



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CAMPUS AGRESTE  
NÚCLEO DE GESTÃO  
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

JACKSCYHEL FÉLIX SILVA DE LIMA

**A IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL:** desafios e perspectivas

Caruaru

2023

JACKSCYHEL FÉLIX SILVA DE LIMA

**A IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL: desafios e perspectivas**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Ciências Econômicas do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Ciências Econômicas.

**Área de concentração:** Desenvolvimento Industrial.

**Orientador (a):** Prof. Dr. Marcio Miceli Maciel de Sousa.

Caruaru

2023

Dedico esse trabalho aos meus pais e meus irmãos, que me incentivaram e sempre acreditaram em mim.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado forças nos momentos difíceis do curso.

À minha família, que sempre me incentivou e fez o máximo para me ajudar nessa caminhada.

Ao meu orientador Professor Doutor Marcio Miceli, que me ajudou para que a realização desse trabalho fosse possível.

A todos os meus amigos de curso e em especial a Bruno José, Lázaro Vinícius, Lucas Lins, Clara Souza, Douglas Araújo, Igor Abdias, Matheus Quaresma, Síria, Laura e Brenda, por tornarem os momentos da graduação mais descontraído, e por todas as noites de estudos para provas e apresentações de seminários.

Aos meus amigos, Marcos Vinícius, Alberto Claudino, Bruno Torres, Jarde Rodrigues, David e Elton, pelas ocasiões nas quais jogávamos alguns jogos, saíamos para conversar e espairar quando as coisas não estavam indo tão bem, esses momentos sem dúvidas foram essências para que eu continuasse minha jornada.

A Jorge o motorista da van ao qual me levou durante toda a graduação e aos meus amigos de van, pelos momentos divertidos e descontraídos todos os dias.

Muito obrigado a todos por fazerem parte dessa jornada.

“A revolução não está modificando apenas o “o que” e o “como” fazemos as coisas, mas também “quem” somos” (SCHWAB, 2016, p. 16).

## **A importância da indústria 4.0 no Brasil: desafios e perspectivas**

### **The importance of Industry 4.0 in Brazil: challenges and perspectives**

**Jackscyhel Félix Silva de Lima<sup>1</sup>**

---

#### **RESUMO**

As revoluções industriais trazem consigo não apenas a mudança dos sistemas produtivos, mas elevam a produtividade dos fatores e, consecutivamente, resultam em crescimento econômico. No presente trabalho, desenvolveu-se a trajetória das revoluções industriais, alguns dos seus impactos e mudanças sociais, organizacionais e econômicas. Mais especificamente foi descrita a quarta revolução industrial, conhecida como indústria 4.0 e como a comunicação e tecnologia da informação vem transformado as relações em diversos mercados. No Brasil, constata-se que ainda há um atraso quanto a aderência das revoluções, assim como em outros países em desenvolvimento, e a área que demonstra maior avanço nacionalmente para aderir à indústria 4.0 é o setor automobilístico. Diversas tecnologias da indústria 4.0 já são utilizadas por muitos brasileiros, contudo, ainda há um longo processo para que essa seja uma realidade produtiva num país com tantas desigualdades socioeconômicas. O avanço da informação reflete um mercado com maior customização para o consumidor, competitividade e agilidade. Contudo, assim como ocorreu nas demais revoluções industriais, os países que não são polos dessas revoluções tendem a depender dos países desenvolvidos para desenvolverem infraestrutura e possibilidade de aderir as novas tecnologias.

**Palavras-chave:** crescimento econômico; revolução industrial; revolução da informação; indústria 4.0.

---

#### **ABSTRACT**

Industrial revolutions bring with them not only changes in production systems, but also raise factor productivity and, consequently, result in economic growth. In the present work,

---

<sup>1</sup> Graduando em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Pernambuco – Campus Acadêmico do Agreste. E-mail: jackscyhelen@ufpe.br

the trajectory of industrial revolutions was developed, some of their impacts and social, organizational and economic changes. More specifically, the fourth industrial revolution, known as industry 4.0, was described and how communication and information technology has transformed relationships in different markets. In Brazil, it appears that there is still a delay in terms of adherence to revolutions, as well as in other developing countries, and the area that shows the greatest advance nationally to adhere to industry 4.0 is the automotive sector. Several technologies of Industry 4.0 are already used by many Brazilians, however, there is still a long process for this to be a productive reality in a country with so many socioeconomic inequalities. The advance of information reflects a market with greater customization for the consumer, competitiveness and agility. However, as in other industrial revolutions, countries that are not poles of these revolutions tend to depend on developed countries to develop infrastructure and the possibility of adhering to new technologies.

**Keywords:** economic growth; industrial revolution; information revolution; industry 4.0.

---

**DATA DE APROVAÇÃO:** 22 de março de 2023.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A ciência econômica busca alocar os insumos de modo ótimo, utilizando-os da melhor forma possível e maximizando o bem-estar da sociedade. Contudo, as diversas dinâmicas acontecem de modo cíclico, apresentando períodos de alta e de baixa. As crises desencadeadas nos períodos de baixa, muitas vezes, não encontram uma solução se deixadas a cargo da “mão invisível” do mercado.

Nessa dinâmica os agentes estão buscando sempre melhorias, tecnologias, ferramentas de gestão e inovações que elevem a economia e, assim, também aumentem a geração de renda, emprego e bem-estar social. Cada agente, assim como cada mercado, desempenha suas funções buscando manter-se numa situação que não seja a de baixa. Contudo, as falhas de mercado existentes na economia, fazem com que uma busca individual desses agentes não seja eficiente para o bem-estar populacional, sendo essenciais o desenvolvimento de políticas públicas,

Nesse contexto, a inovação e inventividade tem uma ligação direta com o crescimento econômico assim como ao processo industrial, como pode ser notado na Europa Ocidental, que

foi o ponto inicial da Revolução Industrial, impulsionada por inovações nas mais diferentes esferas da sociedade (ROMEIRO, 2020).

A indústria tem passado por transformações ao longo do tempo, e cada uma dessas revoluções industriais representam um marco tecnológico. Atualmente o mundo está passando pela quarta revolução industrial, que vem causando mudanças em toda a sociedade, trazendo inovações e modelos de mercado mais elaborados.

Das revoluções mais recentes, tem-se a que é objeto de estudo da atual pesquisa: a indústria 4.0, o termo surgiu na Alemanha em uma feira que aconteceu em Hannover no ano de 2011, onde foi criado com o intuito de detalhar como acontecerá a mudança na maneira organizacional global (SCHWAB, 2016).

No Brasil, o termo que representa a quarta revolução pode ser identificado como: indústria 4.0, produção 4.0 ou ainda manufatura 4.0. O tema começou a ser abordado a pouco tempo por alguns pesquisadores brasileiros, e vem ganhando destaque no cenário mundial, devido a suas vantagens em termo de produtividade, redução dos custos, utilização de energia e aumento de segurança (SOUZA, RAMOS, 2017).

A indústria 4.0 é o resultado da aplicação das diferentes tecnologias digitais, que interagem entre si e se integram para a geração de soluções específicas segundo a prioridade e a programação de cada empresa. Não é necessário que todas as tecnologias sejam empregadas em uma mesma solução, assim como a intensidade do emprego de cada uma delas pode ser variável (IEDI, 2018).

