

i



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA
QUÍMICA**



THIAGO FERNANDES PIRES

**INDÚSTRIA 4.0 E SUAS IMPLICAÇÕES SOBRE O PROCESSO
DE INDUSTRIALIZAÇÃO NO BRASIL**

**UBERLÂNDIA
2023**

THIAGO FERNANDES PIRES

**INDÚSTRIA 4.0 E SUAS IMPLICAÇÕES SOBRE O PROCESSO
DE INDUSTRIALIZAÇÃO NO BRASIL**

Projeto de Monografia apresentado ao curso de graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso.

Professora: Prof. Dra. Sarah Arvelos Altino

UBERLÂNDIA

2023

INDÚSTRIA 4.0 E SUAS IMPLICAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO NO BRASIL

Thiago Fernandes Pires

Monografia aprovada pelo corpo docente do curso de Engenharia Química, da Universidade Federal de Uberlândia (MG) como requisito parcial para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso

Prof. Dr. Sarah Arvelos Altino, FEQUI/UFU (Orientador)

Prof. Dr. Rubens Gedraite, FEQUI/UFU

Eng. Me. Diogo Pimentel de Sá da Silva, CAPES/PPGEQ/UFU

Uberlândia, 22 de maio de 2023

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desse trabalho de conclusão de curso contou com a ajuda de algumas pessoas, dentre as quais agradeço:

Agradeço a professora Sarah, que me ajudou a decidir o tema deste trabalho, a toda sua paciência em esclarecer minhas dúvidas e questionamentos, e sua disponibilidade em estar sempre presente quando precisei de algo.

Agradeço também à minha família, especialmente minha mãe, meu pai e meus tios, por estarem presentes em todos os momentos da minha graduação, sempre me apoiando e me dando forças para continuar, sou muito grato pela assistência de todos. Um agradecimento especial a minha mãe, sem ela nada disso seria possível, se não fosse por ela não estaria finalizando este trabalho e a faculdade, todos os incentivos foram de grande valia, nunca esquecerei do que foi feito e sacrificado para que estivesse aqui hoje. Amo todos vocês.

E também gostaria de dedicar este trabalho a minha namorada Fernanda, que sempre esteve ao meu lado, pois seu amor me deu forças para continuar, todos os momentos enquanto estive neste projeto sempre tive seu apoio, e nunca deixou que eu desistisse do meu sonho, te amo demais.

RESUMO

No século XXI, com o advento da inteligência artificial, robótica e internet das coisas, houve um novo fenômeno na industrialização mundial na qual a inovação, a eficiência e a customização redesenharam as etapas de produção e serviços, por meio do uso de máquinas e computadores e, esse novo modelo tem sido denominado de quarta revolução industrial ou Indústria 4.0 (I4.0). Por se tratar de um novo assunto, há um grande debate e interesse sobre o tema e, conseqüentemente, sobre as técnicas e usos das tecnologias pertencentes à I4.0. Diante desse cenário, o presente trabalho teve por objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre a indústria 4.0 e suas implicações sobre o processo de industrialização no Brasil. A análise prospectiva realizada revelou que diferente de outras revoluções industriais, a Indústria 4.0 tem como maior característica a tecnologia aplicada a computação. A I4.0 possui elementos únicos como a internet das coisas (IoT), *Big Data* e sistemas ciber físicos, esses conseguem fazer um monitoramento preditivo de todos os dados que são gerados na indústria e também no mundo, para que assim exista uma melhora no processo humano e produtivo. As aplicações de sensores no desenvolvimento da robótica, da manufatura aditiva e da biologia sintética têm objetivos bem definidos, tais como: otimizar processos industriais e econômicos, obter dados e informações em tempo real, trazendo benefícios não só para indústria, mas também ao funcionário que ganha maior segurança ao poder trabalhar em casa. Em suma, a Indústria 4.0 já é uma realidade nos dias de hoje sendo bastante disseminada no cotidiano das grandes empresas. Desse modo, grandes investimentos têm sido feitos para a adesão das tecnologias citadas, bem como na descoberta e melhoria contínua de novas abordagens. O Brasil, buscando se enquadrar a esse novo modelo de industrialização mundial, tem trabalhado para que suas indústrias, processos produtivos e modelos de negócios tenham cada vez mais interesse em utilizar dessas novas tecnologias.

Palavras-chave: indústria 4.0. inteligência artificial. internet das coisas. manufatura aditiva.

ABSTRACT

In the 21st century, with the advent of artificial intelligence, robotics and the internet of things, there was a new phenomenon in world industrialization in which innovation, efficiency and customization redesigned the stages of production and services, through the use of machines and computers. and this new model has been called the fourth industrial revolution or Industry 4.0 (I4.0). Because it is a new subject, there is a great deal of debate and interest on the subject and, consequently, on the techniques and uses of technologies belonging to I4.0. Given this scenario, the present work aimed to present a bibliographic review on industry 4.0 and its implications on the industrialization process in Brazil. The prospective analysis carried out revealed that unlike other industrial revolutions, Industry 4.0 has technology applied to computing as its greatest feature. I4.0 has unique elements such as the Internet of Things (IoT), Big Data and cyber-physical systems, which manage to carry out a predictive monitoring of all the data that is generated in the industry and also in the world, so that there is an improvement in the human and productive process. The applications of sensors in the development of robotics, additive manufacturing and synthetic biology have well-defined objectives, such as: optimizing industrial and economic processes, obtaining data and information in real time, bringing benefits not only to the industry, but also to the employee who gain greater security by being able to work from home. In short, Industry 4.0 is already a reality these days, being quite widespread in the daily lives of large companies. In this way, large investments have been made for the adhesion of the mentioned technologies, as well as in the discovery and continuous improvement of new approaches. Brazil, seeking to fit into this new model of world industrialization, has been working so that its industries, production processes and business models are increasingly interested in using these new technologies.

Keywords: industry 4.0. artificial intelligence. internet of things. additive manufacturing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comunicação em tempo real dentro da pirâmide de automação.....	7
Figura 2. <i>Timeline</i> de execução de forma modular (no topo) e de forma convencional (em baixo).....	8
Figura 3. Funcionamento da manufatura aditiva.....	11
Figura 4. Evolução dos estudos de IA ao longo do tempo.....	13
Figura 5. Elementos que compõe o sistema IoT.....	15
Figura 6. Áreas da Biologia Sintética.....	18

SUMÁRIO

1INTRODUÇÃO.....	1
2OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo geral.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3METODOLOGIA.....	4
4REVISÃO DE LITERATURA.....	5
4.1 Fundamentos da Indústria 4.0.....	5
4.1.1 Comunicação em Tempo Real.....	6
4.1.2 Modularidade.....	7
4.1.3 Virtualização.....	9
4.2 Manufatura Aditiva.....	10
4.3 Inteligência Artificial.....	13
4.4 Internet das Coisas.....	15
4.5 Biologia Sintética.....	17
4.6 Sistemas Ciber Físicos.....	20
4.7 <i>Big Data</i>	23
5INDÚSTRIA 4.0 E O CENÁRIO NO BRASIL.....	26
6CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

A primeira revolução industrial iniciada no final do século XVIII marcou a transição dos métodos de produção artesanais para processos de produção mecanizados. Essas mudanças revolucionaram não só a economia, com o aumento da produtividade, mas a vida cotidiana das pessoas. Desde então, a indústria tem passado por transformações tanto nos seus sistemas de produção, quanto de gestão (Santos et al., 2018). Essa transição afetou diversos métodos de produção, como a utilização de máquinas, fabricação de novos produtos químicos, novos processos na fabricação de ferro, substituição da madeira e biocombustíveis pelo carvão, além de abrir as portas para novas revoluções.

A quarta revolução industrial vem sendo chamada de Indústria 4.0 e, pela primeira vez, é investigada antes de ocorrer, ou enquanto está acontecendo. Trata-se de uma revolução baseada na inclusão de tecnologias como os Sistemas Ciber Físicos e a Internet das Coisas nos processos produtivos, possibilitando uma maior autonomia na tomada de decisão, e maior transparência nas relações entre humanos e máquinas (Pereira, 2018).

Com o objetivo estratégico de explorar o alto potencial econômico e de inovação resultante do impacto das tecnologias de informação e comunicação na indústria, o principal foco da Indústria 4.0 é melhorar as cadeias de valor em todas as fases do ciclo de vida do produto. Os desafios chave para atingir esse objetivo são: criação de fluxos de trabalho digitais ao longo do ciclo de vida do produto; processos de manufatura altamente flexíveis e adaptáveis; além da capacidade de criar e produzir produtos individualizados (Assad Neto et al., 2018).

A Indústria 4.0 resulta do desenvolvimento de um conjunto de tecnologias de base digital. Dentre essas tecnologias, as mais relevantes são: inteligência artificial, internet das coisas, biologia sintética, sistemas Ciber Físicos, Manufatura Aditiva, Big Data, robótica e sistemas integrados de gestão. É muito importante dizer que o impacto que a Indústria 4.0 promove, vai além de novas tecnologias, pois também gera novas formas de inovação, fazendo com que empresas mudem a forma de pensar e gerar processos e negócios.

