracy and mechanical strength. The integration of these technologies into hybrid systems has proven to be a promising solution for cost optimization and production efficiency. The conclusion highlights the need for investment in research to overcome economic and technical challenges, promoting broader adoption of these technologies in the industry.

Keywords: Additive manufacturing; Subtractive manufacturing; Industry 4.0; Production efficiency.

Resumen

Este artículo tiene como objetivo analizar las diferencias, ventajas, desafíos y sinergias entre los procesos de manufatura aditiva y sustractiva en el contexto de la Industria 4.0. La metodología adoptada fue una revisión bibliográfica, considerando publicaciones de los últimos cinco años sobre el tema. Los resultados indican que, mientras la manufatura aditiva se destaca por su flexibilidad de diseño y reducción de desperdicios, la manufatura sustractiva ofrece mayor precisión dimensional y resistencia mecánica. La integración de estas tecnologías en sistemas híbridos ha demostrado ser una solución prometedor para la optimización de costos y la eficiencia productiva. La conclusión señala la necesidad de inversiones en investigación para superar desafíos económicos y técnicos, promoviendo una adopción más amplia de estas tecnologías en la industria.

Palabras clave: Manufatura aditiva; Manufatura sustractiva, Industria 4.0; Eficiencia productiva.

1. Introdução

A evolução da fabricação no contexto da Indústria 4.0 tem sido marcada pela convergência entre tecnologias de manufatura aditiva (MA) e subtrativa (MS), visando otimização de processos, redução de custos e maior precisão na produção. A manufatura aditiva, com destaque para a impressão 3D, permite a criação de geometrias complexas e personalizadas com menor desperdício de material, sendo altamente favorecida em ambientes onde a customização em massa se tornou uma exigência do mercado (Baptista, 2024).

No entanto, apesar de suas vantagens, a AM ainda enfrenta desafios técnicos quanto às tolerâncias dimensionais, o que justifica sua associação à SM em sistemas híbridos. Nesse sentido, Oliveira (2020) e Nogueira (2024) demonstram que a junção dessas tecnologias pode potencializar resultados, agregando precisão da subtrativa à flexibilidade da aditiva.

Além disso, a integração da AM com ferramentas digitais como a modelagem 3D e a inteligência artificial tem promovido avanços significativos na eficiência dos processos de fabricação. Segundo Dias et al. (2024), o uso de redes neurais artificiais na otimização da manufatura aditiva possibilita ajustes dinâmicos em tempo real, melhorando a qualidade do produto final e diminuindo o retrabalho. Já Moura et al. (2022) aponta que, no caso de materiais metálicos, a escolha entre processos aditivos e subtrativos deve considerar fatores logísticos e de custo-benefício.

Estudos como os de Kovalenko (2019) contribuem com análises técnicas específicas, como estabilidade do arco em ligas metálicas, fortalecendo o entendimento sobre a viabilidade da manufatura aditiva em cenários industriais robustos. Dessa forma, o futuro da fabricação caminha para uma abordagem sinérgica entre o tradicional e o inovador, como também propõe Pinto (2024), ao explorar as interseções entre o artesanato e a impressão 3D no design de produtos.

Diante das crescentes inovações tecnológicas e da busca por maior eficiência nos processos industriais, seria possível afirmar que a integração entre manufatura aditiva e subtrativa representa o futuro da produção inteligente? Como equilibrar as vantagens da customização e precisão com os desafios de custo e viabilidade técnica?

O presente artigo tem como objetivo analisar e compreender as diferenças, vantagens, desafios e possíveis sinergias entre os processos de manufatura aditiva e subtrativa, com foco em sua aplicação na indústria moderna, considerando aspectos como custo, tempo de produção, eficiência, sustentabilidade e adaptabilidade às demandas da Indústria 4.0.

2. Metodologia

O presente estudo adota uma abordagem qualitativa de natureza exploratória, com base em uma revisão bibliográfica narrativa. Segundo Gil (2019), a pesquisa qualitativa é apropriada para aprofundar a compreensão de fenômenos complexos e contextuais, como é o caso da comparação entre manufatura aditiva e subtrativa. Essa abordagem possibilita a identificação de padrões, tendências e lacunas no conhecimento científico, contribuindo para a construção de uma base teórica sólida sobre o tema.

