

# REDUÇÃO DE CUSTO DA MANUFATURA ADITIVA NO PROCESSO INDUSTRIAL 4.0

Queiroz, Tais Silva  
FREITAS FILHO, Fernando Luiz

## RESUMO

Neste artigo, o foco está na tecnologia de impressão 3D, também conhecida como prototipagem rápida, realizada em qualquer modelo de impressora com essa capacidade. Destaca-se a capacidade dessa inovação em reduzir o tempo necessário para fabricar moldes e diminuir os custos associados a esse processo. Nos últimos tempos, a impressão 3D tem despertado o interesse, gerando questionamentos e gerando satisfação no mercado devido à sua eficiência em replicar de forma extremamente precisa as características físicas e mecânicas dos protótipos. Em geral, a economia busca sempre maximizar os lucros, minimizar os gastos e otimizar os processos, independentemente do setor ou tamanho da empresa. Este artigo apresentará um estudo de caso, apoiado por dados e pesquisas, que demonstra como a impressão 3D desempenha um papel fundamental como uma ferramenta de suporte e melhoria em uma empresa do setor de Automação.

**Palavras-chave:** Impressora 3D; Inovação Tecnológica; Melhoria em processos.

## 1. Introdução

No cenário contemporâneo da Indústria 4.0, marcado pela interconexão de sistemas, automação avançada e análise de dados em tempo real, a manufatura aditiva emerge como uma promissora ferramenta de transformação para o processo produtivo. A capacidade de criar objetos camada a camada a partir de modelos digitais não apenas redefine as limitações da produção tradicional, mas também se harmoniza intrinsecamente com os princípios da Indústria 4.0. Este trabalho de conclusão de curso propõe analisar a redução de custo da manufatura aditiva no âmbito do processo produtivo na Indústria 4.0. Em um contexto em que a personalização, a eficiência e a flexibilidade são imperativos, explorar a potencialidade da manufatura aditiva.

Por meio de uma revisão sistemática da literatura e análise, esta pesquisa busca não apenas elucidar os fundamentos teóricos subjacentes à manufatura aditiva e à Indústria 4.0, mas também explorar de maneira concreta como a manufatura aditiva pode ser concretamente implementada e alinhada com as demandas da produção.

Ao investigar como a manufatura aditiva pode ser adequadamente otimizada no contexto da Indústria 4.0, este estudo visa contribuir para o

arcabouço de conhecimento acadêmico e prático nessa interseção crucial entre inovações de fabricação e paradigmas industriais emergentes.

Com base em uma abordagem metodológica robusta, espera-se oferecer insights sólidos.

Agopyan, Souza, Paliari e Andrade (1998) enfatizam a importância de otimizar recursos, como mão de obra, materiais e equipamentos, para reduzir custos na produção de bens e serviços. Isso é particularmente relevante em um ambiente globalizado e altamente competitivo, onde a sobrevivência e a lucratividade das empresas dependem dessa otimização.

No mundo, a taxa de crescimento anual do mercado de manufatura aditiva (MA) está acima de 20%. A expectativa é que, até 2027, alcance o valor de US\$44 bilhões, segundo a Research and Markets (hoje, este mercado está avaliado em US\$16,8 bilhões). Esse cenário promissor destaca a importância do Brasil se posicionar como parte integrante desta perspectiva de uso das tecnologias de MA.

Dentre as novas tecnologias que surgiram, destaca-se a manufatura aditiva (MA), também conhecida como impressão 3D. Originada na década de 80, primeiro com Ideo Kodama em 1981 e posteriormente com Charles Chuck Hull em 1984, juntamente com a estereolitografia (SLA), a MA permite a criação de modelos tridimensionais a partir de dados digitais (FREITAS, 2016). Inicialmente, seu foco era a produção de protótipos, mas nos últimos anos, devido à redução de custos e à crescente popularização dessas tecnologias de impressão 3D, tem havido uma intensificação e diversificação significativa em sua aplicação (REIS, 2018).

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é analisar a redução de custo da manufatura aditiva no processo produtivo INDÚSTRIA 4.0. Para alcançar esse propósito, pretende-se, realizar uma revisão bibliográfica sobre os princípios da manufatura aditiva, suas aplicações industriais. Análise sobre redução de custos e vai ser baseado através da implementação das impressoras.

