

ESTUDO DA MANUFATURA ADITIVA NA INDUSTRIA 4.0

Thiago Ramos Leite Arêa Leão
Oberdan Rocha Pinheiro

Resumo: Este artigo apresenta um estudo da Manufatura Aditiva na Indústria 4.0, apresentando por meio de conceitos como: *Internet of Things*, *Big Data*, *Autonomous Robots*, *Cloud*, *Horizontal and Vertical System Integration*, *Additive Manufacturing* e etc (nove pilares da Indústria 4.0). Também foram expostas as aplicações da manufatura aditiva, de seguimentos desde protótipos à produtos finais, assim como as principais tecnologias nas quais mais se destacam no mercado e sua aplicação na Indústria 4.0.

Palavras-Chaves: Manufatura aditiva; Indústria 4.0; Pilares tecnológicos.

STUDY OF ADDITIVE MANUFACTURING IN THE INDUSTRY 4.0

Abstract: This article presents a study of Additive Manufacturing in Industry 4.0, presenting concepts such as: *Internet of Things*, *Big Data*, *Autonomous Robots*, *Cloud*, *Horizontal and Vertical System Integration*, *Additive Manufacturing* and etc. (nine pillars of Industry 4.0). The applications of additive manufacturing, from prototype to final products, as well as the main technologies in which they stand out in the market and their application in Industry 4.0 have also been exposed.

Keywords: Additive manufacturing; Industry 4.0; Technological pillars.

1. INTRODUÇÃO

Devido aos avanços tecnológicos, presenciamos um aumento exorbitante na produtividade industrial desde o início da Revolução Industrial. As primeiras indústrias movidas a vapor no século XIX, o uso do petróleo e da energia elétrica como suas principais fontes no século XX, e logo a automatização da indústria na década de 1970. Após esse período os avanços foram apenas complementares, como os avanços na área da tecnologia da informação, a chegada da eletrônica e das telecomunicações.

Agora no século XXI temos a quarta mudança, chamada de manufatura avançada ou Indústria 4.0, a mesma traz uma tendência de automatização total das industriais, elevando sua produção a uma total independência da obra humana. Esse termo ganhou força na Alemanha em 2011, por conta de um projeto de estratégica tecnológica do governo com objetivo de modernizar a já avançada indústria no país, a partir de um investimento federal de 500 milhões de euros, apostando na criação de fábricas inteligentes, com capacidade e autonomia para agendar manutenções, prever falhas nos processos e se adaptar aos requisitos e mudanças não planejadas na produção (Silveira, 2018).

A Indústria 4.0, se baseia em algumas premissas, entre as quais: inexistência de inventários, disponibilidade global, custo mínimo de logística e entrega imediata. Para suportar essas capacidades alguns pilares se fazem necessários, como é o caso da manufatura aditiva, que permite entregar uma variedade de produtos, com diferentes customizações, em diversos lugares, utilizando novas tecnologias como a impressão em 3D (Coan, 2016).

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada para criação deste trabalho é o método descritivo, na qual foram utilizadas pesquisas bibliográficas, estudos voltados aos levantamentos de trabalhos já publicados por outros autores e a utilização de livros, artigos e informações coletados na internet através de sites.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As bases da Indústria 4.0 já são utilizadas na manufatura moderna, no entanto, o seu diferencial é que juntos conseguem revolucionar a produção. Aliado a necessidade em diminuir os custos de produção e de logística, células isoladas e otimizadas se unirão como um fluxo de produção totalmente integrado e automatizado, juntamente com a necessidade de atender a demanda customizada e baseada na experiência dos clientes.

Segundo (Rüßmann, Lorenz, & Gerbert, 2015), nove tecnologias são as responsáveis pela transformação da produção industrial ou também chamados de pilares do avanço tecnológico, são eles:

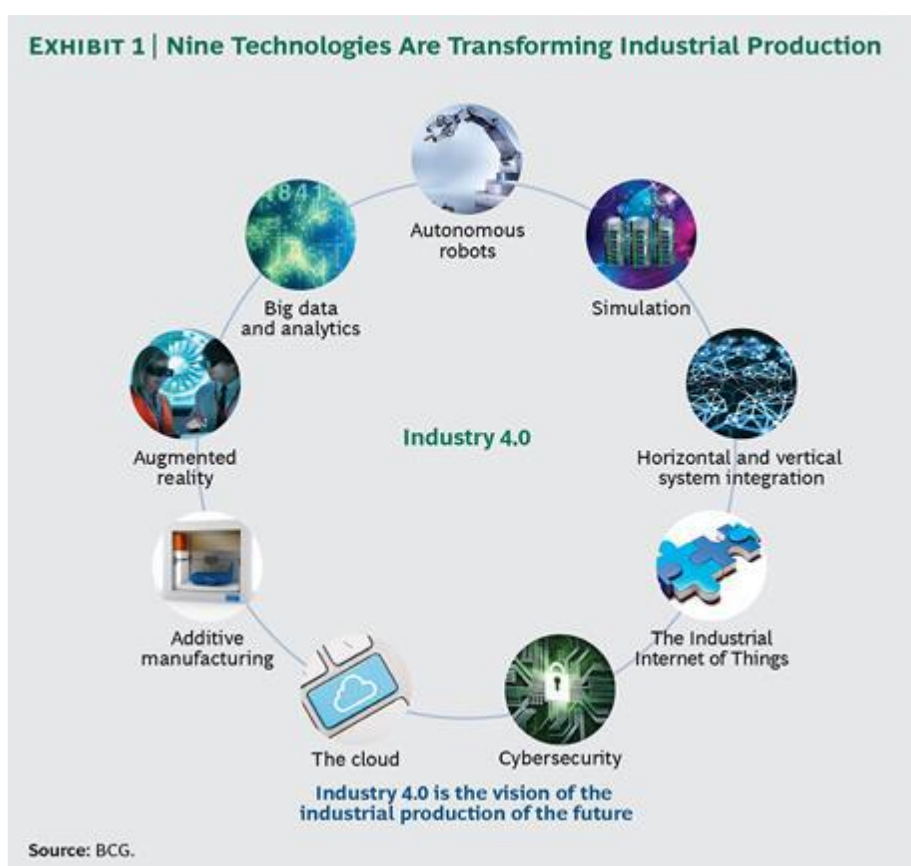


Figura 1: Os nove pilares do avanço tecnológico

Fonte: Rüßmann, Lorenz, & Gerbert, 2015

3.1 : Os Nove Pilares do Avanço Tecnológico

3.1.1 *Big Data Analytics*

Análises baseadas em grandes de conjuntos dados, que utilizam novas abordagens para a captura, análise e gerenciamento de informações. Tem um papel de coletar e avaliar dados de várias fontes diferentes, sejam equipamentos de produção, sistemas de gerenciamento corporativo e também de clientes. Os dados se tornarão padrões para auxiliar na tomada de decisões em tempo real sem a interferência humana, através do aprendizado de máquina (*machine learning*).

3.1.2 *Autonomous Robots*

Além das funções atuais, os robôs interagem com outros robôs, máquinas e seres humanos, aprendendo com os mesmos e se tornando-os mais autônomos e cooperativos e mais seguros. Esses robôs custarão menos e terão uma gama maior de recursos do que os usados na fabricação atual.

3.1.3 *Simulation*

Permite que os operadores testem e melhorem os processos e produtos na fase de concepção, reduzindo os custos e tempo de criação. As simulações alavancarão dados em tempo real, espelhando o fisco em um modelo virtual, que irão permitir que os operadores testem e otimizem os setups das máquinas para o próximo produto em linha no mundo virtual antes da troca física, reduzindo o tempo de configuração da máquina e aumentando a qualidade dos produtos.

3.1.4 *Horizontal and Vertical System Integration*

Atualmente, são poucos os sistemas de TI que estão totalmente integrados, nem mesmo a engenharia com os setores da produção e serviço, muito menos as empresas com os fornecedores e clientes, carecendo de uma integração completa. Já na Indústria 4.0, os sistemas de TI integram uma cadeia de valor verdadeiramente automatizadas, a medida em que as redes universais de integração de dados entre empresas evoluírem.

3.1.5 *Integration The Industrial Internet of Things*

Na manufatura atual, poucos são os sensores e máquinas de um fabricante que estão em rede e utilizam um sistema embarcado. Normalmente estão organizados em uma pirâmide de automação vertical, na qual os sensores e dispositivos de campo com inteligência limitada e controladores de automação alimentam um sistema de controle de processo de fabricação. No entanto, com a Internet Industrial das Coisas, muito mais dispositivos serão integrados e enriquecidos com o sistema embarcado, permitindo que os dispositivos de campo se comuniquem e interajam um com os outros e com controladores mais centralizados. Também descentraliza a análise e a tomada de decisões, permitindo respostas em tempo real.