A Indústria 4.0 resulta da aplicação dessas diferentes tecnologias, que se integram para a geração de soluções específicas segundo a prioridade e a programação de cada empresa. Não necessariamente todas as tecnologias são empregadas em uma mesma solução, assim como a intensidade do emprego de cada uma delas pode variar bastante de projeto a projeto. O fato é que existem inúmeras possibilidades de combinações dessas tecnologias para a resolução de problemas concretos colocados pela produção industrial. Apesar do potencial de geração de grandes impactos sobre a atividade industrial, nem todas as tecnologias que dão suporte à Indústria 4.0 são novas (Iedi, 2018).

As principais barreiras internas enfrentadas hoje pelas indústrias do País para a adoção das tecnologias e manufatura avançada, são os altos custos de implantação, a falta de clareza na definição do conhecimento sobre o retorno do investimento aplicado nas digitalizações, e em terceiro lugar, as dificuldades de implantações devido às estruturas das indústrias e culturas das mesmas. Quanto ao ambiente externo, as barreiras enfrentadas pelo mercado de trabalho são destacadas na insuficiência da infraestrutura de telecomunicações do Brasil, na ausência de linhas de financiamento apropriadas e pela falta de profissional e mão de obra qualificada para atender a demanda (Oliveira, 2018).

Diante desse contexto, o foco principal deste trabalho foi apresentar uma breve revisão bibliográfica sobre a indústria 4.0 e suas implicações sobre o processo de industrialização no Brasil, destacando os cenários atuais e perspectivas futuros. Para atingir esse objetivo, este projeto de conclusão de curso foi subdividido da seguinte maneira: no Capítulo 2 foi apresentado os objetivos gerais e específicos, o Capítulo 3 dispõe a metodologia utilizada para atingir esses objetivos. Em seguida, no Capítulo 4 foi desenvolvido uma revisão da literatura sobre os conceitos fundamentais para o entendimento do assunto e da pesquisa bibliográfica realizada, envolvendo manufatura aditiva, inteligência artificial, Internet das Coisas, biologia sintética, sistemas Ciber Físicos e *Big Data*. O Capítulo 5 foi discutido o cenário da Indústria 4.0 no Brasil e suas tendências para a industrialização futura e, por fim, no Capítulo 6 e Capítulo 7 foram dispostas as principais conclusões e referências utilizadas neste trabalho, respectivamente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso foi realizar uma revisão de literatura com o propósito de delimitar o que é a indústria 4.0 e suas implicações sobre o processo de industrialização do Brasil.

2.2 Objetivos específicos

- Definir os fundamentos da Indústria 4.0: Comunicação em tempo real, modularidade e virtualização;
- Apresentar as principais ferramentas da Indústria 4.0: Manufatura Aditiva, Inteligência Artificial, Internet das Coisas, Biologia Sintética e Sistemas Ciber Físicos.
- Discutir o cenário brasileiro recente perante essas mudanças e revoluções;
- Mostrar as tendências da I4.0 para a indústria de processos industriais e econômicos nos próximos anos.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi organizado a partir de uma revisão da literatura sobre Indústria 4.0, utilizando como critério a escolha de capítulos de livros, artigos científicos e sites com ano de publicação variando entre 1997 e 2023. As plataformas de busca foram GOOGLE ACADÊMICO e GOOGLE LIVROS. As principais expressões usadas nas buscas foram: “Indústria 4.0”, “industry 4.0”, “manufatura aditiva”, “*additive manufacturing*”, “inteligência artificial”, “*artificial intelligence*”, “Internet das Coisas”, “*internet of things*”, “biologia sintética”, “*synthetic biology*”, “sistemas Ciber Físicos”, “*physical cyber systems*”, “*Big Data*”, “indústria 4.0 no Brasil” e “*industry 4.0 in Brazil*”.

4 REVISÃO DE LITERATURA

A Indústria 4.0 faz uso de tecnologias que são divididas em 4 grupos: a) Comunicação e dados (por exemplo, internet das coisas, *big data*, computação em nuvem e outros); b) monitoramento preditivo - ou *Advanced Analytics* (inteligência artificial, aprendizado de máquina, mineração de dados e outros); c) interface avançada homem-máquina (por exemplo, realidade aumentada); d) atuadores avançados (robótica, impressora 3D e outros) (HOCAOĞLU; GENÇ, 2019).

Para melhor compreensão das aplicações a serem comentadas no presente trabalho, os itens 4.1 a 4.7 apresentam uma definição formal de conceitos e tecnologias importantes que são relacionados ao tema proposto. São eles: Fundamentos da Indústria 4.0, Manufatura Aditiva, Inteligência Artificial, Internet das Coisas, Biologia Sintética, Sistemas Ciber Físicos e *Big Data*.

4.1 Fundamentos da Indústria 4.0

A sabedoria convencional coloca a “invenção” da Indústria 4.0 em 2011 na Alemanha, quando o conceito foi apresentado na Feira de Hanover por um grupo de trabalho sob demanda do Sindicato da Pesquisa Economia-Ciência do Ministério Alemão de Educação e Pesquisa. Conforme descrito em seu relatório final, o termo Indústria 4.0 foi usado para cobrir dois diferentes significados: como sinônimo de uma suposta "quarta revolução industrial", seguindo aquelas desencadeadas pela mecanização a vapor, eletricidade e tecnologias de informação e comunicação (TIC) e também como um rótulo “marca” para o plano estratégico perseguido pela Alemanha para fortalecer sua posição competitiva internacional na manufatura (Kagermann, 2015).

Os muitos estudiosos que abordam o tema Indústria 4.0 hoje precisam enfrentar a falta de uma definição consensual, colocando sérias limitações para a construção de teoria e comparabilidade de pesquisa. Desde sua conceituação alemã inicial em 2011, tanto o

panorama tecnológico quanto a compreensão da Indústria 4.0 evoluíram significativamente levando a várias ambiguidades. Paralelamente, conceitos semelhantes passaram a ser usados como sinônimos, como “manufatura inteligente”, “transformação digital” e “quarta revolução industrial” aumentaram a confusão em torno do escopo e das características do fenômeno (Culot et al., 2020).

Logo, não cabe a este trabalho de conclusão de curso definir a indústria 4.0. Indica-se o trabalho de Culot et al. (2020) para um estudo aprofundado sobre as definições acadêmicas e não acadêmicas. Independente da definição, temas bastante recorrentes para a definição da mesma envolvem a Comunicação em Tempo Real, a Modularidade e a Virtualização, as quais são definidas a seguir. Além de apresentar algumas ferramentas da Indústria 4.0, como a Manufatura Aditiva, Internet das Coisas, Biologia Sintética, Sistemas Ciber Físicos e *Big Data*.

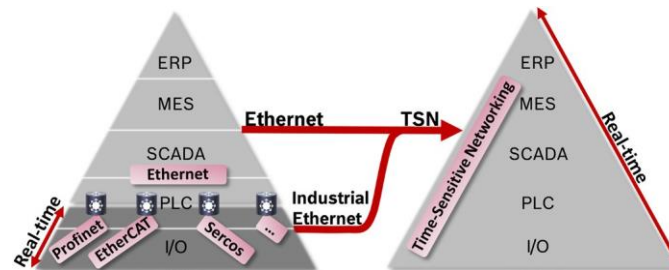
4.1.1 Comunicação em Tempo Real

No contexto da Indústria 4.0, os computadores e outros dispositivos, encontram-se totalmente conectados com a finalidade de trocar grandes quantidades de dados. Isto ocorre tanto dentro da própria indústria, de fora para dentro. A definição técnica de comunicação em tempo real é dada por uma transmissão eletrônica de dados de um sistema para outro. Existem vários tipos de comunicações em tempo real, que variam de acordo com o seu objetivo na indústria 4.0. Um exemplo é a *Ethernet*, que é uma tecnologia de rede capaz de agregar novas tecnologias em uma comunicação compartilhada por um único cabo para todos os dispositivos da rede.

A nova tecnologia *Time-Sensitive Networking* (TSN) contém um conjunto de padrões de comunicação especificados pelo grupo de estudo do IEEE correspondente. Ela permite a comunicação determinística e de baixa latência em redes Ethernet compatíveis com o padrão. Assim, o TSN substitui os protocolos de Ethernet industrial de hoje por uma tecnologia de comunicação padronizada e independente do fornecedor. Em sistemas de produção futuros, o TSN atende aos requisitos de componentes da I4.0 com capacidade em tempo real e não real e pode servir como tecnologia de comunicação única para toda a pirâmide de automação (Figura 1). No entanto, a integração de componentes I4.0 com capacidade em tempo real em

uma estrutura I4.0 abrangente e a engenharia desses componentes I4.0 com base em seus meios de administração ainda não foram abordadas em detalhes (Prinz et al., 2018).

Figura 1. Comunicação em tempo real dentro da pirâmide de automação.



Fonte: Prinz et al., 2018

Na Figura 1, é possível perceber que todas as tecnologias de comunicação podem ser convergidas em uma única tecnologia compatível com o padrão para toda a pirâmide de automação. No contexto de comunicação de dados, regras são essenciais, em especial no cenário da indústria 4.0, onde os dados saem dos limites da indústria e conseqüentemente de seu controle. Essas regras são importantes pois os dispositivos nem sempre se comunicam através de uma mesma linguagem. Dessa forma, o protocolo define os padrões utilizados para que a comunicação seja possível entre dispositivos distintos.

