

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2**



**CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2



CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Carlos Eduardo Sanches de Andrade

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de produção 2 / Organizador Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-570-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.706211910>

1. Engenharia de produção. I. Andrade, Carlos Eduardo Sanches de (Organizador). II. Título.

CDD 670

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

A obra “Desafios da Engenharia: Engenharia de Produção 2” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 18 capítulos, estudos sobre diversos aspectos que mostram como a Engenharia de Produção pode atender as novas demandas de um mundo globalizado e competitivo.

A evolução da sociedade e da tecnologia no mundo atual impõe novos desafios, tornando urgente a busca de soluções adequadas a esse novo ambiente. O desenvolvimento econômico das cidades e a qualidade de vida das pessoas dependem da eficiência e eficácia dos processos produtivos, objeto dos estudos realizados na Engenharia de Produção.

No contexto brasileiro, num período pós pandemia, a crise econômica se agrava e é necessário procurar novos caminhos para alavancar o crescimento econômico. Assim a Engenharia de Produção pode ser um elemento importante para enfrentar esses novos desafios.

Os trabalhos compilados nessa obra abrangem diferentes perspectivas da Engenharia de Produção.

A gestão de processos e a gestão financeira são abordadas. Diversos outros temas, em português, espanhol e inglês são também abordados, como os impactos ambientais e epidemiológicos do processo produtivo.

Agradecemos aos autores dos diversos capítulos apresentados e esperamos que essa compilação seja proveitosa para os leitores.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **APLICAÇÃO DE UM MODELO DE GESTÃO FINANCEIRA EM UMA ORGANIZAÇÃO DO TERCEIRO SETOR**

Antonielli Silva Alencar  
Stella Jacyszyn Bachega  
Dalton Matsuo Tavares

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119101>

### **CAPÍTULO 2..... 13**

#### **GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA AMBEV-CERVEJARIA ÁGUAS CLARAS**

Everton Oliveira Santos  
Antônio Vieira Matos Neto  
Laís Gomes Barbosa da Silva  
Marcos Antonio Passos Chagas  
Bento Francisco dos Santos Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119102>

### **CAPÍTULO 3..... 27**

#### **ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E EPIDEMIOLÓGICOS A PARTIR DO DESCARTE INADEQUADO DE PNEUS EM ÁREAS NÃO CONTROLADAS**

Denise Dantas Muniz  
Renata Dantas Muniz de Queiroz  
Emerson Nóbrega de Medeiros  
Letícia Dantas Muniz Alves  
Paulo Roberto Ribeiro Marques  
Eduardo Braga Costa Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119103>

### **CAPÍTULO 4..... 39**

#### **ANÁLISE DAS ABORDAGENS DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> NO SERVIÇO DE TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS POR METRÔS**

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119104>

### **CAPÍTULO 5..... 53**

#### **ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES EN UN CONCENTRADOR SOLAR PTC USANDO ACEITE TÉRMICO SYL THERM 800 COMO FLUIDO DE TRABAJO**

Ernesto Enciso Contreras  
Jesús de la Cruz Alejo  
Juan Gabriel Barbosa Saldaña  
María Belem Arce Vázquez  
Irving Cardel Alcocer Guillermo  
Sergio Maldonado Mercado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119105>

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>63</b>
ASSIGNMENT MODEL FOR THE PERUVIAN FILM INDUSTRY	
Mario Edison Ninaquispe Soto	
Gianni Michael Zelada García	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119106">https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119106</a>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>71</b>
DEVELOPMENT OF THE TOOL “APERMET” FOR COMPLEMENTING THE ANALYSIS OF STEEL STRUCTURES IN TEACHING	
Jesús Montero Martínez	
Santiago Laserna Arcas	
Jorge Cervera Gascó	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119107">https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119107</a>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>86</b>
DISPENSO DE RAÇÃO EM PÓ DE PEIXES POR PROTÓTIPO DE ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
Rafael Itamar da Silva	
Harthur Guzzi Madalosso	
Carlos Eduardo Zacarkim	
Luciano Caetano de Oliveira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119108">https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119108</a>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>96</b>
ESCOAMENTO DE RAÇÃO POR UM DOSADOR AUTOMÁTICO UTILIZANDO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP)	
Rafael Itamar da Silva	
Dircelei Sponchiado	
Maurício Guy de Andrade	
Luciano Caetano de Oliveira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119109">https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119109</a>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>107</b>
MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA PyME CON HERRAMIENTAS DE TEORÍA DE RESTRICCIONES	
Jorge Tomás Gutiérrez Villegas	
María Leticia Silva Ríos	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191010">https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191010</a>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>117</b>
METODOLOGÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA MATRIZ DE INSUMO-PRODUCTO DE MÉXICO 2014. (MIPM_2014)	
Santiago Marquina Benítez	
Octaviano Juárez Romero	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191011">https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191011</a>	

<b>CAPÍTULO 12.....</b>	<b>138</b>
OS IMPACTOS DA IMPRESSÃO 3D NA FABRICAÇÃO DE MOLDES PARA INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS	
Marco Aurélio Feriotti	
Davi de Medeiros Marcelino	
José Martino Neto	
Jorge Luiz Rosa	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191012">https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191012</a>	
<b>CAPÍTULO 13.....</b>	<b>152</b>
PROPOSAL FOR A REPLACEABLE HIGH PRECISION SERUM PERFUSION SYSTEM	
Eliel Eduardo Montijo-Valenzuela	
Elvis Osiel Covarrubias-Burgos	
Darío Soto-Patrón	
Esthela Fernanda Torres-Amavizca	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191013">https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191013</a>	
<b>CAPÍTULO 14.....</b>	<b>162</b>
UMA PROPOSTA DE MAPEAMENTO DE ESTOQUES: OS DESAFIOS DA GESTÃO DE ESTOQUES EM UMA LOJA DE MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	
Tainnah Penha Lopes	
Luciano Saad Peixoto	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191014">https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191014</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>178</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>179</b>

