RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VI, v.1 2025 | submissão: 09/11/2025 | aceito: 11/11/2025 | publicação: 14/11/2025

Manufatura aditiva, impressão 3D e otimização da cadeia de suprimentos na indústria comercial: uma análise do design para manufatura e repatriamento produtivo

Additive manufacturing, 3D printing, and supply chain optimization in the commercial industry: an analysis of design for manufacturing and industrial reshoring

Fabricación aditiva, impresión 3D y optimización de la cadena de suministro en la industria comercial: un análisis del diseño para la fabricación y la repatriación productiva

Giovanne Galinari Oliveira

Mestre e Bacharel em Design de Produto pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). Pesquisador em ciência dos materiais e polímeros biodegradáveis com apoio da CAPES, com atuação iniciada em 2016 em modelagem 3D, prototipagem rápida e desenvolvimento de soluções de design industrial para o setor produtivo e ambientes comerciais.

Resumo

Este artigo analisa a aplicação da manufatura aditiva e da tecnologia de impressão 3D como ferramentas estratégicas de otimização de produtos e resiliência da cadeia de suprimentos no setor industrial e comercial. Fundamentando-se na literatura de design industrial, engenharia de produção e manufatura enxuta (*lean manufacturing*), o estudo investiga como o Design para Manufatura e Montagem (DFMA) e a prototipagem rápida reduzem o tempo de lançamento (*lead time*) de produtos e minimizam a dependência de fornecedores externos. Discute-se a transição da produção em massa centralizada para a manufatura distribuída sob demanda, avaliando os impactos do repatriamento produtivo (*reshoring*) na redução de custos logísticos e no fortalecimento da competitividade industrial.

Palavras-chave: Manufatura aditiva. Impressão 3D. Design de produto. Cadeia de suprimentos. Repatriamento produtivo.

Abstract

This article analyzes the application of additive manufacturing and 3D printing technology as strategic tools for product optimization and supply chain resilience within the industrial and commercial sectors. Grounded in industrial design literature, production engineering, and lean manufacturing, the study investigates how Design for Manufacture and Assembly (DFMA) and rapid prototyping reduce product lead times and minimize reliance on external suppliers. It discusses the transition from centralized mass production to localized on-demand manufacturing, evaluating the impacts of industrial reshoring on logistics cost reduction and the enhancement of manufacturing competitiveness.

Keywords: Additive manufacturing. 3D printing. Product design. Supply chain. Industrial reshoring.

Introdução

A reconfiguração da manufatura global na era da Indústria 4.0 exige do campo do design industrial a proposição de soluções de produção mais flexíveis, descentralizadas e eficientes. Conforme salientam Gibson, Rosen e Stucker (2015), a manufatura aditiva, popularmente conhecida como impressão 3D, transcendeu sua aplicação histórica limitada à prototipagem rápida para consolidar-se como uma tecnologia de fabricação direta de componentes finais e ferramentaria industrial. No contexto comercial contemporâneo, a vulnerabilidade das cadeias

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VI, v.1 2025 | submissão: 09/11/2025 | aceito: 11/11/2025 | publicação: 14/11/2025

globais de suprimentos e os custos crescentes de frete internacional impõem a necessidade de substituir modelos de produção concentrados por redes locais de fabricação sob demanda.

O desenvolvimento de produtos para ecossistemas comerciais e de hospitalidade demanda peças funcionais, fixtures modulares e invólucros ergonômicos capazes de suportar uso severo mantendo alto padrão estético. A utilização das metodologias tradicionais de injeção plástica ou usinagem subtrativa impõe prazos longos de confecção de moldes e exigências de lotes mínimos de produção extremamente elevados. A inadequação entre o design de produto e o processo produtivo resulta no represamento de capital em estoques e na incapacidade de responder com agilidade às mudanças de demanda do mercado.

O presente artigo propõe-se a discutir os fundamentos teóricos do design para manufatura aditiva, amparando-se em referenciais teóricos consolidados da engenharia e do design de produto. Por meio da análise sistemática dos princípios de geometria complexa, consolidação de montagens e fabricação distribuída, busca-se demonstrar que o design inteligente associado à impressão 3D atua como o vetor primário para o encurtamento do ciclo de desenvolvimento de produtos e para a redução drástica dos riscos logísticos da indústria moderna.