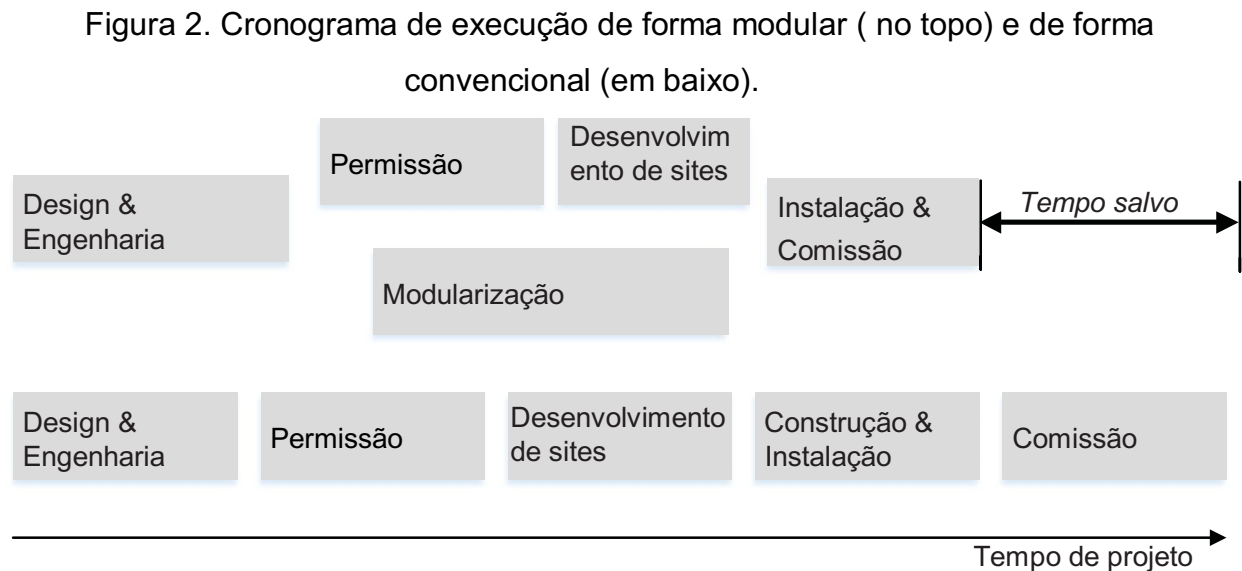
4.1.2 Modularidade

A Modularidade preconizada pelos preceitos da Indústria 4.0 refere-se à capacidade da nova indústria em ter uma produção mais focada na personalização, uma demanda cada vez maior nesse século. Com os sistemas cada vez mais integrados, o número de dados disponíveis nas indústrias será cada vez maior. Isso permitirá que, ao invés da produção ser serializada e massificada, ela se torne mais personalizada, com seus componentes sendo baseados em módulos, capazes de permitir o acoplamento ou desacoplamento de características (Baldea et al., 2017).

O termo projeto modular é utilizado para designar uma situação em que uma instalação de produção de certa capacidade anual é projetada e construída com blocos de construção

padronizados pré-especificados (“módulos”). Isso pode incluir reatores prontos para uso, trocadores de calor, unidades de separação, etc. Esses módulos (com base em operações de unidade ou novas técnicas de intensificação de processo) também podem apresentar interconexões padronizadas para fluxo de fluido, informações, dados e troca de sinal de controle e conexões de serviços públicos. O projeto modular pode reduzir os custos de engenharia consideravelmente, mas afetando a flexibilidade (Baldea et al., 2017).

A Modularização além de reduzir os custos, também afeta o cronograma de implantação do projeto do processo, diminuindo o tempo de execução, como é mostrado na Figura 2.



Fonte: Adaptado de Baldea et al., 2017

O principal fator que determina a escolha de um sistema de produção de implantação modular (em vez de um processo convencional de capacidade igual) é a economia. A economia da produção modular pode ser analisada considerando primeiro uma instalação modular centralizada e, em seguida, focando na produção modular distribuída, em que os módulos são colocados em diferentes locais para contabilizar a disponibilidade de recursos distribuídos ou uma distribuição geográfica na demanda do mercado (Baldea et al., 2017).

4.1.3 Virtualização

Existem diversas aplicações tecnológicas e recursos que constituem a virtualização dos processos industriais nos dias de hoje. O primeiro recurso a ser destacado são os robôs autônomos, ou seja, não necessitam dos seres humanos para realizar tarefas na indústria. Outro recurso é o de manufatura aditiva, que pode ser representada em aplicações de impressão 3D para a prototipagem de peças industriais. Através desse recurso, é possível criar produtos mais elaborados ou de uso simples. Em outras palavras, as indústrias têm mais liberdade de criar seus produtos, construindo peças personalizadas (Salkin et al., 2018).

Por sua vez, a virtualização dos processos também está presente na tecnologia provavelmente mais importante da indústria 4.0: a internet das coisas. Também denominada no idioma do inglês *internet of thing* (IoT), a tecnologia vem sendo utilizada em toda a cadeia de produção industrial. A transmissão de sinais, dados e informações entre equipamentos vem garantindo automação, eficiência e agilidade às indústrias. Com isso o trabalho humano pode ser direcionado e aplicado em outras funções (Salkin et al., 2018)..

A virtualização também aparece em realidade virtual (VR) e realidade aumentada (AR). De acordo com esses propósitos, as tecnologias de visualização possuem quatro requisitos: (i) captura de cena, (ii) identificação de cena, (iii) processamento de cena, (iv) visualização de cena. Assim, *hardware*, dispositivos portáteis, sistemas de visualização estacionários, sistemas de visualização espacial, monitores tipo *head-mounted*, óculos e lentes inteligentes são utilizados para implementação. Por outro lado, desafios chave para a adaptação de casos de visualização apresentam o ambiente com objetos realistas para uma melhor experiência do usuário, adicionando as informações necessárias via meta gráficos e enriquecimento da percepção dos usuários por saturação de cor e contraste (Salkin et al., 2018).

A transformação digital da manufatura por meio da nuvem e da virtualização de serviços e recursos permite uma decisão inteligente, fazendo com que esteja em conformidade com as teorias de flexibilidade e consciência da realidade (Borangiu et al., 2019).

4.2 Manufatura Aditiva

O conceito de Manufatura Aditiva ou impressão 3D, foi iniciado por Hideo Kodama em 1981, no Instituto de Pesquisa Industrial de Nagoya, Japão. Kodama desenvolveu um modelo que utilizava luz ultravioleta (UV) para endurecer polímeros fotossensíveis e assim obter objetos tridimensionais, porém a tecnologia não foi comercializada (SCHOTTE, 2019).

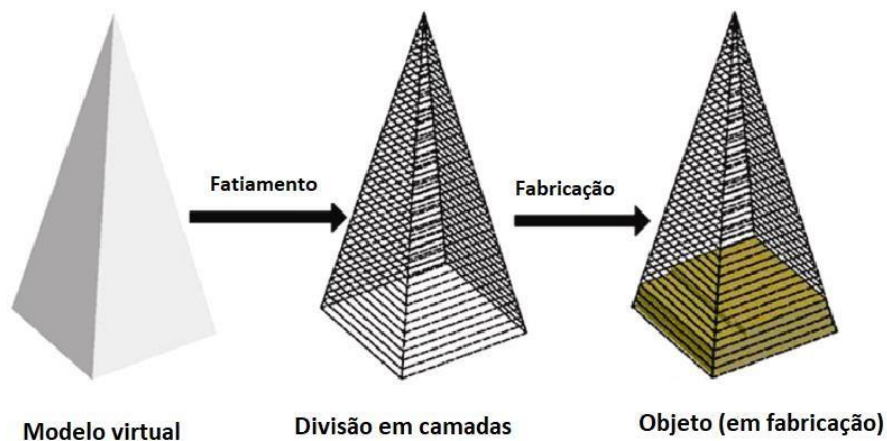
A Manufatura Aditiva (MA) é considerada atualmente como um tipo de tecnologia com a tendência de ser uma das principais metodologias de fabricação para o futuro, ainda com crescimento em potencial, mesmo já existindo há mais de 30 anos. Caracterizada pelos mecanismos de fabricação pela sobreposição de camadas, através de diversos mecanismos de união, a manufatura aditiva permite construir geometrias impossíveis ou muito difíceis de se conseguir com outras formas de fabricação. Na última década houve um claro aumento na precisão dos equipamentos, redução dos custos, maior variedade de materiais aplicáveis e possíveis aplicações (SILVA et al.,2020).

Através de uma extensa revisão sistemática, pesquisando artigos e patentes que seguem o mesmo tipo de análise, a presente investigação objetivou identificar quais fatores permitiram sua popularização recente e quais fatores dificultaram sua implementação anteriormente. Diante desse cenário, foram elencadas a extinção das principais patentes, permitindo o início de pesquisas sem necessidade do licenciamento e, com essas, o início de uma nova classe de equipamento, de menor custo, ampliando também o alcance possível do mercado (SILVA et al.,2020).