## OS IMPACTOS DA IMPRESSÃO 3D NA FABRICAÇÃO DE MOLDES PARA INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS

*Data de aceite: 01/10/2021*

*Data de submissão: 30/07/2021*

### **Marco Aurélio Feriotti**

Faculdade de Tecnologia - Fatec  
Guarulhos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/9520227570587041>

### **Davi de Medeiros Marcelino**

Faculdade de Tecnologia - Fatec  
Guarulhos – São Paulo

### **José Martino Neto**

Faculdade de Tecnologia - Fatec  
Guarulhos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/4241594006171695>

### **Jorge Luiz Rosa**

Faculdade de Tecnologia - Fatec  
Guarulhos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/5759084010501584>

**RESUMO:** Os impactos da manufatura aditiva, Impressão 3D, no setor de fabricação de moldes de injeção para termoplásticos. Foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre a aplicação da manufatura aditiva e Impressão 3D na ferramentaria de moldes de injeção para termoplásticos e pesquisa junto a empresas do setor. Verificou-se que, em muitos casos a manufatura aditiva, Impressão 3D, já vem influenciando a cadeia produtiva e a fabricação de moldes. É fato que o setor de produção de moldes para injeção de termoplásticos vem passando por momentos críticos desde o

ano 2000, o nível de importação tem crescido vertiginosamente no Brasil. Essa pesquisa possibilitou refletir que existe uma tendência no curto e médio prazo, que a produção de moldes sofrerá um impacto com o advento da impressão 3D, essa transformação tecnológica pode significar uma redução da necessidade de investimento em moldes já que a cadeia de suprimentos está sendo substituída por produtos fabricados através da manufatura aditiva com impressão 3D, além de moldes e insertos que também já estão sendo fabricados com essa tecnologia. A percepção no estudo de caso com empresa do setor possibilitou constatar que suas consequências afetarão significativamente as negociações de novos projetos, e resultará numa perspectiva do encolhimento no setor.

**PALAVRAS - CHAVE:** Impressão 3D; Manufatura aditiva; Produção de molde para injeção de termoplásticos.

### THE IMPACTS OF 3D PRINTING ON THE MANUFACTURING OF MOLDS FOR THE THERMOPLASTICS INJECTION

**ABSTRACT:** The impacts of additive manufacturing, 3D Printing, on the injection mold manufacturing sector for thermoplastics. Bibliographic research was carried out on the application of additive manufacturing and 3D printing in thermoplastic mold tooling and research with companies in the sector. It was found that, in many cases, the additive manufacturing, 3D printing, has already been influencing the production chain and the manufacture of molds. It is a fact that the thermoplastic injection mold production sector has been going through critical

moments since 2000, the level of imports has grown dramatically in Brazil. This research made it possible to reflect that there is a trend in the short and medium term, that the production of molds will suffer an impact with the advent of 3D printing, this technological transformation may mean a reduction in the need for investment in molds as the supply chain is being replaced by products manufactured through additive manufacturing with 3D printing, in addition to molds and inserts that are also already being manufactured with this technology. The perception in the case study with a company in the sector made it possible to verify that its consequences will significantly affect the negotiations of new projects, and will result in a perspective of shrinkage in the sector.

**KEYWORDS:** 3D printing; Additive manufacturer; Production of thermoplastic injection mold.

## 1 | INTRODUÇÃO

A produção convencional de moldes vem sofrendo impactos com a impressão 3D. “O mercado vive hoje um momento de diversificação de tecnologias e os moldes em aço podem, em alguns casos, ser complementados ou até substituídos pelos moldes impressos em 3D” (FERNANDES et al., 2014 ).

A questão a ser verificada é os impactos da impressão 3D no setor ferramenteiro de moldes para injeção de termoplásticos no Brasil, que já vem sofrendo um declínio devido ao mercado globalizado e a concorrência asiática.

Com o advento da tecnologia da manufatura aditiva o setor poderá sofrer um impacto encolhendo ainda mais, fechando grande parte das ferramentarias remanescente e levando aquelas que sobreviverem a uma estagnação.

O foco neste trabalho se restringe na área da aplicação da ferramentaria convencional de produção de molde para injeção de termoplásticos e da tecnologia de manufatura aditiva por impressão 3D e os impactos na cadeia de suprimentos.

A avaliação dos impactos da impressão 3D na produção convencional de moldes foi feita por meio de uma pesquisa bibliográfica e estudo de caso, junto ao setor.

Objetivo geral:

Analisar os impactos da manufatura aditiva (Impressão 3D) na fabricação de moldes para injeção de termoplásticos.

Objetivos específicos:

-Apresentar o cenário no setor e as aplicações da ferramentaria de moldes de injeção atual;

-Apresentar a manufatura aditiva e suas aplicações na ferramentaria de moldes termoplásticos;

-Mapear alguns dos principais impactos na manufatura aditiva na fabricação de moldes termoplásticos;

## 2 I FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A ferramentaria é parte do sistema metalúrgico. Além disso, produz e cria os mais diversos tipos de ferramentas usadas em diferentes indústrias. Atualmente, a ferramentaria está relacionada a empresas nos segmentos de corte, dobra e repuxo, moldes plásticos, injeção de alumínio e vulcanização de borrachas (BRAVANIA, 2018).

