

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE GESTÃO E NEGÓCIOS
GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
INDÚSTRIA 4.0: OS DESAFIOS A SEREM ENFRENTADOS PELO
BRASIL

Aluno: Guilherme Henrique Bueno Mange

Orientadora: Prof. Dra. Márcia Freire de Oliveira

UBERLÂNDIA/MG

2023

RESUMO

A indústria 4.0 é um tema que vem ganhando espaço nos últimos anos e sua implementação aos negócios é fundamental para o crescimento de muitos países que procuram cada vez mais desenvolver-se de acordo com o atual cenário industrial. Portanto, entender como ela transformará o mercado é essencial para os países se adaptarem de maneira flexível e segura. A presente pesquisa tem como objetivo entender como o Brasil se comporta frente à possibilidade de implementar a indústria 4.0 em seus negócios. O estudo traz as principais transformações até a Indústria 4.0 junto a seus princípios e pilares, inserção de alguns países ao novo modelo e a identificação de problemas e desafios a serem enfrentados pelo Brasil na adoção do novo modelo industrial. O estudo é de caráter exploratório fundamentado em levantamento bibliográfico, permitindo criar um entendimento mais geral de um cenário/assunto em discussão. O estudo permitiu identificar que países como Alemanha, Estados Unidos da América, China e Japão são referências hoje em seus modelos industriais e estão bem à frente do Brasil que demonstra-se estar atrasado industrialmente pelo fato de possuir entraves como ausência de políticas nacionais industriais, poucos investimentos em pesquisas e desenvolvimento, baixa qualificação na mão de obra e dificuldades na parceria de setores públicos e privados tendo todos esses problemas como desafios a serem contornados para poder implementar a Indústria 4.0 em seus negócios de modo que não fique muito atrás dos demais países.

Palavras-Chave: Indústria 4.0; Revolução Industrial; Tecnologia; Desenvolvimento.

ABSTRACT

Industry 4.0 is a topic that has been gaining space in recent years and its implementation in business is fundamental for the growth of many countries that are increasingly seeking to develop according to the current industrial scenario. Therefore, understanding how it will transform the market is essential for countries to adapt in a flexible and safe way. This research aims to understand how Brazil behaves when faced with the possibility of implementing Industry 4.0 in its business. The study brings the main transformations to Industry 4.0 along with its principles and pillars, insertion of some countries to the new model and the identification of problems and challenges to be faced by Brazil in the adoption of the new industrial model. The study has an exploratory nature based on a bibliographic survey, allowing the creation of a more general understanding of a scenario/subject under discussion. The study identified that countries such as Germany, the United States of America, China and Japan are references today in their industrial models and are well ahead of Brazil, which is shown to be lagging behind industrially due to the fact that it has obstacles such as the absence of national industrial policies, little investment in research and development, low qualification in the workforce and difficulties in the partnership of public and private sectors having all these problems as challenges to be overcome in order to implement Industry 4.0 in its business so that it is not far behind other countries.

Key Words: Industry 4.0; Industrial Revolution; Technology; Development.

1. INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 é um fenômeno em crescimento que já vem sendo implementada por países que são considerados potências mundiais. Parte também, de um conceito que engloba todas as inovações tecnológicas desenvolvidas nos últimos anos para facilitar os processos industriais e conceber lucro às empresas. Seu surgimento vem transformando a produção industrial com novos processos, produtos e modelos de negócios inusitados em tão pouco tempo, tornando modelos convencionais de produção gradualmente inoperantes. Em razão disso, as principais nações industrializadas estão introduzindo a Indústria 4.0 no centro de suas estratégias de política industrial para manter ou amplificar sua competitividade no cenário industrial (CNI, 2017). Com a chegada dessa nova era industrial, torna-se cada vez mais latente que as organizações que não se adequarem a um novo modelo de negócio estão fadadas ao fim de suas atividades (MORAIS; MOURA; DENANI, 2018).

Perante as recentes transformações tecnológicas dentro de uma nova perspectiva de cenário ao qual há um comportamento mais exigente do consumidor na escolha de seus produtos, maior complexidade, aumento da qualidade e redução de custos, torna-se necessário um novo modelo industrial. Para Schwab (2016), a sociedade está vivenciando o início de uma revolução que está modificando essencialmente a maneira como as pessoas vivem, trabalham e se relacionam. O consumidor 4.0 não é semelhante ao consumidor tradicional, pois possui um perfil mais rigoroso e se adapta com mais facilidade aos novos canais de negócios, especificamente, aos ambientes virtuais concedidos por esses avanços tecnológicos que tem um poder de influência maior sobre eles (COSTA; OLIVEIRA; LEPRE, 2020).

A Indústria 4.0 embasa-se em máquinas, produtos e processos interligados e interdependentes que recolhem e checam dados, e decidem de acordo com as situações existentes na fábrica. A combinação homem-máquina concede ganhos em produtividade, qualidade e rentabilidade, juntando o avanço tecnológico com a gestão e controle exercidos pelo homem (MORAIS; MOURA; DENANI, 2018). Essa nova era traz consigo o alto potencial da tecnologia da informação e do conhecimento, ou seja, um modelo industrial no qual a interconectividade passa a ser o foco principal do desenvolvimento de produtos, processos e serviços.

Assim, compreende-se que ao conectar máquinas, sistemas e ativos, as empresas podem estabelecer redes inteligentes em toda a sua cadeia de produção, permitindo assim o controle autônomo de várias ações. Isso resulta no surgimento das chamadas "fábricas inteligentes" que possuem a capacidade e autonomia necessárias para prever falhas no processo, agendar

manutenções e se adaptar a requisitos e mudanças imprevistas na produção (YAMADA; MARTINS, 2019). A meta da Indústria 4.0 é aprimorar os processos de fabricação em diversos aspectos, incluindo eficiência, capacidade de resposta e a habilidade de atender às necessidades individuais dos clientes de forma oportuna (LYDON, 2015). A partir destes princípios, a presente pesquisa procura responder a seguinte questão: Como o Brasil lida com a possibilidade de implementar a Indústria 4.0 em seus negócios?

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho é entender como o Brasil se comporta frente à possibilidade de implementar a Indústria 4.0 em seus negócios. Já, os objetivos específicos da pesquisa são: teorizar o contexto histórico das revoluções industriais até os dias atuais; conceituar os princípios da Indústria 4.0 e seus pilares; comparar o comportamento de países que já implementaram a Indústria 4.0 com o Brasil; e analisar os principais desafios para a implementação da Indústria 4.0 no Brasil.