Apesar de recente, a manufatura aditiva evoluiu bastante e a tendência é continuar. Como forma de acompanhar essa evolução, e ainda obter o histórico da manufatura aditiva, análise das tendências mundiais e aplicações, tem-se o *Wohlers Report*, um relatório anual que já está em sua 25ª edição, exclusivo para a Manufatura Aditiva e publicado pela *Wohlers Associates*. O presidente da empresa, Terry Wohlers, participou do primeiro Congresso Brasileiro de Manufatura Aditiva (CBMAdi), palestrando sobre as tendências mundiais e contribuindo para a disseminação da tecnologia no Brasil.

Manufatura Aditiva é um conjunto de tecnologias que funcionam adicionando material camada por camada, a partir de um modelo digital predefinido. Esse modelo é então “fatiado” em camadas com todas as informações para a máquina de manufatura aditiva iniciar a fabricação do objeto desejado, como exemplificado na Figura 3 (QUAN et al., 2015);

Figura 3. Funcionamento da manufatura aditiva.



Fonte: Adaptado de Quan *et al* (2015)

Analisando a literatura, diversas vantagens e limitações da manufatura aditiva podem ser percebidas. Por ser uma tecnologia que está evoluindo de forma rápida, tende a ser alterada constantemente à medida que a tecnologia evolui. Para melhor compreensão desse assunto, foram abordadas algumas vantagens e limitações a saber.

- **Liberdade geométrica:** quanto maior a complexidade geométrica da peça a ser produzida, maior a vantagem da Manufatura Aditiva em relação à métodos convencionais. A manufatura aditiva permite a produção eficiente de peças com geometrias complexas e de materiais diversos, o que seria complicado ou quase impossível em termos de custo e operação, se realizadas por

métodos convencionais de manufatura. Dessa forma, tem-se muito mais liberdade geométrica quanto à criação de peças (GIBSON, 2015);

- **Customização:** tem-se a possibilidade de repor peças defeituosas com facilidade e otimizar os estoques de peças de reposição, diminuir peso e otimizações diversas, fabricar produtos customizados, permitindo assim uma vasta aplicação na indústria de consumo (ATTARAN, 2017; FORD; DESPEISSE, 2016). Como citado, a tecnologia viabiliza a customização em massa, produtores podem projetar e personalizar seus produtos de forma rápida e com menos etapas logísticas para que chegue ao consumidor final;
- **Eficiência do material:** em métodos tradicionais, a fabricação de peças metálicas muitas vezes requer variados processos de usinagem por exemplo, operações que utilizam grandes quantidades de energia e desperdício de material nas operações de desbaste e formação de cavaco. Com a manufatura aditiva os fabricantes podem produzir sob demanda, assim a quantidade de ferramentas e de material necessário para produção diminui, logo, além de não haver superprodução, há uma economia de energia e de material (THE ENGINEER, 2018);
- **Custo:** devido ao fato desta tecnologia utilizar materiais de construção em quantidades reduzidas, dependendo do material pode-se ter um aumento de custo para obtenção dele em tais quantidades. Outro fator limitante se dá ao fato que os processos de manufatura aditiva não permitem um acabamento superficial preciso das peças produzidas se comparado à métodos convencionais, aumentando assim o custo para a produção em larga escala e de peças com grandes dimensões, devido à necessidade de pós-processamento (BERMAN, 2012). No entanto, devido a evolução da Manufatura Aditiva, os pontos negativos vão se modificando, sendo minimizados e se tornando cada vez mais contornáveis, sendo o custo um deles.

4.3 Inteligência Artificial (IA)

O termo inteligência artificial foi criado em 1956, iniciando também as primeiras pesquisas sobre o assunto, as quais exploravam principalmente o tema “resolução de problemas” de forma rápida e precisa. Na década de 1960, os EUA se interessaram por essa tecnologia e começaram a programar computadores para imitar o raciocínio do cérebro humano. Assim, começaram os primeiros trabalhos que forneciam o caminho para a automação e o raciocínio que hoje podem ser encontrados nos computadores. Na Figura 4 é apresentada de uma forma resumida a evolução da IA ao longo dos anos (GOODNIGHT, 2020).

Figura 4. Evolução dos estudos de IA ao longo do tempo.



FONTE: Adaptado de Goodnight (2020).

Em suma, a Inteligência artificial (IA) é a possibilidade de uma máquina possuir capacidade cognitiva semelhantes ao de um ser humano, através de algoritmos. Aplicado à indústria, pode desempenhar todo o trabalho repetitivo, economizando tempo. Desse modo, com o conjunto das várias ciências, entre elas, principalmente, computação e a matemática, foi possível colocar em uma máquina a capacidade de raciocinar. Isso foi possível graças ao desenvolvimento de algoritmos implantados, que tornam possível que a máquina, alimentada

com conhecimento, possa desenvolver e processar dados, desempenhando assim funcionalidades cognitivas humanas.

A Internet das Coisas (IoT) permitiu com que a indústria processe grandes quantidades de dados. Os algoritmos inteligentes que embasam a IA processam estes dados de forma rápida, ágil e interativa permitindo ao *software* aprender automaticamente com padrões ou informações nos dados. Segundo Navyar (2020), a IA possui alguns subcampos, sendo eles:

- **Machine learning:** é a automatização da construção de modelos analíticos, essa tecnologia usa os algoritmos de aprendizagem supervisionada e não supervisionada para encontrar *insights* escondidos em dados para ajudar na tomada de decisão;
- **Deep learning:** é um tipo de *machine learning* que treina computadores para realizar tarefas como seres humanos. Ele consegue, por exemplo, reconhecer uma fala ou identificar uma imagem. O *deep learning* treina computadores para aprenderem sozinhos através do reconhecimento de padrões que são obtidos através da análise de dados;
- **Computação cognitiva:** tem como objetivo simular o processo de pensamento humano em um modelo computadorizado e transmitir a informação para as máquinas. Para fazer isso ela utiliza algoritmos de autoaprendizagem que usam o *data mining* para reconhecer padrões de linguagem natural e processá-los de acordo com a necessidade do momento.

De uma forma geral, a utilização da IA na indústria tem como objetivo tornar a produção mais rápida e eficaz, otimizando tempo e custos, ela é um dos pilares da nova revolução industrial, pois ela permite a utilização de robôs para realizarem tarefas que não podem ser feitas por humanos, como, por exemplo, manusear matérias primas perigosas, ou entrar em lugares que contém ionizante. Como os robôs não são tão inteligentes, existe toda essa estrutura tecnológica para ajudar a aprimorar essas técnicas para sua utilização dentro da indústria. Desta forma, não se pode esperar que a modernização trazida a nós possa acarretar na perda de empregos, pelo contrário, deve o profissional se adaptar a essa nova tendência (SILVA, 2019).

4.4 Internet das Coisas

O termo internet das coisas (IoT) foi cunhado pelo professor Ashton do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) em 1999 e, inicialmente, dizia respeito ao fato de que todas as “coisas” poderiam ser interconectadas por uma rede sem fio. Esta conexão se dá por etiquetas RFID (do inglês *Radio Frequency Identification Tags*), sensores de infravermelho, sistemas de posicionamento global (GPS), *scanners* a laser, sensores de gás e outros equipamentos de detecção de informações (JIAO; LIU, 2019).

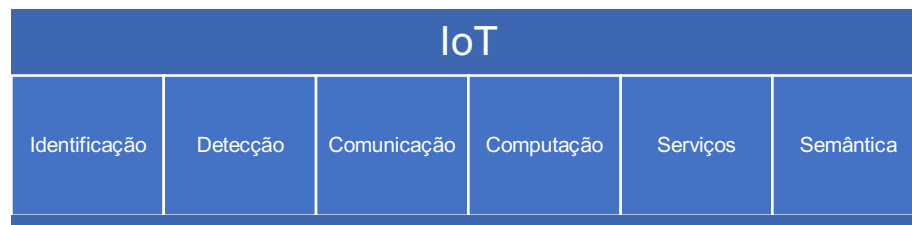
A IoT surge quando se interconectam “coisas” com máquinas e não mais só com humanos. Esse conceito está intimamente conectado com a Indústria 4.0, uma vez que dois dos seus pilares são a rapidez de informações e a transmissão de dados. De uma maneira geral, a IoT permite que qualquer objeto que tenha capacidade computacional se conecte à rede de internet (ALCÁCER; CRUZ-MACHADO, 2019).

Na IoT a unidade básica de hardware deverá apresentar ao menos uma das seguintes características: unidade(s) de processamento, unidade(s) de memória, unidade(s) de comunicação e, unidade(s) de sensor(es) ou atuador(es). Aos dispositivos com essas qualidades é dado o nome de objetos inteligentes (Smart Objects) (JIAO; LIU, 2019).

Dentro da Indústria 4.0 a IoT atua como um sistema que compreende objetos inteligentes em rede, sistemas ciber físicos, tecnologias da informação associadas e plataformas opcionais de computação na nuvem que permitem entre várias coisas a comunicação e troca de informações sobre o processo como um todo em tempo real (SULTANOW; CHIRCU, 2019).

Os principais elementos da IoT são apresentados na Figura 5, que exibem ~~apresenta~~ os seis elementos necessários para o funcionamento da IoT.

