

PROTOTIPAGEM POR MEIO DA IMPRESSÃO 3D E O SEU IMPACTO COMO ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO DE CUSTOS NA INDÚSTRIA 4.0

Gabriel Vitor Maia da Costa ⁽¹⁾ (2021004382@ifam.edu.br), Benjamin Batista de Oliveira Neto ⁽²⁾
(benjamin.batista@ifam.edu.br)

⁽¹⁾ Instituto Federal do Amazonas (IFAM); Departamento Acadêmico de Processos Industriais

⁽²⁾ Instituto Federal do Amazonas (IFAM); Departamento Acadêmico de Processos Industriais

RESUMO: *O método de prototipagem por impressora 3D, não é considerada uma tecnologia recente, porém ela realizou um enorme salto tecnológico devido ao desenvolvimento de novos materiais. Em decorrência da indústria 4.0 possuir o foco na produção de forma inteligente, a prototipagem rápida entra nesse contexto, pois trata-se de um meio capaz de revolucionar os processos de produção. Tendo em vista a crescente importância desta tecnologia como processo de produção de peças e considerando a necessidade de se ter um maior discernimento e um norte sobre possíveis aplicações em empresas, este presente artigo baseado em uma revisão literária, visa apresentar o impacto do uso das impressoras 3D nas indústrias 4.0, possuindo como base a possível redução de custo e seu impacto na sustentabilidade. Adicionalmente, os resultados conclusivos servem como base para auxiliar no direcionamento de iniciativas de pesquisas para implementação do uso desta tecnologia.*

PALAVRAS-CHAVE: *PROTOTIPAGEM, IMPRESSÃO 3D, INDÚSTRIA 4.0, CUSTOS, REDUÇÃO.*

PROTOTYPING THROUGH 3D PRINTING AND ITS IMPACT AS AN ALTERNATIVE FOR COST REDUCTION IN INDUSTRY 4.0.

ABSTRACT: *The 3D printer prototyping method is not considered a recent technology, but it has made a huge technological leap due to the development of new materials. As a result of industry 4.0 focusing on intelligent production, rapid prototyping enters this context, as it is a means capable of revolutionizing production processes. Bearing in mind the growing importance of this technology as a part production process and considering the need to have greater discernment and a guide on possible applications in companies, this present article, based on a literary review, aims to present the impact of the use of printers 3D in industries 4.0, based on possible cost reduction and its impact on sustainability. Additionally, the conclusive results serve as a basis to help direct research initiatives to implement the use of this technology.*

KEYWORDS: *PROTOTYPING, 3D PRINTING, INDUSTRY 4.0, COSTS, REDUCTION.*

1. INTRODUÇÃO

O processo de globalização intensifica a concorrência nacional e internacional dos processos de fabricação de produtos. Desta forma, na produção industrial o mercado tem exigido das empresas o constante aprimoramento, de tal forma que envolve a redução de prazos e o aumento da qualidade dos produtos. Nesse contexto de alta exigência, as atividades envolvidas no processo de fabricação por meio da impressão 3D (PF3D), busca na utilização do protótipo físico uma alternativa para reduzir a possibilidade de falhas e maior economia de custos e de tempo na fase inicial de desenvolvimento do projeto (Westkamper, 2003).

O protótipo, produto do processo de prototipagem, tem sua palavra composta derivada do grego, formada por “protos”, que significa “primeiro” e “týpos”, que significa “tipo”, cuja tradução literal é “primeiro tipo” (Michaelis, 2019). Pode-se, de forma simples conceituar a prototipagem como sendo uma ferramenta para tornar uma ideia ou projeto em algo tangível. Na produção de uma única peça mecânica com formato complexo, é eventual a necessidade de diversos processos de usinagem e máquinas para realizar acabamentos até a etapa final do produto, de tal maneira aumenta de forma exponencial o risco de falhas e acúmulo de tempo. Enquanto, que no processo de prototipagem rápida por meio da impressão 3D, a produção do produto pode-se ser realizada em uma única etapa ou em menores etapas, devido a mesma ser realizada por deposição de filamentos camada por camada (Hopkinson *et al.* 2013).

A habilidade em identificar as necessidades do cliente e, rapidamente, desenvolver produtos que possam atendê-las, é um dos fatores cruciais para determinar o sucesso de uma empresa. Portanto, o presente artigo busca como objetivo geral traçar um panorama com alternativas que possam evidenciar o impacto da impressão 3D no âmbito industrial, seja como meio para redução de custos no decorrer dos processos de produção. Partindo desta contextualização, os objetivos específicos são:

- Apresentar o histórico da indústria 4.0, seus elementos formadores e constituintes;
- Traçar um panorama do estágio atual de desenvolvimento da tecnologia, com uma revisão das principais variantes tecnológicas;
- Levantar características gerais dos materiais e métodos da prototipagem por impressão 3D;
- Abordar a Prototipagem 3D como elemento complementar na indústria 4.0;

- Apresentar o impacto da prototipagem rápida no comércio, sobretudo nas indústrias 4.0.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A escolha do tema estabelecido neste artigo surgiu da necessidade em oportunizar a análise e discussão da impressão 3D ser uma alternativa para redução de custos na indústria 4.0.