A estrutura desse artigo está composta por: (1) Introdução geral sobre a Indústria 4.0; (2) Referencial teórico decorrendo sobre o contexto histórico das revoluções industriais e os princípios da Indústria 4.0 e seus pilares; (3) Metodologia realizada na pesquisa; (4) Resultados encontrados; (5) Considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 – As Revoluções Industriais

Segundo Antonio et al (2018, *On-line*), “Uma revolução é caracterizada por mudanças bruscas e radicais, motivadas pela incorporação de tecnologias que afetam diretamente a economia e a sociedade”. A Revolução Industrial foi uma sequência de mudanças ocorridas inicialmente na Europa entre os séculos XVIII e XIX e conforme o decorrer dos anos foi implementada em outros continentes. A grande transformação da Revolução Industrial foi a substituição do trabalho artesanal pelo trabalho assalariado com a implementação de máquinas no processo de produção. Antes disso, tudo era produzido manualmente, fator que era favorável a pequenas produções, porém isso começou a se tornar inviável diante de uma sociedade que crescia descontroladamente (SAKURAI; ZUCHI, 2018). A aceleração no desenvolvimento econômico e tecnológico foi um dos motivos principais da Revolução Industrial, que transformou fortemente os sistemas sociais. Para Perez (2010), cada revolução econômica e industrial vai trazer novos desafios e novas abordagens para as organizações.

2.1.1 – Primeira Revolução Industrial (1760-1850)

Entre 1760 a 1850, ocorreu a Primeira Revolução Industrial tendo a Inglaterra como pioneira dessa nova fase industrial por ser na época um país de alta burguesia, possuindo

localização privilegiada colada no mar para ajudar na exploração dos mercados, além de ter a mais importante zona de livre comércio da Europa. Após um tempo, alcançou países como a França, Bélgica, Itália, Alemanha, Rússia, Japão e os Estados Unidos. Nesse primeiro período, houve importantes descobertas e criações. Tais feitos, provocaram uma mudança evolutiva no setor de produção e transporte, como a descoberta do carvão e sua utilidade como fonte energética que contribuiu para a chegada da máquina a vapor e da locomotiva, como também a descoberta do ferro no processo de criação das estradas de ferro para os trens e outras ferramentas para a produção (ANTONIO et al, 2018). Segundo Boettcher (2015), esses elementos desempenharam um papel crucial ao impulsionar o transporte de matéria-prima, pessoas e a distribuição de mercadorias, trazendo uma nova perspectiva aos métodos de locomoção e produção.

Um dos primeiros setores industriais a usufruir desses novos meios, foi o setor têxtil que antes da revolução era totalmente artesanal. Ademais, muitos outros setores decidiram aproveitar dessa automação de processos e inseriram as máquinas em suas produções, o que tornou a indústria têxtil símbolo da produção excedente (BOETTCHER, 2015; SAKURAI; ZUCHI, 2018). Desse modo, é importante destacar que a Primeira Revolução Industrial foi o grande percussor do capitalismo, que contribuiu fortemente na transição do capitalismo comercial para o capitalismo industrial. Assim, essa fase trouxe importantes mudanças na vida das pessoas e até hoje seus reflexos prosseguem na transformação do nosso cotidiano com as revoluções tecnológicas (CAVALCANTE; SILVA, 2011).

2.1.2 – Segunda Revolução Industrial (1850-1945)

Após a Primeira Revolução Industrial, a produção começou a se desenvolver em um ritmo acelerado e com algumas mudanças em comparação ao modelo industrial desenvolvido na primeira fase. Para Boettcher (2015), a necessidade crescente por novos meios tecnológicos se tornou comum para as grandes nações e donos de indústrias que visavam aumentar seus lucros, pois a modernização levava ao crescimento, o que tornou essencial a alta demanda por novas tecnologias. Dessa forma, entre 1850 e 1945 ocorreu a Segunda Revolução Industrial que corresponde a continuidade do processo de revolução da indústria. O alcance de novos níveis de produção levou ao aprimoramento de técnicas, ao surgimento de máquinas e novos meios produtivos. A industrialização que antes tinha a Inglaterra como a principal nação, expandiu-se para outros países como Estados Unidos, Alemanha, França e Japão tornando-se líderes globais de tecnologia (BOETTCHER, 2015).

Nessa fase, houve a descoberta da energia elétrica, a transformação do ferro em aço, avanços no setor químico e nos demais, modernização dos meios de transporte e meios de comunicação, além do uso do petróleo para combustível, o que impulsionou a indústria automobilística (ANTONIO et al, 2018; SILVA; GASPARIN, 2006). Junto a essas transformações, a busca de maiores lucros aumentou em relação aos investimentos realizados, o qual levou ao extremo a especialização do trabalho, aumentando a produção, produzindo artigos em série e barateando o custo por unidade produzida, assim, possibilitando um número maior de vendas. Esse sistema de produção baseado numa linha de montagem, foi desenvolvido por Henry Ford que ficou conhecido em todo mundo industrial naquela época e nomeado por Fordismo (ANTONIO et al, 2018; SILVA; GASPARIN, 2006).

Em resumo, a Segunda Revolução Industrial foi marcada pelo aprimoramento, pelo investimento e aperfeiçoamento das tecnologias da primeira fase industrial visando a produção em larga escala com linhas de produção automatizadas e novas fontes de energia. Assim, o Capitalismo quebrava novas fronteiras e participava diretamente na aceleração da economia mundial (BOETTCHER, 2015).

2.1.3 – Terceira Revolução Industrial (1950-2011)

Mediante aos avanços tecnológicos ocorridos nos séculos XX e XXI, surge a Terceira Revolução Industrial (ou Revolução Técnico Científico Informacional). Essa fase trouxe um aperfeiçoamento nos processos econômico, político e social com grande desempenho e alta complexidade, acontecendo em escala global e com um ritmo intenso, exigindo a inserção de todos os países (SILVA et al, 2002). De acordo com Almeida e Martins (2018), a presença das novas tecnologias junto a melhorias constantes da mesma, estabeleceu uma dinamização produtiva no sistema industrial colaborando na produção de novos produtos e serviços, assim, elevando a competitividade de mercado.

Para Ferreira (1993), essa fase utiliza os avanços da microeletrônica e da implementação da informática nos processos produtivos para adquirir produtos de melhor qualidade tornando-os mais competitivos no mercado. Também, os conhecimentos adquiridos e utilizados no processo produtivo reduziram os custos e aumentou a lucratividade, obtendo maior acumulação de capitais, o que permite a realização constante de investimento no setor industrial (ALMEIDA; MARTINS, 2018). A eletrônica encontrava-se no centro da modernização industrial, a partir disso, começaram a surgir os primeiros produtos eletrônicos, informática, computadores, televisões, satélites e a robótica. Essas transformações influenciaram no modo de produção das indústrias, ao qual a informática desenvolvida foi implementada na agricultura

com a modernização das máquinas, na indústria automobilística com robôs na linha de montagem e nos meios de transporte com serviços modernos e inteligentes em cada veículo (STOODI, 2020).