Figura 5. Elementos que compõe o sistema IoT.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Al-Fuqaha et al. (2015), conforme apresentado na Figura 5, existem 6 elementos imprescindíveis para que a IoT ocorra. A primeira etapa é Identificação. Essa etapa é fundamental na IoT pois através dela é possível identificar os objetos para conectá-los a internet. Para identificar os objetos algumas tecnologias estão disponíveis para serem utilizadas, como: códigos eletrônicos de produto (EPC), códigos onipresentes (uCode), RFID, NFC (*Near Field Communication*) e endereçamento IP. Além disso é imprescindível diferenciar entre o ID do objeto e seu endereço pois os métodos de identificação não são globalmente exclusivos, portanto, o endereçamento ajuda a identificar objetos que vem de IPs públicos e não particulares, através desse método de identificação é possível definir uma identidade clara para cada objeto dentro da rede.

Na segunda etapa ocorre a detecção através de sensores/atuadores de IoT. Esses sensores coletam informações de objetos relacionados dentro da rede, eles são armazenados e encaminhados para *data warehouse*, centros de armazenamento ou nuvem. Os dados obtidos depois de analisados são utilizados para ações específicas quando necessárias. Atuadores podem manipular o ambiente ou reagir quando acionados (Al-Fuqaha et al. 2015).

Na terceira etapa ocorre a Comunicação entre as tecnologias IoT e objetos, afim de fornecerem serviços inteligentes específicos. A comunicação também desempenha um papel importante quanto ao consumo de energia dos objetos que devem operar em baixo consumo na presença de links de comunicação. Alguns exemplos de tecnologias usadas para que ocorra essa comunicação são: WiFi, Bluetooth, IEEE, RFID, NFC (*Near Field Communication*) e banda ultra larga (UWB) (Al-Fuqaha et al. 2015).

A Computação é a quarta etapa, nela é feita a inclusão de unidades de processamentos feita com microcontroladores, microprocessadores, SOCs, FPGAs e aplicativos de *software* que juntos representam o "cérebro" e a capacidade computacional da IoT. Eles são responsáveis por executar algoritmos locais nos objetos inteligentes (Al-Fuqaha et al. 2015).

A quinta etapa é classificada como Serviços. Dentro da IoT existem várias classes de serviços (Al-Fuqaha et al. 2015):

- Serviços relacionados à identidade, responsáveis por mapear Entidades Físicas (EF) (de interesse do usuário) em Entidades Virtuais (EV); Agregação de dados que coletam dados homogêneos/heterogêneos obtidos dos objetos inteligentes;

- Serviços Colaborativos, que agem sobre os serviços de agregação de dados para tomar decisões e reagir de modo adequado a um determinado cenário e
- Serviços de Ubiquidade, que visam prover serviços de colaboração e inteligência em qualquer momento e qualquer lugar em que eles sejam necessários.

A IoT tem por último elemento, a Semântica. Entende-se por semântica à capacidade de extrair conhecimento inteligente de diferentes máquinas para fornecer os serviços necessários, ou seja, nesse caso, extrair conhecimento dos objetos IoT afim de descobrir através dos dados obtidos como usar os recursos já existentes de forma eficiente, e então, tomar decisões para determinados serviços. Para isso, podem ser usadas diversas técnicas como *Resource Description Framework* (RDF), *Web Ontology Language* (OWL) e *Efficient XML Interchange* (EXI) (Al-Fuqaha et al. 2015).

No entanto, como todo banco de dados, essa tecnologia de ponta também apresenta riscos para quem a utiliza, ela está propícia a ataques cibernéticos e falhas inesperadas. Contudo, com o intuito de proteger quem a utiliza, já existem pesquisas com foco em desenvolvimentos de algoritmos e criptografias para fornecer uma maior segurança ao se utilizar essa tecnologia tão importante e essencial (GILCHRIST, 2016).

4.5 Biologia Sintética

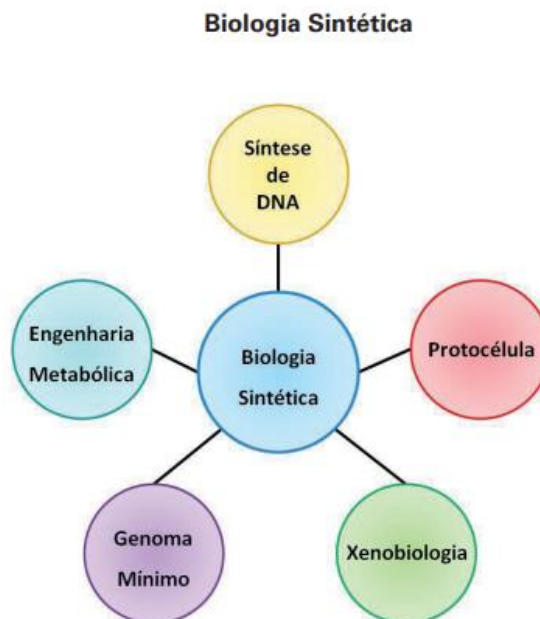
No conjunto biológico, há, sobretudo, inovações relacionadas ao mapeamento genético, que permitem não somente a diminuição dos custos de mapeamento, mas também uma maior eficiência quanto à identificação de traços e doenças genéticas, dado que diversas doenças incuráveis estão ligadas a fatores genéticos. Com o aumento da eficácia na identificação e mapeamento dos genes, abre-se uma base tecnológica ampla para o desenvolvimento da biologia sintética (SCHWAB, 2016).

A biologia sintética é a utilização de técnicas de engenharia química e genética e bioinformática para maximizar o funcionamento de determinados organismos a partir do desenho e criação de novas rotas metabólicas e organismos artificiais. Tais organismos

podem ser capazes de produzir moléculas que não são encontradas na natureza para atender a interesses específicos (VASCONCELOS; FIGUEIREDO, 2015).

Ainda, segundo Vasconcelos & Figueiredo (2015), as principais áreas da Biologia Sintética, seus objetivos e aplicações podem ser resumidos em: síntese de DNA com o objetivo de criar novos genes; engenharia metabólica para a obtenção de produtos específicos; genoma mínimo para redesenhar ou criar novos organismos; protocélula para criar modelos bioquímicos para produção em grande escala; e xenobiologia, que objetiva alterar códigos genéticos por meio de alterações da composição química de bases do DNA, como é mostrado na Figura 6.

Figura 6. Áreas da Biologia Sintética.



Fonte: Vasconcelos & Figueiredo (2015).

Alguns exemplos do uso da Biologia Sintética são:

- **Circuitos sintéticos e aplicações terapêuticas:** a atividade natural das células é controlada por circuitos de genes análogos aos circuitos eletrônicos. Assim, uma abordagem para fazer com que as células produzam novos produtos reside

no redirecionamento ou criação de novos circuitos internos capazes de alterar o seu padrão de atividade. O fundamento dessa abordagem engloba o conceito de Relógio Molecular. Essa teoria postula que as substituições nas sequências de certas proteínas ocorrem em uma taxa constante, portanto as proteínas seriam os cronômetros, porque o número de diferenças nucleotídicas entre duas espécies seria proporcional ao tempo de divergência evolutiva entre elas. O relógio molecular pode variar de gene para gene e é diferente para diferentes linhagens. Assim, diferentes proteínas evoluem em taxas diferentes, e alguns animais têm taxa de evolução diferente (CORREIA, 2009). Em outra abordagem, moléculas sintéticas de RNAs pequenos foram usadas como sensores para diagnosticar doenças associadas a alterações moleculares em células (por exemplo, câncer) e ativar a via de apoptose ou morte celular, eliminando as células doentes (VENKATARAMAN et al., 2010; CULLER et al., 2010). Esses procedimentos podem adotar uma nova perspectiva de vida aos pacientes.

- **Ampliação do código genético:** a expansão do código genético é uma modalidade da Biologia Sintética que visa aumentar o repertório de proteínas que podem ser utilizadas como ferramentas para pesquisa de novas funções. Essa ampliação do código genético está baseada na modificação artificial de um códon genético que não é utilizado pelo organismo, para que ele venha a codificar um aminoácido que não faz parte do repertório de 20 aminoácidos encontrados em proteínas naturais. Entre os vários exemplos dessa nova tecnologia, um aminoácido incomum com um átomo pesado foi incorporado em uma proteína para facilitar os estudos de cristalografia por difração de raios-X (XIE; SCHULTZ, 2005).
- **Engenharia metabólica:** outra aplicação da Biologia Sintética reside na criação de novas vias metabólicas de síntese para produzir compostos de interesse que os organismos vivos não produzem naturalmente. Um exemplo frequentemente relatado é o da utilização de leveduras modificadas ou da bactéria *Escherichia coli* para produzir ácido artemisinico. A síntese química da artemisinina, droga utilizada em tratamento de malária e alguns tipos de câncer, é complexa, envolve

inúmeras etapas, apresenta baixos rendimentos e elevados custos de produção (GELDRE et al., 1997).

Os possíveis riscos do desenvolvimento da Biologia Sintética podem ser classificados em dois tipos principais: biossegurança, no caso de consequências adversas resultantes dos produtos desenvolvidos a partir desta tecnologia, e acidentes involuntários ou outros acontecimentos não previstos relacionados ao meio ambiente e à saúde humana e animal. Certamente um organismo completamente novo, autorreplicável, que escape do laboratório para o ambiente, pode representar sérios riscos para os ecossistemas, dependendo das propriedades e atividades que apresentar (KÖNIG et al., 2013). Por ser uma tecnologia aparentemente nova, as estratégias para o uso precisam ser mais bem estudadas, contendo assim não apenas o lado positivo, também contém riscos.