No que se refere à finalidade do artigo, todavia, há de se dizer que este possui caráter exploratório e descritivo, com plano de aplicação concordando com os objetivos específicos, empregando, ainda, a pesquisa bibliográfica e a sondagem documental como meio de investigação.

Outrossim, usufruir-se-á de artigos científicos dispostos nas plataformas digitais, como o Google Scholar (Google Inc.) e Scientific Electronic Library Online (SciELO). Para mais, levando em consideração que a pesquisa é exploratória e descritiva, diz-se que o estudo terá o intuito qualitativo.

3. RESULTADOS

3.1 Manufatura aditiva:

Antes de abordar os principais objetivos do presente trabalho, faz-se necessário delimitar e esclarecer o conceito de Manufatura Aditiva e sua participação no que se refere à impressão 3D. Portanto, compreende-se como Manufatura Aditiva a aplicabilidade de equipamentos capazes de fabricar objetos por meio da adição de material camada por camada, com base em um modelo digital tridimensional, sendo um método revolucionário de produção. Um dos primeiros equipamentos de manufatura aditiva foram as máquinas de prototipagem rápida, no qual conhecemos atualmente como as impressoras 3D, contudo existem outros meios com a finalidade de produzir protótipos tridimensionais, além do tema a ser tratado a seguir.

3.2 Histórico da indústria 4.0:

Partindo do saber que a indústria é um fator primordial para o crescimento econômico de um país, e ao longo dos séculos as revoluções industriais marcaram grandes mudanças e inovações tecnológicas, permitindo consolidar o progresso contínuo de melhoria, é necessário abordar o histórico da indústria 4.0, desde as primeiras revoluções e por fim o seu surgimento, com a finalidade de compreender como a prototipagem rápida pode atender os interesses atuais de industrialização.

Até o século XVIII a produção era realizada de forma artesanal e com baixa escala. Como esse modelo não era suficiente, pois nesse período o capitalismo tomou força na Europa, se fez necessário modificar a produção artesanal para atividades desenvolvidas em fábricas com o intuito de aumentar a produtividade. Desta forma, teve início a Primeira Revolução Industrial, caracterizada pela utilização da máquina a vapor.

Devido ao desejo de aumentar cada vez mais a produtividade, surgiram novas tecnologias que culminaram na Segunda Revolução Industrial. A industrialização expandiu-se para outros países e a produção em massa alinhado com a automatização do trabalho, uso da elétrica e da metalurgia, foram os fatores que caracterizaram a Segunda Revolução Industrial. Após cem anos aproximadamente, o desenvolvimento industrial proporcionou a Terceira Revolução Industrial, mais conhecida como Revolução Digital. Ela se caracteriza pelo uso dos componentes eletrônicos e da nanotecnologia. Posteriormente, a Quarta Revolução Industrial se caracteriza pelo conceito de Indústria 4.0. Tal conceito engloba uma integração das demais Revoluções que ocorreram ao longo da história.

De forma direta, a indústria 4.0 está voltada para a integração das tecnologias de informação e comunicação que visam alcançar novos patamares de produtividade. Em uma linha de produção operando com indústria 4.0, tal ferramenta é operada e controlada remotamente. Portanto, pode-se definir Indústria 4.0 como um sistema de produção integrado por softwares, que possibilitam a programação e o gerenciamento de diversos setores.

Visto que, o conceito de indústria 4.0 foi abordado, ele é apoiado por elementos de base, estruturantes e complementares. Seus elementos de base são:

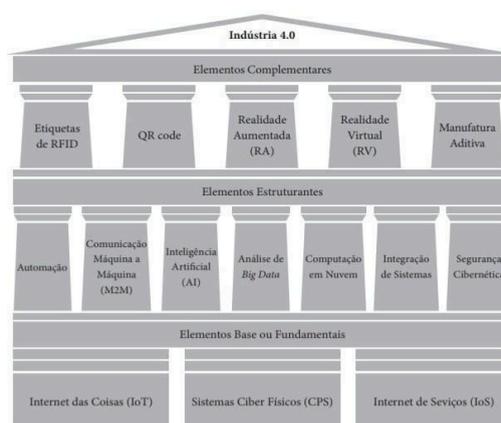
- **Sistemas ciber físicos (CPS):** Sistemas mecatrônicos compostos por sensores que monitoram e controlam processos industriais, transmitindo informações e dados em tempo real para o mundo físico.
- **Internet das coisas (IOT):** São objetos que utilizam a internet como um canal de comunicação.
- **Internet de serviços (IOS):** Em vez de comprar uma máquina, a indústria tem a possibilidade de comprar somente os serviços.

