



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CEC AU**



LUCAS MANUEL FONSECA OLIVEIRA

INDÚSTRIA 4.0: CONCEITOS E ANÁLISE DOS IMPACTOS

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO**

Ouro Preto, 2019

LUCAS MANUEL FONSECA OLIVEIRA

INDÚSTRIA 4.0: CONCEITO E ANÁLISE DOS IMPACTOS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Paulo Marcos De Barros Monteiro

Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Setembro/2019



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas
Colegiado do Curso Engenharia de
Controle e Automação - CEAU

ATA DE DEFESA

Ao 27º dia do mês de setembro de 2019, às 10h, na Escola de Minas - UFOP, reuniu-se a Comissão Avaliadora designada para julgar a Monografia do graduando **LUCAS MANUEL FONSECA OLIVEIRA** de Engenharia de Controle e Automação intitulada “**INDUSTRIA 4.0: CONCEITOS E ANÁLISE DOS IMPACTOS**”, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Marcos De Barros Monteiro, sendo a referida Comissão composta pelos professores Wolmar Araujo Neto, Paulo Marcos de Barros Monteiro, Agnaldo José da Rocha Reis. A Comissão Avaliadora resolveu considerar o trabalho aprovado por ter atendido as exigências para defesa e recomendações da banca examinadora.

Ouro Preto, 27 de Setembro de 2019.

Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro - Orientador

Prof. Dr. Wolmar Araújo Neto – Professor Convidado

Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis – Professor Convidado

LUCAS MANUEL FONSECA OLIVEIRA – Aluno (a)

AGRADECIMENTOS

GOSTARIA DE AGRADECER A TODOS QUE ESTIVERAM COMIGO NESTA CAMINHADA. **MÃE**, MUITO OBRIGADO PELA EDUCAÇÃO, BOM EXEMPLO, RIGIDEZ E POR SEMPRE ACREDITAR EM MEUS SONHOS, NUNCA MEDINDO ESFORÇOS PARA QUE ESTES FOSSEM CONCLUÍDOS. **PAI**, SEMPRE PRESENTE EM MINHA MEMÓRIA, HÁ UM ANO EM QUE ESTOU EM SEU ESCRITÓRIO E ENTENDO AINDA MAIS A SUA DEDICAÇÃO E ESFORÇO PARA QUE EU ME TORNASSE A PESSOA QUE SOU HOJE. **SEREI** GRATO ATÉ O FIM PELOS ENSINAMENTOS QUE SEMPRE CARREGAREI COMIGO, JUNTO À ESTA SAUDADE. **MIRELLI**, HÁ 7 ANOS QUE VOCÊ ME ACOMPANHA E APOIA EM QUALQUER CIRCUNSTÂNCIA. SEM VOCÊ TUDO SERIA MAIS DIFÍCIL, MUITO OBRIGADO! **MARIA EMÍLIA**, SUA PAZ E BONDADDE ME INCENTIVAM A CADA DIA, ME TORNANDO EXTREMAMENTE ORGULHOSO POR SER SEU IRMÃO. ÀS MINHAS AVÓS: “**DONA ZICA**” POR SEMPRE ME TRANSMITIR FORÇA E SEGURANÇA, **ANA RITA** POR EXEMPLO DE BONDADDE. AOS TIOS, PRIMOS E AOS AMIGOS DE SEMPRE: **HELDER**, **VITÓRIO**, **HUDSON**, **DOUGLAS**, TURMA DO DOM VIÇOSO, **CEFET- OP**, E COMPANHEIROS DE **UFOP**, QUE TIVERAM EXTREMA IMPORTÂNCIA EM MEUS ESTUDOS E DIVERSÃO. AOS PROFESSORES DO CURSO DE ENGENHARIA DE **CONTROLE** E **AUTOMAÇÃO**, EM ESPECÍFICO **PAULO MONTEIRO** PELOS ENSINAMENTOS E ORIENTAÇÃO, **WOLMAR ARAÚJO** PELA OPORTUNIDADE DE ESTÁGIO. A TODOS O MEU MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O setor industrial vem passando por uma grande transformação, uma mudança tecnológica conhecida como a quarta revolução industrial. Esta transformação, impulsionada por um mercado cada vez mais exigente, força um aumento da capacidade de produção das empresas, da quantidade de dados compartilhados, rapidez, necessidade de adaptação, avanços tecnológicos da comunicação e automação industrial. Surgem conceitos importantes como a Internet das Coisas - IoT (comunicação em rede de máquinas, produtos, entre outros), Big Data (conjunto de dados compartilhados) e Real Time Analytics (processamento de dados em tempo real). Essa revolução provoca mudanças não só na indústria, mas na sociedade, no modo de viver das pessoas e na economia. Uma transformação drástica, principalmente no Brasil, onde a maioria da indústria não possui o nível tecnológico adequado, tendo como maior desafio, entender e implantar o conceito da Indústria 4.0 em suas instalações. Este trabalho objetiva realizar um referencial teórico apresentando os conceitos e as transformações causadas pela Indústria 4.0, além de apresentar seus impactos no Brasil e no mundo.

ABSTRACT

The industrial sector has been undergoing a major transformation, a technological change known as the fourth Industrial Revolution. This transformation, driven by an increasingly demanding market, forces an increase in the production capacity of companies, the amount of shared data, speed, need for adaptation, technological advances in communication and industrial automation. Important concepts emerge such as the Internet of Things - IoT (network communication of machines, products, among others), Big Data (a large database) and Real Time Analytics. This revolution causes changes not only in the industry, but in society, in people's way of living and in the economy. A drastic transformation, mainly in Brazil, where most of the industry does not have the appropriate technological level, having as the greatest challenge, understand and implement the concept of Industry 4.0 in its facilities. This work aims to carry out a theoretical framework presenting the concepts and transformations caused by the 4.0 Industry, in addition to presenting its impacts in Brazil and worldwide.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D – Três Dimensões

CPS – *Cyber Physical Systems*

I4.0 – Indústria 4.0

IFR - *International Federation of Robotics*

IoT – *Internet of Things*

LED - *Light Emitting Diode*

RFID - *Radio Frequency Identification*

SCADA- *Supervisory Control and Data Acquisition*

TI – Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

1	Introdução	09
1.1	Objetivos	10
1.1.1	Objetivo Geral	10
1.1.2	Objetivos Específicos	10
2	Desenvolvimento	11
2.1	Revisão de Literatura	11
2.1.1	Indústria 4.0	12
2.1.2	Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS)	14
2.1.3	Internet das Coisas (IoT)	18
2.1.3.1	<i>RFID</i>	19
2.1.4	Computação em Nuvem (Cloud Computing)	20
2.1.5	<i>Big Data e analytics</i>	21
2.1.6	Cibersegurança	22
2.1.7	Impressão 3D	23
2.1.8	Nanotecnologia	23
2.1.9	Sensores inteligentes	24
2.1.10	Robôs Autônomos	24
2.1.11	5G	26
2.2.	Metodologia	27
3	RESULTADOS (ANÁLISE E DISCUSSÃO)	28
3.1.	Desafios e oportunidades	28
3.2.	Impactos na sociedade	30
3.3.	Brasil e a Indústria 4.0	32
4.	Conclusão	34
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1 INTRODUÇÃO

A Primeira Revolução Industrial ocorreu nos séculos XVIII e XIX e teve como principal objetivo a mecanização dos processos de fábrica, por meio da utilização da água e de energia a vapor na produção (Schwab, 2019). Em seguida, ocorreu a Segunda Revolução Industrial, caracterizada pelo uso da energia elétrica para produção em massa, provocando mudanças drásticas no cenário produtivo. A transformação seguinte, também chamada de terceira revolução industrial, trouxe a revolução digital, com o uso da eletrônica e tecnologias de informação para automatizar a produção (Schwab, 2019).

A nova revolução industrial é chamada de Indústria 4.0 e possui como característica a integração de sensores e elementos da produção conectados na rede, unindo mundo real e virtual. Portanto, sendo a Indústria 4.0 o princípio de uma nova revolução industrial, pode-se afirmar que a automação vem mudando o modo de como os bens são produzidos através de novas tecnologias (VENÂNCIO, 2017).