4.6 Sistemas Ciber Físicos

De acordo com Winter (2016), sistemas ciber físicos, do inglês *CyberPhysical Systems* ou CPS, são sistemas computacionais e colaborativos os quais as operações são monitoradas, coordenadas, controladas e integradas por núcleos de comunicação e computação. Assim como a internet transformou a maneira como os seres humanos interagem entre si, os sistemas ciber físicos vão transformar como nós interagimos com o mundo físico à nossa volta. Grandes desafios aguardam em domínios economicamente vitais, tais como, transporte, saúde, manufatura, agricultura, pecuária, energia, defesa, construções e outros (WINTER, 2016).

Os sistemas ciber físicos funcionarão como uma forma de realizar a superação de como as informações não chegam completas até os humanos, fazendo, para isso, a interação entre mundo cibernético, em que a informação é transformada e trocada, e mundo físico, em que os processos acontecem e em que vivemos (WINTER, 2016).

Sistemas ciber físicos estão presentes amplamente em inúmeras aplicabilidades de inovações tecnológicas, sendo o mercado com alto índice de crescimento global mais rápido, onde determinados sistemas se tornam mais complexos e robustos, exigindo processadores

com muitos núcleos para serem processados e memória escalável compartilhada, para atender a enorme demanda computacional, mas na verdade, em cada ciclo inovado os sistemas devem fornecer melhor e maior desempenho com o menor custo, e, como resultado, a confiança desse sistema tornou-se um ponto chave no desenvolvimento de diversos equipamentos (MONTEIRO, 2018)

Todas as aplicações que utilizam as arquiteturas CPS são formadas por duas camadas: camadas de tecnologia operacional (física); e camada virtual, de aplicações de tecnologia da informação (cyber). No entanto, os protocolos de comunicação nessas arquiteturas podem diferir de modelos de informações usados na tecnologia da informação (GIVEHCHI et al., 2017).

Os sistemas ciber físicos pertencem à área de engenharia e são construídos e dependentes da integração perfeita entre algoritmos de sistemas computacionais e componentes físicos. Essa tecnologia está em constante evolução e seus avanços permitirão capacidade, adaptabilidade, escalabilidade, resiliência, segurança e usabilidade, além dos sistemas embarcados atuais.

Os sistemas ciber físicos estarão cada vez mais envolvidos nos sistemas de produção. Sistemas com tecnologia mecatrônica convencionais, não integrados, podem tornar-se elementos de sistemas ciber físicos por meio de funções de comunicação (implantação de IoT, por exemplo) e autonomia no comportamento sobre influências externas e configurações internamente armazenadas. No sistema de produção, a chamada integração horizontal por redes de valor e a integração vertical por sistemas de fabricação em rede podem ser construídas para realizar a chamada produção inteligente (LIU, 2015).

Alguns exemplos de aplicações possíveis de serem utilizadas pelos sistemas ciber físicos são:

- Infraestrutura de comunicação durante o planejamento de transmissão de pacotes por meio de redes sem fio estabilizando todo o sistema (QU, 2015);
- Desenvolvimento de uma solução de controle de pragas inteligente, um sistema de detecção de rato (RDS), a fim de fornecer uma infraestrutura para o monitoramento de ratos no campo da agricultura (MEHDIPOUR, 2014);
- Aplicação de novas tecnologias em projetos de cidades inteligentes para auxiliar em estratégias de crescimento viável do mundo (GHAEMIA, 2017);

- Projetos inovadores no campo do monitoramento médico, com aplicação de dispositivos portáteis, com conexões de sensor e internet adequadas para o monitoramento de pessoas idosas e enfermas na fase de acompanhamento remoto (QUARTO, 2017);

- Kit de robótica para educação e pesquisa sobre sistemas ciber físicos, utilizando tecnologia Arduino com vários recursos e custo baixo (WONG, 2016).

Nos CPSs, os elementos computacionais são interligados aos elementos físicos por meio de sensores e atuadores, de forma que o monitoramento e controle do ambiente físico possa ser realizado a partir do virtual. Equipamentos “inteligentes” permitem a tomada de decisões descentralizada e cooperação com humanos em tempo real. Sensores são dispositivos que captam informações do ambiente físico e as transformam em sinais elétricos e, então, digitais, para alimentar os sistemas de monitoramento e controle em tempo real (LIU, 2015). Alguns exemplos de sensores são:

- Sensores de presença: executam a detecção de qualquer material sem que haja contato físico com o elemento e são utilizados na indústria para detecção de quebra de fios, presença de pessoas ou objetos, medição de densidade e outras aplicações;
- Sensores de proximidade: utilizam campos formados por ondas de rádio ou sonoras que permitem identificar a proximidade de um objeto ou pessoa;
- Fotosensores: detectam a presença (ou a ausência) de luz. São muito utilizados para posicionamento de precisão com laser, medição de rotação e controle de movimentação e parada;
- *Encoders*: na indústria, são usados quando é necessário obter informações sobre um deslocamento angular ou linear, como em uma esteira de movimentação de produtos ou em radares, que podem retornar a velocidade e posição na forma de bytes.

Já os atuadores realizam intervenções no mundo físico a partir de sinais e comandos digitais, como a abertura e fechamento de válvulas, força mecânica, aquecimento ou resfriamento etc., podendo assim controlar ações de máquinas, posicionamento de peças e

objetos, velocidade de esteira, temperatura e pressão e outras características do ambiente físico (LIU, 2015). Exemplos de atuadores:

- Servo-motores: motores com sistema de *feedback* eletroeletrônico que permitem controle de posição, força, torque;
- Válvulas solenoides: permitem a abertura ou fechamento de válvula hidráulica ou pneumática a partir de sinais elétricos;
- Aquecedores e resfriadores: realizam interferência térmica;
- Motores de passo: permitem rotação controlada e discreta em pequenos ângulos.

Os sistemas ciber físicos permitem a criação de uma rede com objetos inteligentes interagindo entre si e interconectados com sistemas cada vez mais integrados, flexibilizando a produção e aumentando a produtividade. Com isso tem-se a criação de novos mercados, estratégias e modelos de negócio.

4.7 Big Data

Big Data é um termo usado para conjuntos de dados de grande volume que contém informações variadas que são acumuladas com o passar do tempo por empresas ou outros tipos de fontes de informações. Os dados contidos no *Big Data* são obtidos através de redes, dispositivos de áudio e vídeo, mídias sociais, e-mails, fluxos de cliques, que são produzidos pelo o mundo inteiro a todo instante (RUSSOM, 2011).

Os dados contidos no *Big Data* são classificados como estruturados, semiestruturados e não estruturados. Os dados estruturados são dados que são fáceis de serem marcados e classificados, como por exemplo: Um banco de dados específico com a descrição sobre a organização dos dados que serão armazenados no banco. Dados semiestruturados são aqueles que são difíceis de serem analisados, mas contém informações onde se consegue separar alguns elementos de dados para classificação como por exemplo: Um arquivo XML que é uma linguagem de marcação estendida ou RDF (*Resource Description Framework*). Dados não-estruturados são os dados que não seguem um modelo de estrutura, possuem várias informações pois são aleatórios, dificultando sua classificação, como, por exemplo, as

redes sociais, arquivos de mídia e imagem, páginas de internet, entre outros (SANTOS et al., 2018).

O *Big Data* possui 5 características chamadas de 5V's, são elas: Volume, velocidade, variedade, veracidade e valor. Identificar essas características em um banco de dados é muito importante para se entender se o problema em questão se trata de um problema de *Big Data*. O primeiro "V" trata-se do Volume que se caracteriza pela explosão de informações que chegam, principalmente das redes sociais, onde se obtém milhares de informações a todo momento que vão sendo armazenadas gerando um volume gigantesco de banco de dados. No caso de uma indústria, grandes volumes de dados são gerados pelos instrumentos indicadores, responsáveis por informar medidas tais como vazões, velocidades, níveis, temperaturas, pH dentre outros (LOH, 2019).

O segundo "V" definido como Velocidade trata-se então da velocidade em que o conteúdo é criado, como, por exemplo, *posts* nas redes sociais Facebook e Instagram que atingem milhares de pessoas em poucos segundos, essas informações são criadas e obtidas a todo instante no mundo, fora as outras informações que são obtidas através de outras fontes como por exemplo máquinas, *e-mails*, dispositivos de áudios entre outros. No caso de uma indústria, tem-se o exemplo das informações coletadas pelos instrumentos indicadores, informações estas que se coletadas em frações de segundos, podem se acumular, gerando um gigantesco banco de dados mensalmente ou anualmente (LOH, 2019).

O terceiro "V" é de Variedade uma outra característica do *Big Data* que está diretamente relacionada com o Volume, pois quanto maior o número de dados vindos de diversas fontes, maior a diversidade e a variedade de informações que estão sendo armazenadas (LOH, 2019).

