

Indústria 4.0: a manufatura aditiva como ferramenta de inovação e otimização**Industry 4.0: additive manufacture as an innovation and optimization tool**

Recebimento dos originais: 29/08/2019

Aceitação para publicação: 26/09/2019

Matheus De Oliveira Aires

Tecnólogo em Logística

FATEC Guaratinguetá

E-mail: matheusoaireso@gmail.com

Adriano Carlos Moraes Rosa

Doutor em Engenharia de Produção

UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá; FATEC Guaratinguetá

E-mail: adriano.carlos.rosa@gmail.com

Carlos André Mattei Gyori

Mestrando em Engenharia de Produção

UNESP - Universidade Estadual Paulista; FATEC Guaratinguetá

E-mail: cagyori@gmail.com

Clara Regina Gaby Reis

Tecnólogo em Logística

FATEC Guaratinguetá

E-mail: claragabyreis@gmail.com

Karina Buttignon

Doutoranda e Mestre em Tecnologias da Inteligência e Design Digital

PUC - SP Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; FATEC Guaratinguetá

E-mail: karina.buttignon@gmail.com

RESUMO

A Manufatura Aditiva pode ser conceituada como a fabricação de objetos por meio de adição de materiais, a partir de um modelo digital tridimensional. Anteriormente conhecida como prototipagem rápida, seus aspectos positivos no processo de produção asseguram sua exploração na Indústria 4.0 e logística 4.0 e, suas vantagens que essa nova tecnologia traz comparada à sua antecessora, hoje são reconhecidas e consideradas como elemento diferencial e estratégico. Este artigo objetiva, principalmente, apresentar por metodologia de pesquisa exploratória bibliográfica, apoiada por casos documentados em consolidadas empresas de grande porte a Manufatura Aditiva, seus processos, materiais e tecnologias mais utilizados para este procedimento. Pretendeu-se e conseguiu-se também, promover o trabalho em equipe, desenvolver a escrita acadêmica e aproveitar a oportunidade de participação em um congresso internacional.

Palavras-chave: ferramenta, indústria 4.0. inovação, manufatura aditiva.

ABSTRACT

Additive Manufacturing can be conceptualized as the manufacture of objects by means of adding materials, from a three-dimensional digital model. Formerly known as rapid prototyping, its positive

aspects in the production process ensure its exploitation in the Industry 4.0 and Logistics 4.0 and its advantages that this new technology brings compared to its predecessor are now recognized and considered as a differential and strategic element. This article aims to present, by method of exploratory bibliographical research, supported by cases documented in consolidated large companies, Additive Manufacturing, its processes, materials and technologies most used for this procedure. It was intended and was also achieved, promote teamwork, develop academic writing and take advantage of the opportunity to participate in an international congress.

Keywords: additive manufacture, industry 4.0, innovation. tool.

1 INTRODUÇÃO

Máquinas fazendo máquinas de maneira inteligente, com inteligência artificial, argumento que pouco tempo atrás até poderia ser apresentado como roteiro de ficção científica futurista, entretanto, trata-se do presente, a realidade nas fábricas desta década, neste ano. São elementos basilares da alcunhada “Indústria 4.0”, uma nova revolução industrial que irá estabelecer nas fábricas um grande passo rumo à inovação.

Realidade onde até mesmo as mais pequenas ou médias empresas precisarão se adaptar aos recentes e flexíveis processos de automação para atendam suas demandas e, como norma básica de adequação, pede-se que essas empresas mudem, se ajustem e melhor aproveitem as tecnologias disponíveis que irão auxiliá-las na gestão de prazos, informações e finanças dos projetos.

Assim, com a escalada industrial até a chegada no que hoje é o período conhecido como Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0, muitos impactos já foram revelados para a vida das pessoas e organizações, inclusive, alguns negativos que devem ser enfrentados e tratados, entretanto, muitos foram identificados como oportunos e lucrativos.

Um desses positivos pilares tecnológicos para o novo cenário de desenvolvimento e produção de produtos é a *Manufatura Aditiva*, que possibilita a produção de peças através de uma impressora 3D.