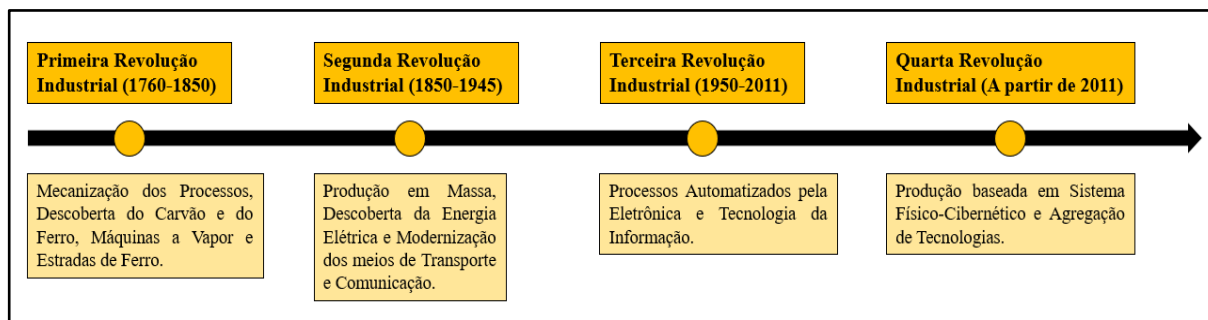
Nessa fase, surgiu um novo sistema de produção industrial que consistia em eliminar totalmente os desperdícios, ao qual os produtos eram produzidos de acordo com a demanda do mercado, o que exige uma tecnologia melhor, além de uma menor quantidade de trabalhadores que precisam também ser qualificados para manusear os sistemas de produção mais sofisticados e complexos (BOETTCHER, 2015). Esse sistema foi desenvolvido pela Toyota após a Segunda Guerra Mundial e ficou conhecido por Toyotismo, substituindo o antigo modelo Fordista. Dessa forma, as inovações não modificaram apenas o processo produtivo, mas também contribuiu para que as pessoas mudassem a forma de se relacionar. Isso implica-se ao acesso à internet, à televisão, ao celular e às notícias em tempo real, o que deixam as pessoas conectadas e mais preparadas para realizar diversas ações no cotidiano (STOODI, 2020).

2.1.4 – Quarta Revolução Industrial (A partir de 2011)

A Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0, passou a ser referenciada em 2011 na Feira de Hannover (Alemanha). Essa iniciativa foi criada por uma associação de representantes empresariais, políticos e acadêmicos apoiando essa ideia visando fortalecer a competitividade da indústria manufatureira alemã (ANTONIO et al, 2018). A Indústria 4.0 tem como característica principal a implementação da digitalização na atividade industrial, agregando componentes físicos e virtuais, sendo denominado por Sistemas Ciber-Físicos. Sua aplicação torna as fábricas mais inteligentes, possibilitando alta capacidade e autonomia para programar manutenções, antecipação de falhas e adaptações em alguns requisitos e mudanças não planejadas no processo de produção (CNI, 2017; YAMADA et al, 2018).

Essa aplicação transforma o produto e a forma de produzir nas indústrias. Para Boettcher (2015), tais mudanças vão flexibilizar a produção e a logística, pois a informação não será mais processada por uma única unidade central. A flexibilidade tornou-se necessária nesse novo cenário industrial para as organizações que visam crescer e serem mais competitivas. Para chegarmos nessa Quarta Revolução Industrial, o mundo passou por diversas transformações em seus processos de produção conforme aumentava as descobertas e maneiras de conduzir a indústria. Desse modo, os principais estágios da indústria ao longo dos anos serão demonstrados na figura abaixo:

Figura 01 – Estágios das Revoluções Industriais (Linha do Tempo)



Fonte: Elaborada pelo Autor (2023).

2.2 – Princípios da Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é um avanço estratégico para as organizações na integração de sistemas de controle moderno à internet, permitindo a comunicação entre as pessoas, produtos e todo o sistema de produção complexo (ANDERL, 2014). Contudo, esse conceito parte de seis princípios básicos para sua implementação elaborados por Hermann, Pentek e Otto em 2016 no estudo dessa nova fase industrial e serão descritos a seguir:

- **Interoperabilidade:** De acordo com Herman et al. (2016), a interoperabilidade consiste na capacidade dos sistemas de uma organização conectar-se com outros sistemas, mais especificamente, a capacidade dos sistemas ciber-físicos, humanos e das fábricas inteligentes em comunicar-se uns com os outros a partir da Internet das Coisas (IoT) e da Internet. Dessa forma, quanto mais sistemas conectados, mais dados serão coletados possibilitando um maior número de decisões em tempo real a serem tomadas.
- **Adaptação e Decisões da Produção em Tempo Real:** Para Herman et al. (2016), a capacidade de operação em tempo real consiste no alcance e no tratamento de dados de forma instantânea, ou seja, os dados coletados são analisados em tempo real possibilitando que numa possível falha, a produção seja redirecionada para outra máquina. Essa capacidade de reagir instantaneamente às situações da cadeia de valor está relacionada com a integração entre os diversos sistemas da produção.
- **Virtualização:** Segundo Herman et al. (2016), a virtualização consiste na atividade e capacidade dos sistemas ciber-físicos em monitorar e simular processos físicos por meio de sensores interligados a modelos de plantas virtuais. O potencial dessa tecnologia para as indústrias é muito alto, possibilitando através de um mundo virtual a atuação dos trabalhadores em visualizar produtos e comportamentos de equipamentos de forma real, eliminando qualquer tipo de risco de integridade física.

- **Descentralização:** De acordo com Herman et al. (2016), a descentralização dos sistemas possibilitará que cada área da produção possa tomar decisões de melhorias em tempo real, sem a necessidade de um sistema decisor central para lidar com cada decisão das diversas áreas, ao qual era utilizado anteriormente pela Terceira Revolução Industrial. A tomada de decisões se tornará apta a partir da integração dos sistemas fazendo com que as máquinas recebam os comandos e que também possam fornecer informações sobre seu ciclo de trabalho.
- **Orientação a Serviços:** Para Herman et al. (2016), a orientação a serviços consiste na criação de softwares customizados de acordo com os serviços da produção. O processo utilizará a internet dos serviços (IoS) conectando usuários e máquinas através de softwares adaptáveis a cada necessidade para a realização das tarefas. Um exemplo desses serviços, é a movimentação de determinado produto dentro de um centro de distribuição de um ponto a outro de forma automatizada, como ocorre na Empresa Amazon.
- **Modularidade:** Conforme Herman et al. (2016), a modularidade desempenha um papel crucial na indústria, permitindo uma produção mais orientada à personalização, de acordo com a demanda. Ao integrar os sistemas, haverá um aumento significativo nos dados disponíveis nas indústrias, o que viabiliza uma produção mais personalizada, com componentes modulares capazes de alterar a configuração física da linha de produção por meio de acoplamentos e desacoplamentos entre eles. Essa abordagem supera a produção em série e em massa, pois a modularidade oferece flexibilidade ao processo produtivo, possibilitando respostas rápidas para atender às demandas dos clientes com menor custo e tempo de produção.