O espaço amostral delimitado para esta revisão compreende publicações acadêmicas disponíveis em bases de dados reconhecidas, como Scielo, Google Scholar, ResearchGate e periódicos especializados em engenharia de produção, tecnologia industrial e manufatura. A seleção dos trabalhos levou em consideração a relevância para os objetivos do estudo, bem como o rigor metodológico e a atualidade dos dados apresentados.

Para garantir a contemporaneidade da análise, foram incluídas apenas publicações dos últimos cinco anos (2020 a 2024). A escolha desse recorte temporal deve-se à rápida evolução das tecnologias envolvidas na manufatura aditiva e subtrativa, sobretudo no contexto da Indústria 4.0. Conforme Triviños (2008), delimitar o período de busca é essencial para manter a coerência temporal do estudo e refletir as inovações mais recentes da área.

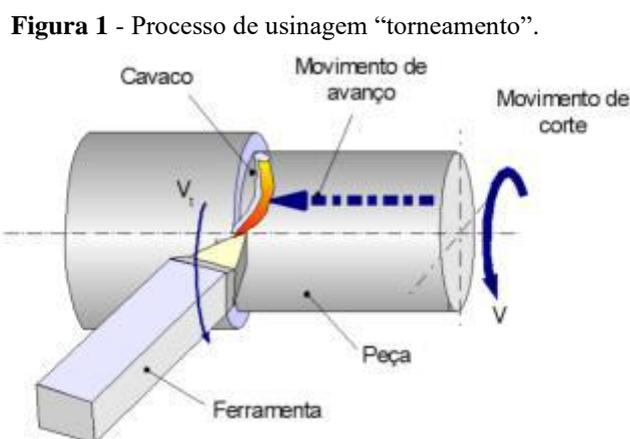
A coleta de dados bibliográficos foi realizada por meio de palavras-chave como “manufatura aditiva”, “manufatura

subtrativa”, “tecnologia híbrida”, “eficiência produtiva” e “Indústria 4.0”. Após a triagem inicial, os textos selecionados foram organizados e categorizados conforme seus temas centrais, permitindo uma análise comparativa entre os diferentes enfoques teóricos e práticos. Bardin (2016) destaca a importância da análise de conteúdo para sistematizar as informações extraídas dos textos e interpretá-las com base nos objetivos da pesquisa.

A análise seguiu os princípios da revisão narrativa (Casarin et al., 2020; Matos, 2015; Rother, 2007), focando em suas contribuições para o entendimento da sinergia entre os dois tipos de manufatura. Essa abordagem possibilita, segundo Gil (2019), a construção de um panorama abrangente sobre o tema, consolidando conhecimentos e apontando caminhos para futuras pesquisas.

3. Resultados e Discussão

Até o século XVIII, a produção de peças era predominantemente artesanal, mas com a Revolução Industrial surgiram novos métodos de manufatura e materiais mais resistentes, impulsionando o desenvolvimento de processos como a usinagem. Segundo Moura et al. (2022) a usinagem utiliza ferramentas de corte para moldar peças por remoção de material. Operações como torneamento, fresamento e furação são fundamentais nesse processo. Com o avanço tecnológico, a automação por CNC elevou a precisão, produtividade e qualidade, reduzindo a interferência humana e tornando a fabricação mais eficiente. A Figura 1 apresenta o processo de torneamento, um dos principais processos de fabricação utilizados na manufatura subtrativa.



Fonte: Moura et al., (2022, p. 4).

Pesquisas como as de Kovalenko (2019), que analisam a estabilidade do arco no processo MIG/MAG em ligas metálicas como Ti-6Al-4V, destacam os desafios técnicos da manufatura aditiva em ambientes industriais. Já Moura et al. (2022) discutem os aspectos econômicos e logísticos, indicando que, apesar do custo inicial elevado da aditiva, ela pode oferecer vantagens significativas no reaproveitamento de materiais e prazos de entrega.

Nogueira (2024) reforça esse potencial ao propor equipamentos híbridos que integram adição e subtração, otimizando recursos e tempo. Oliveira (2020) comprova que o uso combinado desses métodos melhora tolerâncias dimensionais, e Pinto (2024) amplia a discussão ao refletir sobre como a impressão 3D ressignifica práticas tradicionais, como o artesanato, no design contemporâneo.