Mais que uma tendência, este tipo de manufatura já é uma realidade e um caminho sem volta para que se consiga atingir os resultados de melhoria de produto, na obtenção de estruturas mais leves, eficientes e inovadoras. Com ela, inúmeros benefícios podem ser comparados junto aos processos tradicionais, como diminuição ou eliminação de restrições geométricas, fabricação de componentes com alto grau de complexidade e, customização de produtos (agora com peças que podem ser produzidas a partir de materiais nunca utilizados antes, como titânio, plástico ou borracha). Também com a Manufatura Aditiva, a variedade de opções e benefícios é imensa, assim, diferentes segmentos industriais terão bases tecnológicas renovadas.

Este artigo objetiva, principalmente, apresentar por metodologia de pesquisa exploratória bibliográfica, apoiada por casos documentados em consolidadas empresas de grande porte, os aspectos positivos da Manufatura Aditiva, sua exploração na Indústria 4.0 e logística 4.0 e, suas vantagens que a nova tecnologia traz comparada à sua antecessora. Pretendeu-se também, promover o trabalho em equipe, desenvolver a escrita acadêmica e aproveitar a oportunidade de participação em um congresso internacional.

O estudo, justifica-se pela importância do assunto, suas ramificações, vantagens e até disfunções devido à recente adaptação tecnológica, neste momento vivida pelas empresas e indústrias locais ou globais e, pelas informações da base de conhecimento hoje, apontadas como estratégicas na realidade dessas empresas.

A estrutura do artigo é composta por esta Introdução (Seção 1), pelo Embasamento Teórico contido na Seção 2, onde tratou-se de uma pequena revisão sobre a Indústria 4.0, sua integração com a Manufatura Aditiva e, algumas das Vantagens da Manufatura Aditiva. Já na Seção 3, é apresentado o Desenvolvimento da Temática ou principais materiais e métodos utilizados para a pesquisa. Os Resultados e Discussões à luz da bibliografia e, apoiado pelo estudo de caso em uma empresa consolidada são registrados na Seção 4 e, o trabalho se encerra com a Seção 5, Considerações Finais.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Nesta seção, são abordados os assuntos foco da pesquisa, ou seja, Indústria 4.0, Manufatura Aditiva e, algumas das Vantagens da Manufatura Aditiva, como segue.

2.1 INDÚSTRIA 4.0

Em um mundo globalizado, as organizações estão cada vez mais competitivas e conectadas em um mundo de informações digitais, necessitam de uma melhoria contínua, se reinventam constantemente, ansiando por obter resultados satisfatório de maneira rápida e eficiente em seus processos (KOTLER *et al.*, 2017).

Para Santos (2018) a indústria 4.0 retrata este mundo, condiciona a empresa e a indústria para a coleta de informações e transformações de dados que são interligados entre todos os agentes envolvidos nos seus processos, tornando os mesmos mais flexíveis e automatizados, de tal modo que, aumenta-se a eficiência e eficácia na manufatura (conhecida como indústria inteligente ou *smart manufacturing*), garantindo que essas informações circulem entre os processos de tal modo onde sistemas computacionais fornecerão e gerarão dados, podendo ser sobre a produção, sobre as características da peça que será produzida, padrões estocásticos, etc.

Tornando-se um sistema autônomo e flexível que conseqüentemente ameniza problemas durante a produção, como, desperdício de matéria prima, retrabalho por inconformidades de peças diante do padrão estabelecido, estas fábricas inteligentes segundo Silva (2018), utilizam-se dos seguintes fundamentos de desenvolvimento:

- Internet das Coisas (IoT): Se conceitua como a união entre objetos físicos e virtuais com o objetivo de integração.
- Big Date Analytics (Big Data): Gerenciamento de extensa cola de dados, onde através destes dados o gestor pode controlar e melhorar seus processos.
- Segurança: é claro que esta gama de variedade de informações geradas deve estar introduzida dentro de um sistema onde poderá ser armazenada, garantindo a confiabilidade entre os envolvidos.
- RFID: Trata-se da identificação por rádio frequência, onde se utiliza transponders e rádio para identificar e obter informações automáticas sobre determinado produto.