Nesse contexto inovativo, que traz uma revolução que mudará ainda mais as relações de trabalho e as dinâmicas de comércio e serviço, é que surge a proposta do atual estudo, buscando explorar como esse acontecimento pode impactar a economia e a sociedade como um todo, especialmente no tocante ao crescimento, tendo em vista a importância que o setor industrial, assim como as tecnologias e inovações, traz a produção e produtividade de uma nação.

## **1.1 Objetivos**

O Objetivo Geral do trabalho é: Analisar a importância da indústria para o crescimento econômico, em especial, como vem se dando no Brasil a incorporação de tecnologia e inovação, diante da atual revolução industrial (paradigma tecnológico), denominada Indústria 4.0.

Como Objetivos Específicos tem-se:

- Discutir a relação entre indústria e o crescimento econômico, diante das revoluções industriais e da informação;
- Compreender o processo de desenvolvimento e evolução da indústria 4.0 no Brasil.

## **1.2 Justificativa**

O trabalho teve como inspiração para o tema, o grande potencial de crescimento que a indústria 4.0 tem no Brasil, podendo este ser um fator muito importante para o crescimento econômico no país. Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016), O desenvolvimento da Indústria 4.0 tem sido fundamental nas estratégias de empresas líderes e na política industrial das principais economias de países desenvolvidos.

Para o ministro da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), do Governo Michel Temer, Marcos Jorge, há uma projeção de que a quarta revolução poderá impactar em 28% no Produto Interno Bruto (PIB) até 2030, atualmente esse impacto pode ser percebido em 5% das indústrias brasileiras. Além disso, fala que essa tecnologia já está tendo um impacto positivo atualmente, a partir da integração de diferentes tecnologias (SOUZA, 2018).

Esses fatores foram o que despertaram o interesse para um estudo mais aprofundado do papel da indústria 4.0 no crescimento econômico do Brasil. Apesar de ser uma temática muito útil, ainda há poucos trabalhos sobre a produção 4.0, isso por se tratar de um assunto recente e pouco estudado pelos acadêmicos brasileiros, entretanto, esse tema está em ascensão.

Nesse sentido, visto que ainda há poucos trabalhos na área, a atual pesquisa terá uma relevância dada a necessidade de entender as tendências que a indústria deve seguir. Ela irá facilitar estudos futuros de outros acadêmicos e tentará mostrar a importância das novas tecnologias para poder haver um desenvolvimento no setor industrial e também a participação da indústria 4.0 no crescimento econômico.

## **1.3 Aspectos Metodológicos**

A presente pesquisa se caracteriza como uma pesquisa de carácter exploratório, segundo Gil (2008) pesquisas exploratórias possuem uma estrutura mais flexível, pois procuram estudar uma visão geral e aproximativa com os fatos estudados, pesquisando de modo a compreender e entender o objeto de estudo. A técnica de coleta utilizada foi a bibliográfica, a partir da utilização de livros, periódicos, estudos acadêmicos e sites de instituições.

Quanto a natureza do estudo, pode-se intitulá-la como qualitativa, onde comumente as pesquisas exploratórias também se classificam como qualitativas que, conforme Gil (2008), permitem se aprofundar nas questões a partir do contato com o acontecimento estudado, que possibilita perceber aspectos individuais do problema de pesquisa, assim como significados múltiplos.

---

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O crescimento econômico pode ser percebido desde a invenção da agricultura, no período Neolítico, sendo este explicado pelo aumento de produtividade advindo de uma nova tecnologia inserida na produção. Onde, posteriormente, chega-se a um equilíbrio satisfatório, uma estagnação da taxa de crescimento, ou equilíbrio estacionário, e se faz necessário uma nova invenção para haver mais crescimento (ROMEIRO, 2020).

Um ambiente propício para o progresso necessita de inovações tecnológicas, mas também de inovações políticas, culturais, organizacionais e institucionais (ROMEIRO, 2020). Nesse sentido, os fatores determinantes para o crescimento econômico são os mais diversos, desde condições naturais e geográficas, até aspectos de capital humano (como educação, saúde) e de capital físico (infraestrutura, bens de capital) (VIANA; LIMA, 2010).

Nesse contexto, percebe-se a importância da indústria, das tecnologias e das revoluções que modificaram os modos e meios de produção, como fatores importantes no crescimento de uma nação, como será explorado ao decorrer desta seção, em especial a incorporação da tecnologia da informação que é o marco da Indústria 4.0.

Cabe ainda pontuar que o crescimento econômico é auferido pelo aumento de produção no país e medido, geralmente, pelo Produto Interno Bruto (PIB), que representa o somatório, em valores monetários, de todos os bens e serviços finais produzidos durante determinado espaço temporal, assim apresentando o nível de atividade econômica do país (ou de uma região), ou seja, o fluxo de novos bens e serviços produzidos naquele período (VILELA JÚNIOR; DELFINO, 2018).

Tendo isto, ao referir-se ao PIB no presente trabalho, pretende-se fazer referência ao crescimento econômico. O Produto Interno Bruto também representa o somatório das rendas de todos os indivíduos do sistema econômico, para o mesmo período, e/ou do consumo total de bens e serviços realizados/produzidos na economia (MANKIWI, 2005).

### **2.1 O papel da indústria no crescimento econômico à luz das escolas**

Partindo inicialmente do pressuposto da escola clássica, é possível pontuar as ideias de Adam Smith. Em seu modelo de crescimento econômico, Smith considerava os seguintes fatores: acumulação de capital, crescimento populacional e produtividade da mão-de-obra. Nas colocações de Smith, nota-se a ênfase à produção de escala, a partir da especialização e melhorias do maquinário como pontos-chave para haver progresso e, em sua visão, possibilite o acúmulo de capital, enriquecendo a nação (ACORDI, 2015).

Nesse contexto, Smith justifica o aumento da produtividade a partir da especialização da mão-de-obra e da implementação de maquinários que agilizem os trabalhos, assim já fazendo referências às indústrias que, naquela época ainda nascentes, se caracterizam como manufaturas. O autor também utiliza a premissa de que a economia cresce até um estado estacionário, o que será visto também posteriormente em outros modelos de crescimento, contudo, ainda não faz referências ao progresso tecnológico dentro de seu modelo (ACORDI, 2015).

Segundo Acordi (2015), para chegar ao estado estacionário no modelo clássico de Smith têm-se algumas etapas, sendo estas: produção agrícola (1), produção industrial (2) e exportação (3). Todas essas fases alimentando a circulação e acumulação de capital, assim progredindo a economia e retardando a chegada do estado estacionário.

No tocante a contribuição neoclássica, alguns dos principais autores ligados à teoria do crescimento econômico são: Robert Solow, Trevor Swan e Robert Emerson Lucas (ACORDI, 2015). No modelo de Solow buscava-se explicar o crescimento econômico através de mudanças que aconteciam na tecnologia, no capital (físico ou humano) ou nas inovações. Esses modelos ainda servem como base atualmente para auxiliar na compreensão dos fatores envolvidos ao progresso econômico, além de outras propostas advindas de outros autores (VIEIRA *et al.*, 2014).