Os elementos estruturantes estão presentes em diversos meios e áreas, e à medida que empresas se encaminham para a indústria 4.0, todos esses elementos tendem a estar presentes. São eles:

- Automação: Realização de atividades com equipamentos que funcionam de forma independente, a partir de condições preestabelecidas.
- Comunicação Máquina a Máquina (M2M): Capacidade de realizar o compartilhamento de dados não somente para passarem dados para fora do ambiente de produção, mas para o restante das máquinas.
- Inteligência artificial: De forma sucinta, é utilizado dispositivos de maneira similar a capacidade de raciocínio do ser humano, voltado para resolução de problemas.
- Análise de Big Data: É a análise da massa de informações geradas por todo sistema.
- Computação em nuvem: Capacidade para que as informações possam ser acessadas de qualquer parte do mundo.
- Integração de sistemas: Como propriamente o nome diz, trata-se de todo o sistema que precisa estar integrado para permitir o funcionamento da empresa em sua plenitude.
- Segurança cibernética: Desenvolvimento de novos meios de segurança contra vazamento de dados.

Após realizada a breve contextualização referente a indústria 4.0 seus elementos base e estruturantes, partimos para os elementos complementares formadores da “casa” da indústria 4.0, representados pela Figura 1, são eles: Etiquetas de RFIO, QR code, Realidade Aumentada (RA), Realidade Virtual (RV) e Manufatura Aditiva. Como o presente trabalho possui o foco no impacto do uso da prototipagem – impressão 3D no âmbito industrial, trataremos apenas deste elemento complementar.

FIGURA 1. Elementos formadores da indústria 4.0. A “casa” da indústria.



Fonte: Barbosa (2019).

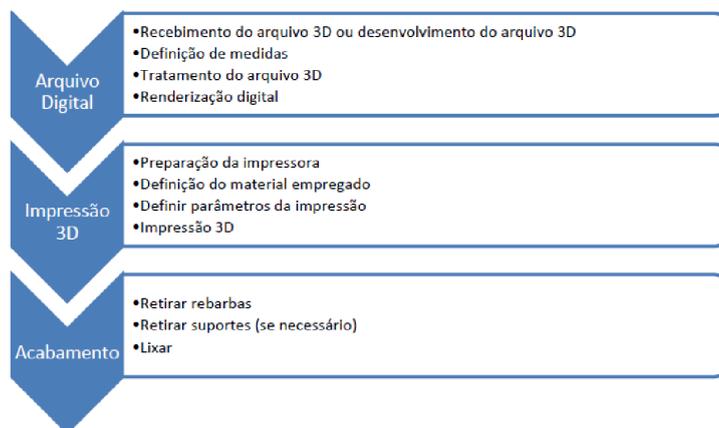
3.3 Impressão 3D:

Impressão 3D pode-se ser considerada um ramo da Manufatura Aditiva, no qual, se caracteriza em produzir objetos dos mais diversos formatos geométricos por meio da deposição de filamentos, camada por camada, a partir de um modelo 3D, habitualmente obtido por meio do uso de um sistema CAD (Computer Aided Design). Esse método de elaboração de peças, realiza uma oposição aos métodos convencionais de produção.

“Conhecida também como prototipagem rápida, essa tecnologia revolucionou a indústria. Antes dela, para se produzir um protótipo, era preciso modelar uma peça manualmente para então criar uma matriz de produção. Na prática, a impressão 3D é uma forma de tecnologia de fabricação aditiva em que um modelo tridimensional de um objeto é criado por sucessivas camadas de material sobrepostas, ordenadas de acordo com a programação de um software de impressão” (COSSETTI, 2018, s/p).

Em suma, a aquisição de peças por meio do processo de prototipagem 3D é feita a partir de um modelo digital tridimensional, cuja construção é em um software CAD. A geometria ou modelo é enviada para um software de preparação específico para cada impressora, com intuito de definir alguns parâmetros, tais como: altura, largura e profundidade, sendo necessários para obtenção da peça final. A Figura 2 retrata o processo básico de funcionamento da impressora 3D.