O termo indústria 4.0, foi usado pela primeira vez na feira de Hannover de 2011, com base em uma ideia de alta tecnologia do governo alemão, que tinha como o principal objetivo a informatização total de uma fábrica. Venâncio (2017) afirma que outros países também já discutiram o tema, como foi feito no Fórum Econômico Mundial realizado na Suíça, em 2016, que destacou a quarta revolução industrial e suas consequências.

Surgem alguns conceitos como o de Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS – Cyber Physical Systems) que viabilizam o emprego da inteligência artificial. Azevedo (2017) apresenta novos conceitos tecnológicos, dos quais destacam-se: a Internet das Coisas (IoT), *Big Data Analytics*, computação em nuvem, robótica avançada, novos materiais e novas tecnologias que promovem a integração de toda uma cadeia de suprimentos. Esta revolução tem como característica principal o uso intenso de tecnologias digitais para a fabricação de novos produtos de maneira rápida, com resposta em tempo real da produção e da cadeia de suprimentos.

Segundo Gomes et al (2016), na Indústria 4.0, máquinas localizadas em diferentes unidades da empresa se comunicam instantaneamente durante as operações industriais, garantindo autonomia e integração. O conceito de Indústria 4.0, porém, vai além da integração dos processos de produção, envolvendo também, as etapas de uma cadeia de valor: o desenvolvimento de produtos (projeto, desenvolvimento, testes), a simulação das condições de produção e o pós-venda.

Segundo Rodrigues, Jesus e Schützer (2016) o tema Indústria 4.0, apresenta grande “[...] relevância, tanto para fins acadêmicos, como também para as indústrias, as quais enfrentam desafios contínuos de aumento de produtividade e personalização de produtos”.

Neste trabalho apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre esse tema que se justifica à escassa literatura que considera os impactos causados pela Indústria 4.0 no Brasil e no Mundo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Apresentar um referencial teórico sobre as transformações proporcionadas pela Indústria 4.0.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Apresentar revisão bibliográfica dos principais conceitos da Indústria 4.0 por meio de pesquisa exploratória;
- b) Analisar os impactos e as transformações da Indústria 4.0 nos principais setores industriais;
- c) Identificar os desafios para a indústria brasileira perante a Indústria 4.0.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão de Literatura

Com o intuito de facilitar o entendimento deste estudo, a seguir serão apresentados conceitos importantes relacionados à Quarta Revolução Industrial: a Indústria 4.0. Esses conceitos assumem fundamental relevância para compreensão do tema de estudo.

As revoluções industriais são caracterizadas por mudanças radicais motivadas pelo surgimento e uso de novas tecnologias que provocam desdobramentos no âmbito social, econômico e político. Desse modo, as revoluções industriais são marcadas por mudanças expressivas na maneira de se produzir algo.

Conforme ilustrado na Figura 1, cada uma das revoluções possui um marco identificador representando a principal mudança experimentada. A primeira revolução industrial, iniciada na Inglaterra, teve como marco a mecanização dos processos por meio da invenção de máquinas a vapor que permitiam acelerar e substituir parcialmente o trabalho humano. A tecnologia continuou a se desenvolver e, décadas depois, ocorreu a segunda revolução industrial. Nessa etapa, o surgimento da eletricidade e do petróleo como novas formas de energia resultaram na evolução e criação de bens como automóveis, telefones e rádios. Essa época também é marcada pelo surgimento de um trabalhador desqualificado e voltado apenas para trabalho mecânico. Há separação evidente entre concepção e execução, separando quem pensa (o engenheiro) e quem executa (o trabalhador em massa) (CASTELLS, 1999).

A terceira revolução foi marcada por a informática e da tecnologia da informação, pelo uso de computadores pessoais e, mais tarde, nos anos 1990, pela internet e as plataformas digitais, evolução da telecomunicação e outros equipamentos eletrônicos. Por fim, temos a quarta revolução industrial, tema de estudo deste trabalho cujos conceitos serão apresentados no próximo tópico.

Figura 1: Revoluções Industriais



Fonte: Ministério da Indústria, Comércio e Serviços – Governo Federal¹

2.1.1 Indústria 4.0

De acordo com Santos et al. (2017), a Indústria 4.0 foi primeiramente um conceito utilizado pelo governo alemão em 2012, com a finalidade de explicar uma estratégia tecnológica que começava a ser aplicada na indústria. Este conceito se alastrou rapidamente ao redor do mundo, e engloba dispositivos tecnológicos conectados à internet interagindo entre si, surgindo a denominação de Sistema Físico-Cibernético (CPS) e aumentando assim a eficiência e a versatilidade de um sistema de produção (THE BOSTON CONSULTING GROUP, 2015).

Silveira (2015) afirma que a indústria 4.0 tem o conceito básico da conexão entre máquinas em tempo real, que possibilita que as empresas criem redes inteligentes que controlam todos os módulos de produção de forma autônoma, podendo assim prever falhas e agendar manutenções.

¹ Disponível em: <http://www.industria40.gov.br>

Os princípios da indústria 4.0 podem ser classificados como:

- a) Interoperabilidade: a habilidade dos sistemas físicos-cibernéticos, dos humanos e das Fábricas de se conectarem e comunicarem entre si através da Internet das coisas e Computação em Nuvem;
- b) Virtualização: uma cópia virtual das Fábricas Inteligentes é criada por sensores de dados interconectados com modelos de plantas virtuais e modelos de simulação, criando um sistema de supervisão completo para monitorar os processos físicos;
- c) Descentralização: a característica dos sistemas físico-cibernéticos das Fábricas de tomarem decisões sem interferência humana;
- d) Capacidade em Tempo Real: a capacidade de fazer análise e coleta de dados e devolver o resultado imediatamente;
- e) Orientação a Serviço: desenvolvimento dos serviços através da Computação em Nuvem;
- f) Modularidade: adaptação das Fábricas para requisitos mutáveis através da reposição ou expansão de módulos individuais.

Três palavras estão ligadas diretamente ao contexto da Indústria 4.0: Automação, Eficiência e Inovação. Roggia e Fuentes (2016, p 15), definem a automação como um “sistema de controle pelo qual os mecanismos verificam a sua própria operação, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da intervenção do homem”. A eficiência, de acordo com Oliveira e Simões (2017), consiste na utilização de recursos, sejam eles máquinas, suprimentos ou pessoas da melhor maneira possível, com o melhor método de se executar um processo. Já a inovação, Segundo Lemos (1999), pode ser entendida como a introdução ou desenvolvimento de um produto, que pode romper ou aperfeiçoar o padrão tecnológico anterior, criando novas indústrias, setores e mercados. A inovação está diretamente ligada ao desenvolvimento econômico e tecnológico de um País.

Segundo Fraga et al (2016), a indústria 4.0 pode assumir outros nomes, como por exemplo “Indústria Inteligente” e “Fábrica Inteligente”. Independentemente de sua nomenclatura, ela é

uma evolução que vem trazendo melhoria aos processos industriais, conectando não apenas máquinas, mas criando uma *network* em toda a cadeia de produção de um produto. A Indústria 4.0 tem como objetivo tornar as informações mais acessíveis e em tempo real, além de reduzir ainda mais a interferência humana (GONÇALVES, 2016).

Santos et al. (2017) salientam ainda que a indústria, composta por dispositivos tecnológicos conectados à rede, é a chave para alcançar as exigências do mercado atual, como a otimização em relação ao aumento da produtividade *versus* redução de lotes. Fraga et al. (2016) escreveram que desta forma, a Indústria 4.0 promete aumentar a flexibilidade e a velocidade de produção, e ainda assim, melhorar a qualidade dos produtos.

Vale ressaltar que é necessário que a indústria esteja conectada pelo menos com tecnologia alinhada junto à Indústria 3.0 para que seja possível a transição para a Indústria 4.0 sem maiores esforços (MATHIOLA, 2017).