Prado, do Amaral Mattos e da Silva Rodrigues (2019) apresentam a manufatura aditiva como uma tecnologia disruptiva que está transformando os modelos produtivos tradicionais, especialmente ao permitir maior customização, redução de desperdícios e otimização da cadeia logística. Os autores destacam que essa tecnologia impacta diretamente a gestão industrial, exigindo adaptações na forma de planejar, organizar e controlar a produção. Além disso, enfatizam que sua

aplicação não se limita à prototipagem, mas avança para usos estratégicos em diferentes setores, favorecendo a inovação e a competitividade nas empresas.

Segundo Prado, do Amaral Mattos e da Silva Rodrigues (2019), a integração entre manufatura aditiva e subtrativa tem grande potencial para representar o futuro da produção inteligente, pois une a flexibilidade e a customização da impressão 3D com a precisão e acabamento das técnicas convencionais. Essa convergência tecnológica permite ampliar as possibilidades produtivas, desde protótipos até peças funcionais com tolerâncias rígidas. Já Nogueira (2024) reforça essa ideia ao desenvolver equipamentos híbridos que operam com adição e remoção de material, destacando sua aplicabilidade na Indústria 4.0.

Contudo, como apontam Moura et al. (2022), o desafio da viabilidade econômica ainda é significativo. A manufatura aditiva, embora inovadora, pode apresentar altos custos de insumos e manutenção de equipamentos, especialmente em metais. A manufatura subtrativa, por sua vez, mantém-se competitiva em larga escala e peças padronizadas. Assim, o equilíbrio entre as duas tecnologias exige uma avaliação criteriosa do tipo de produto, volume de produção, complexidade geométrica e demandas de acabamento, levando em conta também aspectos como sustentabilidade e logística reversa.

Kovalenko (2019) e Oliveira (2020) evidenciam que a sinergia dessas abordagens pode ser otimizada por meio de avanços na automação e inteligência artificial, com destaque para o controle de qualidade e estabilidade dos processos. A aplicação integrada das duas técnicas, apoiada por tecnologias emergentes como modelagem 3D e algoritmos inteligentes, promove ganhos de produtividade, reduz o retrabalho e aumenta a competitividade industrial. Portanto, a integração entre manufatura aditiva e subtrativa não apenas é possível, como desejável, desde que sejam superados os desafios técnicos e econômicos associados.

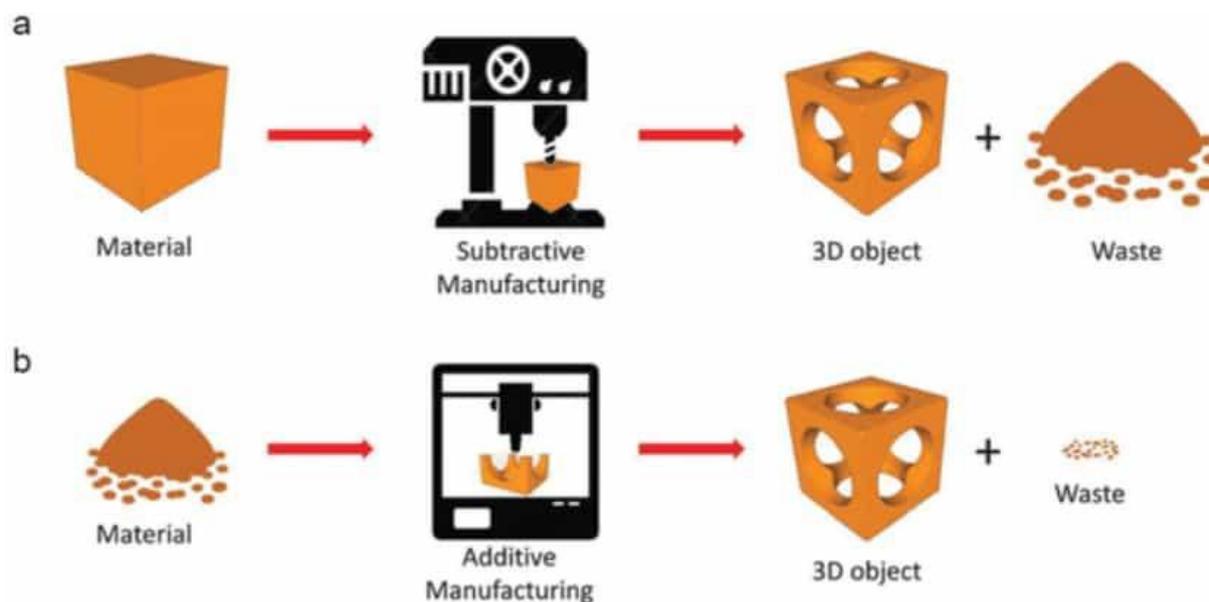
Harrison (2022) aborda que a manufatura aditiva, conhecida como impressão 3D, constrói objetos adicionando camadas de material, sendo utilizada inicialmente nas áreas médica e aeroespacial, mas hoje também presente em setores como automobilístico e de petróleo e gás. Existem diversos processos de impressão 3D, como jateamento de aglutinante, deposição de energia direcionada, extrusão de materiais, fusão em leito de pó, laminação de folhas, fotopolimerização em cuba e jateamento de material. Cada um possui características e aplicações específicas, com vantagens como menor desperdício e rapidez, mas limitações quanto ao tipo de material e escalabilidade.