FIGURA 2. Processo básico da impressora 3D



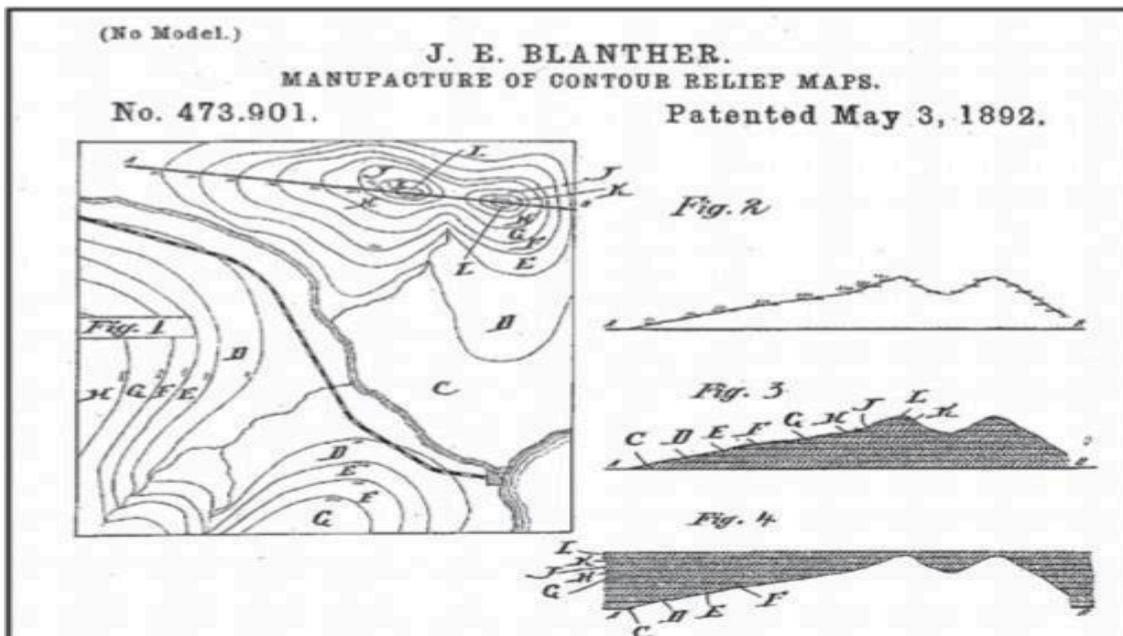
Fonte: Barbosa (2019).

3.4 Aspectos históricos e variantes tecnológicas:

O princípio de construção de objetos por meio da deposição de camada por camada é um conceito remotamente antigo, possuindo como exemplo a edificação de pirâmides egípcias, com o acrescentamento de blocos. Tendo em vista esses pontos, pode-se afirmar que os precedentes das tecnologias atuais, são entrelaçados nas áreas técnicas de topografia e fotoescultura. Ainda que, essas técnicas fossem consideradas rudimentares, elas são de suma importância devido a serem consideradas pontapés iniciais para o desenvolvimento das atuais tecnologias de impressão 3D.

Por volta de 1890, no ramo da topografia, o pesquisador Blanther desenvolveu um método, conforme mostra a Figura 3, com o intuito de utilizar níveis para a produção dos moldes de mapas topográficos. No qual, utilizou-se discos de cera com curvas de níveis para obtenção de superfícies tridimensionais.

FIGURA 3. Método Blanther



Fonte: Manufatura Aditiva (2019).

A segunda técnica que colaborou com o que conhecemos na atualidade como impressão 3D, surgiu-se em meados de 1860, conhecida como fotoescultura e tendo como propulsor o francês Frenchman François Willeme. Foi desenvolvida com o objetivo de criar réplicas idênticas tridimensionais de objetos e até mesmo de seres humanos. Consistiu em dispor de uma sala

circular com câmeras instaladas em seu interior para fotografar simultaneamente o objeto colocado no centro da sala e posteriormente utilizado por um artista para esculpir em cada vista.

Após a evolução das técnicas de topografia e fotoescultura aliado com o crescente desenvolvimento das indústrias, em especial a de automóveis, surgiu-se a necessidade do aprimoramento de novas técnicas. Com isso, a criação da primeira impressora 3D tem como atribuição a Charles Chuck Hull em 1984.

“A criação da primeira impressora 3D é atribuída a Charles “Chuck” Hull, em 1984, mas uma investigação mais a fundo remete-nos para alguns anos antes. Em 1981, o japonês Hideo Kodama, do Instituto Industrial de Investigação de Nagoya, foi pioneiro na criação de um modelo sólido idêntico ao que, três anos depois, Chuck Hull cria, em conjunto com a estereolitografia, que permite a criação de modelos 3D recorrendo a dados digitais. Poucos anos depois, Chuck Hull funda a 3D Systems Corp. e patenteia a sua criação. A empresa, que abriu portas à comercialização do produto, continua como uma das líderes de mercado atualmente” (FREITAS, 2016, s/p). (Aspas do texto original).