Metodologia

A abordagem metodológica adotada neste estudo baseia-se em uma revisão bibliográfica sistemática e na análise descritiva de modelos de design industrial aplicados à manufatura aditiva, uma estrutura recomendada por Ashby (2011) para a seleção de materiais e processos na concepção de novos produtos. A coleta de dados fundamenta-se em manuais técnicos de tecnologia de polímeros, especificações de sistemas de manufatura por modelagem por deposição fundida (FDM) e sinterização seletiva a laser (SLS), além da literatura acadêmica em engenharia de produção.

A análise contempla parâmetros operacionais da manufatura aditiva, tais como rugosidade superficial, anisotropia estrutural, orientação de preenchimento (*infill*), tempo de impressão e custo de material por unidade produzida. Tais variáveis foram correlacionadas com conceitos teóricos desenvolvidos por autores como Boothroyd, Dewhurst e Knight (2010), Womack e Jones (2003) e Hopkinson, Hague e Dickens (2006), que investigam o design para manufatura, o pensamento enxuto e a manufatura aditiva rápida.

Adicionalmente, a metodologia avalia o impacto econômico e ambiental do repatriamento da produção (*reshoring*) por meio de microfábricas locais. Examina-se a substituição do transporte marítimo de peças acabadas pela transferência digital de arquivos CAD e impressão sob

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VI, v.1 2025 | submissão: 09/11/2025 | aceito: 11/11/2025 | publicação: 14/11/2025

demanda próximo ao ponto de consumo, validando como o design focado em manufatura aditiva reduz a pegada de carbono e elimina o desperdício na cadeia de suprimentos.

Capítulo 1: Fundamentos do Design para Manufatura Aditiva e Consolidação de Componentes

O projeto de produtos voltado para a manufatura aditiva exige uma mudança fundamental nos paradigmas tradicionais de engenharia e design. Segundo Gibson, Rosen e Stucker (2015), o Design para Manufatura Aditiva (DfAM - *Design for Additive Manufacturing*) liberta o projetista das restrições impostas por ferramentas subtrativas ou moldes rígidos, permitindo a criação de geometrias complexas e estruturas celulares leves sem o aumento correspondente nos custos de fabricação. A liberdade de forma permite otimizar a funcionalidade da peça diretamente na fase de modelagem tridimensional.

A consolidação de montagens é uma das maiores vantagens econômicas e técnicas do DfAM. De acordo com os princípios formulados por Boothroyd, Dewhurst e Knight (2010), a redução do número de peças em um conjunto simplifica o processo de montagem, elimina pontos de falha por fixação mecânica (como parafusos e soldas) e reduz os custos de gerenciamento de inventário. Na manufatura aditiva, montagens complexas contendo articulações, dobradiças e canais internos de resfriamento podem ser impressas como um único componente funcional pré-montado (*print-in-place*).

A otimização topológica representa a aplicação matemática avançada do DfAM para a redução de massa. Utilizando algoritmos computacionais para redistribuir o material estritamente ao longo das linhas de tensão mecânica, obtêm-se peças significativamente mais leves que mantêm ou elevam a resistência estrutural necessária. Essa redução no volume de material traduz-se diretamente em menor tempo de impressão, menor consumo de energia e custos reduzidos de matéria-prima.

Além da otimização geométrica, o DfAM exige a consideração das variáveis físicas do processo de impressão, tais como orientação da peça na mesa de construção, necessidade de estruturas de suporte e direção das tensões mecânicas em relação ao acoplamento entre camadas. O correto planejamento do processo de fatiamento (*slicing*) previne delaminações e garante a precisão dimensional necessária para peças utilitárias de uso comercial intenso.

Conclui-se que o domínio do DfAM é o elemento que transforma a impressão 3D de uma ferramenta de prototipagem em um sistema viável de produção industrial. A inteligência aplicada no design reduz o consumo de materiais e otimiza a performance mecânica dos

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VI, v.1 2025 | submissão: 09/11/2025 | aceito: 11/11/2025 | publicação: 14/11/2025

produtos, estabelecendo a base para a criação de componentes comerciais de alta eficiência e baixo custo.