2.3 – Pilares da Indústria 4.0

De acordo com Coelho (2016), essa nova fase industrial está intensamente focada na melhoria contínua em termos de eficiência, segurança, produtividade, operação e retorno do investimento. Para a eficiência dessas melhorias, existem tecnologias e direcionamentos facilitadores disponíveis, consistindo em nove pilares fundamentais para a Indústria 4.0 e serão descritos a seguir:

- **Big Data e Data Analytics:** Segundo Diez (2015), o Big Data e o Data Analytics atuam na gestão e na análise da quantidade de dados gerados pelos diversos meios tecnológicos com a finalidade de converter esses dados em informações para contribuir na tomada de decisões e transformá-las em oportunidades de negócio. Esses sistemas inteligentes são capazes de coletar, organizar e analisar uma quantidade imensa de dados de diferentes

fontes com o intuito de aprimorar e automatizar os processos industriais, sendo eficazes na identificação de problemas no processo produtivo, na produção em tempo real e no aproveitamento dos recursos produtivos.

- **Robótica:** De acordo com Schwab (2016), a robótica se tornará mais adaptável e flexível, ocasionando futuramente maior interação com outras máquinas e humanos de maneira cotidiana. Nessa fase industrial, os robôs deixam de ser apenas simples máquinas que seguem comandos de programação, tendo a capacidade de atuar de forma inteligente interagindo com outras máquinas com autonomia e sem auxílio humano. Dessa forma, a robótica reduzirá o custo de mão de obra, aumentará a produtividade da indústria e tornará ela mais competitiva no mercado.
- **Internet das Coisas (Internet of Things):** Segundo Freund et al. (2016), a internet das coisas representa o início de uma revolução tecnológica, pois essa tecnologia interligará objetos em nossa volta com uma rede mundial de computadores através de sensores possibilitando que esses objetos se comuniquem entre si com autonomia e sem qualquer intervenção humana. Interligando diversas tecnologias com a rede, resultará em um sistema complexo de informação com dados relevantes sobre o comportamento operacional, pessoal, logístico e de tendências de consumo. Tudo que acontecer dentro de uma planta industrial, será registrado na internet, de forma que amplia a capacidade de tomar decisões instantâneas e possibilita melhor acesso e controle de todo processo de produção.
- **Computação em Nuvem:** Para Rubmann et al (2015), a computação em nuvem é um banco de dados capaz de ser acessado em qualquer localização do mundo em curto tempo através de dispositivos conectados à internet. As tecnologias em nuvem permitem o aumento da capacidade e velocidade de processamento com a facilidade de acessar informações de maneira descentralizada, ao qual possibilita tomar decisões mais precisas, além dos dados em nuvem estarem protegidos.
- **Simulação:** De acordo com Rubmann et al (2015), a simulação é um processo de produção que será utilizado de forma mais extensiva nas operações da planta industrial, ao qual aproveitará dados em tempo real para espelhar o mundo físico em um mundo virtual incluindo máquinas, produtos e humanos. Essa tecnologia, possibilitará que os operadores façam testes e otimizem as configurações das máquinas dentro de uma realidade virtual para depois aplicar com efetividade e qualidade no mundo real. Isso permite que os processos e produtos possam ser testados e aperfeiçoados de acordo com as necessidades, reduzindo custos com falhas e tempo de produção.

- **Integração de Sistemas:** Para Lavagnoli (2018), a integração de sistemas parte de integrações horizontais e verticais em sistemas de TI compactos e interligados tanto internamente quanto externamente de uma empresa. Assim, essa conexão interna e externa permite melhor auxílio na logística e na manufatura da empresa, tornando-a otimizada na linha de produção, facilitando a análise de dados e a tomada de decisão.
- **Segurança Cibernética (Cyber Security):** Segundo Rubmann et al (2015), a segurança cibernética será necessária nessa nova fase industrial, atuando em conjunto com as outras tecnologias, pois tudo está conectado na rede e a mesma é composta por informações confidenciais e acessos a sistemas da empresa que estará sujeita a ameaças cibernéticas em maior intensidade. A proteção de dados e sistemas é fundamental para a empresa se manter segura com o aumento da conectividade e demais transformações da Indústria 4.0.
- **Realidade Aumentada:** De acordo com Rubmann et al (2015), a realidade aumentada fornecerá aos trabalhadores informações em tempo real sobre os procedimentos da linha de produção, como instruções de reparo de alguma peça específica que será visualizada através de óculos de realidade aumentada. Isso, é uma sobreposição visual de objetos reais e virtuais facilitando toda a operação das máquinas e serviços de manutenção, além de contribuir para a redução de custos na produção advindos de tomadas de decisões precisas e aumento significativo na produtividade.
- **Manufatura Aditiva:** Segundo a CNI (2017), a manufatura aditiva são máquinas capazes de produzir peças e componentes pela deposição de materiais em camadas, semelhante a uma impressão. Utilizam a impressão 3D para fabricar protótipos físicos, peças personalizadas e materiais mais complexos, contribuindo para o processo produtivo da indústria diminuindo o estoque e a distância de locomoção ao aplicar essa forma descentralizada de manufatura.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo exploratório, com a finalidade de proporcionar maior familiaridade com o problema e deixando-o mais explícito de maneira que haja a construção de hipóteses (GIL, 2002). Tem como objetivo, o aprimoramento de ideias com planejamento bastante flexível, de maneira que possibilite a valorização dos diversos aspectos relativos ao tema abordado. A pesquisa é fundamentada através do levantamento bibliográfico e buscas específicas na internet, a qual é desenvolvida a partir de materiais já elaborados, constituídos principalmente por livros e artigos científicos, tendo a vantagem de

cobrir uma série de fenômenos de forma mais ampla, principalmente quando o problema necessita de informações espalhadas geograficamente, além de abordar com detalhes estudos históricos (GIL, 2008).

Inicialmente, foi definido um plano de pesquisa com palavras-chave com intuito de facilitar a busca de dados referentes ao tema do estudo. As palavras ou frases mais utilizadas na procura foram “Indústria 4.0 no Brasil”, “Quarta Revolução Industrial”, “Industry 4.0” e “Revoluções Industriais”. As principais plataformas utilizadas na busca de artigos científicos e demais trabalhos foram o Google Scholar, o Periódicos CAPES e a Science Direct. Nas duas primeiras plataformas, utilizou-se as palavras-chave mencionadas em português de forma alternada para aumentar a variedade de artigos relacionados ao tema. Já na plataforma Science Direct, foram utilizadas palavras em inglês, visto que os artigos contemplados nela são na maioria estrangeiros.

A partir deste planejamento, foram encontrados inicialmente 45 artigos sobre o tema, ao qual 28 artigos foram selecionados de acordo com maior relevância para a pesquisa. Tal relevância foi medida pelas palavras-chave utilizadas e também pelo número de citações que cada artigo tinha. Conforme era feito o levantamento bibliográfico, os artigos de maior interesse eram salvos e demarcados em uma tabela, além da produção de fichamentos de cada um para melhor absorção do conteúdo. Também foram utilizados 9 artigos, analisados e consultados nas versões dos próprios autores, referenciados em alguns dos artigos selecionados inicialmente. Assim, foram utilizados ao todo 37 artigos para o desenvolvimento deste relatório. Além disso, foram consultados alguns sites na internet de relevância para contextualizar o tema diante de suas atualidades.