A fundação da empresa 3D Systems foi o fator determinante para a grande repercussão da impressora 3D de Charles Chuck, sendo de suma importância para a disseminação e popularização do uso da tecnologia durante as próximas décadas. A fabricante lançaria cada vez mais máquinas, além de estabelecer bases para futuros progressos da tecnologia, como o desenvolvimento do formato STL. Na mesma década, Scott Crump, considerado um dos pioneiros da manufatura aditiva foi fundador da empresa Stratasys, cuja contribuição para o avanço da tecnologia se deu pela utilização de modelagem por deposição fundida, conhecida como FDM.

“O FDM é um processo de impressão 3D desenvolvido por Scott Crump, e depois implementado pela Stratasys Ltd., nos anos 80. Assim ele utiliza materiais plásticos térmicos de qualidade de produção para imprimir objetos 3D. FDM é um dos tipos de impressão 3D que usa termoplástico adequados para produção, portanto, os itens impressos têm excelentes atributos mecânicos, térmicos e químicos” (CARDOSO, 2018, s/p).

Fundado pelo Dr. Adrian Bowyer, o projeto Reprap é considerado o marco de maior popularização na linha cronológica da impressora 3D, revolucionando a tecnologia open source (código de um programa que é livre e gratuito). Após o lançamento desse projeto, a impressora 3D foi ainda mais explorada, possibilitando diversos avanços tecnológicos.

“O projeto RepRap foi criado em 2004, na Inglaterra, com o objetivo de criar máquinas autorreplicáveis e com livre acesso para todos. Ou seja, com código aberto. A RepRap foi a

primeira impressora 3D de baixo custo criada e, por ser de código aberto, revolucionou a tecnologia open source. Podemos dizer que a construção da primeira RepRap, possibilitou que essa tecnologia, que antes era bastante cara, se tornasse muito mais acessível e se desenvolvesse” (SOARES, 2017, s/p).

3.5 Materiais de impressão 3D:

Para fabricação do modelo ou protótipo, a escolha do material a ser utilizado está intimamente relacionado com o interesse nas características finais do produto. Neste panorama, serão abordados os principais materiais utilizados pela empresa Stratasys.

1. **PLA (Ácido Polilático):** Considerado um termoplástico rígido feito de recursos renováveis, o PLA é indicado para quem procura utilizar menos calor e energia para obtenção das peças, visto que possui baixo ponto de fusão.

2. **ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno):** Uma das suas principais características é ser resistente ao calor e a impactos. Suas peças impressas mantêm a máxima precisão na qual foram destinadas, servindo como primeira opção em aplicações que necessitam de alta durabilidade.

3. **ABS-PC (Acrilonitrila Butadieno Estireno/ Policarbonato):** Por ser uma combinação, possuem as melhores características do policarbonato e do material ABS. Sendo recomendado para peças robustas.

4. **ASA (Acrilonitrilo Estireno Acrilato):** Sua aplicação é voltada para vários fins possíveis, porém é de suma relevância quando se quer melhores propriedades mecânicas, estética superior e resistência aos raios UV.

3.6 Métodos de prototipagem rápida:

Como foi abordado no item anterior, no processo de prototipagem rápida ou impressão 3D, são utilizados uma gama de materiais e a escolha entre eles depende da tecnologia a ser utilizada. Portanto, as próximas seções serão destinadas a apresentar tais tecnologias e métodos de impressão 3D.

FDM (Modelagem por fusão e depósito)

O primeiro método de impressão 3D a ser abordado é o FDM, ou seja, modelagem por fusão e deposição. A princípio, a impressora 3D FDM dispõe da técnica de sobreposição, produzindo objetos camada por camada, sendo utilizado materiais por filamentos termoplásticos, com sua aplicação voltada para todos os tipos de peças e formatos. De forma sucinta, a impressão com esse modelo de fabricação aditiva ocorre da seguinte descrição: No primeiro momento é

necessário que o termoplástico seja aquecido até chegar no estado semilíquido, após isso é remanejado na bandeja pelo extrusor da máquina para ocorrer a fabricação da peça.

SLA ou Estereolitografia

Segundo Cardoso (2018), “é considerada a primeira tecnologia de impressão 3D do mundo”. Esse tipo de técnica utiliza resina em estado líquido cuja solidificação é ocorrida através de uma luz ultravioleta. O modelo 3D assim como na impressora 3D FDM, também é construído camada por camada utilizando termoplásticos. Em geral, um dos benefícios dessa técnica é a alta precisão na construção da peça, em contrapartida, o seu custo é mais elevado comparado com a FDM.