Para Solow o crescimento econômico pode ser explicado a partir de alguns fatores, partindo do pressuposto de que com a função de produção clássica (com os fatores trabalho e capital) não era possível explicar completamente o aumento da produção, o que foi colocado como resíduo de Solow no modelo, que busca explicar esse crescimento através de uma Produtividade Total Multifatores (SAGIORO, 2004).

Posteriormente, em 1987, com o desenvolvimento do Modelo de Romer e de seus colaboradores, uma premissa já colocada por Solow, mas que foi considerada exógena em seu modelo, veio a ser considerada um fator de crescimento: o conhecimento. A justificativa trazida por Romer é de que 1 milhão de trabalhadores com acesso escasso ao conhecimento produzem

menos do que 1 milhão de trabalhadores com conhecimento mais atualizado (SAGIORO, 2004).

Para Lucas (1988 *apud* ACORDI, 2015) o conhecimento entra como um fator determinante do crescimento, pois a alocação do tempo presente do indivíduo interfere em como se dará a produtividade dele no futuro; assim, o autor traz os fatores que estimulam o progresso como: a educação, investimentos em capacitação tecnológica e geração de conhecimento.

Nesse sentido, a diferença entre Romer e Lucas na utilização do conhecimento nos modelos de crescimento, é que Lucas considerava que ele é exógeno, pois não haveria diferenciação do conhecimento em países distintos, já Romer traz que os países desenvolvidos possuem uma taxa de estoque de conhecimento maior do que os países em desenvolvimento, o que faz com que os desenvolvidos cresçam, inicialmente, em uma velocidade maior. Assim, em seus modelos de crescimento, Romer traz ênfase ao progresso tecnológico, e Lucas ao capital humano (ACORDI, 2015; SOUZA, 2005).

Resumidamente, os modelos neoclássicos trazem 2 pontos como responsáveis pelo crescimento econômico dos países. Do lado da demanda, têm-se as exportações de produtos manufaturados; e pelo lado da oferta a produção de novos conhecimentos, investimentos em capital humano e conhecimento científico para aperfeiçoar processos e produtos (SOUZA, 2005).

Nesse sentido, nota-se que esses fatores para o progresso nas escolas neoclássicas conversam com àqueles trazidos por Smith na escola clássica. Contudo, agora esses autores consideraram o conhecimento como uma peça chave para evolução dos processos produtivos, enquanto Smith tratou a especialização da mão-de-obra através da divisão do trabalho, o que pode também ser explicado pela época em que se deu as contribuições.

Ainda no que se trata a produção industrial e o crescimento econômico é possível citar as leis de Kaldor, onde a primeira retrata sobre esse setor e sua importância para elevação do produto de um país (VIEIRA *et al*, 2014; LAMONICA; FEIJÓ, 2011).

- i) Existe uma relação positiva entre o crescimento da indústria e o crescimento do produto agregado, daí quanto maior a taxa de crescimento da indústria, maior será a taxa de crescimento do produto agregado.
- ii) Há uma relação positiva entre a taxa de crescimento da produtividade na indústria e o crescimento do produto industrial, sendo a relação de causalidade na direção de quanto maior a taxa de crescimento da indústria, maior será também a taxa de crescimento da produtividade.
- iii) Quanto maior a taxa de crescimento das exportações, maior o crescimento do produto.

iv) O crescimento da economia a longo prazo não é restringido pela oferta, mas sim pela demanda, assim a principal restrição da demanda ao crescimento do produto numa economia aberta é o Balanço de Pagamentos (LAMONICA; FEIJÓ, 2011, p. 120).

De modo simplificado, Kaldor traz que inicialmente (na primeira lei) o “motor de crescimento” seria a indústria. Na segunda lei, o autor trata das economias de escala, e que um aumento de produtividade num setor leva conjuntamente à elevação da produtividade de outros setores (VIEIRA *et al.*, 2014). Enquanto na terceira e quarta lei retrata-se a competitividade do país frente ao mercado internacional e sua capacidade de manter um dinamismo na demanda agregada, que pode ser representada pelo equilíbrio no Balanço de Pagamentos (LAMONICA; FEIJÓ, 2011).

Aqui cabe colocar que outros autores também já traziam as economias de escala como um acontecimento presente no crescimento, como Smith e Lucas (ACORDI, 2015), o que pode ser justificado pelos fatores e dinâmicas que esses autores trazem como chave para o desenvolvimento industrial e da mão de obra, que levam, muitas vezes, a um escalonamento da produção e/ou aumento da produtividade dos fatores capital e trabalho.

Segundo Chenery (1960 *apud* VIEIRA *et al.*, 2014), um aumento no nível de renda per capita<sup>2</sup>, bem como o crescimento, está diretamente associado a uma elevação na participação da indústria na produção agregada, sendo percebido por uma mudança na composição da demanda agregada representando um declínio na produção de alimentos. Essa modificação pode ser percebida com mais afinco, ainda segundo o autor, em setores onde as economias de escala têm mais importância, como indústrias de maquinaria, equipamentos de transporte e bens intermediários.

Ainda na abordagem kaldoriana, segundo Lamonica e Feijó (2011), quando um país não está alcançando um nível de produto satisfatório, mesmo com as exportações, o que pode se realizar é um *upgrade* nas tecnologias industriais, visando elevar esse produto e, conjuntamente, o valor das exportações. O que corrobora com a ideologia de outros modelos de crescimento econômico, como o de Solow.

Alguns pensadores não desassocia o estudo do crescimento econômico com o do desenvolvimento, aqui atribuindo uma importância ao Estado, como é o caso da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe - CEPAL (BONELLI, 2009) e às instituições, como é o caso dos institucionalistas (ACORDI, 2015); que possuem um papel de reduzir os problemas que acontecem no livre mercado, especialmente os sociais.

---

<sup>2</sup> A renda per capita é o somatório da renda da sociedade dividido pela quantidade de indivíduos desta.

Nesse sentido, Bonelli (2009) traz que as funções do Estado no desenvolvimento brasileiro são: (1) infraestrutura física e saneamento; (2) educação; (3) segurança; (4) administração pública; (5) reformas no Judiciário e no Legislativo; além de trabalhar com eficácia, regulando as atividades econômicas, de modo que não prejudique as iniciativas privadas no país.

A partir das colocações de Bonelli (2009), tendo em vista que aqui não se tem por objetivo discutir como o Estado deve trabalhar, mas analisar a ligação entre crescimento e indústria, percebe-se que a educação (ponto 2) é trazida como ponto fundamental para o desenvolvimento, corroborando com as ideias já discutidas no presente trabalho, onde o conhecimento agrega no fator capital humano. O autor também traz que a segurança (3) e a administração pública (4) devem se dá de modo que facilitem processos administrativos e atividades de regulação e assegurem as negociações realizadas em contratos, o que conversa diretamente com as atividades produtivas realizadas.