Atualmente o conceito de Indústria 4.0 trata da nova revolução industrial onde as automações e softwares se relacionam. Interligando as ocorrências entre as revoluções pode-se notar como a evolução nos meios tecnológicos e de manufatura deram um enorme salto, que reflete nos países mais desenvolvidos tecnologicamente e, com esta visão pode-se ressaltar a relevância desta era industrial para as organizações, onde atualmente as empresas buscam sucessivamente meios de redução de custo, portanto, um processo automatizado e flexível pode garantir mais eficiência, podendo haver a redução de maquinários, pessoas, tempos e movimentos (ABDI, 2017).

A Figura 1 a seguir, mostra a evolução da Indústria 4.0 e suas eras, segundo Qualityway (2018):



Figura 1: Evolução da Indústria 4.0
Fonte: Qualityway (2018)

2.2 MANUFATURA ADITIVA

Atualmente, os métodos mais utilizados em um processo de produção é a usinagem de materiais onde são fabricados através de remoção de materiais construindo através de moldes, isto diverge a Manufatura Aditiva (COMCIENCIA, 2018).

A Manufatura Aditiva ou prototipagem rápida pode ser definida segundo Rodrigues *et al.* (2014), como um processo de produção através da adição repetitiva de material na forma de camadas, processo este, que vem a ser primeiramente projetado em um modelo virtual (CAD) onde será realizado todo dimensionamento e características do produto, que logo após é iniciado para a produção onde ocorrerá a adição da matéria prima para construção do produto.

Já de acordo com Karapatis *et al.* (1998), os processos de Manufatura Aditiva seguem basicamente nas mesmas etapas para a realização da produção ou seja:

- Elaboração do modelo da peça a ser produzida por auxílio virtual, onde o design de qualquer peça, ou objeto desejado, é concebido por algum software CAD, representando-o numa superfície sólida em 3D;
- Conversão do formato do modelo virtual para um formato reconhecido pelas impressoras, onde o formato padrão de reconhecido pelas tecnologias de manufatura aditiva é o STL, *Standard Tessellation Language* ou *Standard Triangulation Language*, onde a superfície da futura peça é fatiada, contendo informações para os traçados de cada camada;
- Máquinas com software próprio, para manipular a quantidade de peças à construir, bem como, ajustar o tamanho correto, orientação e posicionamento e, dessa forma, o arquivo da peça concebido anteriormente em formato STL, é enviado a estes softwares;
- Parâmetros da impressora de manufatura aditiva, como a espessura das camadas, por exemplo, devem ser configurados antes de produzir a peça;
- O arquivo é finalmente enviado a impressora, dando início a construção da peça;
- Após a completa construção da peça, esta deve ser removida da máquina cuidadosamente;
- Inicia-se o pós-processamento ou a remoção de sujeira proveniente do material utilizado para fabricar a peça e em algumas tecnologias, um tratamento adicional é necessário, através da aplicação de substâncias específicas na superfície da peça.

Bessa (2015), na Figura 1 abaixo, também apresenta uma sequência de processamento:

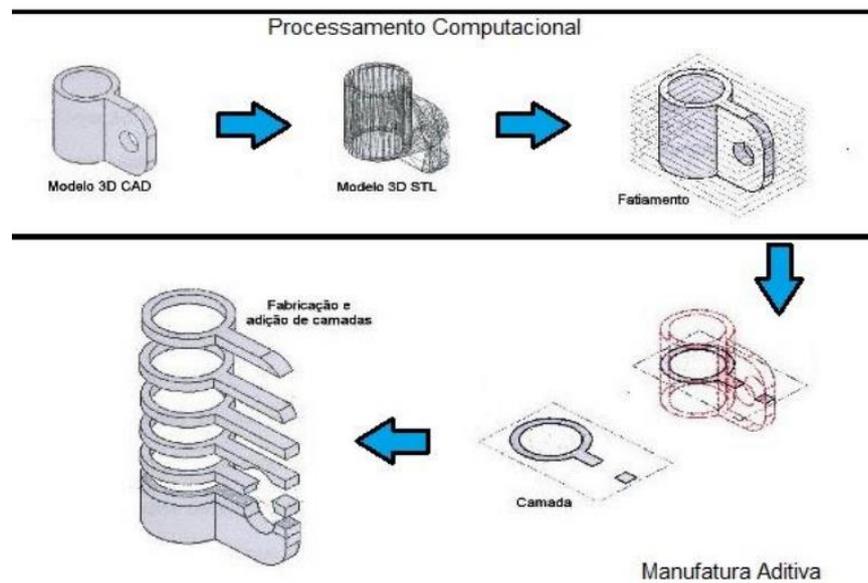


Figura 2: Sequência de passos para a manufatura aditiva

Fonte: Bessa (2015)

Conforme a Figura 2, percebe-se que, basicamente utiliza-se este mesmo processo para que o projeto possa ser impresso, para a escolha do equipamento que o usuário irá utilizar e, o material necessário para a construção da peça desejada, dependendo do seu ramo de atividade. O Quadro 1, adaptado de Gibson *et al.* (2010) apresenta alguns dos processos de Manufatura Aditiva, sua descrição e, respectivo material utilizado.

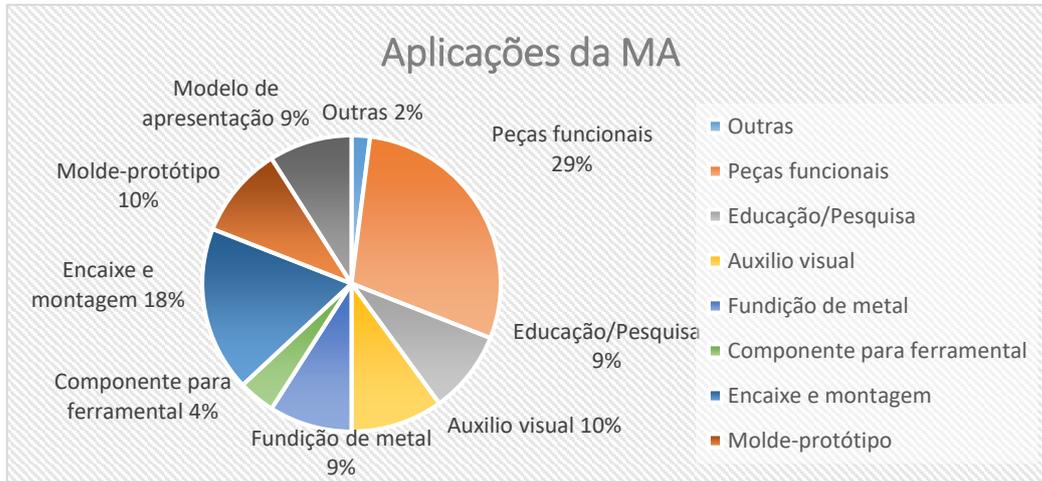
Quadro 1: Processos de Manufatura Aditiva

Processo	Descrição	Método de MA	Material
Fotopolimerização	Um polímero fotocurado é curado seletivamente usando uma fonte de luz	Laser	Polímero fotocurável
Modelagem por extrusão	Material é depositado de forma seletiva através de um cabeçote extrusor	Aquecimento por uma resistência elétrica	Polímeros, cerâmicas e metais
Fusão de pós pré-depositados	Um feixe eletrônico funde seletivamente regiões de leito com pó pré-depositado	Laser e feixe de elétrons	Polímeros, cerâmica e metais
Cladding 3D	O material de adição na forma de pós e injetado diretamente no feixe/poça	Laser e PTA	Metais e cerâmicas
Arco elétrico	Fonte de energia é um arco elétrico que funde o material de adição (pó/arame)	PTA, Plasma arame, TIG, MIG/MAG	Metais

Fonte: Adaptado de Gibson *et al.* (2010)

Mesmo sendo um processo considerado ainda em estudo e desenvolvimento, nas áreas industriais já existe um grande percentual de aplicações, como mostrado no Gráfico 1 (adaptado de Volpato, 2017), como segue:

Gráfico 1: Aplicações nas Indústrias



Fonte: Adaptado de Volpato (2017).