DLP (Digital Light Processing)

O processo de criação da peça é bem semelhante a SLA, contudo a diferença está voltada na utilização de uma luz tradicional em vez da ultravioleta presente na técnica de Estereolitografia. Outro ponto distinto entre ambas as tecnologias é o fato de no Processamento de Luz Digital, dependendo do tamanho do item a ser produzido, ela utiliza a geração de luz de uma única vez para gerar uma camada.

SLS (Sinterização Seletiva a Laser)

O processo de formação também é realizado camada por camada, entretanto sua utilização está voltada para um laser de elevada potência com a função de sintetizar o material em pó na região de acumulação no lugar de resina líquida. Após, o laser concluir a primeira camada a estrutura da impressora diminui e um sistema cobre a camada solidificada com mais uma fina, tal processo se repete até o acabamento do objeto.

SLM (Fusão Seletiva a Laser)

Pode ser considerada uma subcategoria da impressora 3D SLS, cuja aplicação também é através de um feixe de laser com alta potência e o processo de construção da peça é o mesmo. Ademais, o material termoplástico utilizado na maioria das impressoras, é substituído por aços inoxidáveis, titânio ou alumínio.

3.7 Prototipagem – impressão 3d na indústria 4.0

Como foi abordado anteriormente, a prototipagem por impressão 3D foi criada por Chuck Hull, através de técnicas remotamente antigas, como a estereolitografia. Posteriormente, a Sociedade Americana para Ensaios e Materiais, redefiniu o termo para Manufatura Aditiva por

poder abranger outras tecnológicas que possuem o mesmo objetivo, a impressão de objetos ou peças.

A princípio, visando justificar o uso da prototipagem rápida como um meio benéfico e lucrativo com o intuito de apresentar o impacto da tecnologia nas indústrias 4.0, foram utilizados como base os seguintes trabalhos e pesquisas dispostos na Tabela 1.

TABELA 1. Materiais utilizados como base para pesquisa e fundamentação.

Tipo	Título	Ano de Publicação
Artigo de Revista	A importância da manufatura aditiva como tecnologia digital para a indústria 4.0: uma revisão sistemática.	2020
Artigo de Revista	Indústria 4.0: a Manufatura Aditiva como ferramenta de inovação e otimização.	2019
Livro	Indústria 4.0: Conceito e Fundamentos	

Fonte: Autoria Própria (2022).

Assim visto anteriormente, a indústria 4.0 trouxe muita digitalização e a necessidade de realizar atividades de forma mais breve possível. Tendo isso como base, a Manufatura Aditiva como um todo, representa a parte física no meio do vasto campo virtual. Devido a indústria 4.0 possuir o foco na produção de forma inteligente, a prototipagem rápida por impressão 3D entra nesse contexto, pois trata-se de um meio para produção de peças que agrega todos esses elementos fundamentais. O destaque do processo de prototipagem por impressão 3D para a indústria 4.0 está voltada para a possibilidade de produzir peças personalizadas, sem restrições geométricas. Ou seja, com variedade nas formas de peças de acordo com o formato desejado e individualizado. Desta forma, através da sua versatilidade, essa tecnologia é responsável diretamente na economia de custos, tempo e material.

Partindo desses três fatores, como a produção é realizada por meio dos comandos de um software, sendo a peça construída camada por camada, o desperdício de material durante o uso da tecnologia é em baixa escala, pois o produto é feito em medidas exatas por essas dimensões já serem estabelecidas no software. Por consequência, existe a garantia da economia de energia,

visto que toda a energia consumida durante o processo, estará voltada para a produção da peça. Além do mais, as próprias tecnologias das Indústrias 4.0, como CPS, conseguem coletar os dados do processo e exemplificar os desperdícios. Outro ponto de suma importância, é o fato de as impressoras 3D serem consideradas de fácil acesso principalmente no quesito financeiro e de espaço. Devido ao aumento do uso da técnica de prototipagem rápida por impressão 3D, o Know How sobre essa tecnologia e suas vantagens foram disseminadas e a teve uma crescente busca por essa tecnologia. Por fim, com o intuito de garantir que a impressão 3D terá o seu melhor aproveitamento na indústria

4.0, devem ser adotadas com antecedência, algumas medidas, tais como:

→ Impressora 3D: inicialmente deve-se definir o tipo de impressora que será utilizado na linha de produção, pois cada tipo de peça produzida requer um tipo de impressora diferente, com características e requisitos distintos.