4. RESULTADOS

4.1 – Aspectos Diferenciais da Indústria 4.0 e sua Implementação em alguns Países

De acordo com Schwab (2016), as inovações advindas da Indústria 4.0 são caracterizadas em aspectos de uma nova revolução que se distinguem das revoluções industriais passadas e que são sustentadas por três razões: a velocidade, a amplitude e a complexidade.

A velocidade é resultado de um mundo interconectado que está evoluindo em ritmo exponencial, ao qual a inserção de novas tecnologias contribui na geração de outras tecnologias com um grau de qualificação bem mais elevado. A amplitude é explicada pela combinação dessas tecnologias que não está transformando somente a maneira que denominamos algo e como o realizamos, mas também quem somos a partir disso tudo. A complexidade é ocasionada pela remodelação dos sistemas entre os países, dentro de cada um e dentro das organizações e

indústrias, ou seja, a complexidade dessa nova revolução transforma toda a sociedade (SCHWAB, 2016).

Diante desse ponto de vista, o desenvolvimento da Indústria 4.0 está sendo cada vez mais influente no comportamento de alguns países como a Alemanha, Estados Unidos, China e Japão que demonstram hoje serem os mais aptos a essa transformação veloz, ampla e complexa.

4.1.1 - Alemanha

A Alemanha foi a pioneira da Indústria 4.0 com a intenção de continuar sendo a grande potência mundial. Por isso, a partir do momento que a nova Revolução Industrial foi anunciada junto a atribuições, incentivos políticos, financiamentos e atividades complementares, passou a ser introduzida no país com o principal intuito de tornar os alemães um exemplo em sistemas ciber-físicos até o ano de 2020 (ALMEIDA, 2017). De acordo com Silva et al. (2018), a Alemanha passou por uma série de processos socioeconômicos para fomentar a base de implementação da Indústria 4.0. Analisando todo o projeto alemão, percebe-se a participação de múltiplas organizações com destaque para o relacionamento eficaz entre o setor privado e o setor público na concretização do plano. Dessa forma, o relacionamento do Estado com as iniciativas privadas contribui para o desenvolvimento de tecnologias e melhoria nas fábricas, atingindo o ponto esperado do Projeto *Industrie 4.0* do governo alemão que busca ser a maior referência em Fábricas Inteligentes no mundo.

Esse projeto demonstra a preocupação do país em não perder a liderança industrial, pois o crescimento industrial dos países asiáticos e dos EUA tornaram-se ameaças para a Alemanha. Suas estratégias partem da manutenção da competitividade apresentando melhorias com o tempo e no desenvolvimento de novos mercados dando maior competência às empresas em sistemas de automação e em equipamentos tecnológicos (FIESP, 2017). Para Silva e Klingenberg (2018), a adoção de uma agenda empreendedora pelos agentes do país junto a formulação de políticas de incentivo às inovações tecnológicas e investimento em pesquisas contribuem na promoção de mudanças potencialmente transformadoras na sociedade. A partir dessa visão, percebe-se que a Alemanha seguiu essa linha na implementação da Indústria 4.0, investindo fortemente em pesquisas na área de inovações e tecnologias, além de manter uma relação de cooperação entre os setores, o que permitiu desenvolver uma nova política industrial para contribuir nos planos do país.

4.1.2 - Estados Unidos da América (EUA)

Para Cardozo et al. (2019), apesar de não ter sido o primeiro na Indústria 4.0, os Estados Unidos da América não demorou muito para se desenvolver e se adaptar a esses avanços. Hoje, o país é uma das maiores potências industriais do mundo, com um eminente poder de produção e consumo, ao qual está internamente ligado às tecnologias desenvolvidas no país. Esse desenvolvimento nos EUA já acontece há muitos anos, desde os primórdios das guerras ocorridas no passado que serviram de base para o avanço industrial e militar do país (CARDOZO et al, 2019). O governo americano promoveu medidas para manter a união entre as lideranças dos EUA e as tecnologias com a intenção de alavancar a criação de empregos para produções de alta qualidade, o que contribui para o aumento da competitividade global do país. Essa medida foi denominada como Advanced Manufacturing Partnership (AMP), desenvolvida no ano de 2011 pelo Presidente Obama (ARBIX et al, 2017).

De acordo com Daudt (2016), o sistema de desenvolvimento e inovação dos EUA é referenciado como um dos principais responsáveis pela força industrial do país. Esse sistema foi estruturado ao redor de uma rede amplificada de universidades de pesquisa e laboratórios nacionais, agências públicas e alguns departamentos. A partir dessa movimentação, o objetivo dos EUA com a Indústria 4.0 está no fortalecimento de sua indústria nacional e na recuperação de sua hegemonia de produtor mundial que foi superada em alguns segmentos pelos países asiáticos. Dessa forma, o controle das tecnologias e dos modelos da Indústria 4.0 passou a ser importante para os EUA, pois grande parte dessas tecnologias passou a ser dominada por países concorrentes, como a China (LUCENA et al, 2020).

4.1.3 - China

Após a crise de 2008, o processo emergente da China começa a ganhar espaço no cenário mundial, tornando-a uma nova potência dentro das esferas econômicas e geopolíticas. O país apresentou alto desempenho em seu desenvolvimento econômico, na sua inserção externa e na presença em setores internacionais (LUCENA, 2019). A China não está enquadrada nos países com elevada renda per capita, tendo uma economia em franco desenvolvimento, elaborando seu “catching up” com políticas industriais nacionais dentro dessa nova era industrial (LUCENA et al, 2020). Isso, em termos econômicos, denomina-se como processo por convergência, no qual as economias em processo de desenvolvimento chegam próximas do nível de riqueza acumulada das economias mais desenvolvidas, apresentando um ritmo de crescimento maior (BASTOS, 2015).

Conforme Arbix et al. (2018), a China adotou uma abordagem abrangente e diversificada por meio de suas políticas voltadas para o desenvolvimento de tecnologias avançadas, refletidas nos planos quinquenais do governo chinês, que estabelecem metas, prioridades, investimentos, ferramentas e critérios de avaliação. Um exemplo notável dessas iniciativas é o ambicioso plano Made in China 2025, que representa apenas o primeiro passo em um planejamento de longo prazo destinado a impulsionar a indústria e o potencial de inovação do país. Embora a China esteja atualmente atrás dos Estados Unidos, Alemanha e Japão neste campo, seu objetivo principal é se tornar líder mundial até o ano de 2049 (FIESP, 2017).

4.1.4 - Japão

O Japão desenvolveu com muito sucesso sua política industrial para tornar-se uma potência econômica nos dias atuais, começando logo após a Segunda Guerra Mundial a elaboração de uma política industrial forte com o intuito de desenvolver indústrias de maior valor agregado, como as indústrias automotiva e eletrônica que são os dois grandes pilares desse desenvolvimento industrial (IEDI, 2018). O país entrou com relativo atraso na corrida pela liderança industrial e tecnológica da Indústria 4.0, porém tem grande entendimento da importância de acompanhar as ações tecnológicas dos demais países líderes dessa industrialização, onde o setor público e privado operam juntos no desenvolvimento de novos processos produtivos (FIESP, 2017).