3.1.6 *Cybersecurity*

Talvez a Cyber Segurança seja um dos maiores desafios com a chegada da Indústria 4.0, com o aumento da conectividade e uso de protocolos de comunicação padrão, a necessidade de proteger os sistemas industriais críticos e linhas de produção contra ameaças cibernéticas, aumentará drasticamente. Logo, comunicações seguras, assim como gerenciamento sofisticado de identidade, acesso a máquinas e usuários serão essenciais.

3.1.7 *The Cloud*

Atualmente muitas empresas já estão utilizando softwares em nuvem para alguns aplicativos corporativos e de análise, podendo ser acessada em qualquer lugar do mundo por meio de uma infinidade de dispositivos conectados à internet. Entretanto, na Indústria 4.0 mais empreendimentos relacionados a produção exigirão um aumento de compartilhamento de informações, permitindo mais serviços orientados a dados para sistemas de produção.

3.1.8 *Additive Manufacturing*

Muitas empresas já estão utilizando a manufatura aditiva como impressão 3D, com objetivo de prototipar e produzir componentes individuais. Na Indústria 4.0, este método será ampliado para produzir pequenos lotes de produtos personalizados que ofereçam vantagens na construção, como designs complexos e com peso reduzido.

3.1.9 *Augmented Reality*

Muitas empresas já estão utilizando a manufatura aditiva como impressão 3D, com objetivo de prototipar e produzir componentes individuais. Na Indústria 4.0, este método será ampliado para produzir pequenos lotes de produtos personalizados que ofereçam vantagens na construção, como designs

3.2 Manufatura Aditiva na Produção Industrial

O termo “Manufatura Aditiva” refere-se a ao processo de construção de uma peça camada por camada, a partir de um modelo digital 3D de maneira automatizada, constituindo-se em si uma nova área tecnológica ainda rica em oportunidades e em um estado de amadurecimento (Loest, 2017).

3.2.1 Evolução Tecnológica

A manufatura aditiva vem possibilitando grandes avanços, apesar de muitos acreditarem que esta é uma tecnologia recente, a mesma está no mercado desde 1980. No entanto, somente nestes últimos anos percebemos a sua ascensão, tudo isso devido ao desenvolvimento de novos materiais e do avanço da eletrônica.

Na década de 1990, com os avanços da tecnologia, começaram a surgir os primeiros equipamentos industriais e permitiu o aparecimento de algumas peças, mas ainda na forma de prototipagem. Com o tempo de construção totalmente reduzida por conta da impressora 3D, criou-se o termo “*Rapid Prototyping*”, pois elimina várias etapas tradicionais do processo, como a fabricação de moldes ou montagem artesanal dos componentes. Ao passar dos anos, com a descoberta de

novos materiais e avanços da eletrônica, o uso da manufatura foi se tornando economicamente mais viável, e evoluiu para construção rápida de ferramentas de produção e também para produtos finais, criando o termo “*Rapid or Direct Manufacturing*”.

3.2.2 Aplicações da Manufatura Aditiva

Graças ao aumento da qualidade dos produtos, devido aos grandes investimentos em novos materiais, a manufatura aditiva está sendo usada atualmente em várias indústrias, como aeroespacial, biomédica e de manufatura. Embora ainda existam dúvidas sobre sua aplicabilidade na produção em massa, a utilização de MA na indústria está em ascensão devido aos novos avanços tecnológicos.

Prototipagem

A prototipagem foi uma das primeiras aplicações da manufatura aditiva, por conta da fragilidade dos materiais utilizados, a velocidade de entrega do produto e unido a menor dependência de outros processos secundários. Os protótipos a depender da sua função e tipo de aplicação, podem ser distinguidos da seguinte forma (Loest, 2017):

- Conceito ou visualização de modelos com uma função puramente estética. As seguintes tecnologias são adequadas para esta função: 3DP (impressão com gesso ou areia); LOM (laminação de papel); SLA (Estereolitografia, impressão baseada na sinterização de polímeros por luz); PJM (Polijet ou Multijet, impressão de polímeros com cabeça de impressão Multijet) e FDM (Deposição de polímero fundido, a mais comum das tecnologias).
- Protótipos Geométricos ou Dimensionais, com função de validação dimensional. As tecnologias mais comuns para este uso: FDM, PJM, SLA e SLS (Sinterização por Laser).
- Protótipos Funcionais, com o objetivo de realizar as funções finais já, mas ainda com o objetivo de validar suas funções. As tecnologias mais usadas

para isto são a FDM, a SLS e a SLM (Selective Laser Melting – Fusão Seletiva a Laser de pós de metal, normalmente associada à impressão em metal).