→ Material: são necessários a escolha e o planejamento da matéria-prima que será utilizada na produção das peças, o que inclui pesquisa de melhores fornecedores, análise da qualidade da matéria-prima, custo e outros quesitos que julgar fundamentais.

→ Conhecimento (*know how*): é necessário conhecer e estudar a técnica para entender o funcionamento da impressora e também prever possíveis erros de processamento.

→ Softwares: Existem diferentes tipos de software, cada um com sua função, e dentre cada tipo, existem várias opções para escolha.

→ Hardware: A função dos hardwares é processar os dados que chegam no software. Devido ao fato de utilizar programas com uma alta quantidade de dados e que devem ser processados de maneira correta, é preciso ter um hardware de grande capacidade de processamento. Tanto o software quanto o hardware de boa qualidade podem elevar o custo da produção.

→ Assistência técnica: Eventualmente pode ser que alguma impressora apresente uma falha no funcionamento. É imprescindível a existência do suporte técnico relativamente perto da fábrica.

→ Espaço físico: Desde o projeto da planta da fábrica, deve ser considerado o espaço físico para a impressora 3D, tal como a movimentação das mesmas, espaço para os funcionários e entre outros aspectos que devem ser considerados para dimensionar o espaço necessário

→ Alinhamentos com o cliente: por permitir uma flexibilidade na produção, deve ser

estabelecida uma relação entre cliente e empresa para evitar possíveis retrabalhos e definir limites contratuais do que é ou não permitido, principalmente na questão de customização.

→ Inovação: Visto que é um mercado muito recente, ainda há muitas revoluções e transformações para ocorrer. Para a empresa se manter competitiva, é necessário observar as tendências do mercado e conhecer as inovações que estão surgindo.

→ Pós processamento: É necessário definir se precisará de tratamento final ou não, e caso tenha, o que deve ser realizado e como. Essas definições são importantes, pois impactam diretamente no espaço necessário para a produção e no custo final do projeto

→ Gerenciamento: Deve-se otimizar as horas de funcionamento das impressoras 3D's, pois isso garantirá uma maior vida útil, um melhor aproveitamento das horas trabalhadas e um melhor funcionamento dela.

3.8 Impressora 3D e sustentabilidade:

Ao tratarmos de temas na atualidade, é irrevogável não aprofundar qual o papel a tecnologia em estudo desempenha na sustentabilidade. Partindo disso, é fundamental analisar de que maneira as impressoras 3D podem impactar no meio ambiente. Desta forma, para fundamentação teve como base os seguintes trabalhos listados na Tabela 2.

TABELA 2. Materiais utilizados como base para pesquisas e fundamentação

Tipo	Título	Ano de publicação
Artigo de revista	Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability 2	2020
Livro	Energia e Sustentabilidade	

Fonte: Autoria própria (2022).

Pode-se fundamentar que a Prototipagem rápida fez ser importante para o desenvolvimento sustentável, pois a sua produção reduz o desperdício de matéria-prima, somado com os fatores de redução no tempo de chegada da peça ao cliente e minimização da necessidade de montar outros componentes, cuja sua matéria-prima possam impactar o ambiente de forma agressiva, todos esses aspectos geram pontos positivos para o uso da impressora quando se visa a sustentabilidade.

A reciclagem desempenha um papel direto na formação de uma sociedade sustentável, pois ela reduz a quantidade de resíduos enviados para os depósitos de lixo. Partindo do saber, dependendo do material utilizado para a impressão 3D, ele pode ser reutilizado após o uso, através de um processo de trituração. Logo, os materiais possuem grande importância quando se refere ao ambiente, contudo ao tratar da impressora 3D, deve incluir como um fator sustentável a redução da quantidade do material impresso. Um exemplo disso, são as impressões de peças ocas, feitas através da tecnologia FDM.

Segundo o engenheiro civil Arlindo Philippi Jr e o engenheiro eletricista Lineu Belico dos Reis, desde os primórdios a energia tem sustentado as formas de vida presentes no planeta e ao longo da história, hoje se reflete em consumo energético excessivo de um lado, e mal distribuído de outro, a energia consumida por um ser humano possui o intuito de satisfazer as suas necessidades e obtenção de conforto. Portanto, além de reduzir custos e tempo de produção, a prototipagem rápida por impressão 3D, reduz a quantidade de máquinas necessárias no decorrer do processo de elaboração da peça, e por consequência ocorre a diminuição no consumo de energia.