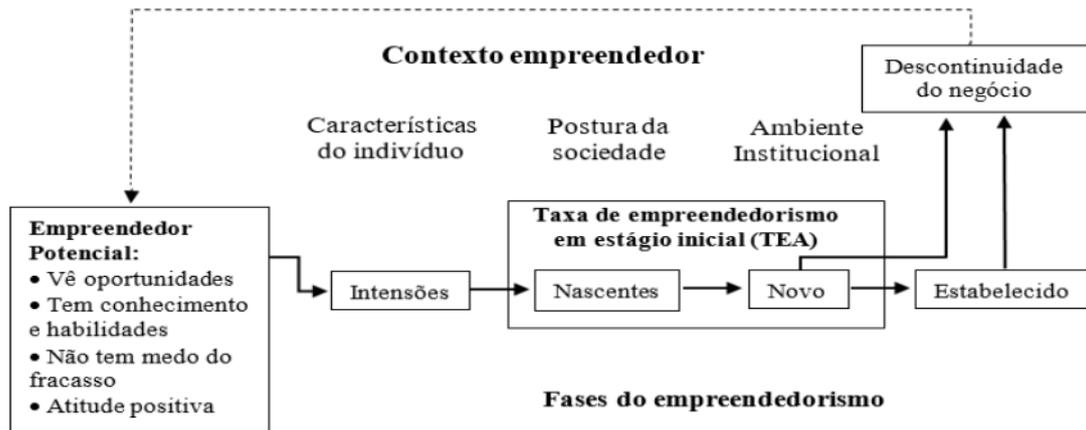
Diante das contribuições já citadas, ainda cabe trazer a inovação como um fator significativo para o crescimento econômico, que já pode ser percebida indiretamente na contribuição de autores já citados quando remetem um aumento da produtividade a avanços do maquinário, contudo, dois autores trazem com mais afinco essa participação da inovação: Schumpeter e Schwab e, também, tratam do empreendedorismo (PAULA *et al.*, 2017).

Schumpeter foi um economista da Escola Austríaca, que trouxe, no século XX, a inovação como uma ferramenta para que a economia saia do estado de equilíbrio (ou estacionário) e retorne ao crescimento. Para o economista, a inovação é colocada como destruição criativa quando utilizada por empreendedores, onde um antigo modo de produção perde espaço (é destruído) para uma inovação que alavanca a produtividade e, consecutivamente, a taxa de crescimento da economia (SANTOS *et al.*, 2011; ENCYCLOPEDIA, 2018).

Schumpeter traz o empreendedor como um ponto-chave para difusão da inovação e da inovação tecnológica, sem ele a economia cresceria a taxas menores (SANTOS *et al.*, 2011; ENCYCLOPEDIA, 2018). Os aspectos envoltos ao empreendedorismo têm como ambiente propício para seu desenvolvimento instituições e um sistema capitalista que apresente algum lucro para o empreendedor (PAULA *et al.*, 2017).

Paula *et al.* (2017) trazem o seguinte sistema empreendedor, com base no *Global Entrepreneurship Monitor*<sup>3</sup> (GEM), apresentando fatores que influenciam na competitividade, como a esfera institucional e política, dentre outras:

**Figura 1 – Processo Empreendedor segundo o GEM**



Fonte: Paula *et al.* (2017)

Conforme Figura 1, acima, algumas características do empreendedor são inatas a ele, como o conhecimento e habilidade, baixa aversão ao risco e visão de mercado. As intenções desses empreendedores podem se transformar em negócios, empreendedorismo, conseguindo se estabelecer por um tempo no mercado ou não, seguindo da descontinuidade do negócio e de, posteriormente, novas intenções e novos negócios. Onde, todas essas etapas são influenciadas pela postura da sociedade e pelo ambiente institucional.

Com a chegada do empreendedor, os fatores capital e trabalho ganham agora um protagonista, responsável pela tomada de decisão e que incorpora o que já foi trazido anteriormente por outros economistas; a especialização, o conhecimento, capital e investimento.

Dialogando com a inovação em patamares tecnológicos tem-se Klaus Schwab, que desenvolveu obras voltadas à inovação no âmbito da informação e ao desenvolvimento. Schwab (2016) pontua que a quarta revolução industrial está realizando mudanças em patamares mais avançados; em uma velocidade, amplitude e profundidade maiores e com impacto sistêmico mais abrangente, o que será explorado posteriormente no presente trabalho.

Como pode ser percebido ao decorrer desta seção, tanto o crescimento como o desenvolvimento possuem uma ligação intrínseca com o progresso da indústria, seja este a partir

<sup>3</sup> Tradução: Monitor Global de Empreendedorismo.

da especialização da mão de obra (capital humano), do desenvolvimento de novas ferramentas e maquinários (capital), do desenvolvimento de técnicas, modos de produção, tecnologia, sistemas produtivos, e diversos âmbitos ligados à inovação.

## **2.2 Revolução industrial iniciada no final do século XVIII**

O nascimento da indústria demonstrou um avanço alcançado no desenvolvimento da sociedade humana, através dos progressos tecnológicos, que potencializavam a capacidade produtiva. Ao longo do tempo aconteceram algumas revoluções industriais que ocasionaram em mudanças tecnológicas, e evoluções nos processos produtivos, extremamente importantes no desenvolvimento da sociedade (SAKURAI, ZUCHI, 2018). Assim, é praxe que se encontre na literatura quatro revoluções industriais.

A primeira revolução industrial não deve ser explicada apenas pelo surgimento de novas máquinas, métodos de produção e novas fontes energéticas, essas máquinas tiveram sua importância no desenvolvimento industrial dos séculos XVIII e XIX, mas já existiam máquinas como a da imprensa e outras. Essa revolução tem que ser analisada também como um marco na mudança estrutural da sociedade, sendo ela a transição do uso da ferramenta para o uso da máquina. Assim consolidando o modo capitalista como principal forma de produção (COGGIOLA, 2016).

Para Dathein (2003), ela deve ser explicada pelo processo de disseminação das máquinas que é o que mostra a diferença da primeira revolução para os demais períodos antecedentes. Para ele o surgimento das novas máquinas foram sim um fator determinante para o desenvolvimento da indústria, mas é necessário analisar a difusão dos equipamentos.

A primeira revolução foi o marco de uma transição do modo de produção, que até a Idade Média se tinha como principal maneira de produzir o artesanato, e que na Idade Moderna com a primeira revolução, a produção passou a ser elaborada através da mecanização dos sistemas, com o uso da energia a vapor, sendo possível produzir grandes quantidades em pouco tempo (SOUZA et al., 2010).

O uso da energia a vapor e da mecanização causou um grande impacto social e econômico, sendo fatores cruciais para que fosse possível a dinamização do transporte de matéria-prima, pessoas e distribuição de mercadorias, dando um novo panorama aos meios de se locomover e produzir (BOETTCHER, 2015).

A segunda revolução se iniciou próximo da metade do século XIX, na Inglaterra, que já possuía um certo desenvolvimento industrial devido à primeira revolução e ficou marcada pela

ambição dos capitalistas para obterem maiores lucros em relação aos investimentos feitos. O que fez com que os capitalistas especializassem seus trabalhadores; daí começaram a produzir em larga escala graças a linha de montagem criada por FORD e as mudanças nas fontes energéticas, o que possibilitou minimizar os seus custos de produção. Dado esses fatores também surgiram alguns equipamentos que otimizavam o tempo na indústria como equipamentos que facilitam o andamento dos produtos para outro setor produtivo (SILVA; GASPARIN, 2006.).