O Japão é um dos países mais avançados do mundo e com diversas organizações na liderança em amplos setores industriais. O sucesso desse avanço está baseado nas políticas industriais do país como o estabelecimento de conselhos de deliberação representados por funcionários governamentais, representantes industriais, acadêmicos e pesquisadores para elaborar medidas que tornem essa política industrial mais efetiva, além de melhorar os fluxos de informações entre os setores público e privado, ao qual facilita todo o processo de implementação da Indústria 4.0 (IEDI, 2018).

Essa prática é fundamental para a elaboração e execução de estratégias de desenvolvimento das inovações referentes à nova era industrial, o que permite ao país focar cada vez mais em processos para fomentar a Indústria 4.0 e buscar soluções para os novos desafios sociais de modo que continue crescendo economicamente. Assim, o governo japonês traçou objetivos de médio e longo prazo baseados na cooperação e na parceria com o setor privado, combinando estratégias focadas no desenvolvimento de tecnologias com estratégias

de propagação dos resultados para as diversas atividades econômicas e sociais do país (IEDI, 2018).

Dessa forma, o Japão definiu no ano de 2015 uma nova estratégia de desenvolvimento robótico, denominada Robotic Revolution Incentive (RRI) com o objetivo de assegurar a posição do país como superpotência em robótica. A estratégia abrange o desenvolvimento dos domínios em robotização, programações de alto valor agregado e difusão de softwares e hardwares que potencializam essas tecnologias para os diferentes setores industriais de transformação (LUCENA et al, 2020). Por fim, a estratégia japonesa não foca somente na produção, mas também na difusão do uso da robótica nos diversos setores de transformação, nos serviços, na agricultura e na infraestrutura do país (IEDI, 2018).

Quadro 01 - Indústria 4.0 e Estratégias dos Principais Países

Países	Iniciativas Estratégicas	Objetivos
Alemanha	Política industrial forte ligada ao Projeto Industrie 4.0.	Ser a maior referência mundial em Fábricas Inteligentes.
EUA	Advanced Manufacturing Partnership (AMP).	Fortalecer a indústria nacional e recuperar sua hegemonia em Manufatura Avançada.
China	Made in China 2025.	Impulsionar a indústria e o potencial de inovação do país e tornar-se líder mundial até o ano de 2049.
Japão	Robotic Revolution Incentive (RRI).	Assegurar a posição do país como superpotência em robótica e difundir o uso da robótica nos diversos setores do país.

Fonte: Adaptado de SILVA et al. (2018); LUCENA et al. (2020); FIESP (2017); IEDI (2018).

Quadro 02 - Principais Artigos Consultados sobre os Países

Países	Artigos	Autores
Japão	Indústria 4.0: a Política Industrial no Japão face à Quarta Revolução Industrial (2018)	Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI).
Alemanha, EUA, China e Japão	A indústria 4.0: uma análise comparativa entre as experiências da Alemanha, EUA, China, Coréia do Sul e Japão (2020)	Lucena, F. Roselino, J. Diegues, A.

Alemanha	Aspectos e Políticas da Indústria 4.0 na Alemanha (2018)	Da Silva, A. P. Navarro, J. L. Da Silva, L. F., Lopes, L. A., De Oliveira, L. D., Wobeto, R. Queiroz, A. L.
Alemanha, EUA, China e Japão	A Corrida Tecnológica rumo à Indústria 4.0: quem está na pole position? (2017)	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP).

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

4.2 - Indústria 4.0 e os Desafios para o Brasil

De acordo com Portes (2023), a indústria no Brasil, a indústria ainda está passando por uma transição, com boa parte dela migrando da Indústria 2.0, caracterizada pelo uso de linhas de montagem e eletricidade, para a Indústria 3.0, onde a automação é impulsionada por tecnologias eletrônicas, robótica e programação. Apesar da industrialização tardia que colaborou para o atraso tecnológico, o país tem a possibilidade de dar um salto para a Indústria 4.0, porém será necessário investir e traçar importantes metas para alcançar tal feito (FERREIRA, 2017; FIRJAN, 2016).

Trata-se de uma revolução impactante e significativa que exige grande interação por parte de diversos agentes, como governos, empresas, universidades e sociedade. A partir dessa interação, seria possível promover o equilíbrio econômico e a efetivação no futuro do trabalho dentro desses desafios de ruptura e inovação. Os países antes da Revolução Industrial como o Brasil que já demonstravam carência nos índices de educação formal e profissional, tendem a passar por mais dificuldades para acompanhar e responder bem às transformações tecnológicas (SCHWAB, 2016).

Os principais países que estão liderando essa nova fase industrial, colocaram no centro de suas estratégias políticas industriais o desenvolvimento da Indústria 4.0, o que contribuiu para a preservação e o aumento da competitividade, servindo de exemplo para o Brasil que precisa seguir os mesmos passos. Assim, o caminho para as novas formas de produção da Indústria 4.0 será determinante para a indústria brasileira aumentar sua competitividade, além de potencializar a integração em cadeias globais de valor (CNI, 2017). A proposta do Brasil caminhar industrialmente junto aos outros países, passa por diversos desafios de transformação e implementação de medidas para Indústria 4.0, no qual concentra-se em fatores como:

Obter políticas estratégicas inteligentes, incentivos e fomentos por parte do governo; reunir empresários e gestores da indústria com visão, arrojo e postura proativa; dispor de desenvolvimento tecnológico e formação de profissionais altamente qualificados por parte das instituições acadêmicas e de pesquisa, preferencialmente em grande proximidade com a indústria. Superando-se progressivamente os desafios, será possível absorver e implementar na indústria nacional o conjunto de tecnologias e vantagens que esta quarta revolução industrial é capaz de trazer, firmando a competitividade brasileira perante às grandes potências mundiais e até mesmo pioneiras neste processo de adoção da indústria 4.0 (FIRJAN, 2016, p. 17-18).

Com base no Global Innovation Index (2022), que classifica a eficiência da inovação em cada país, o Brasil está posicionado diante dos dados mais recentes em 54º lugar no ranking de países mais inovadores, conforme indicado pelo índice. Esse ranking é determinado por critérios de desempenho relacionados à inovação, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, crescimento da produtividade, exportação de produtos de alta tecnologia, educação e outros fatores.

Segundo SENAI (2019), apesar de não ocupar uma posição favorável no ranking geral, o Brasil avançou na exportação de tecnologias avançadas e serviços relacionados à TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação), elevando seu status no campo da produção de conhecimento e tecnologia, antes considerado uma fraqueza. O avanço na exportação de tecnologias e serviços de TIC é de extrema importância para enfrentar os desafios do Brasil, impulsionando o desenvolvimento econômico, aumentando a competitividade global, promovendo o desenvolvimento científico e tecnológico, reduzindo a dependência externa e contribuindo para um desenvolvimento social e sustentável, o que aos poucos, as empresas brasileiras começam a compreender mais sobre esse conceito e a importância da integração entre internet e indústria para o futuro do setor (SENAI, 2019).