Por outro lado, ainda segundo Harrison (2022) a manufatura subtrativa parte da remoção de material de um bloco sólido para formar o objeto desejado. Essa técnica é amplamente usada para fabricar peças com alta precisão e bons acabamentos em diferentes volumes de produção. Os principais métodos incluem corte a laser, usinagem CNC, abrasão e EDM (usinagem por descarga elétrica). Ela é compatível com diversos materiais, como metais, plásticos e madeira, e oferece excelentes propriedades mecânicas, mas gera resíduos de material e pode exigir mais tempo em comparação à manufatura aditiva.

Ambas as abordagens possuem vantagens e desvantagens como visto nos estudos de Harrison (2022) e, frequentemente, se complementam dependendo das exigências do projeto, volume de produção e estágio de desenvolvimento do produto. Enquanto a manufatura aditiva é ideal para prototipagem rápida e geometrias complexas, a subtrativa se destaca na precisão e acabamento de peças finais. A escolha entre os dois métodos depende de fatores como custo, material, tempo disponível e finalidade da peça.

A Figura 2 compara os processos de manufatura subtrativa (a) e manufatura aditiva (b). No primeiro, um bloco sólido de material é esculpido por remoção de partes para formar um objeto 3D, gerando resíduos significativos. No segundo, a manufatura aditiva constrói o objeto camada por camada a partir de material particulado, resultando em menos desperdício:

Figura 2 – Manufatura Aditiva x Manufatura Subtrativa: Quais são as suas diferenças?



Fonte: Harrison, (2022, p.16).

A manufatura aditiva e a manufatura subtrativa são dois processos distintos de fabricação. A manufatura aditiva constrói produtos camada por camada, enquanto a manufatura subtrativa remove partes de um material sólido para criar o produto final. Cada método possui suas características, vantagens e desvantagens, tornando-os mais adequados para diferentes aplicações industriais (Ye, 2023).

Uma das principais diferenças entre esses processos está nas opções de materiais disponíveis. Para Harrison (2022), a manufatura aditiva utiliza uma gama mais restrita de materiais, como plásticos, resinas e alguns metais, enquanto a subtrativa pode trabalhar com vidro, metais, plásticos, madeira e materiais compostos. Além disso, a manufatura aditiva permite a criação de designs complexos, mas exige pós-processamento para melhorar a precisão e resistência das peças, enquanto a manufatura subtrativa, especialmente quando realizada por CNC, produz peças mais fortes e com melhor acabamento.

A velocidade e os custos também diferem entre os métodos. A manufatura aditiva é mais eficiente para prototipagem e pequenos lotes, enquanto a subtrativa é mais rápida e econômica para a produção em grande escala. Em termos de custos, os materiais utilizados na manufatura aditiva são mais caros, e o processo pode exigir mais pós-processamento. No entanto, os custos de mão de obra são baixos em ambos os casos devido à automação dos processos (Netto et al., 2024).

A manufatura moderna tem experimentado transformações significativas a partir do avanço de tecnologias digitais, com destaque para a manufatura aditiva (MA) e a manufatura subtrativa (MS). Essas duas abordagens representam paradigmas distintos, mas complementares, no processo de fabricação, tendo a manufatura híbrida (MH) surgido como uma estratégia de integração que potencializa os benefícios de ambas.