Ao final deste estudo, espera-se fornecer um entendimento aprofundado sobre a manufatura aditiva como meio de alcançar redução de custos e lead time na indústria.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste item, destaca-se a importância de compreender o fenômeno relacionado à redução de custos na indústria automotiva. Além disso, será abordado o entendimento do funcionamento da impressora 3D, explorando algumas de suas metodologias aplicáveis. Essa abordagem visa proporcionar uma base sólida para um melhor entendimento ao longo do processo de estudo.

### **2.1 INDÚSTRIA 4.0: TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA MANUFATURA**

Para Coutinho (1992), importantes soluções emergiram na segunda metade dos anos 1970, mas intensificadas nos anos 1980, substituindo a eletromecânica pela automação com base na eletrônica (microprocessadores guiando os sistemas de máquinas ou partes deles), impactando fortemente na automação industrial, modelo inclui como base, tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), uma rede pela qual as máquinas conseguem se comunicar via internet, não somente a comunicação, como também o compartilhamento de informações e dados para o desenvolvimento e conclusão de diversas tarefas e, além dessa tecnologia, há evolução na impressão 3D.

A Indústria 4.0, uma abordagem que reflete a quarta revolução industrial, redefine a produção através da integração de sistemas inteligentes e conectados. Os sistemas ciber físicos e a Internet das Coisas (IoT) formam a espinha dorsal dessa transformação, permitindo uma comunicação bidirecional entre máquinas e sistemas de análise em tempo real. A automação avançada, aliada à coleta de dados em tempo real, sustenta a tomada de decisões informada e a personalização em massa.

### **2.2 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA INTEGRAÇÃO**

Hermann, Pentek, Otto (2015) elencam algumas características gerais do conjunto de tecnologias. De forma ampla, quando aplicado à Indústria 4.0, o conceito denota as capacidades das tecnologias de interagirem entre si e com as pessoas no decorrer do processo de produção.

A convergência da manufatura aditiva com a Indústria 4.0 resulta em uma série de vantagens competitivas. A produção sob demanda, a redução de estoques e a customização em massa são apenas algumas das muitas possibilidades. No entanto, desafios técnicos como a validação de peças impressas, a garantia de consistência na qualidade e a gestão da variabilidade de materiais também devem ser considerados para uma implementação bem-sucedida.

De Weck et al. (2013) apresenta 24 áreas tecnológicas importantes e promissoras para a manufatura nos próximos anos. Esta fundamentação teórica estabelece uma base sólida para a análise crítica e investigação prática que serão conduzidas ao longo deste estudo. Ao entender a interação entre a manufatura aditiva, os princípios da Indústria 4.0 e as estratégias de otimização, busca-se não apenas agregar conhecimento ao campo, mas também contribuir para a aplicação eficaz dessa tecnologia na busca por redução de custos e lead time em processos produtivos.

A estratégia de redução de montagens em impressoras 3D consiste em projetar e imprimir produtos ou componentes que, em processos tradicionais, seriam compostos por várias peças montadas separadamente. Isso é possível graças à capacidade intrínseca da impressão 3D de criar geometrias complexas e precisas em uma única operação. Em vez de imprimir várias partes e depois montá-las, essa abordagem permite que o produto seja fabricado como uma única unidade, eliminando a necessidade de montagens posteriores, são fundamentais para garantir a integridade e a qualidade do produto.

A aplicação eficaz da estratégia de redução de montagens em impressoras 3D oferece benefícios significativos. A eliminação de montagens complexas reduz significativamente o tempo e os recursos necessários para a fabricação. Os produtos são mais leves, uma vez que não há necessidade de peças adicionais de fixação, e apresentam maior durabilidade e precisão dimensional. Além disso, a otimização do uso de materiais contribui para a sustentabilidade ambiental, reduzindo o desperdício.

### **2.2.1 Importância em reduzir custos na indústria**

Como citado na introdução, a redução de custos é relevante principalmente nesta evolução da indústria 4.0. Oliveira, Perez e Silva (2015) destacam que, tradicionalmente, a análise de custos é conhecida e praticada como o processo de avaliação do impacto financeiro das decisões gerenciais alternativas.

Martins (1998) destaca que um compromisso muito forte na contabilidade estratégica é devido ao longo prazo, pois há a obrigação de começar a introduzir indicadores, procurar identificar quais são, implantar acompanhamento para verificar as aderências da empresa com relação ao seu plano estratégico e uma ampliação muito forte para que passem a agregar informações, além das monetárias, as físicas, de produtividade e de qualidade, que são amplamente subjetivas.