2.1.2 Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS)

O Sistema Físico-Cibernético possui um conceito muito amplo que reúne diversas definições em apenas um elemento. Portanto, torna-se necessária a apresentação cada uma destas definições para que seja possível um melhor entendimento deste tema.

a) Sistemas

A definição de um Sistema existe para várias disciplinas, como informática, química, física, matemática, biologia, administração, automação, direito, medicina, e muitas outras. Para Chiavenato (1976), um sistema é um conjunto de elementos dinamicamente relacionados entre si, formando uma tarefa para atingir uma meta, operando sobre entradas e fornecendo saídas processadas. O termo sistema vem do Grego, e significa “formar um conjunto”.

Todo sistema possui um objetivo a ser atingido. É um conjunto de partes coordenadas, para realizar um outro conjunto, o de finalidades (CHURCHMAN, 2015).

Segundo Motta (1971), os sistemas podem ser classificados de várias formas. Quanto à natureza, podendo ser artificiais (sistemas desenvolvidos por um agente externo) ou naturais (sistema respiratório); quanto a origem, podendo ser abstratos (sistemas de computação) ou concretos (carro); e quanto ao tipo, podendo ser abertos (sofrem influência do meio) ou fechados (não sofrem influência do meio).

b) Sistemas Embarcados

Um sistema é chamado “embarcado” quando este é dedicado a uma única tarefa. Segundo Noegaard (2005) de forma simples e resumida, um sistema embarcado (ou embutido) é um computador aplicado a uma função específica, o que difere de um computador pessoal de uso geral. São completos e independentes, e possuem os mesmos componentes fundamentais de um computador pessoal, porém de capacidade limitada.

Ainda segundo Noegaard (2005), os sistemas embarcados possuem funcionalidades específicas e sofisticadas, podendo realizar interface com partes mecânicas (sensores, atuadores) e virtuais. Eles possuem baixo custo de fabricação, memória limitada, baixo consumo de energia e são sistemas determinísticos, ou seja, apresentam um resultado determinado de acordo com os dados de entrada (NOEGAARD, 2005).

São exemplos de sistema embarcado: Equipamentos de redes de computadores como roteadores, switches; Sistemas de controle de vôo, videogames, dispositivos de armazenamento, televisão, rádio, câmera, GPS, entre muitos outros, desde que realizem uma e somente uma tarefa.

c) Sensores

Segundo Balbinot & Brusamarello (2011), o sensor é um dispositivo que responde a estímulos químico/físicos (luminoso, calórico, magnético, motor, entre outros) e transmite um impulso mensurável ou operante. Um instrumento que pode ser utilizado na medição ou monitoramento em qualquer área que necessite de informações a respeito de um processo físico em execução (WENDLING, 2010). Ainda de acordo com Wendling (2010), o sensor é o termo empregado a dispositivos que são sensíveis a alguma forma de energia do ambiente,

que pode ser térmica, elétrica, luminosa, cinética, relacionando-a a uma grandeza física que pode ser medida. São exemplos de grandeza física o volume, temperatura, velocidade, pressão, altura, corrente, tensão, som, etc.

Fuentes (2005), define por sua vez o sensor como um instrumento que realiza a conversão de uma grandeza física qualquer em um outro sinal que possa ser transmitido para um elemento indicador, para que este mostre o valor da grandeza que está sendo mensurada. Em outras palavras, os sensores são responsáveis por transmitir em sinais compreensíveis os valores do processo físico ao seu controlador.

Os sensores estão presentes tanto no meio industrial, quanto no meio residencial. São exemplos de aplicação de sensores:

- Sistema para medição de nível de um tanque de gasolina;
- Sistema de um alarme residencial;
- Sistema para medição de temperatura em uma sala;
- Indicador de velocidade de um automóvel;

d) Atuadores

Os atuadores são dispositivos que recebem um estímulo na forma de energia e o transforma em algum tipo de movimento. Segundo Thomazini & Albuquerque (2011), “[...] são dispositivos que modificam uma variável controlada. Recebem o sinal proveniente de um controlador e agem sobre o sistema controlado”. Os atuadores podem responder a estímulos pneumáticos, elétricos ou hidráulicos.

São exemplos de atuadores: cilindros, motores, válvulas, relés, solenóides ou qualquer elemento que reproduza um comando enviado por outro dispositivo com base em uma entrada.

e) Transdutores

Segundo Thomazini & Albuquerque (2011), os transdutores são dispositivos completos capazes de converter uma grandeza física em um sinal de tensão ou corrente que possa ser interpretado pelo sistema de controle. Muitas vezes são chamados de sensores sem distinção por apresentarem a maioria das suas funções de forma idêntica, porém, o transdutor é mais completo, pois engloba o sensor e todos os circuitos de interface que são utilizados em aplicações industriais ou residenciais.

f) Sistemas Supervisórios

Sistemas supervisórios ou SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) são sistemas muito usados em ambientes industriais automatizados. São vistos como sistemas que monitoram as ações e as variáveis de um processo em execução, com a finalidade de tornar possível o reconhecimento de falhas em componentes deste processo, antes dessas falhas ocorrerem efetivamente e afetar a produção (JURIZATO e PEREIRA, 2002).

Os sistemas supervisórios, segundo Silva e Salvador (2004), permitem que sejam monitoradas as variáveis e informações de um processo físico. Estas informações são coletadas através de sensores, manipuladas, analisadas e apresentadas ao usuário. Os sistemas SCADA podem também verificar alarmes presentes no chão de fábrica, fazer registros em um banco de dados, ativar sons e enviar mensagens ao usuário através de e-mails e celulares.

Daneels e Salter (1999), afirmam que o sistema supervisório é composto por 4 elementos: *Hardware* de Controle, *software* de supervisão, rede de comunicação e o processo físico. O *hardware*, que é composto por sensores, atuadores e controladores, realiza o controle do processo. O *software* de supervisão, acessa os componentes do *hardware* para se obter os dados do processo, faz o tratamento destes dados para a tomada de decisão e os fornece ao usuário. A rede de comunicação é a responsável pela interface entre o *software* e o *hardware* para transmissão dos dados do processo a ser controlado.

Com todos estes itens explicados, é possível realizar a definição de um sistema Físico-Cibernético.

Lee e Seshia (2016) definem um sistema Físico-Cibernético (CPS) como um sistema que é constituído por subsistemas físicos em uma rede de computação. Ou seja, os CPS consistem em sistemas que reúnem o ambiente, ferramentas computacionais embarcadas e uma rede computacional. A maior parte dessas ferramentas é constituída por sensores e atuadores que fazem monitoramento de um processo físico (GARAY, 2012).

Segundo Garay (2012), os CPS prometem uma mudança na forma de como percebemos e interagimos com o mundo físico “[...] através da integração e acesso às novas tecnologias de dispositivos de *hardware*, *software* e computação móvel que permitiram até mesmo personalizar determinados aspectos do ambiente físico”.

Sistemas embarcados, sensores inteligentes, sensores sem fio, atuadores, sistemas supervisórios, controladores, entre outros, são ferramentas da Automação Industrial que estão diretamente relacionadas aos CPS e são o foco principal deste trabalho.

2.1.3 Internet das Coisas (IoT)

O conceito de Internet das Coisas - *Internet of Things* (IoT) - teve origem no Massachusetts Institute of Technology e é o conceito mais utilizado em relação à Indústria 4.0. Segundo Br Nic (2014), assim como a história da Revolução Industrial, a história da internet também é dividida em fases. A primeira fase é a que se existia apenas uma rede de computadores; na segunda fase, a rede passou a ser de pessoas e comunidades; e hoje, se vive o nascimento da terceira fase, denominada Internet Das Coisas, que tem o objetivo de interligar objetos e dispositivos na rede e fazer interações com o seu usuário.

De acordo com Santos et al (2016), a promessa da IoT é conectar quaisquer dispositivos do dia a dia (relógios, portas, máquinas, eletrodomésticos, instrumentos musicais e etc.) através da internet, fazendo com que estes dispositivos se comuniquem entre si e com o seu usuário. Santos et al. (2016) conceituam a Internet das coisas como nada mais que uma evolução da Internet atual, que dá capacidade computacional e de comunicação a quaisquer objetos do

dia-a-dia. Sendo possível o envio e recebimento de dados e fazendo com que estes objetos possam ser controlados e acessados remotamente, gerando oportunidades e desafios no âmbito acadêmico, da automação industrial e residencial.