Segundo Rodrigues et al. (2017), a MA pode ser compreendida como um conjunto de tecnologias capazes de construir objetos camada por camada, a partir de um modelo tridimensional digital. Essa abordagem tem sido associada à flexibilidade, à redução de desperdício e à possibilidade de produzir peças com geometrias complexas, sendo considerada uma revolução para setores como o aeroespacial, automotivo e biomédico. No mesmo sentido, Netto et al. (2024) destacam que, no Brasil, a MA tem sido progressivamente incorporada ao desenvolvimento de novos produtos, embora ainda encontre barreiras como a escassez de mão de obra qualificada e os altos custos de equipamentos de ponta.

Por outro lado, a MS, conforme aponta Wiltgen e Lopes (2023), continua sendo amplamente utilizada por sua

precisão dimensional, confiabilidade e qualidade de acabamento. Trata-se de uma técnica consolidada, baseada na remoção de material a partir de blocos sólidos, essencial em processos industriais que requerem tolerâncias rigorosas. No entanto, sua limitação na construção de geometrias internas complexas impulsionou a busca por soluções mais versáteis, como a integração com a MA.

A partir desse cenário, a manufatura híbrida tem se consolidado como um caminho promissor. Para Oliveira (2020), a combinação da extrusão de PLA com processos subtrativos permite alcançar tolerâncias geométricas mais estreitas, representando uma alternativa eficiente na produção de peças técnicas. Essa visão é corroborada por Barbosa et al. (2019), que defendem a MH como uma estratégia que alia a complexidade de projeto da MA à precisão da MS, otimizando prazos e reduzindo custos de produção.

Adicionalmente, a sinergia entre essas tecnologias se alinha aos princípios da Indústria 4.0. Dias et al. (2024) enfatizam a importância da integração entre modelagem 3D, inteligência artificial e MA, destacando o uso de redes neurais artificiais para a otimização dos processos produtivos em tempo real. Nesse contexto, a MH atua como elo entre a customização em massa e a produção automatizada, sendo facilitada por sistemas ciberfísicos e análises preditivas.

Conforme apontado por Inácio et al. (2020), a MA se destaca como tecnologia digital fundamental para a transformação digital da indústria, sendo cada vez mais utilizada como ferramenta estratégica de inovação. A integração com tecnologias emergentes tem ampliado seu alcance, principalmente em ambientes industriais que exigem maior adaptabilidade e automação.

Botelho, Folla e Xavier (2022) ressaltam o papel da academia na difusão e consolidação da MA, destacando que seu avanço depende não apenas de investimentos em tecnologia, mas também da formação de profissionais capazes de lidar com essas novas exigências do mercado produtivo. Nesse sentido, a articulação entre ensino, pesquisa e indústria é essencial para garantir a sustentabilidade e a competitividade dos processos de manufatura no Brasil.

De acordo com Gibson, Rosen e Stucker (2021), a MA tem revolucionado a forma como produtos são concebidos, permitindo a produção direta a partir de modelos CAD e viabilizando desde protótipos rápidos até peças finais funcionais.

Por sua vez, MS compreende os métodos tradicionais de fabricação, baseados na remoção de material de um bloco bruto por meio de usinagem, fresagem, torneamento, entre outros processos. Apesar de ser uma tecnologia madura, ainda é imprescindível em aplicações que exigem elevada precisão e acabamento superficial refinado. Como destaca Kalpakjian e Schmid (2017), a MS continua sendo a base da engenharia de produção moderna, sobretudo em indústrias de alto desempenho.

A convergência entre MA e MS deu origem à chamada manufatura híbrida (MH). Segundo Zhu, Dhokia, Nassehi e Newman (2018), a MH representa uma evolução lógica, integrando o melhor de ambos os mundos: a liberdade geométrica da MA e a precisão dimensional da MS. Essa sinergia tem sido essencial para a produção de componentes complexos, especialmente nos setores aeronáutico e biomédico.

Essas tecnologias encontram terreno fértil no ambiente da Indústria 4.0, conceito que representa a quarta revolução industrial, caracterizada pela digitalização total dos sistemas produtivos. De acordo com Kagermann, Wahlster e Helbig (2013), a Indústria 4.0 está baseada na interconectividade entre máquinas, pessoas e dados, com o uso intensivo de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Big Data e manufatura avançada. A integração da MA e MS nesse novo paradigma permite ganhos significativos em eficiência, flexibilidade e customização em massa.

Quanto à eficiência produtiva, ela é entendida como a capacidade de transformar insumos em produtos finais com o menor desperdício possível de recursos. Slack, Brandon-Jones e Johnston (2020) destacam que a eficiência é alcançada não apenas pela automação e uso de tecnologias, mas também pelo redesenho de processos, gestão estratégica da produção e integração inteligente de tecnologias emergentes. Nesse sentido, a manufatura híbrida surge como solução promissora para enfrentar os desafios da produção enxuta e da customização em larga escala.