- Protótipos técnicos: a única diferença da peça final é o método de produção da peça, mas de resto é idêntico em questão de geometria, material e funcionalidades. As tecnologias mais adequadas são a SLM e a EBM (Electron Beam Melting – fusão de pó de metal por feixe de elétrons)

Ferramental de apoio a fabricação

A manufatura aditiva nos possibilita uma facilidade de produção em relação ao modelo geométrico das peças, logo muitas indústrias criam ferramentas que servirão de apoio a produção, como calibres e gabaritos personalizados que terão como objetivo auxiliar o operador da produção.

Produtos finais

Atualmente já presenciamos produtos finais fabricados através da manufatura aditiva chegando na mão dos consumidores, muitos deles atendem as necessidades de alta personalização, como objetos com geometria complexa e produtos que tenham uma limitação na sua construção em outros processos incapazes de obter certos tipos de cavidades, ângulos fechados, engrenagens, partes móveis e etc. Um grande exemplo são as empresas automotivas, já que muitas delas estão substituindo estoques de algumas peças de carros mais antigos por estoques digitais, com objetivo de quando as mesmas tiverem alguma demanda, serão produzidas pela manufatura aditiva, reduzindo a necessidade ocupação de espaço e alocação de capital em peças raramente solicitadas, unida a um curto período para entrega.

3.2.3 As Tecnologias da Manufatura Aditiva

Atualmente existem dezenas de tipos de tecnologias em torno da manufatura aditiva, dos qual mais se destacam no mercado são: *Fused Deposition Modeling* (FDM), que utiliza filamentos de polímeros como matéria-prima; a *Stereolithography Aparattus* (SLA), que utiliza raio ultravioleta para curar resinas líquidas; *Selective Laser Sintering* (SLS), que gera objetos 3D, a partir de materiais granulados de plásticos, cerâmicas e metais; *PolyJet e MultiJet*, que jateiam fotopolímero em estado líquido em uma mesa de impressão enquanto curam as camadas com luz UV instantaneamente.

Fused Deposition Modeling (FDM)

A FDM nasceu na empresa Stratasys, a mesma utiliza filamentos termoplásticos normalmente dispostos em rolos, na qual passa por um sistema baseado em motores de passos e guiado até o bico de impressão. No bico o material é derretido e extrusado em uma direção determinada pelo software. Através de Ventoinhas ou até mesmo o próprio ambiente fazem com que o material esfrie e se solidifique, o que permite que uma nova camada seja criada no topo da última.

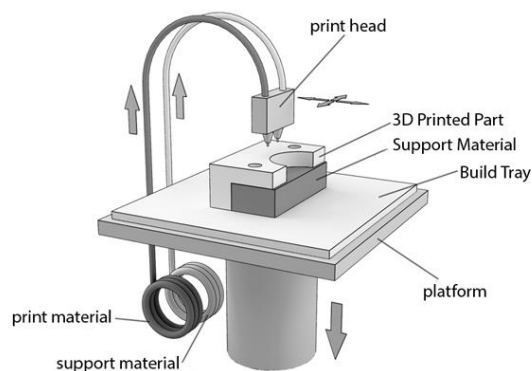


Figura 2: *Fused Deposition Modeling* (FDM)

Fonte: <https://www.makexyz.com>

Stereolithography Aparattus (SLA)

A SLA utiliza uma resina fotossensível que se torna rígida ao ser exposta a raios ultravioleta. Em cada camada, um disparo laser traça uma seção da peça, onde a exposição desta resina ao laser a faz entrar em processo de cura, solidificando o trajeto que o laser toca, à medida que essa camada já solidificada é

mergulhada na resina e passa pelo processo do laser, outra camada é sobreposta à anterior, dando forma à peça. O processo repete-se até a completa construção do modelo, resultando em um excelente acabamento superficial e o produto com enorme fidelidade ao modelo 3D.