### **2.2.2 REDUÇÃO DE CUSTO COM A UTILIZAÇÃO DA MANUFATURA ADITIVA**

A Manufatura Aditiva se destaca como uma tecnologia de produção inovadora com o potencial de otimizar o processo produtivo e, conseqüentemente, reduzir custos em diversas indústrias. A seguir, exploraremos como a Manufatura Aditiva contribui para a eficiência e economia de recursos.

Segundo LWT Sistemas (2016), em breve essa tecnologia irá revolucionar a logística industrial e sua cadeia produtiva impactando processos cada vez mais práticos e inteligentes.

Kardec e Nascif (2001) Considera-se que a competitividade no mercado e o rápido avanço tecnológico nas indústrias são motivos que respaldam o investimento das empresas em elevados padrões tecnológicos, visando aprimorar e otimizar seus procedimentos. Nesse contexto, as organizações buscam aperfeiçoamentos na produção, redução de despesas e de tempo, com o intuito de tornarem-se mais competitivas mediante aprimoramentos na qualidade e produtividade de seus produtos, processos e serviços.

Um dos principais benefícios da Manufatura Aditiva na redução de custos está na significativa diminuição do desperdício de material. Enquanto métodos tradicionais frequentemente envolvem a remoção de material de peças brutas, a Manufatura Aditiva constrói objetos adicionando material apenas onde é necessário. Isso resulta em uma utilização mais eficiente de matérias-primas, reduzindo custos relacionados à compra e ao descarte de material excedente.

A Manufatura Aditiva permite a personalização em massa de produtos a custos acessíveis. Isso é particularmente relevante em setores como a indústria médica e de consumo, onde a produção de dispositivos médicos personalizados, próteses ou produtos customizados para o consumidor final se torna economicamente viável. A eliminação da necessidade de ferramentas e moldes caros, comuns em processos de fabricação tradicionais, também contribui para a redução de custos.

A Manufatura Aditiva é uma ferramenta valiosa para a prototipagem rápida. A capacidade de criar protótipos funcionalmente equivalentes de peças ou produtos em questão de horas ou dias, em oposição às semanas ou meses requeridos em métodos convencionais, economiza tempo e recursos substanciais. Duarte (2014) Sustenta-se que a estereolitografia, desenvolvida em 1984, é a tecnologia pioneira na impressão 3D, destacando-se como um dos métodos mais detalhados de prototipagem rápida foi criada pelo engenheiro físico norte-americano Chuck Hull. Esse processo acelera o ciclo de desenvolvimento de produtos, permite identificar erros e otimizar designs antes de investir em ferramentas caras de produção em larga escala.

A Manufatura Aditiva permite a criação de peças altamente complexas com a mesma facilidade de produção de peças simples, sem aumento significativo de custo. Isso se deve ao fato de que o processo camada por camada é agnóstico em relação à complexidade geométrica. Portanto, a economia de custos advém da capacidade de criar peças complexas e altamente funcionais que seriam difíceis ou impossíveis de serem fabricadas por métodos tradicionais.

Em relação à gestão estratégica de custos, Trajano, Welter, Souza e Schmidt (2018) destaca-se a importância crescente de estratégias perspicazes diante da concentração de empresas competindo agressivamente no mercado em busca de redução no processo produtivo.

A capacidade de produzir peças e produtos com rapidez e eficiência, sem a necessidade de ferramentas ou moldes complexos, reduz o tempo necessário para levar um produto ao mercado. Isso não apenas economiza custos indiretos, como custos de armazenamento e oportunidades de mercado perdidas, mas também melhora a eficácia da cadeia de suprimentos e permite uma resposta mais ágil às demandas do mercado.

Em resumo, a Manufatura Aditiva tem o potencial de otimizar o processo produtivo, reduzir custos e criar produtos altamente personalizados e complexos. À medida que a tecnologia continua a evoluir e se torna mais acessível, seu impacto na economia global e na eficiência da produção deverá ser ainda mais significativo. Esta pesquisa visa explorar mais profundamente esses benefícios e seu impacto em diferentes indústrias.

### **3. ESTUDO DE CASO**

A entidade objeto deste estudo de caso é a Audaces, notória por seu histórico internacional de inovação e excelência. Com três décadas de atuação, a Audaces destaca-se no desenvolvimento de sistemas e equipamentos inteligentes, caracterizados pela facilidade de utilização. Esta empresa brasileira, que mantém presença global em mais de 70 países com uma rede de mais de 30 franquias, opera atualmente a partir de três unidades localizadas em Florianópolis, Palhoça e na Itália, incorporando tecnologias de automação avançadas no contexto da Indústria 4.0.