Essa revolução possuía fontes energéticas diferentes da primeira, onde ela migra de forma gradual da energia a vapor do carvão para a eletricidade, e para utilização do petróleo, na qual acabam se tornando as principais fontes energéticas. Conforme as indústrias iam se familiarizando com essas fontes energéticas e aprimorando a linha de produção, a produtividade seguia um caminho crescente, com um potencial superior às fontes energéticas antecedentes (MACHADO, 2016).

Como pontuado, algumas das diferenças entre elas é que, enquanto a primeira revolução utilizava a energia a vapor e o ferro, na segunda revolução houve a migração de forma gradual para a utilização da eletricidade e do aço, e também do grande desenvolvimento no setor químico e de comunicação, e da utilização do petróleo. Trabalho que teve extrema participação da ciência e dos laboratórios de pesquisas no desenvolvimento das novas tecnologias (DATHEIN, 2003).

A terceira revolução foi um processo de inovação nas áreas da nanotecnologia, telecomunicações, transporte, robóticas e informática. Que veio a se propagar na segunda metade do século XX, e que causou grandes mudanças nos processos de produção industrial, que anteriormente eram o Fordismo/ Taylorismo (BOETTCHER, 2015).

Porém, essa revolução não foi só um processo de mudanças tecnológicas, mas também um processo de mudanças políticas, econômicas e cultural, que ocorreram de maneira global e de forma intensa (SILVA *et al.*, 2002).

Ela é caracterizada pelo grande aumento no número de utilização dos computadores, que está interligada com o processo da globalização. Houve também nesse período a criação de blocos econômicos, como a União Europeia, e o surgimento da interligação e interdependência dos mercados físicos e financeiros em escala planetária (MACHADO, 2016).

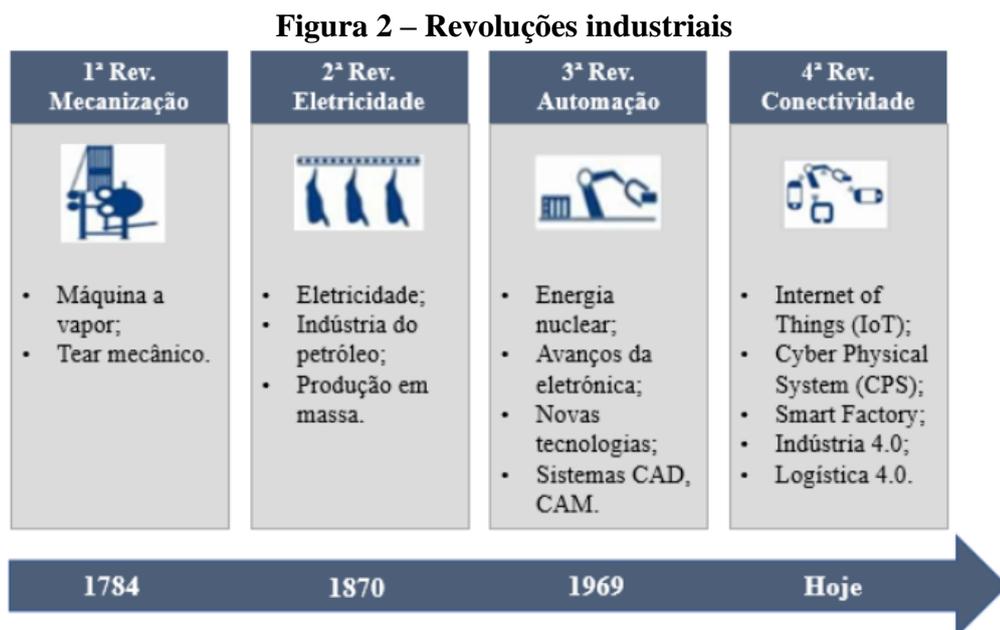
Atualmente, estamos passando pela quarta revolução industrial, que preponderantemente está causando mudanças em toda a humanidade, e como as demais revoluções ela também está trazendo progressos tecnológicos, agora mais no campo da informação.

Segundo Schwab (2016) a quarta revolução industrial teve seu início no começo do século XXI, e tem como referência a revolução digital. Tendo características marcantes, como o fácil acesso à internet em vários lugares, a microtecnologia onde os mensuradores são menores e parrudos, a inteligência robótica e a inteligência artificial. A quarta revolução ainda passa por processos inovativos, mas até então o maior destaque é a revolução digital. A quarta revolução industrial é também designada por indústria 4.0, esse termo surgiu na Alemanha em uma feira que aconteceu em Hannover no ano de 2011, onde criaram o termo com o intuito de detalhar como acontecerá a mudança na maneira organizacional global.

Essa última revolução industrial possibilita uma maior flexibilidade e a organização facilitada dos processos por meio das tecnologias digitais espalhadas pela planta industrial, assim abrirá oportunidades mais atrativas para interações homens-máquinas, possibilitando o trabalho ser realizado até a distância, o que alteraria a presença física de forma mais repetitiva dos homens nas intermediações da empresa (GRAGLIA; LAZZARESCHI, 2018).

Sendo assim a indústria 4.0 traz uma evolução da qual o sistema de produção em larga escala migra para um sistema de personalização em larga escala. Permitindo produzir bens e serviços que atendam às vontades individuais, com um preço muito competitivo em relação ao produto sem a personalização (COELHO, 2016).

De modo resumido, é possível compreender as mudanças tecnológicas advindas das quatro revoluções a partir da Figura abaixo:



Fonte: Santos *et al.* (2018)

As revoluções industriais trouxeram/trazem uma mudança que impacta todo, ou boa parte, do sistema produtivo de sua época, modificando não apenas a produtividade, mas também as relações, modo de trabalho, regulamentação, organização social e conforme Schwab (2016) modificando até quem nós somos, no caso da quarta revolução.

Uma das principais características advindas das revoluções industriais, do ponto de vista do crescimento econômico, é a mudança tecnológica que possibilita auferir mais lucros devido ao aumento da produtividade (CONCEIÇÃO, 2012). Tal mudança se compara ao que Schumpeter chamava de destruição criadora, onde um antigo sistema produtivo perde espaço para um novo.

### **2.3 Revolução da informação**

A informação, assim como a sociedade, vem passando por evoluções ao longo dos séculos. Conforme Amaral (2007), é possível citar alguns marcos revolucionários da informação: (1) a invenção da escrita (5.000 ou 6.000 anos antes na Mesopotâmia); (2) invenção do livro escrito na China (1.300 a.C. e 800 anos mais tarde na Grécia); (3) invenção da impressão por Gutemberg (anos 1450-1455) e mais recentemente a (4) Revolução da Informação/Sociedade na informação, convergindo tecnologias de rede, computadores, telecomunicação com mídias, economia e sociedade.

Da primeira Revolução Industrial até a mais recente Revolução da Informação aconteceram cinco ondas de “destruição criadora”, conforme Perez (2002 *apud* CONCEIÇÃO, 2012). Essas ondas são: (1) Revolução Industrial (1780-1840); (2) Era do vapor e ferrovias (1840-1890); (3) Era do aço e engenharia pesada (1890-1940); (4) Era do petróleo, automóveis e produção em massa (1940-1990); e (5) Era da Informação e comunicação.