2.2.1 Vantagens da Manufatura Aditiva

Em um mercado cada vez mais competitivo com clientes cada vez mais exigentes, muitas empresas enxergam que, se sua estratégia está dando certo, não há motivo para melhora e, é neste exato momento em que seu concorrente desenvolve e implanta uma ideia de melhoria que pode sobressair em relação ao método antigo já conhecido (KON; SANTANA, 2016), portando, nesses tempos de Indústria e Logística 4.0, conhecer novos processos e analisar as possíveis vantagens para a empresa se torna fundamental para que a mesma possa tomar vantagem em seu ramo.

Em meio a esse cenário, a Manufatura Aditiva é apresentada, aceita e conquista clientes com suas vantagens “4.0”. Para Volpato (2017) algumas vantagens da utilização da manufatura por adição de camadas podem ser definidas como:

- *Sem limitações* em processos geométricos, ou seja, possui facilidade para alcançar as formas mais complexa seguindo exatamente como foi projetado;
- *Otimização de energia e matéria prima*, o que resulta também em baixo desperdício de materiais;
- Não necessita de um *suporte de fixação* como em outras máquinas;
- Não há *necessidade de mudanças de setup* e/ou ferramentas;
- Peças passam por um único equipamento, sendo o processo muito mais funcional.

- Não usa *cálculos complexos*, esses não são necessários, visto que, a criação do produto se baseia por camada onde utiliza-se de sistemas de planejamento de processos, onde a impressão será gerada de forma automática.
- Potencial *diminuição no custo* para produção de protótipos.

3 DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA PRINCIPAIS MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado a partir e principalmente, da metodologia de **pesquisa exploratória bibliográfica**, que segundo Gil (2008) é desenvolvida quando se utiliza de materiais já publicados como livros, artigos e teses. Assim, desenvolveu-se a pesquisa de forma independente e, constituída parcialmente de uma pesquisa descritiva, assim como, pesquisa documental, quanto a natureza das fontes. Também se utilizou de materiais que não receberam tratamento analítico, ou que ainda puderam ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa, que foi o aprofundamento teórico e prático (CERVO; BERVIAN, 2002). **Em relação aos objetivos, este trabalho foi elaborado seguindo parâmetros de pesquisa exploratória e descritiva, que segundo** Marconi e Lakatos (2010), não requerem a formulação de hipóteses para serem testadas e, se restringe pela definição de objetivos e busca de mais informações sobre determinado assunto de estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para exemplificar a Manufatura Aditiva diante de algumas aplicações, os autores selecionaram alguns casos documentados, o primeiro tem relação com a contribuição direta junto a Logística 4.0, o segundo é relacionado com o uso na maior empresa nacional do segmento de aviação, a EMBRAER e, por fim, o último relato, que mostra a MA em uso aplicado como modelo de excelência em um dos segmentos produtivos mais rentáveis do mundo, nas montadoras de automóveis (caso Strati).

4.1 ALGUMAS APLICAÇÕES – CONTRIBUINDO COM A LOGÍSTICA 4.0

Uma das piores crises enfrentadas pelos brasileiros recentemente, foi gerada através do aumento abusivo nos preços de combustíveis, isso não foi apenas em uma região, mas em todo território nacional, onde cidadãos e caminhoneiros saíram a rua para lutar pelo que acredita tornando não apenas uma manifestação mas sim uma greve generalizada formando uma união dessa classe de trabalhadores. Porém, esta greve se iniciou de uma maneira que inconscientemente afetou diversas empresas, pois houve a paralisação e fechamento das rodovias onde havia enormes filas de bloqueios nas estradas impedindo o acesso aos suprimentos para comercialização, como mostra a Figura 3 extraída do Jornal El Pais (2018).