4. CONCLUSÕES

Este presente trabalho teve como objetivo apresentar o impacto do uso da Prototipagem – Impressão 3D no âmbito industrial, enfatizando a Indústria 4.0 como um elemento impulsionador. A metodologia utilizada foi a revisão narrativa da literatura e tendo como base em artigos, livros e teses pode-se concluir que é evidente o potencial que a implementação desta nova tecnologia possui e as transformações no decorrer dos processos de desenvolvimento do produto. Ela está atrelada como um motivador para as diversas empresas que possuem o intuito de desenvolver peças que possam atender as necessidades específicas de cada cliente de uma forma rápida, economicamente viável e de baixo impacto no meio ambiente. Trata-se de uma ferramenta que vem tendo um crescente uso e isso acarreta na espera que esse aprimoramento dos equipamentos necessários para seu perfeito funcionamento, seja contínuo.

Contudo, como todo maquinário, não é possível ter uma eficiência de 100% no seu desempenho, seja físico ou de interesse para atender as necessidades gerais. Desta forma ainda existem questões e temas que a necessidade de discussão e aprofundamento de estudos são indispensáveis. Para exemplificar isso, podemos considerar o fundamental estudo nas características mecânicas da peça, tais como: tenacidade, resistência, tração, cisalhamento e entre

outras propriedades. Outro fator imprescindível é a preocupação do possível remanejamento dos profissionais que atuam nos métodos tradicionais de fabricação das peças mecânicas. Ademais, para as indústrias que almejam elevar o seu nível sustentável e econômico, podemos afirmar que em algum momento irão recorrer no uso e no aprofundamento desta inovadora tecnologia, seja em larga ou baixa escala.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Paulo Vitor Oliveira. **Desafio das pequenas empresas para a inclusão da manufatura aditiva no contexto da indústria 4.0**. 2019. 74 f. TCC – Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

CARDOSO, Sérgio. **Conheça os Tipos de Impressão 3D e os Seus Benefícios**. In: 3D Lab Soluções em Impressão 3D. 25 set. 2018. Disponível em: <<https://3dlab.com.br/tipos-deimpressao-3d-e-beneficios/>>. Acesso em: 5 de novembro de 2022.

COSSETTI, Melissa Cruz. **Como funciona uma impressora 3D**. Tecnoblog, 2018. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/como-funciona-impressora-3d/>>. Acesso em: 5 de novembro de 2022.

DANTAS, Thales et al. **How the combination of Circular Economy and Industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals**. Sustainable Production And Consumption, v. 26, p. 213-227, 2021.

FREITAS, Joana. **Impressão 3D: revolução que começou há mais de 30 anos**. In: Hoje Macau. 4 ago. 2016. Disponível em: <<https://hojemacau.com.mo/2016/08/04/impressao-a-3d-revolucao-que-comecou-ha-mais-de-30-anos/>>. Acesso em: 5 de novembro de 2022.

GHOBAKHLOO, Morteza. **Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability**. Journal of cleaner production, v. 252, p. 119869, 2020.

HAGUE, Richard; DICKENS, Philip; HOPKINSON, Neil. **Rapid manufacturing: an industrial revolution for the digital age**. John Wiley & Sons, 2006.

INÁCIO, Danilo et al. **A importância da manufatura aditiva como tecnologia digital para a indústria 4.0: uma revisão sistemática**. Revista Competitividade e Sustentabilidade, v. 7, n. 3, p. 653-667, 2020.

LIRA, Valdemir Martins. **Processos de fabricação por impressão 3D: tecnologia, equipamentos, estudo de caso e projeto de impressora 3D.** São Paulo: Blucher, 2021.

MALAR, João Pedro. **Greenwashing: o que é e como identificar a prática da falsa sustentabilidade.** CNN Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/greenwashing-o-que-e-e-como-identificar-a-pratica-da-falsa-sustentabilidade/>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

PAIVA, Thiago Neves. NOGUEIRA, Thiago Neves. **Estudo comparativo das principais tecnologias de impressão 3D no Brasil.** Facit Business and Technology Journal, v. 1, n. 24, p. 193-212, 2021.

SACOMANO, José Benedito et al. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos.** 1. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

SILVA, Danilo Goulart da. **Indústria 4.0: conceito, tendências e desafios.** 2017. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia. Automação Industrial – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

STRANO, G.; HAO, L.; EVERSON, R.; EVANS, K. **A new approach to the design and optimisation of support structures in additive manufacturing.** International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v.66, p.1247-1254, 2013.

VOLPATO, Neri. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D.** 1. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

WESTKÄMPER, E. **How many rapid technologies does a company need.** In: International User's Conference & Exhibition on Rapid Prototyping &- Rapid Tooling &- Rapid Manufacturing, 4., Frankfurt, 2003. p. 7.

YAMADA, Viviane Yukari; MARTIN, Luís Marcelo. **Indústria 4.0: um comparativo da indústria brasileira perante o mundo.** Revista Terra e Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa, v. 34, n. esp., p. 95-109, 2018.