O quarto "V" consiste na Veracidade. Com o grande volume de informações que chegam em alta velocidade, é necessário saber se essas informações são de fato verdadeiras, as informações recebidas devem condizer com a realidade do momento para serem utilizadas. Técnicas de análise para apuração da veracidade de informações são aplicadas para garantir sua qualidade e ajudar em tomadas de decisões. No caso de uma indústria, por exemplo, deve-se ter um controle rígido de calibração dos equipamentos de medição ou uma estimativa de seu erro de medida, para que a análise dos dados não fique prejudicada (LOH, 2019).

O quinto e último "V" é o Valor, que tem como objetivo dar valor quantitativo para as informações obtidas. Essa é a característica mais importante pois é através dela que as

empresas utilizam as informações para aprimorarem seus conhecimentos e aumentarem seus negócios (LOH, 2019).

O *Big Data* possui quantidades gigantescas de dados tornando então difícil a coleta de informações desejadas. Com isso, surgiu então o termo *Big Data Analytics* que é definido como o processo de análise de grandes quantidades de dados, ou seja, é feita uma análise de dados que estão contidos dentro do *Big Data*. O que acontece na prática é que profissionais de Ciências de Dados (*Data Science*) irão utilizar diversas ferramentas de computação, modelagem matemática e estatística para identificar tendências e oportunidades nos dados analisados (LOH, 2014). Através dessa análise é possível descobrir como as informações são correlacionadas e se elas possuem algum tipo de padrão. As ferramentas do *Big Data Analytics* são de extrema importância para as organizações, que, através dela, conseguem prever tendências de mercado, perfis de clientes entre outras informações relevantes (LOGIQUE et al. HONEYWELL, 2017).

O *Big Data Analytics* é uma técnica de análise de dados do *Big data*, porém é uma técnica mais complexa e, conseqüentemente, mais cara, já que ela engloba na sua análise todos os tipos de dados: estruturados, semiestruturados e não estruturados. Um conceito já existente denominado *Data Mining* ou “mineração de dados” também se caracteriza como técnica de análise de dados, mas em bancos de dados menos complexos onde se concentra principalmente a análise de dados estruturados (HAND, 2007).

5 INDÚSTRIA 4.0 E O CENÁRIO NO BRASIL

Embora o conceito de Indústria 4.0 ainda esteja no estágio inicial de implementação no cenário industrial brasileiro, já é possível verificar um crescimento significativo do número de indústrias que utilizam algumas tecnologias correlatas. Entre 2016 e 2018, o percentual de grandes empresas que utilizam ao menos uma tecnologia presente na Indústria 4.0, passou de 63% para 73%, segundo dados da Confederação Nacional da Indústria (CNI). Ademais, são tecnologias utilizadas não somente nas linhas de produção, mas também em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e no desenvolvimento de modelos de negócio (CNI, 2018).

Segundo Albertin et al. (2017), os principais benefícios observados através da implementação nas empresas brasileiras das tecnologias correlatas à Indústria 4.0 são: ganhos de produtividade e qualidade, além de uma redução no *lead time*; produção em massa customizada; criação de novos modelos de negócios, com novas formas de adicionar valor; processos de engenharia e comercial dinâmicos; facilitação na tomada de decisão; e novas oportunidades para *startups* e micro e pequenas empresas (MPE's).

O desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil envolve desafios que vão desde os investimentos em equipamentos que incorporem essas tecnologias, à adaptação de *layouts*, adequação de processos e das formas de relacionamento entre empresas ao longo da cadeia produtiva, criação de novas especialidades e desenvolvimento de competências, entre outras. O cruzamento de informações que permite conectar o pedido de compra, a produção e a distribuição de forma autônoma, sem que pessoas precisem tomar decisões a todo o momento, por exemplo, exigirá novas formas de gestão e engenharia em toda a cadeia produtiva. Por isso, poucas empresas estarão preparadas para enfrentar todas estas mudanças de uma só vez (CNI, 2016).

Por outro lado, apesar da implementação desse modelo I4.0 no País não ser tão simples, milhares de empresas deverão participar do processo de difusão dessas novas tecnologias gradativamente, de acordo com suas trajetórias, suas capacitações e suas estratégias. Nesse contexto, o foco de uma iniciativa visando o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil deve ser o de empresas que mais cedo entrarão no novo paradigma e estimular as demais a apressarem sua inserção na nova onda, sob risco de não conseguirem sobreviver no novo ambiente competitivo (CNI, 2016).

É possível observar que não é fácil implementar a tecnologia no país, mas com estímulo das empresas e vontade do governo, é algo que vai alavancar a produção e a economia.

De acordo com a análise da CNI (2016) é possível observar os setores industriais brasileiros que mais e menos utilizam tecnologias relacionadas à Indústria 4.0. Apresentam destaque os setores “Equipamentos de informática, produtos eletrônicos e óticos” e “Máquinas, aparelhos e materiais elétricos”, os quais cerca de 60% das empresas utilizam alguma tecnologia da Indústria 4.0. São evidenciados também os setores “Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos” e “Outros equipamentos de transporte”, que apresentam as menores participações de empresas, expondo uma média de cerca de 24%.

O aumento da competitividade da indústria brasileira, em nível mundial, pode ser impulsionado a partir da aplicação da digitalização, potencializando a economia, o que pode ser visto como uma predisposição para o uso de tecnologias da Indústria 4.0 no cenário brasileiro (FIRJAN, 2016). Desse modo, entende-se que a base de uma evolução no mercado atual é a implementação da tecnologia disponível, com métodos mais inteligentes no processo produtivo. Assim, tal indústria sairia na frente dos concorrentes.

Além de ser monitorado e controlado automaticamente por inteligência artificial (IA), uma fábrica onde robôs, sensores, controladores, matérias-primas, bancos de dados e produtos se comunicam é a direção de desenvolvimento futuro. Considerando a natureza competitiva da indústria atual, as empresas precisam estar atentas a esses recursos. Percebe-se, portanto, que, sem a implantação dessas ferramentas, a indústria pode se tornar obsoleta em relação às outras no cenário competitivo que existe hoje em dia. Sem tais ferramentas, a indústria pode ficar defasada em relação ao mercado, perdendo espaço na competição tecnológica do mundo moderno. Na atualidade, possuir sistemas computadorizados mais informados auxilia na produção de maneira eficiente, já que traz mais velocidade e rapidez nos processos, unificando tais facilidades com as operações humanas.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho de conclusão de curso definiu, de forma breve, a revolução da Indústria 4.0 ou 4ª Revolução Industrial e sua relação com o cenário brasileiro. A revisão de literatura constatou a sua importância e de suas tecnologias, não só no que consiste no aumento da competitividade das empresas, mas também para a evolução no Brasil.

A Indústria 4.0 tem, dentro de seus principais elementos, a Internet das Coisas, conhecida como (IoT). É através dela que toda a tecnologia da I4.0 é interconectada, gerando dados em tempo real, ajudando empresas a tomar decisões e prever falhas. Por outro lado, a inteligência artificial ~~que~~ possibilita que uma máquina realize tarefas que poderiam ser feitas ou não por humanos e o *Big Data* tratam, analisam e geram informações para as empresas a partir de um conjunto de dados muito grande. Assim, com todas essas tecnologias sendo ~~a serem~~ utilizadas a favor do homem, é possível aumentar a produtividade, diminuir os custos, melhorar os processos internos e amenizar os riscos.

Considerando que as empresas brasileiras estão realizando adaptações no sentido de integrarem-se aos preceitos da Indústria 4.0, em pouco tempo, as indústrias ~~empresas~~ que conseguirem essa transição terão produtos competitivos, com menor custo, menos falhas e melhor qualidade. Isto exige investimentos em tecnologia, equipamentos, *softwares* para realizar a integração entre os equipamentos e a internet, *softwares* para tomadas de decisão e pessoas capacitadas para trabalhar nessa nova realidade. As possibilidades são inúmeras, porém precisam de investimento e gestão para ~~de~~ todos esses recursos.

As principais barreiras à implantação da Indústria 4.0 no Brasil estão relacionadas à falta de investimento, ao alto custo de implementação e a falta de qualificação dos funcionários. As indústrias não conseguem implementar as tecnologias, mesmo que os benefícios sejam percebidos, principalmente devido a essas tecnologias não serem baratas e demandarem capital financeiro alto, além da necessidade de preparar os funcionários para operarem e se familiarizarem com essas tecnológicas. Nota-se que é importante a continuidade das pesquisas nesse tema, devido a sua importância no cenário empresarial atual, a necessidade de reformular os projetos pedagógicos dos cursos de graduação no sentido de preparar os estudantes para as transformações exigidas pela indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

ALCÁCER, V.; CRUZ-MACHADO, V. Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. **Engineering Science and Technology, an International Journal**, v. 22, n. 3, p. 899–919, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>

ALBERTIN, M. R.; ELIENESIO, M. L.; AIRES, A. S. **Desafios e oportunidades da indústria 4.0 para o brasil**. In: Anais do XXXVII ENEGEP, 37, Joinville, SC, Brasil, 2017.

AL-FUQAHA, A. et al. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 17, n. 4, p. 2347–2376, 2015. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>

ATTARAN, M. The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. **Business Horizons**, v. 60, n. 5, p. 677-688, 2017.