Para Kagermann et al. (2013), a mecanização, eletricidade e TI foram as bases para as três primeiras revoluções industriais. Esse conceito vem transformando as fábricas em um ambiente inteligente, dando origem à quarta revolução industrial.

A IoT já é uma realidade e vem fortalecendo ainda mais a relação entre o homem e as máquinas. Sendo assim, ela pode ser aplicada tanto no meio industrial, quanto em qualquer outro meio, desde que exista uma conexão com a internet.

Mathiola (2017), diz que a IoT sendo aplicada à indústria, aumentará a eficiência operacional, sendo necessário empregar melhores práticas em toda a cadeia de valor “[...] (tecnologia atualizada de produtos, equipamentos de produção, abordagem de venda, soluções de TI, gestão da cadeia de suprimentos)”, tendo como objetivo principal minimizar os custos e maximizar produtividade, ganhos e qualidade.

Segundo Miguel (2016), o número de coisas conectadas à internet no mundo superou o número de pessoas em 2008. É de escala gigantesca o surgimento e o uso de sensores e atuadores cada vez mais eficientes e de custo baixo, bem como dispositivos móveis conectados na internet, seja por wireless ou tecnologias de nuvem.

2.1.3.1 RFID

Identificação por radiofrequência ou RFID (“Radio-Frequency IDentification”), é uma das principais tecnologias utilizadas em conjunto com a Internet das Coisas, e segundo Viera et al. (2007), é um termo genérico utilizado para um conjunto de tecnologias que utilizam radiofrequência, permitindo identificar algo, além de recuperar e armazenar dados. Esta tecnologia surgiu há mais de 60 anos, porém, atualmente é um dos temas que se tornaram

importantes a nível industrial, aparecendo entre as prioridades de ferramentas tecnológicas em diversas empresas (VIERA et al., 2007).

Ainda segundo Viera et al. (2017), um sistema RFID é composto por etiquetas que contém um microchip denominado “transponder” que guarda informações a respeito do item a ser identificado, uma antena para rastreamento, computador e *software*. O transponder pode ser instalado em pessoas, animais, produtos, embalagens, equipamentos, dentre outros.

Borlido (2017), salienta que o sistema RFID aplicado à Indústria 4.0 interage com o processo produtivo desde a sua matéria-prima até o produto final, utilizando um sistema de comunicação via wireless que usa as ondas de radiofrequência para identificar e encaminhar objetos. Desta forma, “[...] o RFID pode facilmente identificar um objeto, informar onde está e qual a sua condição, o que é uma das principais razões para estar integrado na Internet das coisas” (BORLIDO, 2017).

2.1.4 Computação em Nuvem (Cloud Computing)

A computação em nuvem também é um conceito acoplado à Indústria 4.0. Sousa et al. (2010) afirmam que a computação em nuvem é uma tendência de tecnologia dos anos atuais, cujo o objetivo é prestar serviços na área de tecnologia da informação (TI).

De acordo com Armbust et al. (2010), a computação em nuvem é um conceito definido como a disponibilidade de aplicações computacionais acessíveis por meio da internet, através de *Hardware* e *Software* hospedados remotamente.

Ruschel et al. (2010), conceituam a computação em nuvem como: “[...] a ideia de utilizarmos, em qualquer lugar e independente de plataforma, os mais variados tipos de aplicações através da internet com a mesma facilidade de tê-las instaladas em nossos próprios computadores”. A computação em nuvem tem o funcionamento de um HD virtual, possibilitando o armazenamento de arquivos na rede para acesso e modificações em outro dispositivo. Este conceito desperta grande interesse nos ambientes acadêmico e empresarial, representando

oportunidades para pesquisas, ganhos de produtividade, redução de custo, emissão de poluentes, entre outras (HEIDEKER, 2015).

Segundo Cooper (2015) a Indústria 4.0 depende de um centro de hospedagem em que se tornem mais práticos o armazenamento, compartilhamento de dados e informações dos processos de fábrica, requisitos estes que são alcançados pela Computação em Nuvem. Cooper (2015) reforça que a Computação em Nuvem permite que seus usuários tenham acesso remoto de seus dados, aplicativos e outros recursos com facilidade, em qualquer momento, desde que possua acesso à rede de internet.

2.1.5 Big Data e analytics

Com o passar dos anos, a quantidade de dados gerados foi crescendo de forma exponencial. De acordo com Junior (2012), as estimativas variam, mas todas concordam que existe um aumento na geração de dados. Estimou – se em 2010 que a sociedade guardou mais de 13 *exabytes* em novos dados, e é devida a esta enorme quantidade que surge o conceito de *Big Data*. Ainda segundo Junior (2012), o *Big Data* “[...] refere-se ao conjunto de dados cujo tamanho está além da habilidade de ferramentas típicas de banco de dados em capturar, gerenciar e analisar.”

Nist (2015) conceitua o termo *Big Data* como um grande conjunto de dados, em que grande porcentagem destes dados não é estruturada e necessita de análise em tempo real. Esta análise vem despertando interesse nas empresas que procuram armazenar e tratar estes dados para desenvolver e acelerar seus processos. Herman et al. (2015) salientam que uma enorme base de dados de uma empresa pode incluir desde conversas sobre uma marca, até dados em tempo real coletados por um robô e outros sensores para uma eventual tomada de decisão.

2.1.6 Cibersegurança

A crescente utilização dos sistemas informatizados associada ao fenômeno do big data, resultam em um aumento da fragilidade destes sistemas e causam grande preocupação por parte de pessoas, empresas e nações a respeito da segurança dos dados.

Em 2017, quase 100 empresas ao redor do mundo foram vítimas de um ataque cibernético em massa, que roubou informações dos seus servidores e impediu que as mesmas fossem acessadas novamente até que um resgate fosse pago. Segundo Perlroth e Sanger (2017), as empresas que não investiram na segurança de seus dados ou não fizeram um backup dos mesmos, não tiveram outra alternativa a não ser pagar os invasores para obter suas informações novamente.

Cibersegurança, segundo Nunes (2012), é um conjunto de iniciativas destinadas a potencializar a livre utilização do ciberespaço e garantir sua segurança, promovendo proteção a informação. É um conceito de origem na década de 1990, utilizado nas indústrias com o fim de prevenir e combater ataques a programas, bancos de dados, sistemas operacionais e redes computacionais. Estes ataques (ciberataques) podem invadir, espiar, deletar, roubar informações, danificar um equipamento, entre outros malefícios.

De acordo com Ventureli (2016), são vários os desafios para a implementação de um sistema totalmente seguro, pois existem muitos aspectos a serem levados em conta, tais como característica da vulnerabilidade, confiabilidade dos dados, brechas encontradas no próprio provedor de internet, confiabilidade do antivírus, entre outros. No entanto, a segurança da informação durante a Indústria 4.0 será prioridade, uma vez que os sistemas estarão totalmente conectados neste modelo. Albertin et al. (2017) afirmam que fábricas com manufatura 4.0 trabalharão com protocolos padrão e com alta conectividade em toda cadeia de valor, significando que a necessidade de proteção dos sistemas industriais de ciberataques vai aumentar drasticamente e conexões seguras com política de acesso às máquinas serão essenciais.

2.1.7 Impressão 3D

A impressão em 3D é uma tecnologia pela qual objetos físicos tridimensionais são construídos por sucessivas camadas de material baseando-se em um modelo digital. Uma impressora 3D é um sistema que combina *software*, *hardware* e materiais para construção do objeto pré-estabelecido.

Segundo Azevedo (2013), a técnica de impressão em 3D constrói objetos adicionando material por camada, tornando-se distinta de outras formas de criação, como a usinagem por exemplo, que faz a construção removendo material. Para fabricação em massa de peças de pequeno volume, a impressão em 3D é vantajosa, pois apresenta pouco ou nenhum desperdício, e o material usualmente utilizado é o plástico ABS, que possui custo baixo.