Figura 3: Greve dos Motoristas – Modal Rodoviário Faz Parar o País
Fonte: Jornal El Pais (2018)

Com estas manifestações acontecendo, muitos postos de combustíveis praticamente “secaram” até mesmo pela enorme demanda que surgiu por consequência das manifestações onde a população desesperadamente passou a ir em busca de suprimentos. Consequentemente, esta paralisação das rodovias fez com que muitos aeroportos parassem por falta de combustível, com isso diversas transações pessoais e comerciais tiveram de ser interrompida por falta desde recurso. Tais manifestações também refletiram diretamente em organizações militares como a Força Aérea Brasileira FAB, que por sua vez, tem como fornecedores e centros logísticos a Comissão Aeronáutica Brasileira na Europa (mais precisamente na Inglaterra) e a Comissão Aeronáutica Brasileira nos Estados Unidos (em Washington).

Acoplados ao conceito da indústria 4.0, a aplicação na Manufatura Aditiva nestes tempos modernos, pode ser vista em vários trabalhos onde um equipamento (impressora) pode produzir um protótipo de peça do ramo aeroespacial que pode ser facilmente implantado a fim de solucionar possíveis gargalos (FELIX, 2017), como por exemplo, em relação a ter uma peça de alto padrão disponível da maneira certa, na quantidade e qualidade certa, no momento certo, sem depender de transportá-la por grandes distâncias pelo modal rodoviário, correndo riscos como roubo de cargas e de demora de entrega.

4.2 ALGUMAS APLICAÇÕES – EMBRAER

A *Embraer* é um conglomerado transnacional brasileiro, fabricante de aviões comerciais, executivos, agrícolas e militares, peças aeroespaciais, serviços e suporte na área aeronáutica. Sua sede está no município de São José dos Campos, interior do estado de São Paulo. Sendo mais que um exemplo para as maiores empresas fabricantes de aeronaves a Embraer e a Airbus já possuem um estudo sobre a viabilidade e uso de impressão 3D nas criações de algumas peças, como mostra a Figura 4, quando se vê um equipamento (impressora) manufaturando um protótipo de asa para um dos aviões da empresa.



Figura 4: Testes de Protótipos de Asas

Fonte: Embraer (2019)

4.3 ALGUMAS APLICAÇÕES – EXCELÊNCIA NAS MONTADORAS (*Strati*)

Esta forma de manufatura tem como exemplo também os setores automobilísticos, onde já se iniciaram projetos na construção de automóveis com o uso desta tecnologia, podendo ser citado como caso de sucesso em que usou-se o processo para a produzir a carroceria do carro conhecido como *Strati* (Figura 5), produzido pela empresa norte americana Local Motors de Phoenix, Arizona.

De acordo com a revista científica *Comciencia* (2018), reduziram cerca de 25 mil componentes para montar o chassi e a carroceria do veículo, tornando-o mais leve, além de ser um carro totalmente funcional.



Figura 5: Protótipo do Veículo Strati, da Local Motors

Fonte: COMCIENCIA, 2018

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo traçar um comparativo entre o conceito de manufatura aditiva e suas áreas de aplicações tendo como foco os processos e materiais para a impressão de uma peça ou protótipos tridimensionais, especificamente mostrando simplificadamente, os processos existentes no ramo de prototipagem rápida e suas vantagens.

Também objetivou-se mostrar como este ramo de manufatura está associado a um conceito que atualmente vivemos sobre indústria 4.0, onde engloba um mundo de informações e processos autônomos e flexíveis garantindo um nível de serviço, uma vez que, atualmente se sabe que existem modelos de empresas que já iniciaram projetos na manufatura aditiva.

Este artigo trouxe alguns destes casos, de maneira a incentivar a curiosidade e a pesquisa sobre este ramo.

Acredita-se que existe uma grande oportunidade de estudos aprofundados sobre o tema e, que o debatido neste trabalho possivelmente colabora ou colaborou para os esforços de entendimento e maior consolidação deste processo de manufatura.

Deste forma, esta pesquisa não finaliza aqui, e sim, deixa o caminho pronto para novos estudos exploratórios sobre os novos processos e tecnologias aplicadas à Indústria e Logística 4.0 para pesquisas futuras, que acreditamos serem fundamentais para a construção e/ou melhoria dessas novas ferramentas para uma empresa mais autônoma, ágil, inovadora e otimizada em seus processos.