A competição mundial no setor de Ferramentarias tem se acentuado desde o início do ano 2000 com atuação cada vez mais intensiva de empresas localizadas na Ásia, particularmente na China (FERREIRA, 2014).

Na atualidade, as ferramentarias estão cada vez mais pressionadas a buscar alternativas para produzir moldes eficientes de forma mais rápida e precisa e com um menor custo. Um dos motores para a tecnologia da manufatura aditiva evoluir neste segmento é o desenvolvimento de diversos materiais com características de aços ferramenta, utilizados principalmente na concepção de insertos para moldes para injeção de polímeros (JUNIOR; COSTA, 2019).

O mercado vive hoje um momento de diversificação de tecnologias e os moldes em aço podem, em alguns casos, ser complementados ou até substituídos pelos moldes impressos em 3D (FERNANDES, 2014). A Impressão 3D é uma tecnologia disruptiva que revolucionará modelos de negócios. Apesar de já existir a três décadas, esta só ganhou a atenção das grandes empresas e da academia nos últimos anos com o avanço tecnológico recente (PEGAS, 2017).

### 2.1 Aplicações da Ferramentaria

A ferramentaria é o início da produção de praticamente todos os produtos que existem no mundo. Desde um simples lápis a uma complexa aeronave, de alimentos a vestimentas e de tantos outros produtos, sua construção ou fabricação se tornou factível através de desenvolvimentos e projetos gerados dentro de uma ferramentaria (FERRARI, 2011).

Nos seus diversos segmentos, esta tem como atividade principal planejar o processo de fabricação, desenvolver várias ferramentas, máquinas e integrar as instalações necessárias para a produção de produtos específicos, ela é parte do sistema metalúrgico. “Em suma, atualmente a ferramentaria baseia-se no uso e na aplicação de várias ferramentas industriais dentro de uma configuração de fabricação” (BRAVANIA, 2018).

A ferramentaria emprega no seu método produtivo varios processos de usinagem utilizando diversas máquinas ferramentas (FERREIRA, 2011).

O setor ferramenteiro de moldes de injeção no Brasil, a partir do ano 2000, teve sua capacidade limitada e permaneceu estagnada recorrente da acirrada concorrência asiática, os investimentos em treinamento, qualificação e renovação do parque de máquinas foi muito tímido além das muitas unidades que encerraram suas atividades.

Neste mesmo tempo vivemos uma revolução industrial que alavancou a introdução de novas tecnologias de alta eficiência, qualidade e variabilidade visando atender uma demanda da modernidade jamais vista antes. Dentro deste grupo de tecnologias a que tem destaque é Impressão 3D. Esta tecnologia está impulsionando a fabricação de produtos personalizados, sendo uma solução para lotes pequenos de produtos complexos com alto grau de personalização (SANTOS *et al.*, 2018).

Esta vem ganhando espaço dentro das produções convencionais de moldes para injeção de termoplásticos, ameaçando uma modificação na cadeia produtiva que provocará mudanças significativas no setor.

Em vez de gastar altas somas e muito tempo produzindo moldes em aço para a produção de séries limitadas de componentes ou produtos, é possível utilizar moldes produzidos nas impressoras 3D, reduzindo custos e acelerando o lançamento do produto (FERNANDES *et al.*, 2014)'.  
'

Apesar de enfrentar grandes desafios, a impressão 3D vem substituindo em muitos casos os moldes de aço, com expectativa da redução de custos de investimentos e mais eficiência nos prazos de produção se comparado aos métodos convencionais.

## 2.2 Impressão 3D

Impressoras 3D, (Figura 1), são equipamentos capazes de produzir conforme a demanda criativa de seus projetistas, ou seja, praticamente qualquer coisa. Desde produtos como brinquedos, a peças que farão outros produtos, a manufatura aditiva está evoluindo e se mostrando capaz de substituir partes da cadeia produtiva de muitos setores, de acordo com Fernandes *et al.* (2014).

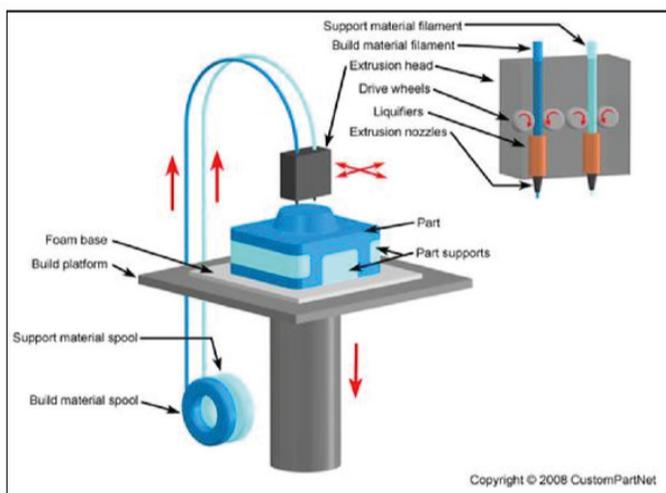


Figura 1 - Sistema de Impressão 3D (FDM)

Fonte: FERNANDES *et al.*, (2014).

A Impressão 3D é uma tecnologia disruptiva que revolucionará modelos de negócios (PEGAS, 2017).

Essa tecnologia não é novidade nas grandes indústrias, porém com sua evolução, vem descendo a cadeia de suprimento e chegando cada vez mais próximo do consumidor final. A cadeia de suprimentos tem grande chance de ser modificada pela impressão 3D (FERNANDES et al., 2014).