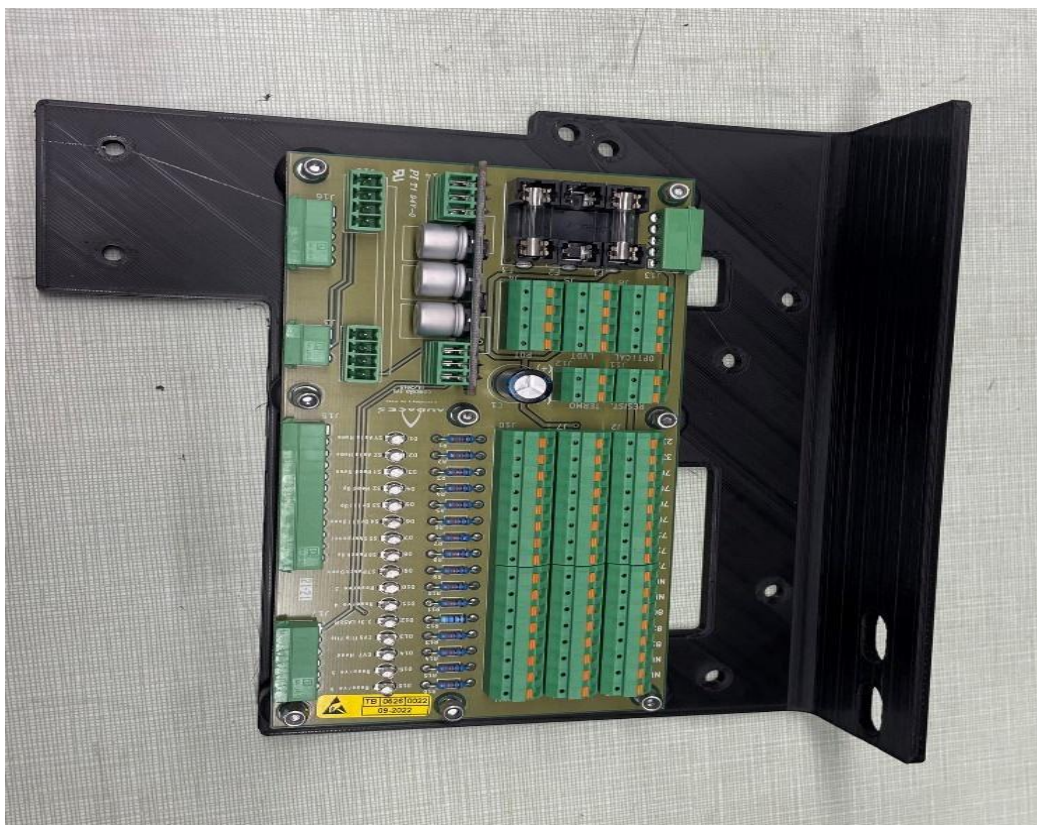
A introdução da impressão 3D na otimização industrial da Audaces, iniciada em maio de 2022, está em fase inicial de implementação. Neste estudo, a empresa adotou uma abordagem que incorpora uma impressora da marca Creality, uma escolha estratégica visando evitar possíveis complexidades durante a fase de implementação e evidenciando o comprometimento da empresa com a eficácia do projeto.

O processo de integração das peças produzidas pela impressora inicia-se com uma análise detalhada realizada pela equipe responsável. Nessa fase, são identificadas as peças que podem ser substituídas por aquelas produzidas por

impressão 3D, utilizando materiais compatíveis. Em seguida, são conduzidos testes de resistência nas peças impressas, seguidos pela sua integração na linha de produção para avaliação de durabilidade máxima em um ambiente operacional real. Após a identificação e integração das peças, um procedimento de escaneamento é executado para assegurar uma documentação adequada. Posteriormente, as peças escaneadas passam por ajustes, quando necessário, utilizando o software especializado "Simplify3D". É saliente que a operação da impressora requer apenas conhecimentos básicos de informática, dispensando habilidades técnicas avançadas.

A Figura 1 apresenta exemplo visual de peça manufaturada por meio da impressora 3D, destacando a materialização concreta do processo de otimização industrial implementado pela Audaces.

**Figura 1**



**Fonte:** Empresa realizada o estudo de caso.

A impressora demonstra versatilidade ao imprimir em diversos materiais, incluindo ABS, PLA, PETG, Flexível, Tritan, PVA e Nylon, eliminando a dependência de um fornecedor específico para a aquisição de filamento, que serve como matéria-prima. Para avaliar o custo operacional mensal da impressora, consideramos um cenário realista de utilização média de 20 dias por mês, com cada operação de impressão variando de 5 a 10 horas.