No tocante às revoluções industriais, ainda se compreende que a Revolução da Informação (do ponto de vista mais tecnológico/digital) começou após a Terceira Revolução Industrial, na década de 70, tendo em vista que esta trouxe não apenas a automação, como também a eletrônica e a TI, já a quarta revolução industrial tem como impulsionador das informações sistemas ciber físicos (COELHO, 2016).

Na era da informação e comunicação o insumo que ganha destaque é a microeletrônica. Nesse contexto se dá a revolução da informação, a utilização de chips, microeletrônicos,

computadores, *softwares*<sup>4</sup>, telecomunicações, instrumentos de controle, biotecnologia, entre outros (PEREZ 2004 *apud* CONCEIÇÃO, 2012).

Segundo Cavalcanti (1995) a Revolução da Informação representa uma mudança radical com o modo produtivo anterior, o autor pontua as seguintes características:

- a) Infraestrutura para disponibilizar informação certa no momento certo; otimizando a tomada de decisões internas da empresa.
- b) Acesso de informação externa à empresa sem a necessidade de deslocamento físico.
- c) Redefinição de escritório; com um computador e acesso à rede o trabalho pode acontecer em qualquer lugar.
- d) Infraestrutura tecnológica que agiliza o fluxo de dados, permitindo vantagens competitivas.
- e) Agilidade nas respostas aos problemas.
- f) Estrutura para contínuo desenvolvimento a partir da informação e da utilização dessas ciências de dados.
- g) Serviços antes manuais agora digitais; cartas, mensagens, gráficos.
- h) Novas formas de aprendizagem e conhecimento através de multimídia.
- i) Introdução/utilização de ferramentas de dados, voz e imagem (CAD-CAM).
- j) Construção de *superhighway*; uma super rodovia de informação.

A tecnologia da informação (TI), abarca recursos computacionais/digitais que visam a produção e o uso das informações, como atividades de armazenamento, compartilhamento, transmissão, segurança, acesso, e que são atualmente utilizadas com diversas finalidades comerciais (SILVA *et al.*, 2008). Com a revolução da informação abre-se espaço para o mundo digital das telecomunicações, internet e transporte físico de alta velocidade (CONCEIÇÃO, 2012).

A informação consiste em dados organizados de tal modo que possibilitem uma percepção da realidade e utilização dessas informações para melhoria dos processos, esses dados antes dispersos agora passam a produzir conhecimento. Friedman relata que é possível auferir ganhos de eficiência com a utilização da TI (SILVA *et al.*, 2008).

Com a utilização de tecnologias da informação surge uma nova organização produtiva que se adéqua a era da informação, diferente da fordista (CONCEIÇÃO, 2012), as diferentes características desses paradigmas podem ser observadas abaixo:

---

<sup>4</sup> São a parte lógica de um sistema físico (hardware), através deles se executa comandos e o controle de aparelhos eletrônicos.

**Quadro 1 – Mudanças no paradigma tecnoeconômico fordista para o da tecnologia da informação e comunicação**

<b>Fordista (antigo)</b>	<b>Tecnologia da informação e comunicação (novo)</b>
Intensivo em energia	Intensivo em informação
Projetos e engenharia em escritórios de design	Design projetado por computador
Produção e design sequencial	Engenharia simultânea
Padronização	Personalização
Mix de produtos estáveis	Rápidas mudanças nos mix de produtos
Instalação e equipamentos específicos	Sistemas flexíveis de produção
Automação	Sistematização
Uma única firma	Rede de firmas ( <i>networks</i> )
Estruturas hierárquicas	Estruturas horizontais
Departamentos	Integração
Produtos com serviços	Serviços com produtos
Centralização	Distribuição inteligente
Habilidades especializadas	Habilidades múltiplas
Controle governamental e por vezes, proprietário	Informação do governo, coordenação e regulação
Planejamento	Visão

Fonte: Freeman e Louçã (2001 *apud* CONCEIÇÃO, 2012, p.124)

A partir disto, o novo ambiente para o desenvolvimento e aumento da produtividade passa a englobar a TI em sua produção, o maquinário agora passa a se comunicar com computadores, a velocidade da comunicação e a mudança de produtos e designs alcança patamares mais ágeis (CONCEIÇÃO, 2012).

Nesse contexto, é de extrema importância citar-se os adventos que são marcos da era da informação; a rede de computadores mais utilizada mundialmente, a internet, e o *word wide web* (www), seu mecanismo de transporte, que através de *softwares* realizam os mais diversos trabalhos de comunicação digital, armazenamento e transporte de dados (SILVA *et al.*, 2008).

Conforme Abreu e Rezende (2006), a incorporação da informação e suas tecnologias pode trazer diversos pontos positivos, como: valor agregado ao produto (seja bens ou serviços); melhorias nos serviços e produtos e, conseqüentemente, vantagens competitivas; oportunidade de negócios e elevação da rentabilidade; mais segurança nas informações; redução na carga de trabalho; redução nos desperdícios; controle das operações; aperfeiçoamento nos sistemas, eficiência, eficácia, efetividade, produtividade, dentre outros.

Como já citado, a inovação tecnológica é um fator importante quando se trata de crescimento e de aumento da produtividade, algo que também é característico da indústria 4.0.

Já que esta, segundo Coelho (2016), se estabelece sobre pilares da tecnologia da informação, como internet das coisas<sup>5</sup> e serviços, sistemas *cyber-physical Systems* (CPS)<sup>6</sup> e Big-Data<sup>7</sup>.

A indústria 4.0 traz uma ruptura com os modelos produtivos anteriores, mas em níveis exponenciais ainda não visto em outras revoluções. Algumas dessas tendências disruptivas são: uma grande número e fluxo de dados (big-data); análise avançada; interfaces homem-máquina; e transferência do digital para o físico (como acontece na impressão 3D<sup>8</sup> e prototipagem rápida) (BAUR; WEE, 2015).

Nesse contexto, a Indústria 4.0 reduz os seus custos, muitas vezes utilizando informações/produtos/serviços de terceiros, como é o caso do Uber, que é uma das maiores plataformas de táxis, mas não possuem esses carros ou até mesmo de redes sociais como o Facebook que entregam conteúdo mundialmente sem a necessidade de produzi-lo (SCHWAB, 2016).

---

### 3 PERSPECTIVAS E DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

A indústria 4.0, ou quarta revolução industrial, é caracterizada pela produção inteligente, sendo assim também reconhecida como *Smart factory*, *intelligent factory*, *factory of future*. E não apenas uma produção inteligente, como também equipamentos e cadeias de abastecimento inteligentes, flexíveis, dinâmicos e ágeis (COELHO, 2016).

Trazendo uma perspectiva schumpeteriana, a indústria 4.0 traz um processo de ruptura com as tecnologias e modos produtivos já existentes no sistema econômico (LIMA; GOMES, 2020). Nesse sentido, a inovação tecnológica traz uma ruptura com o sistema, a partir também de mudanças técnicas e da realidade do mercado atual, se caracterizando pelo potencial criativo, a “destruição criadora” (FERREIRA; NERIS JUNIOR, 2020).

A agilidade da indústria 4.0 também é uma característica já abordada por Schumpeter, onde a inovação é uma ferramenta para elevar a produção e produtividade (ALBUQUERQUE, 2019). Nessa direção também é possível citar Kaldor, com sua premissa de que altas taxas de crescimento da economia estão relacionadas diretamente com uma alta taxa de crescimento do

---

<sup>5</sup> Em sua forma mais simples, ela pode ser descrita como a relação entre as coisas (produtos, serviços, lugares, etc.) e as pessoas que se torna possível por meio de diversas plataformas e tecnologias conectadas (SCHWAB, 2016, p.29).