Capítulo 2: Resiliência da Cadeia de Suprimentos e a Transição para a Manufatura Distribuída

A fragilidade das redes globais de suprimentos, evidenciada por choques geopolíticos e aumentos nos custos de frete internacional, impôs a necessidade de reestruturação do modelo de produção centralizado. Conforme analisam Hopkinson, Hague e Dickens (2006), a transição do modelo de fabricação centralizado e distante para uma rede de manufatura distribuída e localizada redefine a logística industrial, permitindo que produtos sejam fabricados sob demanda no exato local e momento de sua necessidade comercial.

A manufatura distribuída baseia-se no armazenamento digital de modelos tridimensionais em substituição aos estoques físicos de peças sobressalentes. O conceito de "estoque digital" permite que empresas mantenham catálogos de produtos e componentes em servidores de nuvem seguros, enviando os arquivos de código de máquina diretamente para impressoras 3D instaladas regionalmente. Essa abordagem elimina a necessidade de grandes armazéns de peças de reposição e estanca as perdas por obsolescência de estoque.

A eliminação dos prazos de transporte internacional (*lead time*) representa uma vantagem competitiva decisiva para setores comerciais e de hospitalidade. A capacidade de produzir localmente fixtures de substituição, suportes ergonômicos e acessórios funcionais personalizados reduz o tempo de inatividade de instalações comerciais de semanas para poucas horas. A agilidade no atendimento de demandas operacionais específicas protege a continuidade do negócio e eleva o padrão de atendimento ao cliente final.

Além disso, a manufatura aditiva local viabiliza a produção sustentável alinhada aos princípios do pensamento enxuto (*lean manufacturing*). Como lecionam Womack e Jones (2003), o desperdício deve ser eliminado de todas as etapas do fluxo de valor. Fabricar apenas a quantidade exata de peças solicitadas, utilizando exclusivamente o material necessário para a formação do objeto, elimina os resíduos gerados pelo excesso de produção e pela estocagem prolongada.

Portanto, a manufatura distribuída sob demanda é um modelo de alta resiliência estratégica para a indústria moderna. A união entre design industrial focado em manufatura rápida e infraestrutura local de impressão 3D fortalece a soberania produtiva regional e blinda as corporações contra paralisações e custos imprevisíveis da logística internacional.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VI, v.1 2025 | submissão: 09/11/2025 | aceito: 11/11/2025 | publicação: 14/11/2025

Capítulo 3: Prototipagem Rápida, Validação Funcional e o Ciclo de Desenvolvimento de Produtos

A velocidade com que um novo produto evolui do conceito abstrato até a validação comercial no mercado é um indicador primário de competitividade no ecossistema industrial. Segundo Ulrich e Eppinger (2012), o ciclo tradicional de desenvolvimento de produtos enfrenta gargalos severos durante a fase de prototipagem física, onde a necessidade de terceirizar modelos conceituais gera atrasos e eleva os custos de desenvolvimento. A integração da prototipagem rápida baseada em impressão 3D acelera as iterações de design e reduz os riscos de lançamento.

A realização de iterações físicas rápidas permite aos designers e engenheiros testar e aprimorar a ergonomia, a usabilidade e a montagem de conjuntos funcionais diretamente na fase inicial do projeto. A capacidade de imprimir múltiplos modelos em poucas horas possibilita a realização de testes de pega, montagem com componentes eletrônicos e validação estética antes do congelamento da geometria final do produto. A identificação precoce de falhas de design evita alterações dispendiosas em estágios avançados de produção.

A prototipagem funcional estende-se ao teste de propriedades mecânicas e de resistência de materiais em condições reais de uso. A utilização de polímeros técnicos avançados, como policarbonato, náilon e compostos reforçados com fibra de carbono em impressoras 3D de qualidade industrial, permite a fabricação de protótipos com propriedades físicas semelhantes às das peças de produção em massa. Esses protótipos funcionais podem ser submetidos a ensaios de tração, impacto e fadiga térmica no próprio ambiente comercial do cliente.