No contexto supracitado, calculamos o custo total do consumo mensal da impressora, levando em conta a tarifa estabelecida para cada 100 kWh utilizados pela indústria, considerando a aplicação da Bandeira Vermelha - Patamar 2, que implica condições mais custosas de geração. A tarifa sofre um acréscimo de R\$9,492 para cada 100 kWh consumidos, conforme dados obtidos junto à Celesc.

Cumprido destacar que, em termos de instalação, a impressora requer simplesmente uma superfície firme, como uma mesa ou bancada, evidenciando sua praticidade de acomodação no ambiente operacional

### **3.1 ANÁLISE DE CUSTO**

A introdução da impressora 3D teve um impacto substancial nos aspectos financeiros e temporais do projeto. Inicialmente, os custos eram estimados em até R\$ 15.000, associados a um período de 60 dias para corrigir imprecisões nas peças do processo anterior. A transição para a impressora 3D resultou em uma notável redução no custo médio total, que agora se estabiliza em R\$ 1.916,31, e uma significativa diminuição no tempo necessário para a conclusão de cada projeto, estabelecendo-se em 15 dias.

Vale ressaltar que o custo de impressão varia conforme o material empregado. No caso do plástico PLA, por exemplo, o valor de aproximadamente R\$ 96,00 por quilograma de filamento contribui para a manutenção de um custo global relativamente baixo, especialmente quando se trabalha com moldes de baixo peso.

A análise comparativa evidencia a redução de custos ao substituir componentes metálicos por peças fabricadas por impressão 3D, consolidando a eficiência econômica e temporal obtida com essa inovação tecnológica.

**Tabela 1. Valores dos custos de insumos e energia utilizados na impressora 3D.**

Custos Diretos	Custo
PLA + PEGT	R\$ 96,00
Agulhas, cola	R\$ 15,90
Energia elétrica	R\$ 9,42
Total	R\$ 121,32

**Fonte:** Empresa realizada o estudo de caso.

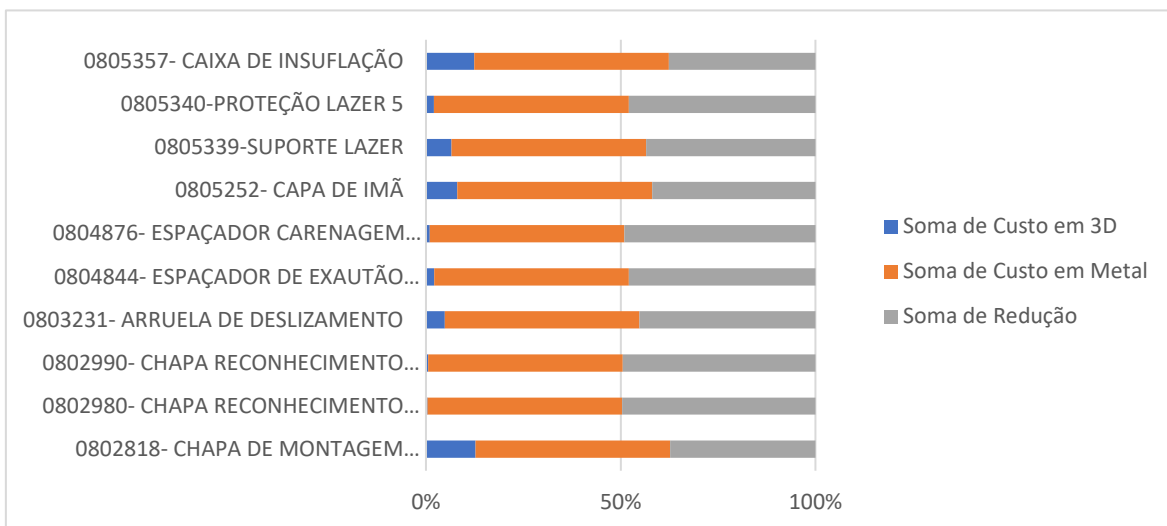
**Tabela 2. Comparativo de Peça 3D X Usinada**

Descrição	Custo por peça
Antes da impressora	R\$ 301,74
Após a impressora	R\$ 5,68
Economia (R\$)	R\$ 296,06
Economia (%)	98,03%