<sup>6</sup> Sistemas que permitem representar a realidade do mundo físico, através de computação, comunicação e controle, em ambientes digitais.

<sup>7</sup> O autor compara Big-data com uma biblioteca infindável de informações.

<sup>8</sup> Firjan (2016) coloca a impressão 3D como manufatura aditiva.

setor industrial, o que é característico nessa indústria, trazendo também a tecnologia e inovação como uma chave para o crescimento (BRITO; DATHEIN, 2022).

A primeira discussão de implantação intencional da indústria 4.0 e, consecutivamente, da elevação da produtividade aconteceu na Alemanha em 2006 no projeto *High Tech Strategy*, buscando desenvolver a economia do país a partir da inovação e da tecnologia, numa estratégia de 10 anos. Posteriormente o modelo ganhou espaço em outros países (FIRJAN, 2016).

É comum na literatura que se concorde que essa revolução causará um impacto, maior ainda, nas mais diferentes variáveis macroeconômicas, conforme Schwab (2016, p. 37), “PIB, investimento, consumo, emprego, comércio, inflação”, onde muitos dos autores trazem foco para o crescimento, desenvolvimento e aumento da produtividade.

Coelho (2016) traz a indústria 4.0 como não apenas a compra/venda de produtos em massa, mas a customização em massa desses produtos; um mercado ágil e inteligente permite que o consumidor adquira o que ele quer, em muitos momentos quase que instantaneamente, com apenas um clique. E coloca seis tendências encontradas atualmente na sociedade e no mercado.

As tendências encontradas nesse cenário são as seguintes: (1) pessoas e a internet (interação através de redes sociais); (2) computadores, comunicações e armazenamento (redução de custos e avanço da tecnologia conjuntamente a redução no tamanho dos computadores); (3) internet das coisas (sensores cada vez menores implantados em diferentes locais, residências, acessórios, regiões, transportes, processos produtivos); (4) inteligência artificial e Big-Data (o crescimento da digitalização e os *softwares* realizando atividades antes atribuídas aos seres humanos); (5) economia partilhada e confiança distribuída (novos modelos de negócio como *bitcoins*<sup>9</sup> e *blockchain*<sup>10</sup>, economia colaborativa<sup>11</sup>, alteração da percepção de confiança entre os parceiros); e (6) digitalização da matéria (impressão em 3D, utilização de materiais cada vez mais inteligentes, melhorando a prototipagem e a logística de distribuição) (COELHO, 2016).

A partir disso, buscando possibilitar uma melhor visualização das tecnologias da indústria 4.0, é possível citar alguns exemplos das inovações trazidas pela quarta revolução:

---

<sup>9</sup> Moeda virtual, que pode ser compreendida como um *blockchain*.

<sup>10</sup> Mecanismo de banco de dados que permite o compartilhamento de informações de forma segura, como, por exemplo, a transferência de criptomoedas. Conforme Schwab (2016, p.30) “o *blockchain* é um livro contábil compartilhado, programável, criptograficamente seguro e, portanto, confiável; ele não é controlado por nenhum usuário único, mas pode ser inspecionado por todos”.

<sup>11</sup> É um modelo de Economia em que todos os envolvidos ganham, na maioria das vezes a partir do compartilhamento de bens e serviços, como é o caso de plataformas como a Uber e o Airbnb, normalmente a Economia Colaborativa faz com que os custos sejam reduzidos e os recursos produtivos sejam preservados, contribuindo com a preservação ambiental.

**Quadro 2 – Exemplos de Inovações trazidas pela Indústria 4.0**

<b>Setor</b>	<b>Produtos/serviços</b>
Finanças	Sistema financeiro emergente baseado em <i>bitcoins</i> e <i>blockchains</i>
Agricultura	Agricultura de precisão a partir do uso de robótica
Saúde	Próteses eletrônicas que atendem ao comando do usuário
	Transplantes de fígado produzidos por impressoras 3D
	Enfermagem com robótica
	Pílula inteligente, que monitora como o corpo está reagindo ao medicamento
Administração	IA (inteligência artificial) em cargos de decisão
Infraestrutura	Casas inteligentes, que respondem a um programa digital
	Cidades inteligentes, conectam serviços, rede pública e estradas à internet
	Espaço reprogramável de modo digital, um edifício podendo ser utilizado como diferentes benefícios.
	“Waternef” internet das águas, monitoramento e controle a partir de internet, otimizando o uso de água
Automobilística	Carro autossuficiente, conduz-se sozinho a partir de IA
Atividades domésticas	Robôs realizando atividades domésticas
Segurança	Drones (robôs voadores) realizando monitoramento
	Armas autônomas, combinando drones e IAs
	Dispositivos vestíveis que otimizam a saúde e desempenho dos utilizadores
	Fabricação aditiva, permitindo produções no campo de operação
	Armas biológicas e bioquímicas
Comunicação	Tecnologias implantáveis, como celulares
	Tatuagens digitais com criptografia
	Óculos de leitura conectados à internet

Fonte: Elaboração própria a partir de Coelho (2016) e Schwab (2016)

Alguns desses exemplos, citados no Quadro acima, já são desenvolvidos/utilizados em países/regiões ou estão em fase de pesquisas e testes. Contudo, esses são marcos ainda distantes

de países onde boa parte da população nem sequer tem acesso a um smartphone, computador ou internet (SCHWAB, 2016).

Aqui cabe colocar que as mudanças e inovações não surgem de uma forma abrupta, ainda conforme Coelho (2016), mas sim da introdução de novidades e, paulatinamente, o aperfeiçoamento destas, inclusive com pré-testes de uso nesse processo. É possível agrupar 8 impulsionadores de valor da indústria 4.0 que contribuem para a elevação de valor agregado e, dentro desses, elementos de alavancagem em cada fator, assim direcionando a utilização de dados e informações para alcançar o progresso (BAUR; WEE, 2015) conforme o *Digital Compass* na Figura abaixo:

**Figura 3 – *Digital Compass*: direcionadores básicos de criação de valor na Indústria 4.0**



Fonte: Baur e Wee (2015)

1 – Maintenance, repair and operations.

A partir do Compasso Digital<sup>12</sup> têm-se os seguintes impulsionadores de valor:

- Tempo de mercado: cocriação do consumidor/ inovação aberta, engenharia simultânea, experimentação e simulações rápidas.
- Serviços/pós-serviços: manutenção preditiva, manutenção remota, autoatendimento virtualmente guiado.
- Recurso/processo: consumo inteligente de energia, lotes inteligentes, otimização de rendimento em tempo real.
- Utilização de ativos: flexibilidade de roteamento, flexibilidade de máquina, monitoramento e controle remoto, manutenção preditiva, realidade aumentada para manutenção, reparo e operação.
- Mão de obra: autogestão do trabalho do conhecimento, gestão do desempenho digital, monitoramento e controle remoto, colaboração homem-robô.
- Estoques: tamanho dos lotes, otimização da cadeia de suprimentos em tempo real, impressão 3D no local.
- Qualidade: gestão da qualidade digital, controle de processo avançado, controle estatístico de processo.
- Equilíbrio de oferta e demanda: *design* orientado a dados para valor, previsão de demanda orientada por dados.