Groover (2020) ressalta que a adoção combinada de sistemas de MA, MS e automação inteligente, apoiada por plataformas digitais, contribui para a reconfiguração de sistemas produtivos mais ágeis, reconfiguráveis e resilientes. Isso permite às indústrias responderem mais rapidamente às exigências do mercado, mantendo elevados padrões de qualidade e sustentabilidade operacional.

Assim, observa-se que a evolução da fabricação industrial não se dá pela substituição de uma tecnologia por outra, mas sim pela coexistência e complementaridade entre MA e MS, resultando em soluções híbridas que combinam eficiência, inovação e sustentabilidade. A literatura nacional tem avançado significativamente nessa direção, refletindo uma crescente maturidade técnica e científica no debate sobre os rumos da engenharia de produção e do design de manufatura.

4. Conclusão

A evolução dos processos de fabricação, desde a produção artesanal até os avanços proporcionados pela Revolução Industrial e pela Indústria 4.0, resultou na consolidação da manufatura aditiva e subtrativa como técnicas fundamentais na manufatura moderna. Enquanto a manufatura subtrativa se destaca pela precisão, resistência mecânica e viabilidade em larga escala, a manufatura aditiva possibilita maior flexibilidade no design, redução de desperdício e otimização da cadeia produtiva. A integração dessas abordagens por meio de sistemas híbridos representa uma alternativa promissora para a produção industrial, unindo as vantagens de ambas e superando algumas de suas limitações.

Contudo, desafios como o alto custo de insumos na manufatura aditiva e a geração de resíduos na manufatura subtrativa ainda precisam ser enfrentados. Nesse sentido, pesquisas futuras podem explorar estratégias para tornar a manufatura híbrida mais acessível e eficiente, investigando novos materiais, técnicas de otimização de processos e a aplicação de inteligência artificial para controle e automação da produção. Além disso, estudos podem aprofundar a sustentabilidade dos processos produtivos, analisando formas de reduzir o impacto ambiental e aumentar a reutilização de materiais na indústria.

Referências

- Barbosa, F., Velázquez, D. R. T., Helleno, A. L., & Vieira Junior, M. (2019). Vantagens e desafios da manufatura híbrida - Integrando manufatura aditiva e subtrativa. *XXXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Santos, São Paulo, Brasil.
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo* (Edição revisada e ampliada). Edições 70.
- Baptista, L. A. (2024). A nova revolução industrial: Tecnologia da informação como habilitadora da customização em massa. *Research, Society and Development*, 13(3), e0213345169-e0213345169.
- Botelho, G. F., Folla, M. A., & Xavier, M. D. (2022). A evolução da manufatura aditiva no meio acadêmico. *REMIPE - Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco*, 8(1), 24–37. <https://doi.org/10.21574/remipe.v8i1.367>
- Casarin, S. T., Silva, R. M. da, Haddad, M. C. L., & Vannuchi, M. T. O. (2020). Tipos de revisão de literatura: considerações das editoras do Journal of Nursing and Health. *Journal of Nursing and Health*, 10(5). <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/enfermagem/article/view/19924>
- Dias, J. O., Junior, M. V., Leite, J. C., & Ferreira, G. R. M. (2024). Sinergia entre modelagem 3d e redes neurais artificiais na otimização da manufatura aditiva no contexto da indústria 4.0. *ARACÊ*, 6(4), 16127-16153.
- Gil, A. C. (2017). *Como elaborar projetos de pesquisa* (6ª ed.). Atlas.
- Gil, A. C. (2019). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (7ª ed.). Atlas.
- Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2021). *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-56127-7>
- Groover, M. P. (2020). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing* (5th ed.). Pearson.
- Harrison, N. (2022, fevereiro 10). *Comparando manufatura aditiva vs manufatura subtrativa: Quais são as diferenças*. RapidDirect. Última modificação em 22 de janeiro de 2025. <https://www.rapiddirect.com/pt/blog/additive-vs-subtractive-manufacturing/>
- Inácio, D., Drozda, F. O., Silva, W. de A., Marques, M. A. M., & Seleme, R. (2020). A importância da manufatura aditiva como tecnologia digital para a indústria 4.0: uma revisão sistemática. *Revista Competitividade e Sustentabilidade*, 7(3), 653–667. <https://doi.org/10.48075/comsus.v7i3.23861>