A modificação da cadeia pode significar benefícios para empresas como também o fim para muitos de seus fornecedores como conhecemos hoje (Figura 2).



Figura 2 - Cadeia Produtiva Tradicional e Cadeia Produtiva Digital

Fonte: AUTORES (2020)

### 2.3 Moldes Impressos em Plástico

A ferramentaria é um elo antigo na cadeia de suprimentos de todas as indústrias, sendo o setor de molde de injeção um dos seus mais importantes braços, mas será que ela continuará sendo?

As partes internas dos moldes podem ser impressos de formas idênticas às partes internas dos moldes de aço, e elas podem aceitar, por meio da injeção de plástico de uma gama de materiais amplamente usados no setor (FERNANDES et al, 2014).

As injetoras Arburg já podem trabalhar com moldes produzidos nas impressoras 3D da Stratasys (figura 3), reduzindo custos e acelerando o lançamento do produto.” (FERNANDES et al, 2014).



Figura 3- Moldes gerados na impressora 3 D

Fonte: CADxpert.com.br (2014) apud FERNANDES *et al* (2014)

Fica claro que em situações em que é possível utilizar moldes impressos para estes materiais específicos a manufatura aditiva é mais eficiente.

Comparando com dois orçamentos solicitados aos desenvolvedores de ferramental, a economia é significativa, sendo 43% mais barato que o molde de alumínio e 72% mais barato que um molde de aço, conforme demonstrado na figura 4. (FERNANDES *et al* ,2014)

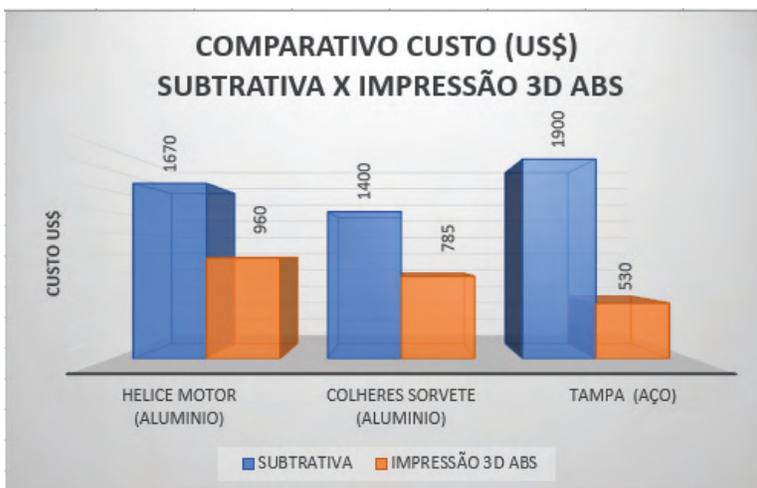


Figura 4 – Gráfico comparação de custo Moldes Manufatura Subtrativa x Impressos em 3D

Fonte: Autores (2020), baseado em FERNANDES, *et al* (2014)

A impressão 3D além de reduzir custos, ela acelera o lançamento do produto, conforme comparação do lead time de fabricação apresentada na Figura 5.

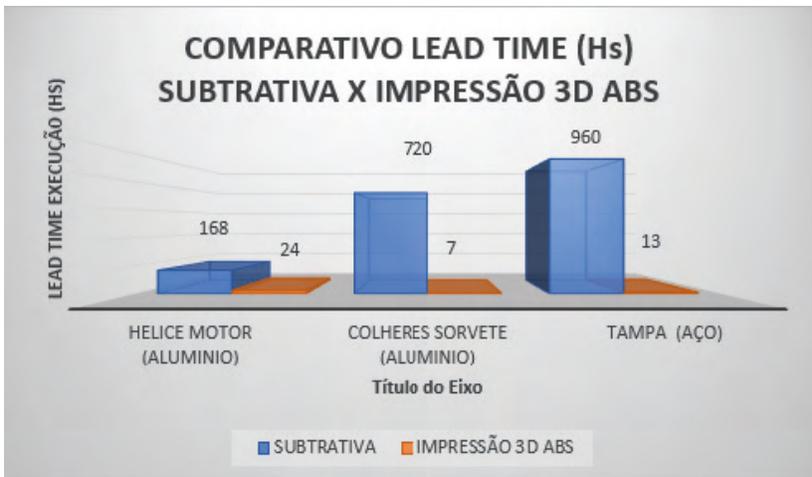


Figura 5 – Gráfico comparação de Lead Time Moldes Manufatura Subtrativa x Impressos em 3D

Fonte: Autores (2020), baseado em FERNANDES; *et al* (2014)

Uma das aplicações mais conhecidas de moldes impressos em 3D é na produção de pequenas séries de produtos para validação interna de projetos ou, então, validação de produtos que serão examinados por órgãos reguladores como a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (FERNANDES *et al.*, 2014).

Com uma impressora 3D não é mais necessário montar uma linha e adquirir moldes para injeção de termoplásticos para fabricar um brinquedo, por exemplo, e submetê-lo a exames de validação, basta imprimi-los. Também há benefícios com a facilidade de personalização de pequenos lotes.

Para processos em que é necessário fazer uso de moldes de aço, o molde impresso em plástico, pode contribuir como protótipo para diminuir custos de projeto, já que é possível chegar ao molde final antes de se fabricá-lo em aço.