Azevedo (2013) ainda afirma que as impressoras 3D têm se desenvolvido rapidamente e desperta interesses tanto para uso comercial e pessoal. Porém, essas impressoras ainda falham em muitos aspectos como robustez, praticidade e acesso.

A tecnologia de impressão 3D é muito utilizada atualmente, podendo criar desde peças simples a produtos complexos como peças para aeronaves. Em um futuro próximo, com o advento da Indústria 4.0, pesquisadores estimam que esta tecnologia poderá ser de grande auxílio para a medicina, construindo órgãos artificiais e realizando implantes médicos.

2.1.8 Nanotecnologia

A nanotecnologia é uma ciência que estuda e manipula a matéria em escala atômica e molecular (entre 1 e 100 nanômetros), com o principal objetivo de construir materiais e estruturas a partir dos átomos, tornando-os melhores e mais estáveis do que em sua forma original. Esta ciência tem sido utilizada em várias áreas, entre elas a automação, ciência da computação e eletrônica.

Na eletrônica, por exemplo, Gutierrez et al. (2006) afirmam que “[...] a nanotecnologia tem sido empregada em displays de telefonia celular e computadores, nos quais LEDs orgânicos estão sendo produzidos usando finas camadas de filmes feitos com nanoestruturas”. Discos rígidos, displays OLED, semicondutores, chips atuais de computadores estão sendo fabricados com base em nanotecnologia.

Segundo Raposo (2018), a nanotecnologia é usada na modernização da indústria, e o fato de se tratar de uma escala tão pequena traz grandes desafios, onde apenas equipamentos industriais de alta precisão conseguem manipular esta tecnologia. E é com o avanço da Indústria 4.0 que estes equipamentos trarão uma melhoria contínua nos processos produtivos sem intervenção humana e serão chamados de “célula inteligente”, combinando TI e automação (FLO, 2019).

2.1.9 Sensores inteligentes

Diferente dos sensores definidos anteriormente, os chamados sensores inteligentes (*smart sensors*) permitem uma amostra mais exata dos dados, com alta imunidade de ruídos e fornecem um grande suporte na tomada de decisões (Freitas et al., 2016).

Segundo Freitas et al. (2016), “[...] estes dispositivos são utilizados para monitoramento e como mecanismos de controle em uma ampla variedade de aplicações, incluindo *smart grids*, área de exploração e um elevado número de aplicações científicas.”

Sendo base para processos dinâmicos em tempo real, os sensores inteligentes são pilares importantes para as fábricas inteligentes da Indústria 4.0, onde a aquisição de dados, fornecimento e posterior processamento são indispensáveis.

2.1.10 Robôs Autônomos

Robô autônomo é o nome atribuído a uma máquina inteligente que realiza atividades em ambientes desestruturados sem a navegação ou a intervenção humana sobre seus movimentos.

Os robôs podem ser autônomos em diferentes níveis, sendo o alto nível de autonomia o mais desejado para aplicações em ambientes fora do alcance do ser humano.

Segundo Fontes (2019), robôs autônomos captam dados do ambiente em que estão, trabalham sem a interferência humana, podem realizar sua automanutenção (se estiver enquadrado nos maiores níveis de autonomia), deslocam sem navegação humana entre dois pontos e substituem a mão de obra humana em situações de perigo, como em locais com temperaturas baixas ou elevadas, ambientes com riscos de explosão, em atmosferas elevadas e explorações espaciais.

Os robôs autônomos são considerados ferramentas importantes para as empresas, principalmente com o advento da Indústria 4.0. De acordo com as informações da Federação Internacional de Robótica (IFR), a quantidade de robôs autônomos se quadruplicou entre os anos 2009 e 2015. Em 2018, a IFR estimou 2,4 milhões de unidades nas fábricas de todo o planeta, sendo a Ásia o principal mercado mundial. Aplicações de robôs autônomos podem ser vistas em notáveis empresas, como a Amazon[®], Apple[®], Microsoft[®], Google[®], Intel[®], Oracle[®] e Samsung[®].

Segundo Fontes (2019), na Indústria 4.0, os robôs autônomos precisam ser capazes de realizar muitas habilidades, com foco em 3 delas:

- Propriocepção: é a sensação de condição do robô. Com ela, os robôs conseguem obter informações a respeito de seu estado (se está com algum defeito, em perigo, sem bateria, molhado, entre outros).
- Realizar tarefas: seja elas repetitivas, perigosas e inviáveis para o ser humano.
- Localização: é necessário que os robôs autônomos tenham um sistema de localização que faça um mapeamento em tempo real do ambiente em que se encontram, para isto são muito utilizadas fitas guias, sensores, câmeras, lasers para auxiliar o trabalho.

2.1.11 5G

Quinta Geração da Internet Móvel (*Quinta Geração do sistema sem fio*), ou simplesmente 5G, é mais um avanço da telecomunicação que vem prometendo substituir a geração atual (4G) e dominar a internet móvel nos próximos 10 anos, oferecendo um grande suporte à Indústria 4.0 através da Internet das Coisas (*IoT*), do Big Data, da Computação em Nuvem, entre outras tecnologias. De acordo com Storck et al (2017), a rede 5G é definida como uma rede que possui alta largura de banda, com níveis de rede de diferentes densidades, e que promete causar revolução na internet móvel, garantindo mais rapidez e eficiência. Ainda segundo estes autores, com o 5G será possível coletar dados de sensores, dispositivos móveis, redes de telefonia e veiculares com o objetivo de extrair informações para um planejamento dinâmico e inteligente.

De acordo com Oliveira (2017), o 5G é uma tecnologia altamente avançada, diferente de outras gerações devido aos aumentos da taxa de bits para transferência de dados e volume de dados de área a serem transferidos, permitindo maior conectividade e menor consumo de bateria pelos dispositivos.

2.2. Metodologia

De acordo com Silveira e Córdova (2009), a metodologia consiste no percurso selecionado para atingir o objetivo proposto pela pesquisa, indicando o caminho teórico escolhido pelo pesquisador para abordar o objeto de estudo.

Segundo esses autores, quanto ao procedimento, as pesquisas podem ser classificadas em: pesquisa experimental, pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa de campo, pesquisa *ex-post-facto*, pesquisa de levantamento, pesquisa com *survey*, estudo de caso, pesquisa participante, pesquisa-ação, pesquisa etnográfica ou pesquisa etnometodológica. Esse trabalho se classifica como pesquisa bibliográfica, uma vez que essa pesquisa será desenvolvida baseada em material já elaborado, sendo constituída principalmente por livros e artigos científicos (Gil, 2002).

O presente trabalho consiste em uma revisão da literatura dos conceitos relacionados à nova Revolução Industrial, a Indústria 4.0. Portanto, a pesquisa realizada nesse trabalho é considerada qualitativa, uma vez que seu foco é a análise bibliográfica do tema e seus resultados não podem ser traduzidos em números.

De acordo com Gil (2002), as pesquisas são classificadas em três grandes grupos, sendo eles: pesquisas exploratórias, descritivas e explicativas. Esse trabalho pode ser considerado uma pesquisa descritiva, uma vez que objetiva descrever as características de um fenômeno, estabelecendo relações entre variáveis e, em alguns casos, buscando determinar a natureza dessa relação (GIL, 2002).

3 RESULTADOS (ANÁLISE E DISCUSSÃO)

Após apresentar os principais conceitos da área, serão abordados alguns aspectos relacionados à Indústria 4.0.

3.1. Desafios e oportunidades

Assim como toda tecnologia, a Indústria 4.0 surge com alguns desafios e oportunidades para otimização do mercado.

Conforme citado no tópico anterior, a mais nova revolução industrial proporciona mudança no ambiente operacional e na vida dos trabalhadores do setor industrial, uma vez que esse profissional terá de se adaptar à nova forma de trabalhar que é bastante diferente da forma usual a qual está acostumado (AFFONSO, 2017). O autor defende ainda que mesmo os cargos gerenciais sofrerão mudanças, uma vez que os profissionais poderão se conectar aos sistemas remotamente gerenciando suas operações à distância e eficazmente.