REFERÊNCIAS

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Inovação, Manufatura Avançada e o Futuro da Indústria: uma** contribuição ao debate sobre as políticas de desenvolvimento produtivo. 1ª Ed. Brasília (DF): ABDI, 2017.

BESSA, J. S. **Prototipagem Rápida**: engenharia do produto. Monografia (Produção). São Paulo (SP): Faculdade de Pitágoras, 2015. Disponível em: <<http://amigonerd.net/exatas/engenharia/prototipagem-rapida>>. Acesso em: 10/04/2019.

CERVO, A. ; BERVIAN, P. **Metodologia Científica**. São Paulo (SP): Prentice Hall, 2002.

COMCIENCIA. **Manufatura Aditiva**: Primeiras Impressões 3d e o Futuro da Produção Camada Por Camada. Comciencia, Revista Eletrônica de Jornalismo Científico. SBPC, Reportagem, Dossiê195, 2018.

EL PAIS. A GREVE DOS CAMINHONEIROS EM IMAGENS: FILA EM POSTOS, RODOVIAS BLOQUEADAS E MERCADOS SEM ESTOQUE, MAIO DE 2018. DISPONÍVEL EM:<[HTTPS://BRASIL.ELPAIS.COM/BRASIL/2018/05/24/ALBUM/1527180891_038789.HTML#FOTO_GAL_6](https://brasil.elpais.com/brasil/2018/05/24/album/1527180891_038789.html#foto_gal_6)>. ACESSO EM: 10/04/2019.

GIBSON, I.; STUCKER, B.; ROSEN, D. W. **Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing**. New York (USA): Springer, 2010.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª. ed. São Paulo (SP): Atlas, 2008.

QUALITYWAY. **Manutenção na Indústria 4.0**. P/ Levandoski, M. 2018. Disponível em: <<https://qualityway.wordpress.com/2018/05/24/manutencao-na-industria-4-0-por-michel-levandoski/>>. Acesso em: 15/04/2019.

KARAPATIS, N. P.; VAN GRIETHUYSEN, J. P. S.; GLARDON, R. Direct Rapid Tooling: a review of current research. **Rapid Prototyping Journal**, vol. 4, n. 2, p.77-89, 1998.

KON, F.; SANTANA, F. Z. **Cidades Inteligentes: Conceitos, Plataformas e desafios**. JAI -Jornada de Atualização em Informática. CSBC, 2016. Disponível em <<http://interscity.org/assets/JAI2016-CidadesInteligentes.pdf>> Acesso em: 25/03/2019.

KOTLER, P.; KARTAJAYA, H.; SETIAWAN, I. **Marketing 4.0: do tradicional ao digital**. Rio de Janeiro (RJ): Sextante.2017

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo (SP): Atlas, 2010.

RODRIGUES, A. R.; BRAGHINI JUNIOR, A.; DE SOUZA, A. F.; BRANDÃO, L. C.; SILVEIRA, Z. C. **Desenho Técnico Mecânico: do planejamento do produto ao controle de qualidade**. Rio de Janeiro (RJ): Campus/Elsevier Brasil, 2014.

SANTOS, S. **Introdução à Indústria 4.0: saiba tudo sobre a revolução das máquinas**. Joinville (SC): Clube de Autores Publicações, 2018.

SILVA, J. R. A. **Gestão de Negócios: Planejamento e Organização Para Indústria**. São Paulo (SP): Editora Saraiva, 2018.

FELIX, L. A. **Potencial Disruptivo da Manufatura Aditiva-Influência nas Cadeias de Suprimentos: uma Aplicação na Marinha do Brasil**. Tese de Doutorado. PUC, Rio de Janeiro (RJ), 2017.

VOLPATO, N. **Manufatura Aditiva: Tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo (SP): Edgard Blücher, 2017.

"O conteúdo exposto no trabalho é de inteira responsabilidade dos autores."