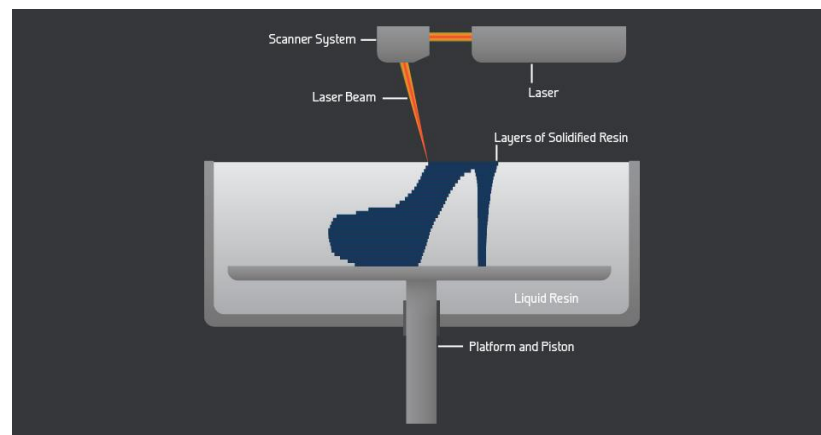


Figura 3: *Stereolithography Aparattus (SLA)*

Fonte: <https://www.makexyz.com>

Selective Laser Sintering (SLS)

Também chamada de Sinterização Seletiva a Laser, ela cria objetos 3D, a partir de materiais granulados utilizando um laser para derreter e solidificar camadas de material em pó, enrijecendo e dando forma à geometria desejada. O pó é derretido por um laser, ou sinterizado, de forma pré-determinada pelo computador, seu insumo é constituído por uma variedade de pós, geralmente metálicos, com propriedades diferentes.

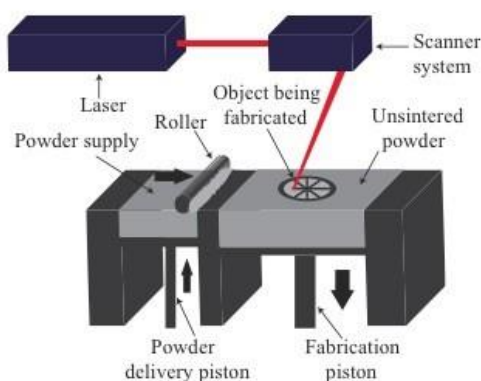


Figura 4: *Selective Laser Sintering (SLS)*

Fonte: <http://cmmrl.berkeley.edu/sintering/>

PolyJet e MultiJet

Se assemelham a um funcionamento de uma impressora convencional de jato de tinta, em vez de utilizarem tinta em papel, essas impressoras jateiam fotopolímero em estado líquido em uma mesa de impressão enquanto curam as camadas com luz UV instantaneamente. Elas possuem diversas cabeças de impressão, que permitem que sejam criadas cores diferentes, texturas e geometrias com bastante precisão. O preço dos insumos, os fabricantes disponíveis e os custos dessas impressoras, limitam essa tecnologia para apenas algumas grandes indústrias do mercado.

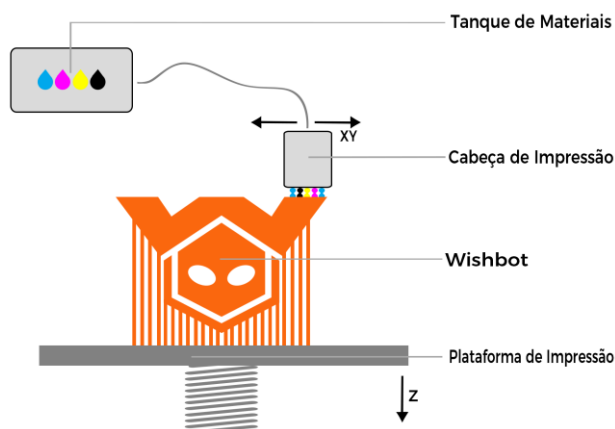


Figura 5: *PolyJet e MultiJet*

Fonte: <http://blog.wishbox.net.br>

3.2.4 Manufatura Aditiva e a Indústria 4.0

A manufatura aditiva também é elemento chave para a “Customização em Massa” e um fator habilitador para a implementação da Indústria Inteligente no contexto da “Indústria 4.0” aonde o planejamento do produto é focado nas necessidades individuais do consumidor, permitindo a produção de séries de produtos sem o aumento significativo dos seus custos (Loest, 2017).