ASSAD NETO, A., BERNARDI PEREIRA, G., OSCAR DROZDA, F., & DE PAULA LACERDA SANTOS, A. (n.d.). **Brazilian Journal of Development A busca de uma identidade para a indústria 4.0 The search for an industry 4.0 identity**. 1379–1395, (n.d.).

BALDEA, M., EDGAR, T. F., STANLEY, B. L., & KISS, A. A. **Modular manufacturing processes: Status, challenges, and opportunities**. **AIChE Journal**, 63(10), 4262–4272, 2017. <https://doi.org/10.1002/aic.15872>

BERMAN, B. 3-D printing: The new industrial revolution. **Business horizons**, v. 55, n. 2, p. 155-162, 2012.

BORANGIU, T., TRENTESAUX, D., THOMAS, A., LEITÃO, P., & BARATA, J. **Digital transformation of manufacturing through cloud services and resource virtualization**. In **Computers in Industry** (Vol. 108, pp. 150–162), 2019. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.01.006>

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil**. 2016. <https://www.portaldaindustria.com.br/busca/?q=industria+4.0&tipo=documentos>

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Investimentos em indústria 4.0**. Confederação Nacional da Indústria. 2018.

<https://www.portaldaindustria.com.br/busca/?q=industria+4.0&tipo=documentos>

CORREIA, N. PEREIRA, L.; RIBEIRO, F. M. **O Patrimônio genético português: a história humana preservada nos genes**. Lisboa: Ciência Aberta Gradiva, 2009.

CULOT, G., NASSIMBENI, G., ORZES, G., & SARTOR, M. **Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions.** *International Journal of Production Economics*, 226, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107617>

FORD, S. and DESPEISSE, M. (2016) **Additive Manufacturing and Sustainability: An Exploratory Study of the Advantages and Challenges.** *Journal of Cleaner Production*, 137, 1573-1587. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.150>

GHAEMIA, A. **A cyber-physical system approach to smart city development.** 2017, Singapore, p. 257-262, 2017.

GELDRE, E. V.; VERGAUWE, A.; EEKHOUT, E. V. **State of the art of the production of the antimalarial compound artemisinin in plant.** *Plant Molecular Biology*, Dordrecht, v. 33, p. 199-209, 1997.

GIBSON, I.; ROSEN, D. W.; STUCKER, B. *Additive manufacturing technologies.* 2 ed. New York: Springer, 2015.

GILCHRIST, A.; GILCHRIST, A. **IIoT Reference Architecture.** In: **Industry 4.0.** Berkeley: Apress, p. 65–86, 2016.

GIVEHCHI, O. et al. **Interoperability for industrial cyber-physical systems: an approach for legacy systems.** *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Piscataway, v. 13, n. 6, Dec. 2017

GOODNIGHT, J. **Artificial Intelligence History.** Disponível em: <https://www.sas.com/en_ca/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html>.

GOOGLE ACADÊMICO. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>.

GOOGLE LIVROS. Disponível em: <<https://books.google.com.br/>>.

HAND, D. J. Principles of data mining. **Drug Safety**, v. 30, n. 7, p. 621–622, 2007. <https://doi.org/10.2165/00002018-200730070-00010>

HONEYWELL. **Manufacturers rely on big data analytics to navigate tough business conditions.** HOUSTON, Sept. 13, 2016

IEDI. **Políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no brasil.** (s. n.).

JIAO, S.; LIU, R. P. A survey on physical authentication methods for smart objects in IoT ecosystem. **Internet of Things**, v. 6, p. 100043, jun. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.02.003>

KAGERMANN, H. **Change through digitization—value creation in the age of industry 4.0.** In *Management of Permanent Change*. p. 23–45, 2015. Springer Science+Business Media. https://doi.org/10.1007/978-3-658-05014-6_2

KÖNIG, H.; FRANK, D.; HEIL, R.; COENEN, C. Synthetic genomics and synthetic biology applications between hopes and concerns. **Current Genomics**, v. 14, p. 11-24, 2013.

LOGIQUE. **Big data analytics: Domine o conceito e aumente a eficiência da sua indústria.** Disponível em: <<https://www.logiquesistemas.com.br/blog/big-dataanalytics/>>.

LOH, S. **BI na era do big data para cientistas de dados.** Porto Alegre: [s.n.].

LOH, S. **Volume, velocidade, variedade, veracidade e valor: como os 5 Vs do big data estão impactando as organizações e a sociedade.** [s.l: s.n.].

LIU, Q. et al. **An application of horizontal and vertical integration in cyber-physical production systems.** Xi'an, p. 110-113, 2015.

MEHDIPOUR, F. **Smart field monitoring: an application of cyber-physical systems in agriculture (work in progress).** Kitakyushu, p. 181-184, 2014.

MONTEIRO, F.R. **Verificação Formal e seu Papel no Desenvolvimento de Sistemas Cyber-Físicos Críticos.** 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/324258468_Verificacao_Formal_e_seu_Papel_no_Developolvimento_de_Sistemas_Cyber-Fisicos_Criticos>.

NAVYAR, A.; KUMAR, A. **Advances in Science, Technology & Innovation IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development.** Cham (Switzerland): Springer, 2020.

PEREIRA, A. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde.** 16(1), 2018.

PRINZ, F., SCHOEFFLER, M., LECHLER, A., & VERL, A. **Dynamic Real-time Orchestration of I4.0 Components based on Time-Sensitive Networking.** *Procedia CIRP*, 72, 910–915, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.174>

QU, C. et al. **Distributed data traffic scheduling with awareness of dynamics state in cyber physical systems with application in smart grid.** *IEEE Transactions on Smart Grid*, Piscataway, v. 6, n. 6, p. 2895-2905, Nov. 2015.

QUAN, Z.; WU, A.; KEEFE, M.; QIN, X. *et al.* **Additive manufacturing of multidirectional preforms for composites: opportunities and challenges.** *Materials Today*, v. 18, n. 9, p. 503-512, 2015.

QUARTO, A. et al. **IoT and CPS applications based on wearable devices. A case study: monitoring of elderly and infirm patients.** 2017, Milan, p. 1-6, 2017.

RUSSOM, P. BIG DATA ANALYTICS - TDWI BEST PRACTICES REPORT Introduction to Big Data Analytics. **TDWI best practices report, fourth quarter**, v. 19, n. 4, p. 1–34, 2011.

SALKIN, C., ONER, M., USTUNDAG, A., & CEVIKCAN, E. **A Conceptual Framework for Industry 4.0** p. 3–23, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_1

SANTOS, A. F. C. et al. Big data: A systematic review. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, v. 558, p. 501–506, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54978-1_64

SANTOS, B. P., ALBERTO, A., LIMA, T. D. F. M., & CHARRUA-SANTOS, F. M. B. **indústria 4.0: desafios e oportunidades**. *Revista Produção e Desenvolvimento*, 1, 111 -124, 2018. <http://revistas.cefetrij.br/index.php/producaoedesenvolvimento>

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. Geneva: World Economic Forum, 2016.

SCHOTTE, GREG. **A Brief History of Additive Manufacturing**. *TriMech Blog*, 2019. Disponível em: <https://blog.trimech.com/a-brief-history-of-additive-manufacturing>

SILVA, J. A. S.; MAIRINK, C. H. P. **Inteligência artificial: aliada ou inimiga**. LIBERTAS: Ver. Ciênci. Soc. Apl., Belo Horizonte, v.9, n. 2, p. 64-85, ago. /dez. 2019.

SILVA, P. C., SANTANDREA, R. S., BRANDÃO, L. C., XAVIER, M. V. A., & VOLPINI, V. **A manufatura aditiva: revisão sistemática da literatura / additive manufacturing: a systematic review**. *Brazilian Journal of Development*, 6(11), 84502–84515, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-023>

SULTANOW, E.; CHIRCU, A. A Review of IoT Technologies, Standards, Tools, Frameworks and Platforms. In: MAHMOOD, Z. (Ed.). **The Internet of Things in the Industrial Sector**. New York: Springer International Publishing, p. 326. 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-24892-5>

VASCONCELOS, M.J.V.; FIGUEIREDO, J.E.F. **Biologia sintética**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015.

VENKATARAMAN, S.; DIRKS, R. M.; UEDA, C. T.; PIERCE, N. A. Selective cell death mediated by small conditional RNAs. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 107, p. 16777-16782, 2010.

OLIVEIRA, F. T. **A INDÚSTRIA 4.0 E A PRODUÇÃO NO CONTEXTO DOS ESTUDANTES DA ENGENHARIA**. 2018.

THE ENGINEER. **ADDITIVE manufacturing can reduce industry's environmental impact.** 2018. Disponível em: <https://www.theengineer.co.uk/additive-manufacturing-can-Reduce>.

WONG, N.; CHENG, H. H. **CPSBot: a low-cost reconfigurable and 3D-printable robotics kit for education and research on cyber-physical systems.** 2016, Auckland, p. 1-6,2016.

WINTER, J. **Sistemas Ciber-Físicos: A Nova Revolução.** 2016. Disponível em: <<https://www.eaware.com.br/sistemas-ciber-fisicos-a-nova-revolucao/>>

XIE, J.; SCHULTZ, P. G. **Adding amino acids to the genetic repertoire.** *Current Opinion in Chemical Biology*, London, v. 9, n. 6, p. 548-554, 2005.