## 2.4 Moldes Impressos em Metais

A manufatura aditiva permite a criações de geometrias que eram complexa para a produção convencional, com isso seria possível aumentar a produtividade criando melhorias no funcionamento do molde em função da abertura de possibilidades de novas formas geométricas, antes impraticáveis.

A obtenção de peças de boa qualidade com tempos de ciclos eficientes depende não somente da máquina injetora, mas também dos sistemas que a compõem, alimentação, refrigeração e extração.

A tecnologia da manufatura aditiva vem como uma opção a permitir elevar as taxas de resfriamento do molde e reduzir a deformação do produto moldado, através da liberdade em criar geometrias complexas para os canais de resfriamento. Assim é possível adaptá-los aos contornos da superfície da peça fornecendo um resfriamento mais uniforme (JUNIOR;

COSTA, 2019).

Na figura 6, é apresentado um desenho técnico de um molde e os canais de refrigeração.

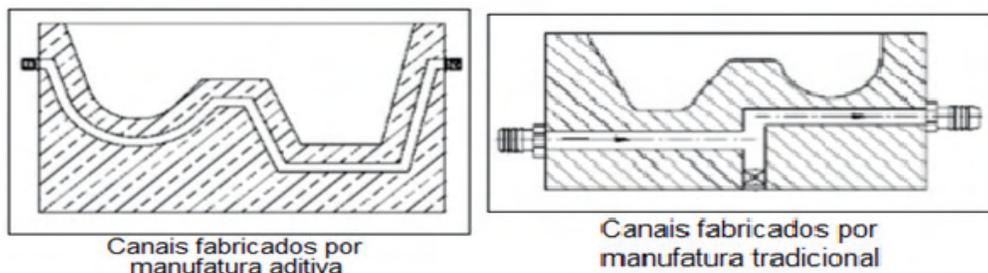


Figura 6– Comparativo canais de refrigeração manufatura aditiva x manufatura tradicional

Fonte: JUNIOR; COSTA (2019)

Foi realizado um teste comparativo em um molde de sapata plástica utilizando inserto de metal impresso pelo processo MA com insertos fabricados pelo método tradicional (JUNIOR; COSTA, 2019).

Fabricado através de métodos convencionais o inserto de aço AISI P20 e de cobre berílio possui canais de refrigeração retilíneos e possui as mesmas características geométrica e elementos de fixação (Figura 7).

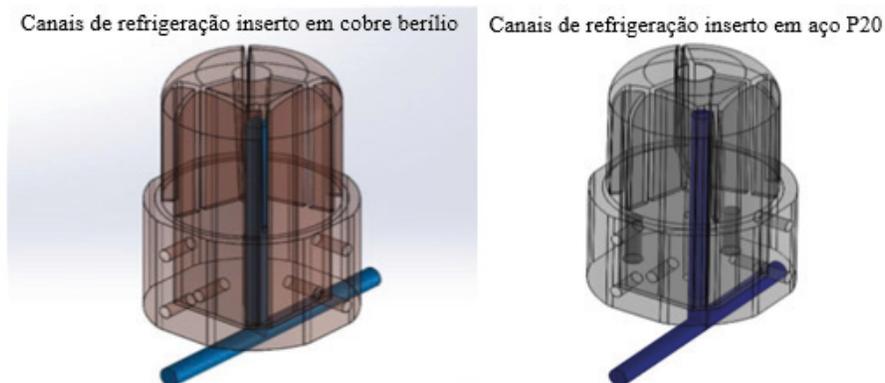


Figura 7: Canais de refrigeração inserto em manufatura subtrativa

Fonte: JUNIOR; COSTA (2019)

Para a Impressão 3D, o aço Maranging M300 foi escolhido por possuir características muito semelhantes ao aço AISI P20. A impressão 3D permite maior liberdade de criação

na geométrica interna do molde possibilitando diversos posicionamentos para os canais de refrigeração sem se preocupar com elementos de fixação. Assim foi estudado uma geometria para estes canais, buscando uma otimização em sua configuração, a fim de realizar a maior e mais eficiente troca térmica possível para o projeto (Figura 8).

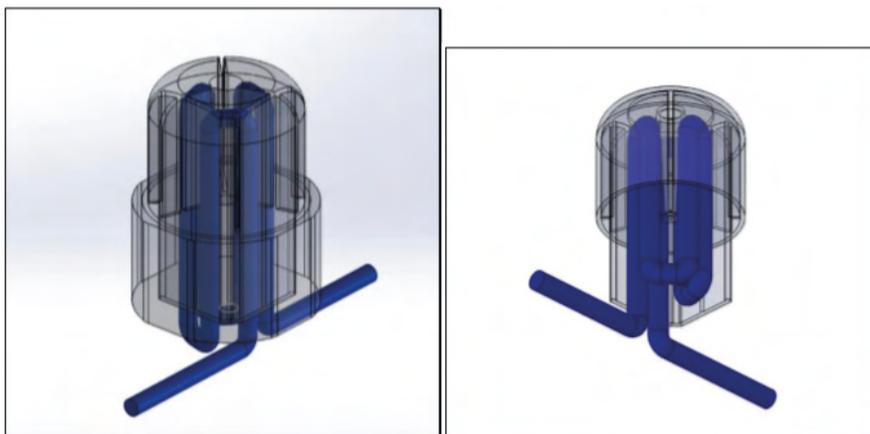


Figura 8 – Canais de refrigeração inserto em aço Maraging M300

Fonte: Adaptado de JUNIOR; COSTA (2019)

Conforme figura 9, é possível verificar que a condutividade térmica do Cobre Berílio é significativamente melhor que dos seus concorrentes, trazendo vantagem em sua aplicação, o aço M300 tem a menor condutividade térmica dentre os três, porém, a liberdade da configuração da geometria dos canais de refrigeração permitiram a compensação na redução do tempo do ciclo.