**Fonte:** Empresa realizada o estudo de caso.

Nos resultados obtidos, ressalta-se a capacidade de personalização das peças, compatíveis com uma variedade de materiais de impressão, conferindo à empresa flexibilidade para produzir conforme suas necessidades. Segundo Canessa, Fonda e Zennaro (2013), um dos principais benefícios da impressão 3D é a significativa redução de custos, evidenciada por uma redução superior a 90% na substituição de peças de metais para peças em máquinas 3D, como revelado no estudo de caso. Portanto, é possível concluir que a aplicação da impressão 3D no processo produtivo não apenas é vantajosa, mas também pode resultar em impactos positivos nas finanças da empresa. A economia mencionada, configura-se como uma vantagem competitiva, conforme apontado por Martins (1998), que destaca a importância de contabilidade estratégica de custos considerando diversos aspectos.

Essa vantagem, como evidenciado pelo caso analisado, desempenha um papel crucial ao alinhar os controles de custos à estratégia da empresa, promovendo um melhor desempenho, conforme afirmado por Vizzotto.



**Figura 1 – Gráfico de custo**

**Fonte:** Empresa realizada o estudo de caso.

Camargo (2019). A incorporação da tecnologia de impressão 3D possibilitou à empresa AUDACES obter uma série de melhorias substanciais em sua operação, o que resultou não apenas no aumento de sua eficiência, mas também na consolidação de uma posição mais competitiva no mercado. Além disso, essas melhorias impactaram positivamente toda a cadeia de produção, desde os fabricantes até os clientes finais, ao mesmo tempo em que aprimoraram ainda mais a qualidade de seus produtos. Essas melhorias são evidenciadas nas seguintes situações:

**Redução de custos de produção:** A implementação da tecnologia de impressão 3D permitiu à AUDACES reduzir significativamente os custos de produção, uma vez que elimina a necessidade de ferramentas e moldes caros, além de minimizar os desperdícios de material.

**Customização eficiente:** A capacidade de produção sob demanda proporcionada pela impressão 3D permitiu à empresa personalizar produtos de acordo com as necessidades específicas de cada cliente, atendendo a uma variedade de requisitos e preferências de forma ágil e eficiente.

**Tempo de comercialização mais curto:** A fabricação aditiva agiliza o processo de prototipagem e produção, reduzindo o tempo necessário para lançar novos produtos no mercado. Isso resulta em maior flexibilidade e capacidade de resposta a mudanças nas demandas do mercado, o que é crucial em um ambiente empresarial dinâmico.

Gestão de resíduos e impacto ambiental reduzido: A tecnologia de impressão 3D é conhecida por produzir menos resíduos em comparação com métodos tradicionais de fabricação, contribuindo assim para a redução do impacto ambiental e promovendo práticas de negócios mais sustentáveis.

Design otimizado: A empresa AUDACES pode explorar designs complexos e altamente otimizados que seriam difíceis ou impossíveis de alcançar com métodos convencionais de fabricação. Isso resulta em produtos mais leves, eficientes e inovadores, atendendo às demandas de um mercado em constante evolução.

Melhorias na logística: A impressão 3D simplifica a cadeia de suprimentos, permitindo a produção localizada ou regionalizada, o que, por sua vez, reduz custos de transporte e armazenamento, otimizando a logística da empresa.

Personalização em massa: A tecnologia de impressão 3D oferece a capacidade de produzir produtos altamente personalizados em escala, atendendo a diferentes públicos e mercados de nicho. Isso pode resultar em uma maior fidelização do cliente e na exploração de novas oportunidades de negócios.