Ribeiro (2017) considera a facilidade de integração dos processos e dados da empresa (tanto interna quanto externamente) como um dos maiores feitos da Indústria 4.0, justamente por aumentar a eficiência operacional e reduzir os custos drasticamente.

Freitas, Fraga e Souza (2016) defendem que as novas tecnologias digitais prometem aumentar: a flexibilidade na produção (utilizando robôs) e consequentemente aumentar a inovação; a customização em massa; a velocidade (porque reduz tempo entre design, produção e entrega da versão final dos produtos); a qualidade (devido à maior monitoramento do processo produtivo e redução de peças defeituosas) e, por fim, a produtividade (através da manutenção preventiva).

O custo das operações será reduzido porque “alterações em pedidos, flutuações de qualidade, paradas de máquinas e desgastes de ferramentas podem ser resolvidos de forma mais ágil,

permitindo que as máquinas sejam melhores preparadas” (FREITAS; FRAGA; SOUZA, 2016)

Outra vantagem da Indústria 4.0 consiste na integração de informações durante todo o processo produtivo, controlando desde os dados de insumos e recursos até a entrega do produto ao cliente. De acordo com Antonio et al (2018), com essa tecnologia é possível controlar com precisão os insumos e recursos, sabendo com precisão a hora e quantidade de solicitar os materiais, de modo a minimizar a quantidade em estoque na empresa.

A Agricultura também está passando por mudanças. A I4.0 contribui com a redução do consumo de água, fertilizantes e pesticidas, que eram aplicados de maneira uniforme nos campos. Atualmente, sua aplicação pode ocorrer em áreas específicas graças ao uso de *softwares* que calculam a quantidade e locais adequados à necessidade (RIBEIRO; MARINHO; ESPINOSA, 2018). De acordo com esses autores, “a verdadeira promessa da Agricultura 4.0 é em termos de aumento da produtividade e reside na capacidade de coletar, usar e trocar dados remotamente”.

Na Indústria petroquímica, o conceito de I4.0 engloba toda a cadeia produtiva, envolvendo pessoas, máquinas e serviços por meio da integração dos dados. O principal impacto consiste em aumentar significativamente o nível de segurança, por meio do uso de robôs que controlem principalmente as temperaturas e pressões das máquinas, reduzindo os riscos de acidentes (CARDOSO; CHEBAR ; BELTRÃO, 2018).

Na Indústria farmacêutica, essas tecnologias permitem que ocorra a personalização dos medicamentos, de acordo com a demanda e necessidade de cada cliente (FREITAS; FRAGA; SOUZA, 2016). Isso porque, a I4.0 torna possível a produção em lotes menores devido à utilização de sistemas para controle de estoques e análise de dados. Assim, o cliente poderá encomendar tipos específicos de produtos de acordo com suas necessidades, trazendo mais vantagens para a indústria que possui essa flexibilidade, colocando-a frente a seus concorrentes. (ANTONIO et al, 2018). Os autores defendem ainda que, mesmo em escala

laboratorial, as impressoras 3D permitem que medicamentos customizados sejam produzidos com qualidade.

Cardoso, Chebar e Beltrão (2018) afirmam que a implementação de códigos de barras, scanners e outros dispositivos de rastreamento por GPS contribuem para o monitoramento das mercadorias no que diz respeito a movimentação, segurança da carga e sistemas de armazenamento. Utilizando a IoT é possível, através de previsões de demanda, estimar a quantidade de cada produto, bem como avaliar a data de vencimento e outros fatores que forem interessantes à produção.

A I4.0 também influencia a logística em outros aspectos. Segundo Freitas, Fraga e Souza (2016), ela impacta auxiliando na redução do desperdício de matérias-primas e de produtos, economiza combustível (ao traçar rotas e monitorar tráfego), nos aspectos de segurança e estoque.

3.2. Impactos na sociedade

Parte da eficiência associada à tecnologia 4.0 está relacionada ao fato de as máquinas estarem conectadas em rede, permitindo o monitoramento da produção, previsão de falhas, programação de manutenções preventivas de modo a evitar pausas para manutenção durante a produção (ANTONIO et al, 2018).

Com essa revolução, surgirão novas máquinas com padrão tecnológico elevado e que permitirão produzir mais produtos em menos tempo e com menos desperdício (ANTONIO et al, 2018).

Por isso, RIBEIRO (2017) defende que a maior mudança social ocorrerá com a necessidade de atualização dos trabalhadores. Isso porque a mão de obra que atualmente é, em sua maioria, braçal, será ocupada por engenheiros e programadores, utilizando todo o sistema tecnológico de modo a otimizar o sistema produtivo. (ANTONIO et al, 2018). Os mesmos autores defendem ainda que as máquinas de alta tecnologia substituirão boa parte da mão de

obra humana, consequentemente eliminando trabalhos antes realizados pelas mãos de pessoas e que passarão a ser realizados por *softwares* e robôs.

As tarefas físicas se tornarão menos importantes, pois a ênfase passa a centrar-se no plano criativo e no domínio de novas tecnologias implementadas em todas as áreas da empresa, principalmente na previsão de demanda e na correção de falhas. (RIBEIRO, 2017) Para AFFONSO (2017), “no perfil deste novo trabalhador do setor industrial, o uso de novas tecnologias, o conhecimento e habilidade em TI deverá ser algo intrínseco”.

Para Antonio et al (2018), o novo modelo de profissional deverá ser flexível e ter disponibilidade para atender às demandas da empresa onde estiverem, independente do horário. Assim, os processos de qualificação e treinamento das equipes passarão a ser fundamentais nessa nova fase devido à necessidade de se ter profissionais capazes de analisar dados, principalmente por causa do surgimento do big data (AFFONSO, 2017; ANTONIO et al, 2018).

De acordo com Antonio et al (2018), em uma pesquisa divulgada no fórum econômico de Davos, é previsto um corte de 7,1 milhões de postos de trabalhos nos próximos cinco anos, promovido por reformulação das fábricas devido às necessidades de atualização para o conceito 4.0.

Além das mudanças na rotina do trabalhador, um grande impacto será o estresse emocional e mental ao qual o trabalhador estará submetido ao tentar adaptar-se à nova realidade. Ribeiro (2017) afirma que há estudos que verificam um aumento dos casos de doenças provocadas pelas tensões psicológicas.

Antonio et al (2018) vai além e consideram que a internet também pode ser prejudicial para o desempenho dos funcionários, isso porque pode tornar um motivo de distração no momento de trabalho. Consideram ainda que pessoas podem usar dessa tecnologia para agir de má fé e roubar ou danificar informações importantes e sigilosas.

3.3. Brasil e a Indústria 4.0

O governo em parceria com o setor produtivo brasileiro decidiu criar uma Agenda Brasileira voltada para o desenvolvimento da Indústria 4.0., liderado pelo MDIC (Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços). Essa agenda visa guiar os empresários brasileiros para transformação digital. De acordo com um levantamento feito pela ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial), a estimativa de custos industriais para migração para tecnologia 4.0, será de, aproximadamente R\$ 73 bilhões/ano. De acordo com os pesquisadores da ABDI, esse cálculo envolve ganhos de eficiência, redução nos custos de manutenção de máquinas e consumo de energia.

No Brasil, um exemplo de fábrica inteligente é a unidade da Ford em Camaçari, Bahia. Freitas, Fraga e Souza (2016) defendem que “o principal diferencial é a participação de fornecedores diretamente na linha de montagem e no processo de produção e não apenas no fornecimento dos componentes do veículo, compartilhando das instalações e das responsabilidades”. Assim, mesmo com a integração de tecnologias como robôs no processo produtivo, os funcionários continuam sendo peça importante na produção.

Hahn (2016a) afirma que para acelerar o processo de adequação à I4.0 é necessário que todos façam sua parte: governo (com incentivos e fomento), empreendedores (com postura proativa e visão) e instituições de pesquisa (formando profissionais capazes de lidar com essa tecnologia).