A ponte entre a prototipagem e a produção de baixo volume é preenchida com eficiência pela manufatura aditiva. Para produtos comerciais de nicho ou edições limitadas, o custo de fabricação de um molde de injeção torna a operação inviável. A utilização da impressão 3D para a produção direta de lotes iniciais (*bridge manufacturing*) viabiliza o teste de aceitação de mercado com investimento inicial mínimo, permitindo a geração de receita imediata enquanto a escala do produto é avaliada.

Conclui-se que a prototipagem rápida e a validação funcional contínua redefinem a dinâmica de inovação na indústria de produtos. A redução do tempo de ciclo entre a ideia e o produto físico confere às empresas a agilidade necessária para liderar seus segmentos, lançando soluções inovadoras de alta qualidade e com riscos financeiros controlados.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VI, v.1 2025 | submissão: 09/11/2025 | aceito: 11/11/2025 | publicação: 14/11/2025

Capítulo 4: Design de Invólucros para IoT e Integração de Tecnologias em Ambientes Comerciais

A proliferação de dispositivos de Internet das Coisas (IoT) e sistemas inteligentes de automação em edifícios comerciais e estabelecimentos de hospitalidade impôs a necessidade de invólucros funcionais que protejam a tecnologia e integrem-se harmoniosamente ao ambiente arquitetônico. Conforme analisa Norman (2013), o design de produtos focados na interação humana deve equilibrar a clareza funcional com a estética perceptual, garantindo que o objeto seja intuitivo de usar e visualmente agradável no espaço em que se insere.

O design de invólucros (*enclosures*) para dispositivos inteligentes exige a consideração precisa das restrições de dissipação térmica, vedação contra umidade e poeira, e interferência em sinais de radiofrequência (Wi-Fi, Bluetooth e Zigbee). A seleção de materiais poliméricos com constantes dielétricas adequadas e a inclusão de grelhas de ventilação projetadas diretamente no modelo CAD garantem que o invólucro proteja a eletrônica interna sem prejudicar a comunicação sem fio ou causar superaquecimento dos circuitos.

A customização estética e estrutural de invólucros para marcas comerciais representa um diferencial de posicionamento no mercado de hospitalidade. A fabricação de caixas e suportes para sensores por meio de manufatura aditiva permite adaptar o formato, a cor e a textura do produto à identidade visual de hotéis, restaurantes e espaços temáticos. A ausência de limitação por moldes padronizados permite a criação de soluções exclusivas para cada projeto de interiores sem o custo proibitivo da personalização tradicional.

A durabilidade e a facilidade de manutenção de invólucros comerciais exigem o detalhamento de sistemas de fechamento e montagem eficientes. O uso de travas de pressão (*snap-fits*), roscas diretas para polímeros ou insertos metálicos recartilhados por calor no invólucro impresso garante que técnicos acessem os componentes eletrônicos internos para troca de baterias ou manutenção de forma rápida e sem danificar a estrutura externa do produto.

Portanto, o design industrial de invólucros para IoT em manufatura aditiva é a ponte que conecta a tecnologia invisível à experiência física do usuário. A capacidade de produzir proteções personalizadas, resistentes e esteticamente refinadas eleva o valor percebido das soluções de automação e consolida o design como elemento fundamental na modernização dos espaços comerciais.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VI, v.1 2025 | submissão: 09/11/2025 | aceito: 11/11/2025 | publicação: 14/11/2025

Capítulo 5: Análise de Custos de Produção, Viabilidade Econômica e Ponto de Equilíbrio no DfAM

A avaliação da viabilidade financeira da transição da manufatura tradicional por injeção plástica para a manufatura aditiva direta fundamenta-se na determinação precisa do ponto de equilíbrio econômico (*crossover point*). De acordo com Christensen (1997), a substituição de tecnologias consolidadas por novos métodos de fabricação exige uma análise rigorosa do Custo Total de Propriedade (TCO), que contemple não apenas os custos diretos de matéria-prima, mas a eliminação dos investimentos de capital inicial (*CAPEX*) em ferramentas e moldes industriais.
O modelo de custo da manufatura aditiva apresenta uma curva de custo unitário praticamente constante em relação ao volume de produção, ao contrário da moldagem por injeção, que exige amortização de moldes de alto custo inicial. O custo por unidade produzida na impressão 3D C*total* pode ser modelado formalmente pela relação:

$$C_{total} = C_{material} + \left(\frac{C_{maquina} + C_{energia}}{t_{impressao}} \right) + C_{pos-processamento}$$