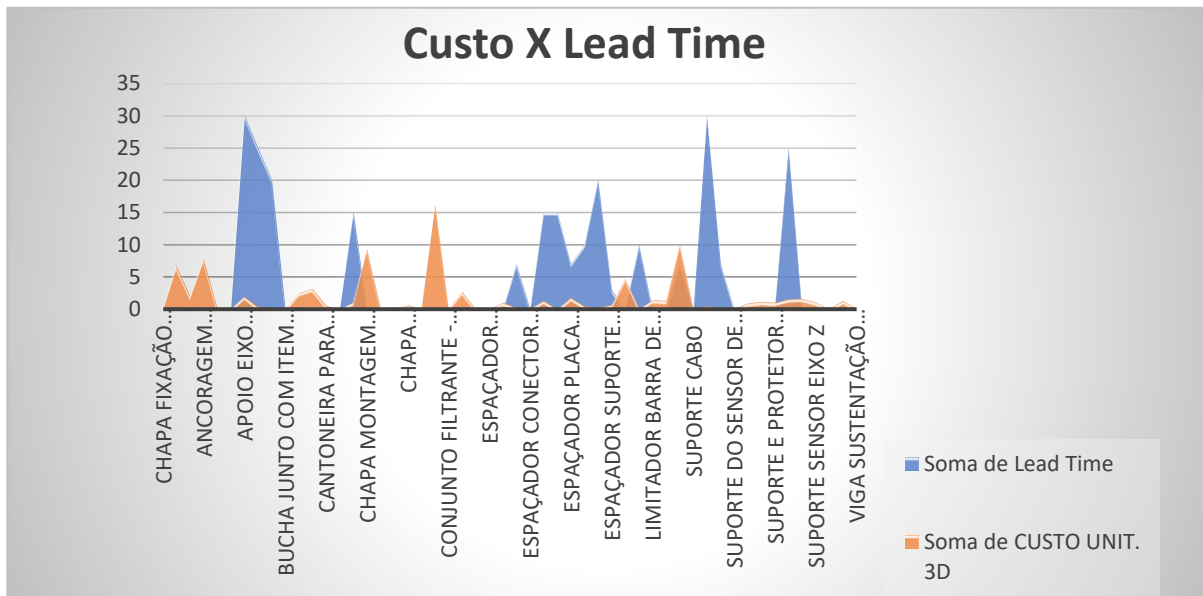
Essas melhorias destacam como a adoção da impressão 3D pela AUDACES teve um impacto profundamente positivo em sua eficiência operacional, competitividade e qualidade dos produtos. Além disso, esses benefícios se estenderam a toda a cadeia de produção, demonstrando a eficácia dessa decisão estratégica.

**Figura 2 – Gráfico redução de custo**

Rótulos de Linha	Soma de Custo em 3D	Soma de Custo em Metal	Soma de Redução
0802818- CHAPA DE MONTAGEM PLACA	8,83	34,7	25,87
0802980- CHAPA RECONHECIMENTO DESCIDA	0,84	103,5	102,66
0802990- CHAPA RECONHECIMENTO SUBIDA	0,84	75	74,16
0803231- ARRUELA DE DESLIZAMENTO	3,33	34,64	31,31
0804844- ESPAÇADOR DE EXAUTÃO COMPACTA	1,51	35,7	34,19
0804876- ESPAÇADOR CARENAGEM AFIADOR	5,68	301,74	296,06
0805252- CAPA DE IMÃ	4,2	26	21,8
0805339-SUPORTE LAZER	7,87	60	52,13
0805340-PROTEÇÃO LAZER 5	0,83	20	19,17
0805357- CAIXA DE INSUFLAÇÃO	4,95	20	15,05
<b>Total Geral</b>	<b>38,88</b>	<b>711,28</b>	<b>672,4</b>

**Fonte:** Empresa realizada o estudo de caso.

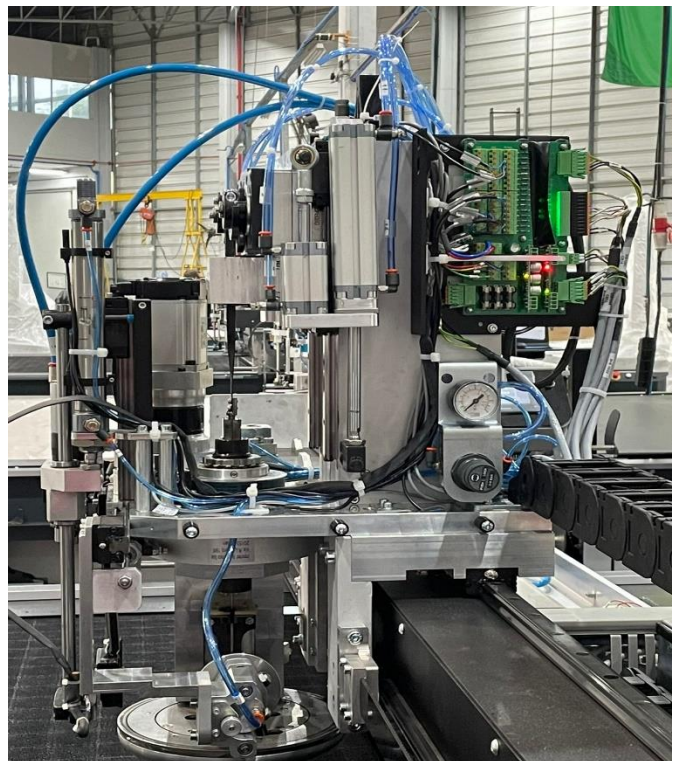
Figura 3 – Gráfico de análise de custo x lead time



Fonte: Empresa realizada o estudo de caso.