Para Hahn (2016b), o Brasil está transitando entre a Indústria 2.0 para a Indústria 3.0, ainda no processo de substituição das tradicionais linhas de montagem e introduzindo, aos poucos, a automação através da eletrônica, robótica e programação, mas ainda não possui um ritmo para tornar-se competitivo. Ainda de acordo com esse autor, para que nos aproximarmos da densidade robótica da Alemanha “precisaríamos instalar cerca de 165 mil robôs industriais [...] no ritmo atual, cerca de 1,5 mil robôs instalados por ano no país, levaremos mais de 100 anos para chegar lá” (HAHN, 2016a).

Devido ao momento de crise econômica e política no qual o cenário brasileiro se encontra, a indústria passa por um processo lento de modernização de suas instalações, aumentando o desafio de se alcançar a Indústria 4.0 propriamente dita (CARMONA, 2017).

Enquanto países como Alemanha, Estados Unidos e França possuem máquinas capazes de tomar decisões no chão de fábrica, no Brasil menos de 2% das empresas podem ser enquadradas como possuidoras de tecnologia 4.0 (ANTONIO et al, 2018).

Carmona (2017) defende que esse atraso se deve ao alto custo para implantação e a falta de conhecimento sobre os benefícios que essa mudança pode trazer no longo prazo, apesar dos impactos na estrutura e cultura empresarial.

A AMBEV foi uma das empresas pioneiras no que diz respeito à I4.0. De acordo com Antonio et al (2018), o foco da indústria de bebidas está na utilização de inteligência artificial, uso de softwares inteligentes para simulação e programação das fábricas de cerveja, garantindo que seja produzida a quantidade correta de produtos para atender o mercado utilizando o mínimo possível de água e energia elétrica.

A Volkswagen Brasil vem investindo tanto na capacitação de funcionários quanto no desenvolvimento de *softwares* e *hardwares*, visando aperfeiçoar a produção. Antonio et al (2018) afirmam que no processo de desenvolvimento de produtos, os profissionais da empresa realizam simulações e imprimem projetos em 3D, otimizando o tempo de produção e minimizando os desperdícios.

4. CONCLUSÃO

A proposta da Indústria 4.0 consiste em conectar digitalmente tudo o que estiver ligado às indústrias: fornecedores, plantas industriais, distribuidores e produtos de modo a promover rápidas alterações em design, produção e demais serviços, permitindo maior qualidade e eficácia no processo.

Com o surgimento das fábricas inteligentes, a quarta revolução industrial cria um ambiente de cooperação entre os sistemas físicos e virtuais de fabricação, permitindo a personalização de produtos e serviços.

Como todo processo de transformação, algumas modificações ocorrerão após a implantação dessas ferramentas na indústria. O mercado será afetado como um todo: criação de novos postos de trabalho, novas fábricas, novas relações entre fornecedores e clientes. Ou seja, surgirão novos modelos de negócios. É interessante notar que essa revolução tecnológica possibilita avanços em diversos setores da economia como agricultura, logística, indústria química e outras.

Os maiores beneficiados serão os consumidores: maior valor agregado, redução de custos, maior conveniência e personalização. Para as empresas há vantagens como: maior nível de contato com fornecedores e clientes, integração da informação, possibilidade de redução dos custos de produção, monitoramento contínuo, etc. Infelizmente, essa revolução traz alguns impactos negativos, principalmente no que diz respeito a riscos sociais. Com o surgimento de novos postos de trabalho voltados para atividades que necessitam de maior esforço cognitivo, alguns postos de trabalho focados em atividades repetitivas deixarão de existir. É por isso que os esforços para qualificação da população devem ser foco de iniciativas privadas e do governo, de modo a preparar para essa nova revolução.

Esse trabalho se limita a abordar de maneira ampla os principais conceitos relacionados à Indústria 4.0 e a apresentar como essa inovação impacta nossas vidas. Para trabalhos futuros, sugere-se pesquisas que foquem em setores industriais específicos para avaliar a evolução da tecnologia em cada revolução industrial, focando principalmente nas modificações proporcionadas pela Indústria 4.0.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFONSO, J. X. A Indústria 4.0 e o impacto na vida profissional de seus trabalhadores. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. CURITIBA. 2017 .

ALBERTIN, M. R. et al (2017). *Principais inovações tecnológicas da Indústria 4.0 e suas Aplicações e Implicações na Manufatura*. Simpósio de Engenharia de Produção – Universidade Federal do Ceará, Ceará, Brasil.

ANTONIO, D. S. *et al*. A INDÚSTRIA 4.0 E SEUS IMPACTOS NA SOCIEDADE. Pesquisa e Ação, Volume 4. Nº3. 2018.

ARMBRUST, M. et al. (2010). *A view of cloud computing*. *Communications of the ACM*, 53(4), 50-58. doi:10.1145/1721654.1721672

AZEVEDO, F. M. (2013). *Estudo e Projeto de Melhoria em Máquina de Impressão 3D*. Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo, Brasil.

AZEVEDO, M. T. (2017). *Transformação Digital na Indústria: Indústria 4.0 e a Rede de Água Inteligente no Brasil*. Tese apresentada em cumprimento parcial dos requisitos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para o grau de doutor em ciências. Nome da cidade: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, V. J. (2011). *Instrumentação e Fundamentos de Medidas*. Ed 2, LTC, 2011.

BORLIDO, D. J. A. (2017). *Indústria 4.0: Aplicação a Sistemas de Manutenção*. Dissertação apresentada a Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia Mecânica. Porto, Portugal.

BUENO, F. M. et al (2017). Fábricas Inteligentes e os Novos Desafios na Formação dos Engenheiros: Os Impactos da Indústria 4.0. *Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, v.02, n.02, p.34-35*.

BR NIC (2014). *A internet das coisas explicada pelo NIC.br - You Tube*. [Online], 16 de Julho de 2014. [Citado em: 10 de Janeiro de 2019]. Disponível em: <https://youtu.be/jlkvzcG1UMk>.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio e Serviços. Agenda brasileira para a Indústria 4.0. O Brasil preparado para os desafios do futuro. 2019. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br/>. Acesso em: 18/04/2018.

CARDOSO, D. A. L., CHEBAR, I. E., & BELTRÃO, M. J. C. Estudo da aplicabilidade de ferramentas da indústria 4.0 em uma planta de geração de energia a partir da reforma do biogás. Niterói. 2018.

CARMONA, A. L. M. Análise dos impactos da indústria 4.0 na logística empresarial. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Joinville . 2017.

CASTELLS, M. *A sociedade em rede*. São Paulo: Paz e Terra, v1, 1 ed, 1999.

CHIAVENATO, I. (1976) *Introdução à Teoria Geral da Administração*. Editora Manole, v1, 1ed, 1976.

CHURCHMAN, C. W. (2015) *Introdução à Teoria dos Sistemas*. Editora Vozes, v1, 1ed, 2015.

CLERCQ, M.; VATS, A.; BIEL, A. Agriculture 4.0: the future of farming technology, 2018.

COOPER, C. (2015). *The IoT, Cloud and Security. s.l: CIO, 2015*. Disponível em: <https://www.cio.com/article/2933046/cloud-security/the-iot-cloud-and-security.html>.

DANEELS, A., SALTER, W. What is SCADA? In: International Conference on Accelerator on Large Experimental Physics Control Systems, Trieste, Itália, 1999.

ERLROTH, N. & SANGER, D. E. (2017) Hackers Hit Dozens of Countries Exploiting Stolen N.S.A. Tool. The New York Times. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2017/05/12/world/europe/uknationalhealthservicecyberattack.html>> Acesso em 02 fev. 2019.

FLO: Fair Trade Labelling Organizations International – organização de iniciativas internacionais. Disponível em: <www.fairtrade.net>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2019.

FONTES, A. (2019). *Robôs Autônomos*. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/robos-autonomos>>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2019.

FRAGA, M. A. de F. et al (2016). *Logística 4.0: Conceitos e aplicabilidade – uma pesquisa-ação em uma empresa de tecnologia para o mercado automobilístico*. Programa de apoio à iniciação científica – PAIC 2015-2016, p.111-117, 2016.

FREITAS, M. S. et al (2016). *Sensores Inteligentes e Aplicações no Cotidiano*. Revista de Trabalhos Acadêmicos UNIVERSO São Gonçalo – Vol. 1 – Nº 2 – 2016 – ISSN 2179-1589.