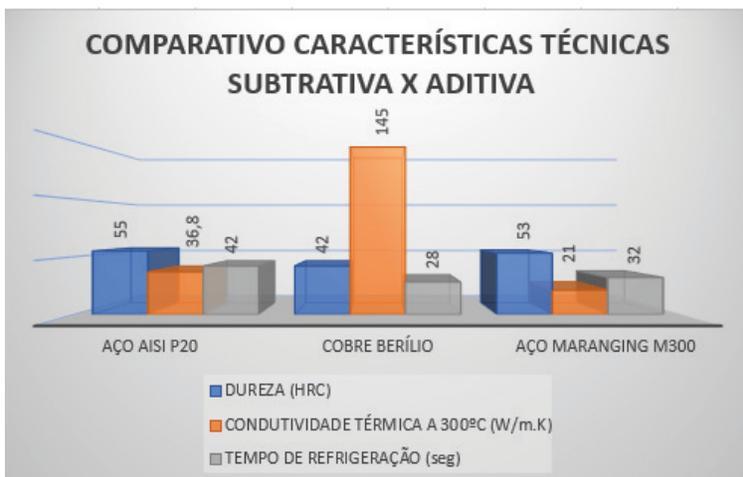


Figura 9 – Gráfico comparativo das características técnicas da Manufatura Subtrativa x Aditiva

Fonte: Autores (2020), baseado em JUNIOR; COSTA (2019)

O aço M300 demonstrou resultados promissores, apresentou um ganho de produtividade de 10 segundos em relação ao tempo de resfriamento comparado ao aço P20 e uma diferença de 4 segundos em relação ao cobre berílio.

O fator econômico, conforme demonstrado na figura 10, é uma expressiva limitação da aplicação da manufatura aditiva em alguns casos, pois seu preço é formado com base no seu peso. Os materiais disponíveis no mercado tem seu custo equivalente à 9 vezes o valor dos aços ferramentas.

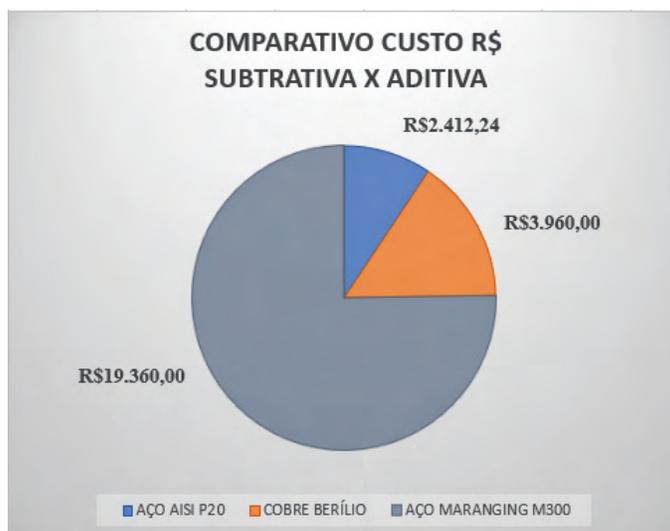


Figura 10 – Gráfico comparativo de Custos da Manufatura Subtrativa x Aditiva

Fonte: Autores (2020), baseado em JUNIOR; COSTA (2019)

### 3 | MÉTODO

Para a realização desse trabalho, a definição do método, baseado em Gil (2002) e Knechtel, (2014), caracteriza essa pesquisa como de natureza aplicada, envolve conhecimento disponível e sua ampliação, e no conhecimento visando utilidade econômica e social. Caracteriza-se como exploratória, pois proporcionou maior familiaridade com o problema ao torná-lo mais explícito levando-se a construção de hipótese (GIL, 2002, p. 41). A forma de abordar o problema foi a modalidade de pesquisa quali-quantitativa “interpreta as informações quantitativas por meio de símbolos numéricos e os dados qualitativos mediante a observação, a interação participativa e a interpretação do discurso dos sujeitos (semântica)” (KNECHTEL, 2014, p. 106). Suas principais características são: ressalta a natureza socialmente construída da realidade; existe a relação entre o pesquisador e o objeto de estudo; enfatiza as qualidades e os processos, com destaque para a forma como a experiência social é criada e adquire significado; utiliza entrevistas e observação

detalhada (métodos interpretativos); estuda casos específicos (KNECTHEL, 2014).

Na pesquisa bibliográfica adotou-se material já elaborado constituído principalmente de artigos científicos, que abordam os temas pertinentes ao objeto desse estudo e sua problemática. Para essa pesquisa foi escolhida a plataforma Google Scholar, cujo tipo de pesquisa selecionado foi “documentos”, o campo de busca definido foi “Título do Artigo, Resumo, Palavras-chave”, as palavras-chave foram “Additive Manufacturing, 3D Print” e dentro dos resultados foram pesquisadas as palavras “Metallic Additive Manufacturing” e “Mold Tooling”. Vale ressaltar que os resultados foram limitados para a exibição de artigos e periódicos no período de 2010 a 2020, com o idioma inglês e pertencentes à área de estudo da engenharia.