A partir desse ranking, percebe-se que o Brasil tem um grande trabalho pela frente na busca de se tornar um país mais inovador e com a necessidade de aproveitar melhor as oportunidades dentro desse cenário em constante crescimento e competitividade. A indústria brasileira vai caminhando devagar em comparação a muitos países, por fatores como a ausência de políticas públicas que incentivem o desenvolvimento tecnológico, os custos altíssimos de implantação, baixa mão de obra qualificada, alto número de desempregados, pouco investimento em pesquisas e baixa renda per capita, fator que atua diretamente no perfil de consumo do país (CARDOZO et al, 2019). De acordo com a PNI (2023), a inovação

desempenha um papel crucial no progresso sustentável do Brasil, mas é fundamental que o país tenha políticas públicas bem elaboradas e coordenadas para impulsioná-la. A Política Nacional de Inovação tem como propósito promover a harmonia dentro do governo, de forma a proporcionar as ferramentas essenciais para estimular ideias e projetos inovadores em todos os setores da sociedade. Apesar desses entraves, o Brasil já possui algumas iniciativas de base tecnológica frente a esse novo modelo industrial de acordo com a Política Nacional de Inovação (2023):

Quadro 03 - Iniciativas de Base Tecnológica no Brasil (PNI)

Iniciativas	Objetivos
Iniciativa (B729)	Estimular mecanismos de apoio à inovação na área de defesa que possibilitem o estabelecimento de parcerias entre instituições científicas e tecnológicas civis e militares, academia e indústria, estimulando a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias autóctones, em especial as de natureza crítica.
Iniciativa (B633)	Adotar medidas para aumentar a efetividade dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT), especialmente no tocante ao seu papel de ponte entre universidades e empresas.
Iniciativa (B188)	Adotar medidas para a atualização contínua e a gestão de infraestruturas de pesquisa e desenvolvimento e ambientes de inovação para permitir o seu uso compartilhado e otimizar a alocação de recursos, inclusive permitindo parcerias internacionais.
Iniciativa (B167)	Implementar ações de promoção das tecnologias habilitadoras de impacto transversal no ecossistema de inovação.
Iniciativa (B101)	Implementar ações de promoção do desenvolvimento tecnológico e da inovação em setores estruturantes e estratégicos da economia.

Fonte: Política Nacional de Inovação (2023)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como objetivo entender como o Brasil se comporta frente à possibilidade de implementar a indústria 4.0 em seus negócios. Mais especificamente, buscou teorizar o contexto histórico das revoluções industriais até os dias atuais; conceituar os princípios da Indústria 4.0 e seus pilares; comparar o comportamento de países que já implementaram a Indústria 4.0 com o Brasil; e analisar os principais desafios para a implementação da Indústria 4.0 no Brasil. Observa-se que a Indústria 4.0 passa a ser um modelo incontestável no âmbito industrial e com muitos benefícios para as organizações. Como vimos anteriormente, essa nova era industrial tornou-se realidade em alguns países que hoje buscam

inovar seus modelos de produção com objetivo de serem grandes potências e referências no mercado mundial. A atual situação do Brasil em comparação com esses países está bem distante dessa nova realidade industrial. O país está atrasado industrialmente apresentando alguns entraves como ausência de políticas industriais incentivadoras, investimentos ineficazes em pesquisa e desenvolvimento, divergência na interação entre os setores públicos e privados, além do baixo nível de educação dos profissionais no processo de qualificação.

Apesar desses entraves, o país tem potencial de saltar para o novo modelo a partir do momento que setores públicos e privados trabalhem em conjunto visando alcançar o desenvolvimento nacional, os investimentos em pesquisa e desenvolvimento forem prioridade no planejamento industrial a longo prazo, além de investir na formação de profissionais altamente qualificados para o novo cenário e por último, fomentar as políticas industriais no país que são necessárias para adaptar-se aos novos modelos industriais e manter a competitividade entre os demais países. A presente pesquisa contribuiu para o conhecimento mais exploratório de uma nova era industrial, a Indústria 4.0, que passa a ser mais recorrente nos dias atuais, trazendo consigo inúmeras transformações e aplicações de alto nível tecnológico, o que faz ela ser adotada por muitos países que buscam a liderança e a referência em seus modelos industriais. A pesquisa também permitiu analisar os principais problemas e desafios do Brasil no processo de implementação da Indústria 4.0 em seus negócios.

Dentro das limitações deste trabalho, pode-se citar a disponibilidade e acesso a alguns artigos, aos quais eram necessários recursos financeiros para obter acesso. Além disso, a heterogeneidade de alguns artigos acabou dificultando a comparação direta e a síntese das informações, já que diferentes autores utilizam terminologias e metodologias distintas. Por fim, a falta de atualização de algum dos artigos foi uma dificuldade, já que as descobertas e percepções sobre o tema acabam evoluindo desde a publicação dos estudos consultados. Apesar dessas limitações e dificuldades, o levantamento bibliográfico em artigos científicos continua sendo uma estratégia valiosa para explorar o conhecimento existente e fornecer insights do tema estudado. Como estudos futuros, sugere-se a realização de pesquisas que ampliem as análises feitas nesta pesquisa para que se possa obter conclusões mais amplas e aprofundadas sobre o tema estudado, ponderando ainda caminhos estratégicos, gerenciais e operacionais para a adequada superação dos problemas e desafios identificados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. A Revolução Industrial e a Indústria 4.0. **Congresso Nacional de Iniciação Científica (CONIC)**, 2018. Disponível em: [trabalho-1000000129.pdf \(conic-semesp.org.br\)](#). Acesso em: 16 dez. 2022.
- ALMEIDA, P. R. DE. **Alemanha: projeto estratégico Indústria 4.0**. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI), 2017. Disponível em: [Diplomatizzando: Alemanha: projeto estrategico Industria 4.0 - IEDI](#). Acesso em: 22 abr. 2023.
- ANDERL, R. Industrie 4.0: Advanced engineering of Smart Products and Smart Production. In: **Proceedings of International Seminar on High Technology**. 2014.
- ANTONIO, D. et al. A Indústria 4.0 e seus impactos na sociedade. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 4, n. 3, 2018.
- ARBIX, G. et al. O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com a Alemanha, China e Estados Unidos. **Novos Estudos - Cebrap**, v. 36, n. 3, p. 1–24, 2017.
- ARBIX, G. et al. Made in China 2025 e Industrie 4.0: a difícil transição chinesa do catching up à economia puxada pela inovação. **Tempo Social**, v. 30, n. 3, p. 143-170, 2018.
- BASTOS, E. O que significa o conceito econômico de convergência? **Portal Gestão**. 2015. Disponível em: [O que significa o conceito económico de convergência? - Portal Gestão \(portal-gestao.com\)](#). Acesso em: 05 nov. 2022.
- BOETTCHER, M. Revolução Industrial: Um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0. **LinkedIn**. 2015. Disponível em: [Revolução Industrial - Um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0 \(linkedin.com\)](#). Acesso em: 02 jan. 2023.
- CARDOZO, R. et al. INDÚSTRIA 4.0: EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS. **Revista Gestão, Inovação e Negócios**, v. 5, n. 2, 2019.
- CAVALCANTE, Z.; SILVA, M. A importância da revolução industrial no mundo da tecnologia. **Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar VII (EPCC)**, 2011. Anais Eletrônico, Maringá. Disponível em: [Microsoft Word - RESUMO-6 \(unicesumar.edu.br\)](#). Acesso em: 03 jan. 2023.
- COELHO, P. **Rumo à Indústria 4.0**. Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra, 2016. Disponível em: [Rumo à Industria 4.0 \(uc.pt\)](#). Acesso em: 12 jan. 2023.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Oportunidades para a Indústria 4.0**: Aspectos da demanda e oferta no Brasil. Brasília: CNI, 2017. Disponível em: [MIOLO Oportunidades para a industria 4.0.indd \(portaldaindustria.com.br\)](#). Acesso em: 07 jan. 2023.