A indústria 4.0 também necessita de processos mais flexíveis, logo com a aplicação da manufatura aditiva permite que as peças sejam produzidas onde serão aplicadas, não necessitando de grandes instalações industriais para a produção. A partir desta ideia, todos os processos de pós-venda também serão beneficiados, já que em caso de demanda de peças para reposição serão feitas aonde elas forem necessárias, sem a necessidade de estoque.

A indústria 4.0 também necessita de processos mais flexíveis, logo com a aplicação da manufatura aditiva permite que as peças sejam produzidas onde serão aplicadas, não necessitando de grandes instalações industriais para a produção. A partir desta ideia, todos os processos de pós-venda também serão beneficiados, já que em caso de demanda de peças para reposição serão feitas aonde elas forem necessárias, sem a necessidade de estoque.

A manufatura aditiva juntamente com a Indústria 4.0 oferece sistemas cibernéticos e físicos para cooperar de forma lucrativa, com o objetivo de construir fábricas inteligentes redefinindo o papel dos seres humanos, exemplificado na Figura 2:

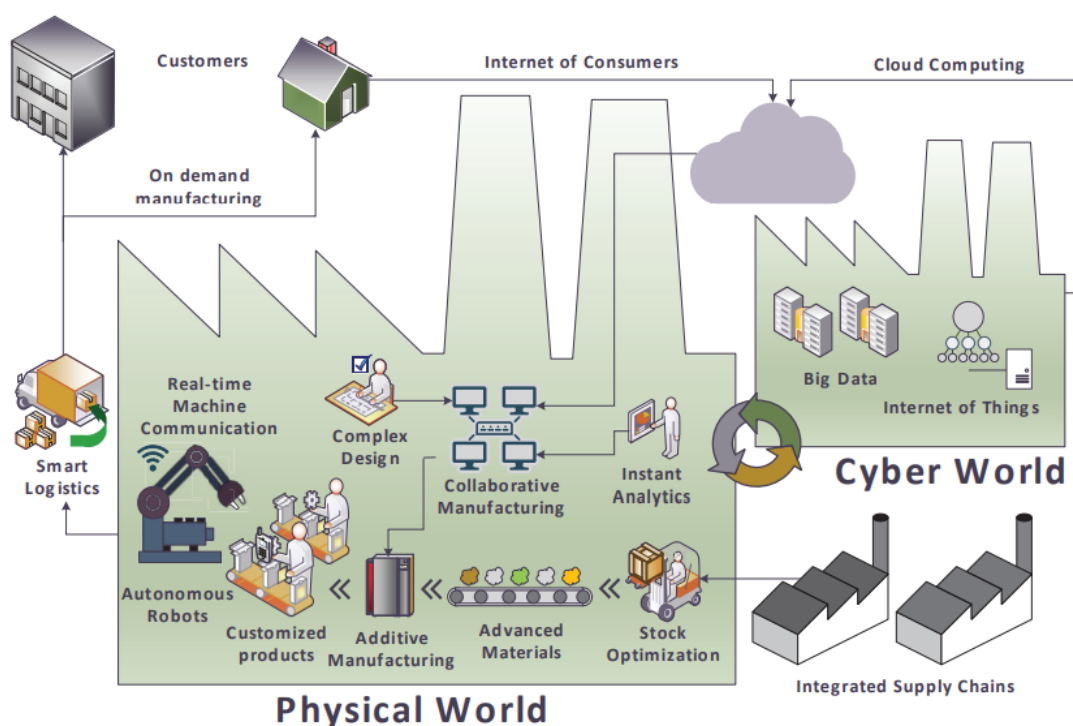


Figura 6: Manufatura aditiva na Indústria 4.0

Fonte: Dilberoglu, Gharehpapagh, Yaman, & Dolen, 2017

4. CONCLUSÃO

A partir dos estudos utilizados para realização deste artigo, percebemos o fim da terceira revolução industrial que foi marcada pela automatização em série das linhas de produção, pela que por muitos estão chamando de manufatura avançada ou de Indústria 4.0, no qual suas tecnologias e em especial a manufatura aditiva, que tem o objetivo de planejar produtos focados nas necessidades individuais do consumidor, permitindo a produção de séries de produtos sem o aumento significativo dos seus custos.