Em um estudo de caso o foco consiste em um fenômeno contemporâneo (YIN, 2015), sendo assim esse foi o procedimento técnico escolhido, pois para a verificação dos impactos dessa tecnologia foi necessária a realização de observações e coletas de dados cujas análises costumam ser feitas por meio desse método. Uma abordagem desse procedimento técnico foi usada para permitir a avaliação da aplicação prática das pesquisas bibliográficas apresentadas acima, para tanto, foi realizada pesquisa exploratória em cinco etapas:

- Definição da empresa com uma ocorrência de experimento passada;
- Identificação de produtos fabricados pelo processo de impressão 3D;
- Análise dos projetos com a utilização da MA e impressão 3D;
- Levantamento e coleta dos dados;
- Avaliação detalhada dos dados coletados e análise das suas inferências acerca do objeto desse trabalho.

Estudo de caso: Foi realizada entrevista de forma online, em função do isolamento social decorrente da pandemia do COVID 19, com o responsável de uma empresa denominada “Alfa” que é referência no mercado de manufatura aditiva, fornecedora de várias indústrias automotivas (montadoras e sistemistas *Tier One*).

A partir do levantamento das informações obtidas foram aferidas algumas inferências acerca da aplicação da manufatura aditiva e suas limitações. Finalmente, foi realizada uma análise comparativa entre os dois modelos, classificando-os quanto ao nível da sua introdução na cadeia produtiva.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em estudos anteriores sobre a tecnologia da MA metálica, descobriu-se que diferentes variáveis estavam relacionadas a sua aplicação na fabricação de moldes A manufatura aditiva, com canais de refrigeração mais eficientes, demonstrou resultados promissores.

Observou-se que o custo ainda se apresenta alto, porém, como aconteceu com a impressão de plástico, a evolução da tecnologia permitirá acesso a essa tecnologia.

A partir das informações obtidas na literatura sobre a aplicação da impressão 3D na cadeia produtiva, foi possível dar início ao estudo de caso buscando uma compreensão extensiva e com mais objetividade, utilizando dados qualitativos, coletados a partir de eventos reais, com o objetivo de explicar e explorar o objeto desse trabalho inseridos em seu próprio contexto. Neste sentido foram selecionados os casos relatado abaixo:

**Caso 1:** Cliente, montadora denominada “A” fabricante de veículos offroad com o objetivo de criar um diferencial para agradar seu público alvo, contratou os serviços da empresa “Alfa” para desenvolver um projeto de personalização de alguns itens de acabamento interno do seu veículo que atualmente são injetados em termoplástico. A empresa “Alfa” apresentou projetos desses itens com várias sugestões de personalização de acordo com o perfil ou os hábitos dos clientes desse modelo de veículo. A montadora iniciou o processo de cotação para o desenvolvimento dos moldes necessários para a produção desses itens, ou a adequação dos moldes existentes para atender esse novo projeto. Por se tratar de itens de baixa demanda e alta variedade, concluiu-se que os custos de investimentos em moldes tornariam o projeto inviável. A empresa “Alfa” apresentou então, uma proposta comercial para fornecimento desses itens fabricados com a tecnologia da impressão 3D que foi avaliada pela montadora. Os itens foram submetidos aos testes de acordo com suas aplicações e foram aprovados para início do seu fornecimento diretamente na linha de montagem. A fabricação do molde não foi necessária e o processo de injeção do modelo anterior foi substituído pelo processo de impressão 3D nesse projeto.

**Caso 2:** Cliente, montadora denominada “B” fabricante de veículos pesados, detectou um problema de projeto num componente, seu manuseio para executar uma manutenção era feito com dificuldade em função do seu sistema de fixação. A empresa “Alfa” foi encarregada de apresentar proposta de melhoria no componente, executou um projeto alterando o sistema de fixação para um modelo deslizante que solucionaria o problema. A montadora iniciou o processo de desenvolvimento do molde junto aos seus fornecedores, devido ao novo conceito do produto, o molde necessitaria de um sistema de extração de machos no seu conceito de fabricação que gerou um impacto significativo no custo do investimento. A empresa “Alfa” apresentou um protótipo feito na impressora 3D, após os testes executados relativos à aplicação do produto, a montadora aprovou o projeto para ser fabricado em escala pelo processo da impressão 3D, com isso, não houve necessidade de investimento no molde.

Esses estudos de caso corroboram os achados de uma grande parte dos trabalhos anteriores pesquisados na literatura com relação ao uso impressão 3D modificando os métodos convencionais da cadeia produtiva.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi averiguado nesse estudo, a possibilidade de imprimir moldes e suas partes alterando os métodos convencionais para um modelo híbrido. As observações das pesquisas anteriores mostraram que é possível buscar a harmonização entre as manufaturas subtrativa e aditiva, já que a impressão 3D não contempla todas as necessidades e pode atuar como uma alternativa na fabricação convencional de moldes.

Os estudos confirmam que a manufatura aditiva tem algumas limitações com relação aos materiais metálicos e custo, porém, traz muitas vantagens relacionadas à liberdade de geometria, quando comparados aos métodos convencionais da manufatura subtrativa, portanto projetos de moldes híbridos podem trazer grandes vantagens competitivas ao setor.

Este trabalho buscou contribuir para a disseminação da manufatura aditiva e sua utilização na fabricação de moldes considerando que essa tecnologia para esse fim ainda é pouco pesquisada. Entretanto ela vem apresentando avanços constantes em seu desenvolvimento e sua aplicação pode ser um fator competitivo para o setor.

Inferiu-se, que a adequação das ferramentarias é imprescindível para que estas se mantenham no mercado, tendo em vista o crescimento exponencial desta tecnologia. É possível buscar a harmonização entre as manufaturas subtrativa e aditiva, já que a impressão 3D não contempla todas as necessidades e pode agir como auxiliadora poderosa na fabricação convencional de moldes.