FUENTES, R. C. (2005). *Apostila de Automação Industrial*. Universidade Federal de Santa Maria – Colégio Técnico Industrial de Santa Maria. Santa Maria – RS, Brasil.

GARAY, J. R. B (2012) *cyber-sens: Uma Plataforma Para Redes de Sensores em Sistemas Ciber-Físicos*. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências. São Paulo, Brasil.

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

GOMES, J. O. et al (2016). *Desafios Para a Indústria 4.0 no Brasil*. Brasília: Confederação Nacional da Indústria, p.34.

GONÇALVES, M. P. (2016). *Proposta de implementação da Indústria 4.0 na área da logística*. Trabalho de conclusão de curso apresentado com requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville, Joinville – SC.

GREENOUGH, J. (2017). *34 billion devices will be connected to the internet by 2020*. Disponível

em:<<https://www.businessinsider.com.au/34-billion-devices-will-be-connected-to-the-internet-by-2020-2016-1>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

GUTIERREZ, R. M. V. (2006). *Complexo eletrônico: displays e nanotecnologia*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 23, p. 27-84, mar. 2006.

HAHN, J. R. Saiba o que é a Indústria 4.0 e descubra as oportunidades que ela gera. Sebrae Nacional, 2016a. Acesso em: 02/05/2019.

HAHN, José Rizzo. A Era da Internet Industrial e a Indústria 4.0. Produção em Foco. Joinville. 2016b.

HEIDEKER, A., KAMIENSKI, C. (2015). Funções de Rede Virtualizadas em Plataforma de Computação em Nuvem para Cidades Inteligentes. Universidade Federal do ABC. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280529104_Funcoes_de_Nete_Virtualizadas_em_Plataforma_de_Computacao_em_Nuvem_para_Cidades_Inteligentes>. Acesso em 12 de Jan. 2019.

HERMANN, M. et al (2016). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*. In: 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). IEEE, 2016. p. 3928-3937.

JUNIOR, W. T. L. (2012). *Big Data, Jornalismo Computacional e Data Journalism: estrutura, pensamento e prática profissional na Web de dados*. Universidade Federal de São Paulo. Estudos em comunicação n° 12, p.207-222.

JURIZATO, L. A., PEREIRA, P. S. R. (2002) *Sistemas supervisórios*. Network Technologies, Nova Odessa, v.1/2, n.1/2, p.105-114, 2002/2003 – ISSN: 1677-7778 (versão impressa).

KAGERMANN, H. et al. *Recommendations for Implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: securing the future of German manufacturing industry*. Final report of the Industrie 4.0 working group. Forchungsunion. 2013.

LEE, E. A., SESHIA, S. A. *Introduction to embedded systems: A cyber-physical systems approach*, MIT Press. 2016.

LEMOES, C. *Inovação na era do conhecimento*. Lastres, Helena M. M. e Albagli, Sarita Informação e Globalização na Era do Conhecimento, Rio de Janeiro, Editora Campus Ltda. Cap 5, pp. 12-144, 1999.

MATHIOLA, L. D. V. *Indústria 4.0: Um constructo teórico no setor automotivo*. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Automotiva, da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel, Joinville - SC. 2017.

MOTTA, F. C. P. *A Teoria Geral dos Sistemas na Teoria das Organizações*. Revista de Administração de Empresas, vol. 11, n. 1, Rio de Janeiro. 1971.

MIGUEL, P. N. C. *Rumo à Indústria 4.0*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau Mestre em Engenharia e gestão Industrial da Faculdade de ciências e tecnologia – Universidade Federal de Coimbra, Portugal. 2016.

NIST. *NIST Big Data Interoperability Framework: Volume 1, Definitions*. V1, p32, 2015.

NOEGAARD, T. *Embedded Systems Architecture – A Comprehensive Guide For Engineers and Programmers*. v1, 1ed, 2005.

NUNES, P. F. V. *A Definição de Uma Estratégia Nacional de Cibersegurança*. Revista Ação & Defesa. N° 133. 5ª série. Pp 113 – 127. 2012.

OLIVEIRA, F. T.; SIMÕES, W. L.. A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes de engenharia. Simpósio De Engenharia de Produção. Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Goiás, Brasil. 2017.

OLIVEIRA, R. S. *Confiabilidade de Conexão Entre Dispositivos Aplicado ao 5G*. Monografia apresentada ao curso de Sistemas de Informação do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para a aprovação na disciplina “Trabalho de conclusão de Curso II”, 2017.

RAPOSO, D. R. *Indústria 4.0: Realidade, Mudanças e Oportunidades*. Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação. Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. 2018.

RIBEIRO, J. M. O conceito da indústria 4.0 na confecção: análise e implementação. Dissertação de mestrado integrado. Braga: Escola da Engenharia da Universidade do Minho. 2017.

RIBEIRO, J. G.; MARINHO, D. Y.; ESPINOSA, J. W. M. Agricultura 4.0: desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2, 2018, Catalão-GO. Anais... Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2018.

RODRIGUES, L. F.; JESUS, R. A.; SCHÜTZER, K. Industrie 4.0: Uma revisão da literatura. *Revista de Ciência & Tecnologia*, v. 19, n. 38, p. 33-45. 2016.

ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. *Automação Industrial*. Rede e-Tec Brasil, Colégio Técnico e Industrial de Santa Maria – RS. 2016.

RUSCHEL, H. et al. *Computação Em Nuvem*. Pontífica Universidade Católica do Paraná. Curitiba, Abril 2010.

SANTOS, B. P. et al (2016). *Internet das Coisas: da Teoria à Prática*. Departamento de Ciência da Computação Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) Belo Horizonte, MG, Brasil.

SCHWAB, K. (2019). *A Quarta Revolução Industrial*. Livro eletrônico, Edipro, v1, 1 ed, 2019.

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

SILVA, A. P. G., SALVADOR, M. (2004). *O que são sistemas supervisórios?* RT 025.04

SILVEIRA, C. O. *O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo*. 2015. Disponível em: <<http://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>> Acesso em: 06 de Jan. 2019.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. A Pesquisa Científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Orgs.). *Métodos de Pesquisa*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

SOUSA, F. R. C et al. *Computação em Nuvem: Conceitos, Tecnologias, Aplicações e Desafios*. Universidade Federal do Ceará. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237644729_Computacao_em_Nuvem_Conceitos_Tecnologias_Aplicacoes_e_Desafios>.

STORCK, C. R.; SALES, E. A.; ZÁRATE, L. E.; FIGUEIREDO, F. L. P. D. *Proposta de Um Framework Baseado em Mineração de Dados Para Redes 5G*. Revista eletrônica de sistemas de informação, v.16, n.2, mai-ago 2017, artigo 2 doi: 10.21529/RESI-2017.1602002, 2017.

THE BOSTON CONSULTING GROUP (BCG). *Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries*. Alemanha, 2015.

THOMAZINI, D., ALBUQUERQUE, P. U. B. *Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações*. Érica. V1. 8ed. 2011.

VENÂNCIO, A. A. C. *Sistema de Avaliação de Maturidade Industrial Baseando-se Nos Conceitos da Indústria 4.0*. Monografia apresentada em cumprimento parcial dos requisitos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) para o grau de graduado em Engenharia de Controle e Automação. Nome da Cidade: Universidade Federal do Paraná. 2017.

VENTURELI, M. *Cibersegurança na Indústria 4.0*. 2016. Disponível em <<https://marcioventurelli.com/2017/07/21/ciberseguranca-na-industria-4-0/>> Acesso em 02 de Fev. de 2019.

VIERA, A. F. G. et al. *Tecnologia de Identificação por Radiofrequência: Fundamentos e aplicações em automação de bibliotecas*. Enc. Bibli: R. Eletr. Bibliotecon. Ci. Inf., Florianópolis, n. 24, p. 182-202, 2007.

WENDLING, M. *Sensores*. Universidade Estadual Paulista – Campus de Guaratinguetá – Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá “Professor Carlos Augusto Patrício Amorim”, Guaratinguetá, São Paulo, Brasil. 2010.