Peça 3D IMPLEMENTADA



Peça 3D IMPLEMENTADA

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Unicamente, pode-se concluir que o avanço da tecnologia desbloqueia oportunidades para crescimento e aprimoramento nos processos em que é aplicada. A empresa Audaces no setor da Automação, exemplifica um êxito significativo ao incorporar uma impressora 3D em seu fluxo de trabalho, resultando em maior eficiência e uma drástica redução nos prazos de entrega de projetos.

A adoção bem-sucedida de um equipamento inovador como a impressora 3D requer uma visão contemporânea e conexão com as tendências. Embora seja novidade para alguns, para outros já é um componente essencial de seus processos. No caso deste estudo, a viabilidade da impressora 3D foi prontamente comprovada, uma vez que, no primeiro mês, o investimento começou a ser

recuperado. Um projeto que antes demandava até 60 dias foi reduzido para meros 5, e os custos despencaram.

Mesmo em setores mais complexos, como a medicina, onde as impressoras podem ser mais dispendiosas, os benefícios se justificam pela eficácia.

A tecnologia de impressão 3D oferece diversas vantagens no setor industrial, notadamente a redução do desperdício de matéria-prima, visto que cada projeto utiliza apenas a quantidade necessária para criar protótipos em camadas. Antes, o processo envolvia um desperdício considerável de matéria-prima. Com a impressão 3D, a precisão aumentou, os custos e o tempo diminuíram, resultando em uma notória melhoria na qualidade final do produto e, por conseguinte, maior satisfação do cliente.

Especialistas em logística já vislumbram mudanças na cadeia de suprimentos, nas quais aqueles que buscam expandir no mercado devem se adaptar a novos conceitos tecnológicos e métodos de distribuição. A Indústria 4.0 já é uma realidade, apresentando novos conceitos que impulsionam uma indústria mais produtiva, com tecnologia da informação integrada em seus processos. Nesse contexto, a impressão 3D desempenha um papel significativo, como evidenciado no estudo de caso apresentado. A impressora 3D está reformulando o mercado industrial, e a tendência de crescimento é notável, com

a promessa de, eventualmente, chegar às residências, embora, por enquanto, seu uso permaneça predominantemente restrito às empresas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EDUARDO G., RICARDO D., BRUNO R., JOSÉ S., FABRÍCIO D., EDUARDO S., WALTER J., FABIO B. Use of 3D Printing in Preoperative Planning and Training for Aortic Endovascular Repair and Aortic Valve Disease. *Revista Cardiovasc*, 2018. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-76382018000500490](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-76382018000500490) Acesso em: 20 de novembro de 2023.,

DUART, H. Descubra como surgiu a impressora 3D. *Tech tudo*, 2014. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/noticia/2014/04/descubra-como-surgiu-impressora-3d.html> <https://www.pfizerpro.com.br/blog-eudoutor/tecnologia/as-aplica%C3%A7%C3%B5es-da-impress%C3%A3o-3d-na-medicina-e-promessas-para-os-pr%C3%B3ximos-anos> acesso em: 20 de novembro de 2023.

GORNI, A. Introdução à Prototipagem rápida e seus processos. *revista Plástico Industrial*, 2003. Disponível em: <http://www.gorni.eng.br/protrap.html>. Acesso em: 20 de novembro de 2023.

GROOVER, M. P. *Fundamentals of modern manufacturing: materials processes, and systems*. New Jersey: John Wiley & Sons, 4th Edition, 2007.

GROOVER, M. P.. *Fundamentals of modern manufacturing: materials processes, and systems*. New Jersey: John Wiley & Sons, 4th Edition, 2007.

HAMMER, C., KOSTROCH, D., QUIROS, G. Big Data: Potential, Challenges and Statistical Implications. *International Monetary Fund*. 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.

JAEBUM S., DIANA V., MARÍA G., PAOLA C. An Update on Orthopedic Applications Using 3-Dimensional Printing Technologies, *Revista Ingeniería Biomédica*, 2017.

MICALLEF, Joe. *Begining. Design for 3D printing*. Califórnia: Apress, 2015.

VAZ, J. C. Redução de custo. In: Contador, J. C. *Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa*. (2a ed.). São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

VAZ, J. C. Redução de custo. In: Contador, J. C. *Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa*. (2a ed.). São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