Na Indústria 4.0, percebemos uma fusão dos seus pilares com a automatização industrial por meio de conceitos como: *Internet of Things*, *Big Data*, *Autonomous Robots*, *Cloud*, *Horizontal and Vertical System Integration*, *Additive Manufacturing*, entre outros. Essa fusão resulta em uma total automatização industrial, com os seguintes objetivos: decisões no chão de fábrica tomadas pelas máquinas de produção, dotadas de sensores capazes de comunicar-se entre si, receber informações em tempo real, armazenar dados na nuvem, identificar e corrigir defeitos sem intervenção humana, e pôr fim a customização dos produtos

ainda na linha de produção pelo consumidor final.

Quanto a implementação dessas tecnologias, podemos afirmar que essa nova indústria necessitará inicialmente de altíssimos investimentos e também de profissionais altamente qualificados, pois sem pessoas preparadas, os investimentos e os avanços tecnológicos não serão nada produtivos. Embora, essa tendência esteja inicialmente chegando ao Brasil, em países mais desenvolvidos como Alemanha e EUA já são realidade a alguns anos.

Vimos que utilizando as tecnologias disponíveis da Manufatura Aditiva temos incontáveis aplicações em muitos segmentos. A MA nos permite recriar designs complexos, customizar produtos facilmente, consumir menos material quando comparados aos tradicionais meios de produção. Entretanto, ainda temos algumas limitações que estão sendo melhoradas ao decorrer do tempo, principalmente na sua implementação na indústria 4.0, como a produção em “massa” em nível industrial, a necessidade de pós-produção em alguns métodos (ajustes, melhoria na aparência e etc.) e peças com resistência industrial (melhoria a partir de materiais mais resistentes).

5. REFERÊNCIAS

Baillais, M., Bensoussan, H., Richardot, A., & Kusnadi, H. (2017). The State of 3D Printing. Fonte: Sculpteo. Disponível em: <https://www.sculpteo.com/media/ebook/State%20of%203DP%202017_1.pdf>. Acesso em: 16 Maio. 2018;

Coan, J. P., Manufatura 4.0 e a quarta revolução industrial. Disponível em: <<https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/tlcbbr/entry/mp264?lang=en>>. Acesso em: 04 Abril. 2018;

Columbus, L. (2016). 7 Ways 3D Printing Is Making Manufacturing More Competitive. Fonte: Forbes. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2016/04/24/7-ways-3d-printing-is-making-manufacturing-more-competitive/#62b9e9ec7dfd>>. Acesso em: 09 Maio. 2018;

De robôs autônomos a Big Data: confira os 9 pilares da Manufatura Avançada. Fonte: A Voz da Indústria. Disponível em: <<http://avozdaindustria.com.br/de-robos-autonomos-big-data-confira-os-9-pilares-da-manufatura-avancada/>>. Acesso em 05 abril. 2018;

Dilberoglu, U. M., Gharehpapagh, B., Yaman, U., & Dolen, M. (2017). The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0. Modena: ScienceDirect;

Loest, M. R. (2017). Manufatura Aditiva na Produção Industrial – Faz Sentido? Disponível em: AECIC: <<http://www.aecic.org.br/espaco-isae-de-inovacao/manufatura-aditiva-na-producao-industrial-faz-sentido/>>. Acesso em: 09 Maio. 2018;

Marques, K. (17 de Outubro de 2014). Manufatura aditiva: o futuro do mercado industrial de fabricação e inovação. Fonte: EESC USP. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/portaleesc/index.php?option=com_content&view=article&id=1934:manufatura-aditiva-o-futuro-do-mercado-industrial-de-fabricacao-e-inovacao&catid=115&Itemid=164> Acesso em 20 Maio. 2018;

Moraes, E. C., & Bonatelli, M. L. (08 de Fevereiro de 2018). Manufatura Aditiva: Primeiras Impressões 3D e o futuro da produção camada por camada. Fonte: Com Ciência. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/manufatura-aditiva-primeiras-impressoes-3d-e-o-futuro-da-producao-camada-por-camada/>> Acesso em 07 Abril. 2018;

Neto, A. S. (23 de Fevereiro de 2017). O que é a impressão 3D? Fonte: Wishbox. Marques, K. (17 de Outubro de 2014). Manufatura aditiva: o futuro do mercado industrial de fabricação e inovação. Fonte: EESC USP. Disponível em: <<http://blog.wishbox.net.br/2017/02/23/o-que-e-impressao-3d/>> Acesso em 20 Maio. 2018;

Rüßmann, M., Lorenz, M., & Gerbert, P. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Munique;

Silveira, C. B, O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 04 Abril. 2018.