Onde C*material* representa o custo do polímero consumido, C*maquina* a depreciação do equipamento por hora, t*impressao* o tempo total de execução e C*pos-processamento* os custos de acabamento. A ausência do termo de amortização de ferramentas fixas permite que lotes pequenos e médios (de 1 a 5.000 unidades) apresentem um custo unitário imbatível em comparação aos métodos tradicionais.
A redução dos custos indiretos associados à logística e estocagem consolida a vantagem financeira do DfAM em ecossistemas comerciais. O custo de oportunidade do capital parado em estoques e as perdas decorrentes do descarte de peças obsoletas são eliminados no modelo de produção sob demanda. A flexibilidade de alterar o design do produto no software sem incorrer em custos de refazimento de moldes reduz drasticamente o risco financeiro em lançamentos de novas linhas comerciais.
Contudo, a análise de viabilidade deve ponderar as limitações de velocidade de produção em larga escala e a exigência de pós-processamento manual em determinadas tecnologias de impressão. Para volumes produtivos massivos (acima de dezenas de milhares de unidades idênticas), a moldagem por injeção continua apresentando custos unitários inferiores. O papel do designer industrial é identificar a zona de transição volumétrica na qual a manufatura aditiva oferece a máxima eficiência financeira para o cliente.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VI, v.1 2025 | submissão: 09/11/2025 | aceito: 11/11/2025 | publicação: 14/11/2025

Conclui-se que a decisão econômica de adotar a manufatura aditiva deve basear-se em um diagnóstico financeiro amplo que considere todo o ciclo de vida do produto. A inteligência de design aplicada à redução de massa e consolidação de componentes desloca o ponto de equilíbrio a favor da impressão 3D, transformando a fabricação local sob demanda em uma estratégia de alta rentabilidade e eficiência patrimonial.

Capítulo 6: Treinamento Técnico e a Transferência de Conhecimento em Design Industrial

A consolidação da manufatura aditiva como pilar da indústria moderna depende estritamente da formação de quadros profissionais capacitados e da disseminação do conhecimento técnico em design industrial. Conforme teorizam Nonaka e Takeuchi (1995), a inovação sustentável nas organizações exige a conversão do conhecimento tácito de especialistas em conhecimento explícito codificado em manuais, programas de treinamento e metodologias de projeto reproduzíveis pela equipe técnica e por instituições parceiras.

A organização de seminários profissionais, workshops de fatiamento e oficinas de modelagem CAD focadas em DfAM é o meio primário de capacitação da força de trabalho industrial. A transferência de conhecimento sobre seleção de polímeros, técnicas de pós-processamento e otimização de fatiamento capacita designers, engenheiros e operadores a utilizarem a tecnologia de impressão 3D em todo o seu potencial produtivo, superando erros clássicos de orientação e parametrização.

A integração entre o saber acadêmico e as demandas reais do mercado produtivo fortalece a capacidade de inovação regional. A realização de atividades de extensão universitária, bancas de avaliação de trabalhos e palestras técnicas aproxima os estudantes de design e engenharia dos problemas da indústria de manufatura. Essa troca de experiências oxigena a universidade com demandas reais e fornece às empresas profissionais qualificados prontos para operar tecnologias avançadas de fabricação.

A elaboração de cartilhas didáticas, guias de aplicação prática de materiais e bancos de dados de parametrização de impressão formaliza a metodologia de trabalho do estúdio de design. A padronização da linguagem técnica e das etapas de validação de produto garante que novas equipes reproduzam o padrão de qualidade da empresa, facilitando a expansão das operações e a prestação de serviços de consultoria em larga escala.

Em suma, o investimento na educação técnica e na transferência de metodologias de design é um compromisso de responsabilidade social e desenvolvimento econômico. A democratização

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VI, v.1 2025 | submissão: 09/11/2025 | aceito: 11/11/2025 | publicação: 14/11/2025

do conhecimento em manufatura aditiva fortalece o tecido industrial local, estimula o empreendedorismo tecnológico e acelera a adoção de práticas produtivas eficientes e sustentáveis em toda a sociedade.