De acordo com os presentes resultados comparados aos estudos anteriores, demonstrou-se que se pode considerar que, em determinadas situações, a impressão 3D já substitui a produção tradicional e tem um crescimento acelerado, conforme pesquisado nos artigos científicos citados na fundamentação teórica.

A partir dos resultados alcançados no estudo de caso, foi possível considerar que a impressão em 3D vai modificar a cadeia de suprimentos convencional, isso vai significar benefícios para empresas, mas também o fim para muitos de seus fornecedores. Frente esse quesito, observou-se que os impactos nos postos de trabalho pode ser uma oportunidade de pesquisa futura.

## REFERÊNCIAS

AVIZ, A. de; GUERRA, C. A., GUERRA, T. C., **Construção De Protótipos Por Adição E Remoção De Material Comparativo Entre Deposição Em Abs X Usinagem Cnc, E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, n. esp. Metalmeccânica, p. 14-36, 2012.

FERNANDES, A. de F., *et al.* **Supply Chain e o Impacto da Impressora 3D**, São Paulo, SP, 2014.

FERREIRA, F. **Avaliação de diferentes níveis de automação de processos e abastecimento de materiais em ferramentarias e seu impacto na organização da produção e seus indicadores: Uma comparação internacional**, Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2014.

GIL, A.,C. **Como Elaborar Projetos De Pesquisa**, 4ª Edição, Editora Atlas, São Paulo, 2002.

JUNIOR, G. B. M.; COSTA, C. A. da. **Manufatura Aditiva Aplicada Na Fabricação De Insetos Para Moldes De Injeção Termoplásticos**, Scientia Cum Indústria, V. 7, N. 2, Pp. 76 - 82, , Universidade de Caxias do Sul (UCS), RS, 2019.

KNECTHEL, M., do R. **Metodologia Da Pesquisa Em Educação:Uma Abordagem Teórico-Prática Dialogada** , 1ª Edição, Livraria Inter Saberes, Curitiba, Paraná, 2014.

PEGAS, Paulo Henrique. **Simulação baseada em agentes para uma cadeia de suprimentos com impressão 3D: Uma análise comparativa utilizando AnyLogic**. 2017. 59 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

SACCHELLI, C.M. **Sistematização Do Processo De Desenvolvimento Integrado De Moldes De Injeção De Termoplásticos**, Florianópolis, Tese de Doutorado, UFSC, 2007.

SANTOS, B. *et al.* **Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades**, Revista Produção e Desenvolvimento, v.4, n.1, p.111-124,2018.

YIN, R. K. **Estudo de Caso - 5.Ed.: Planejamento e Métodos**. [s.l.] Bookman Editora, 2015.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Atualização de matriz de insumo-producto 117

Aquicultura 86, 87, 88, 96, 97, 98, 105

Armazenagem de Materiais 162

Assignment 5, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70

Automação 86, 88, 96, 97, 98, 106, 150

Automóveis 39, 40, 44, 45, 46, 48

### C

Cartas de controle 96, 99, 101, 102, 103, 104, 106

CO<sub>2</sub> 4, 20, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51

Concentrador de canal parabólico 53, 55

CTE 71, 72, 74, 80, 83, 84, 85

Cuello de botella 107, 109, 112

### D

Doenças epidemiológicas 27, 33, 36, 37

Dosador 5, 86, 96, 98, 99, 104, 105

### E

Emissões 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 178

Endereçamento Logístico 162, 166, 167, 172, 173, 175, 176

Energía Solar 53, 54, 55

### F

Ferramentas da Qualidade 13, 14, 15, 17, 25, 26

Flujo de calor perdido 53, 58, 59, 60

### G

Gestão de Estoques 6, 162, 165, 176

Gestão Financeira 3, 4, 1, 2, 3, 4, 10, 11

Grupo de Melhoria de Resultados 13, 20

### I

Impressão 3D 6, 138, 139, 140, 141, 142, 145

Innovation Cells 152

## **L**

Limitaciones 107, 108, 112, 116, 125, 126

Logística 31, 36, 162, 165, 176

## **M**

Manufatura aditiva 138, 139, 140, 141, 143, 144, 145, 147, 148, 150

Mapeamento de Estoques 6, 162, 163, 170, 175

Meio ambiente 2, 15, 27, 29, 30, 32, 34, 36

Método RAS básico 127

Metrôs 4, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49

Mezcla de productos 107, 110, 112, 113, 115

Modelo de insumo-producto 117

Movie 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

## **O**

Ônibus 39, 40, 44, 45, 46, 47, 48, 178

Optimization 63, 64, 69, 72

Organizações Sem Fins Lucrativos 1, 2, 4, 11

## **P**

PDCA 13, 14, 17, 20, 24, 25, 26

Pneus 4, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38

Precision 6, 75, 97, 152, 153, 157, 158

Produção de molde para injeção de termoplásticos 138

## **R**

Reciclabilidade 27

Recursos con capacidad restringida 107, 112, 115

Replaceable System 152

## **S**

Saúde pública 27, 30

Self-Study 71, 72

Serum perfusion 6, 152

Software 71, 72, 73, 74, 75, 91, 96, 97, 99, 162, 163

Steal Structures 72

## T

Teaching 5, 71, 72, 73, 84, 85

Teoría de restricciones 5, 107, 108, 109, 112

Terceiro Setor 4, 1, 2, 3, 4, 10, 11, 12

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2

- 
-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
  -  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
  -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
  -  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2



- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)