COSTA, J.; DE OLIVEIRA, R.; LEPRE, T. Perfil do consumidor 4.0 e novos modelos de negócio. **South American Development Society Journal**, v. 5, n. 15, p. 499, 2020.

DAUDT, G. **Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada**. 2016.

DA SILVA, A. et al. ASPECTOS E POLÍTICAS DA INDÚSTRIA 4.0 NA ALEMANHA. **CIPEEX**, v. 2, p. 2088-2096, 2018.

DA SILVA, M.; GASPARIN, J. **A segunda revolução industrial e suas influências sobre a educação escolar brasileira**. 2006. Disponível em: Microsoft Word - txtco_Marcia CA Silva e João L Gasparin2.doc (digitaloceanspaces.com). Acesso em: 07 jan. 2023.

DA SILVA, S; KLINGENBERG, C. **Estratégias para o Desenvolvimento de Inovações Sociais voltadas à promoção de resiliência frente ao impacto gerado pelas tecnologias da Quarta Revolução Industrial**. 2018.

DIEZ, J. **A moda do Big Data**. Gestão por Processo, 2015. Disponível em: <http://www.gestaoporprocessos.com.br/a-moda-do-big-data/>. Acesso em: 12 jan. 2023.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (FIRJAN). **Indústria 4.0**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: Indústria 4.0 | Firjan. Acesso em: 23 fev. 2023.

FERREIRA, C. O fordismo, sua crise e o caso brasileiro. **Cadernos do CESIT**- Texto para discussão nº 13. Campinas: CESIT, 1993. Disponível em: Microsoft Word - 13CadernosdoCESIT.doc. Acesso em: 14 jan. 2023.

FERREIRA, P. **A oportunidade da Indústria 4.0 para o Brasil**. Blog do IBRE – Fundação Getúlio Vargas, 2017. Disponível em: A oportunidade da Indústria 4.0 para o Brasil | Blog do IBRE (fgv.br). Acesso em: 23 dez. 2022.

FIESP. **A corrida tecnológica rumo à Indústria 4.0: quem está na pole position?**. Departamento de Competitividade e Tecnologia. 2017.

FREUND, F. et al. Novos negócios baseados em internet das coisas. **Revista da FAE**, v. 1, p. 7-25, 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HERMANN, M.; PENTTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. 2016. In: **49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)**. IEEE, 2016. p. 3928-3937.

ÍNDICE GLOBAL DE INOVAÇÃO. **Global Innovation Index Rankings 2022**. Disponível em: [Índice Global de Inovação | Qual é o futuro do crescimento impulsionado pela inovação? \(globalinnovationindex.org\)](https://www.globalinnovationindex.org). Acesso em: 24 abr. 2023.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (IEDI). **Indústria 4.0: a Política Industrial no Japão face à Quarta Revolução Industrial**. 2018. Disponível em: [IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial](https://www.iedi.org.br/). Acesso em: 15 jan. 2023.

LAVAGNOLI, S. Indústria 4.0: Evolução ou Revolução? **Opencadd**, 2018. Disponível em: <https://opencadd.com.br/9-pilares-da-industria-4-0/>. Acesso em: 19 jan. 2023.

LUCENA, F. **A estratégia chinesa frente a Indústria 4.0, uma análise comparativa**. 2019. LUCENA, F.; ROSELINO, J.; DIEGUES, A. A indústria 4.0: uma análise comparativa entre as experiências da Alemanha, EUA, China, Coréia do Sul e Japão. **Geosul**, v. 35, n. 75, p. 113-138, 2020.

LYDON, B. **Industry 4.0: Should you bet on it?** 2015. Disponível em: <https://www.automation.com/en-us/articles/2015-1/industry-40-should-you-bet-on-it>. Acesso em: 18 dez. 2022.

MORAIS, M.O.; MOURA, I.; DENANI, A. L. A integração entre conhecimento, inovação e indústria 4.0 nas organizações. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, p. 3716-3731. 2018.

PEREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, [s.l.], v.34, n.1, p.185-202, 2010.

PORTES, R. O mercado chama de Quarta Revolução Industrial, mas a verdadeira revolução está nos novos modelos de negócios. **StartSe**, 2023. Disponível em: [Quarta Revolução Industrial: Como a Indústria 4.0 Está Mudando os Modelos de Negócios \(startse.com\)](https://www.startse.com.br/). Acesso em: 13 mar. 2023.

POLÍTICA NACIONAL DE INOVAÇÃO (PNI). **Iniciativas de Base Tecnológica no Brasil**. PNI, 2023. Disponível em: [Política Nacional de Inovação \(mcti.gov.br\)](https://www.mcti.gov.br/). Acesso em: 15 jun. 2023.

RUBMANN, M. *et al.* Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. **Boston Consulting Group**, v. 9, n. 1, p. 54-89, 2015.

SAKURAI, R.; ZUCHI, J. As Revoluções Industriais até a Indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, [s.l.], v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018.

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). **SENAI 4.0: a Indústria 4.0 chegou ao Brasil?**. SENAI, 2019. Disponível em: [SENAI 4.0: A Indústria 4.0 chegou ao Brasil? \(sesirs.org.br\)](https://sesirs.org.br). Acesso em: 18 jun. 2023.

SILVA, D.; SILVA, R.; GOMES, M. O reflexo da terceira revolução industrial na sociedade. **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba-PR**, v. 23, 2002. Disponível em: [O reflexo da terceira revolução industrial na sociedade \(abepro.org.br\)](https://abepro.org.br). Acesso em: 15 dez. 2022.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

STOODI. **Terceira Revolução Industrial: tudo sobre a chamada revolução informacional**. 2020. Disponível em: <https://www.stoodi.com.br/blog/historia/terceira-revolucao-industrial/>. Acesso em: 05 jan. 2023.

YAMADA, V; SENHORELI, A; DE Oliveira, C. Indústria 4.0: uma análise da indústria brasileira perante o mundo. **VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, 2018. Disponível em: [Indústria 4.0: uma análise da indústria brasileira perante o mundo - PDF Free Download \(docplayer.com.br\)](https://docplayer.com.br). Acesso em: 21 dez. 2022.

YAMADA, V. Y.; MARTINS, L. Indústria 4.0: um comparativo da indústria brasileira perante o mundo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. esp., p. 95-109. 2019.