Considerações Finais

A investigação promovida ao longo deste artigo evidencia que a manufatura aditiva e a tecnologia de impressão 3D redefiniram a prática do design industrial e a organização das cadeias globais de suprimentos. A pesquisa demonstra que a capacidade de integrar o Design para Manufatura Aditiva (DfAM) desde as fases iniciais de concepção do produto é o elemento que transforma a impressão 3D de uma simples ferramenta de prototipagem em um sistema de fabricação direta altamente eficiente, flexível e economicamente viável para produtos comerciais.

A superação dos gargalos da cadeia de suprimentos por meio do repatriamento produtivo (*reshoring*) e da adoção do modelo de manufatura distribuída revela-se como uma estratégia essencial de resiliência corporativa. A substituição do transporte de peças físicas pelo armazenamento digital em nuvem e pela impressão local sob demanda elimina custos de frete internacional, reduz drasticamente os prazos de entrega e protege as empresas contra paralisações e oscilações do mercado externo.

O estudo reforça a relevância da prototipagem rápida e da validação funcional contínua no encurtamento do ciclo de desenvolvimento de novos produtos. A capacidade de realizar iterações físicas rápidas e testar materiais técnicos em condições reais de uso minimiza os riscos financeiros de lançamento e garante a entrega de peças funcionais, invólucros para IoT e fixtures comerciais de alta qualidade e durabilidade.

A análise quantitativa de custos produtivos e determinação do ponto de equilíbrio econômico evidencia que a eliminação de moldes industriais confere à manufatura aditiva uma vantagem financeira imbatível em lotes pequenos e médios. A otimização topológica e a redução de massa projetadas pelo designer deslocam os limites de viabilidade econômica, consolidando a impressão 3D como uma solução de alto ROI.

Além disso, o design direcionado à integração de tecnologias de automação e invólucros para IoT em ambientes comerciais confirma o papel do designer de produto como o articulador entre a funcionalidade eletrônica e a estética arquitetônica. A flexibilidade da manufatura aditiva permite produzir soluções customizadas de alto valor agregado sem o custo proibitivo de moldes industriais tradicionais.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VI, v.1 2025 | submissão: 09/11/2025 | aceito: 11/11/2025 | publicação: 14/11/2025

Ademais, a disseminação de metodologias de design e a transferência do conhecimento técnico por meio de treinamentos profissionais e parcerias acadêmicas asseguram a perpetuidade das boas práticas e a capacitação da força de trabalho local. Educar designers e engenheiros nas técnicas avançadas de DfAM fortalece o ecossistema produtivo e acelera a transição da indústria tradicional para modelos de produção digital e sustentável.

Conclui-se que o rigor técnico e a visão sistêmica na aplicação do design de produto são as ferramentas capazes de conectar a tecnologia à economia real. O investimento contínuo na otimização de projetos, no desenvolvimento de materiais e na formação de pessoas assegura a eficiência operacional da indústria, reduz impactos ambientais e impulsiona o desenvolvimento socioeconômico de forma duradoura.

Referências

- ASHBY, M. F. *Materials Selection in Mechanical Design*. 4. ed. Amsterdã: Butterworth-Heinemann, 2011.
- BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P.; KNIGHT, W. *Product Design for Manufacture and Assembly*. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.
- CHRISTENSEN, C. M. *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. 1. ed. Boston: Harvard Business School Press, 1997.
- GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUCKER, B. *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. 2. ed. Nova York: Springer, 2015.
- HOPKINSON, N.; HAGUE, R. J. M.; DICKENS, P. M. *Rapid Manufacturing: An Industrial Revolution for the Digital Age*. 1. ed. Chichester: Wiley, 2006.
- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. 1. ed. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- NORMAN, D. A. *The Design of Everyday Things*. 2. ed. Nova York: Basic Books, 2013.
- ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. *Product Design and Development*. 5. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2012.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. 2. ed. Nova York: Free Press, 2003.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.