- Kovalenko, O. (2019). Avaliação de aspectos da estabilidade do arco e da geometria de pré-formas em manufatura aditiva utilizando o processo MIG/MAG CMT com foco na liga Ti-6Al-4V.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2017). *Manufacturing engineering and technology* (7th ed.). Pearson Education.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>
- Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (2017). *Fundamentos de metodologia científica* (7ª ed.). Atlas.
- Matos, P. C. (2015). *Tipos de revisão de literatura*. UNESP. <https://www.fca.unesp.br/Home/Biblioteca/tipos-de-revisao-de-literatura.pdf>
- Moura, J. S. de, Almeida, R. C. de, Silva, C. F. da, & Santos, A. F. (2022). *Comparação entre manufatura subtrativa e aditiva em materiais metálicos: Custo, prazo e logística reversa*. XIII FatecLog - Os impactos das novas demandas pós pandemia, nos sistemas logísticos das organizações. <https://fateclog.com.br/anais/2022/207-336-1-RV.pdf>
- de Paula Netto, M. O., Carvalho, C. S., Rodriguez, T. T., de Stefano, E., Júnior, M. L. L., & Castanõn, J. A. B. (2024). A utilização da manufatura aditiva no desenvolvimento de novos produtos e tecnologias no brasil: uma revisão sistemática. *ARACÊ*, 6(4), 13674-13714.
- Netto, M. O. P., Carvalho, C. S., Rodriguez, T. T., De Stefano, E., Júnior, M. L. L., & Castanõn, J. A. B. (2024). A utilização da manufatura aditiva no desenvolvimento de novos produtos e tecnologias no Brasil: uma revisão sistemática. *ARACÊ*, 6(4), 13674-13714. <https://doi.org/10.56238/arev6n4-157>
- Nogueira, L. B. (2024). Desenvolvimento e construção de um equipamento híbrido para manufatura por adição e remoção de material.
- Oliveira, G. B. D. (2020). Manufatura aditiva de PLA extrudado associada à manufatura subtrativa objetivando tolerâncias dimensionais e geométricas mais estreitas: uma abordagem híbrida.
- Oliveira, G. B. de. (2020). Manufatura aditiva de PLA extrudado associada à manufatura subtrativa objetivando tolerâncias dimensionais e geométricas mais estreitas: uma abordagem híbrida. *Universidade Federal de Uberlândia*. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/41632>
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica* [E-book gratuito]. Santa Maria, RS: UAB/NTE/UFMS. <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/15824>
- Pinto, A. F. M. (2024). *Do tradicional ao inovador: o papel do artesanato no design de produto e impressão 3D* (Doctoral dissertation).
- Prado, A. N., do Amaral Mattos, É. C., & da Silva Rodrigues, F. (2019). MANUFATURA ADITIVA: conceitos, aplicações e impactos na gestão. *Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)*, 3(1).
- Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática x revisão narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, 20(2), v-vi. <https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>
- Rodrigues, V. P., Zancul, E. de S., Mançanares, C. G., Giordano, C. M., & Salerno, M. S. (2017). Manufatura aditiva: estado da arte e framework de aplicações. *Revista Gestão Da Produção Operações E Sistemas*, 12(3), 1. <https://doi.org/10.15675/gepros.v12i3.1657>
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2020). *Operations management* (9th ed.). Editora Pearson.
- Triviños, A. N. S. (2008). *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. Editora Atlas.
- Wiltgen, F., & Lopes, M. (2023). Manufatura aditiva e subtrativa na construção de moldes mecânicos híbridos para aplicação em manufatura formativa. *RETEC - Revista de Tecnologias*, 11(1), 1-15. <https://www.fatecourinhos.edu.br/retec/index.php/retec/article/view/425>
- Ye, R. (2023, abril 24). *Manufatura aditiva vs manufatura subtrativa: comparação e diferenças em profundidade*. 3ERP. Recuperado de <https://www.3erp.com/blog/additive-vs-subtractive-manufacturing/>
- Zhu, Z., Dhokia, V., Nassehi, A., & Newman, S. T. (2018). *Hybrid manufacturing processes: A review*. In *Advances in Manufacturing Technology XXXII* (pp. 329-334). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-902-7-329>