A partir desses impulsionadores é possível confirmar o que Scwab (2016) traz sobre as mudanças da quarta revolução industrial: velocidade (agora em ritmo exponencial como não visto nas outras revoluções), amplitude e profundidade (mudanças de paradigmas em diversas esferas) e impacto sistêmico (transformação de sistemas completos em toda a sociedade).

Nesse contexto, o primeiro desafio do mercado brasileiro diante da indústria 4.0 é o encontrado em todas as outras revoluções industriais; onde os países desenvolvidos (centros) são quem iniciam as revoluções, que posteriormente se alastram por outros países (periferias), se desenvolvem antes dos países em desenvolvimento, assim caracterizando os países em desenvolvimento como atrasados na aderência das novas tecnologias e especialização atualizada da mão de obra (CONCEIÇÃO, 2012).

Conforme Firjan (2016), o Brasil se encontra num processo em que alguns setores produtivos ainda se situam na segunda (indústria 2.0) ou na terceira (indústria 3.0) revolução industrial. Essa primeira, ainda conforme a organização, se caracteriza pela inserção de linhas

---

<sup>12</sup> Tradução nossa.

de montagem e energia elétrica, enquanto a segunda se caracteriza pela automação através da eletrônica, robótica e programação; ainda afirma que o setor mais preparado para receber a indústria 4.0 no Brasil é o automotivo.

O processo de desenvolvimento de uma nação periférica requer capacidades tecnológicas e industriais advindas da experiência de outros países (que já passaram por essa industrialização), aprendizado e acumulação de conhecimento tecnológico, e esse cenário está envolto de diferenças históricas e estruturais (CONCEIÇÃO, 2012).

Como exemplo de diferenças estruturais nos países em desenvolvimento tem-se o fato de alguns cidadãos nem sequer possuem acesso a tecnologias advindas de revoluções industriais anteriores, como é o caso do não acesso à água potável, eletricidade, saneamento básico, linha telefônica, internet, dentre outros (SCHWAB, 2016).

Diante disso, o problema em que o Brasil<sup>13</sup> se emerge não seria apenas de um atraso tecnológico, quando comparado aos países desenvolvidos, mas também de um alargamento das desigualdades sociais já existentes, tendo em vista que a globalização exclui uma parcela da sociedade que não tem acesso digital.

A desigualdade é uma preocupação real em uma sociedade com tantas disparidades como o Brasil, Schwab (2016) argumenta que as assimetrias de informações podem gerar mais assimetrias de poder num mundo digital, onde aqueles com acesso aos dados poderiam ter mais vantagens, inclusive disponibilidade e a falta de inclusão.

Ainda é possível citar os desafios encontrados em patamares mundiais, conforme as contribuições de Santos *et al.* (2018), sendo estes:

- 1- Segurança e proteção digital: é um dos pontos mais temerosos pelos que pretendem incluir a indústria 4.0 em suas empresas e negócios;
- 2- Padronização: a utilização de dados requer com esses tenham heterogeneidade e uma compatibilidade para que possam ser trabalhados de maneira global e não apenas local;
- 3- Organização de trabalho: se faz necessário uma adaptação da organização para fomentar a criatividade e habilidade dos trabalhos, inclusive uma adaptação na interação homem-máquina;
- 4- Capacidade cognitiva: a especialização da mão de obra agora requer uma capacidade cognitiva que acompanhe os processos digitais e sistemas tecnológicos amplamente avançados;

---

<sup>13</sup> Conceição (2012) traz não apenas o Brasil nesse grupo de países periféricos, mas as regiões da Ásia, América Latina e Oriente Médio.

- 5- Pequenas e médias empresas (PME's): a inclusão das PME's na indústria 4.0 muitas vezes representa um alto investimento para estas, dificultando essa inserção e inovação em seus negócios.

Esses fatores elencados acima também são realidade no cenário brasileiro. E se tratando mais especificamente do Brasil ainda é possível elencar outros desafios, segundo CNI (2022, p.1):

Desafios que vão desde os investimentos em equipamentos que incorporem essas tecnologias, à adaptação de layouts, adaptação de processos e das formas de relacionamento entre empresas ao longo da cadeia produtiva, criação de novas especialidades e desenvolvimento de competências, entre outras.

Nessa direção, o país necessita de uma adaptação em diferentes esferas para que haja espaço para o desenvolvimento da indústria 4.0. Pereira e Simonetto (2018) também argumentam acerca de um projeto de desenvolvimento, da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), para que o país possa incorporar as inovações da última revolução industrial.

Esse projeto traz eixos que perpassam pela criação de um projeto de Indústria 4.0 com base no modelo alemão, a partir da criação de um modelo de programa para o Brasil, a busca de alianças com instituições alemãs, a criação de uma rede de testes e simulação, construção e alinhamento de linhas de fomento e, por último, o envolvimento das PME's (PEREIRA; SIMONETTO, 2018).

Diante de uma revolução industrial também fica claro que algumas mudanças irão ocorrer, como a necessidade de mão de obra capacitada para os novos sistemas e a extinção de alguns serviços/profissões. De acordo com Schwab (2016) as profissões mais propensas a serem extintas (com probabilidades entre 94% e 99%) são: operadores de telemarketing, responsável por cálculos fiscais, avaliadores de seguros e danos automobilísticos, árbitros, juízes e outros profissionais desportivos, secretários jurídicos, *hosts* e *hostesses* de restaurantes, *lounges* e cafés, corretores de imóveis, mão de obra agrícola, secretários e assistentes administrativos (exceto os jurídicos, médicos e executivo), entregadores e mensageiros.

Contudo, aqui cabem estudos e reflexões acerca das atividades econômicas desenvolvidas no país, e o tempo para adesão dessas tecnologias, capital para investimento e capacitação da mão de obra. Nesse sentido, Firjan (2016) traz que a adesão da indústria 4.0 no Brasil não apenas vai ocorrer de forma gradativa, como também não será homogênea em diferentes setores produtivos no país.

Ainda é possível citar características básicas também que precisam melhorar no Brasil e que são fundamentais para o desenvolvimento da indústria 4.0; como a educação, para que seja universal e de qualidade; redução das desigualdades, pessoal de renda e regional; além de políticas públicas direcionadas ao incentivo à industrialização, a partir de um Estado que compreenda o atual momento industrial e os empecilhos ainda existentes no país.

---

## 4 CONCLUSÕES

As revoluções industriais foram marcos na alavancagem do crescimento econômico, modificando os modos produtivos, aumentando a produtividade, requerendo mão de obra com novas habilidades (compatíveis com o novo sistema produtivo), impulsionando a produção e modificando os modos de organização das sociedades.

A indústria 4.0 começa a ser uma realidade mundial, contudo, assim como se dá as revoluções industriais e as mudanças dos processos produtivos, está sendo gradativa e de modo heterogêneo nos países em todo o continente. O que se concorda é que ela vem trazendo ganhos de escala exponenciais, futuramente uma redução nos custos, otimização da utilização dos recursos, crescimento e desenvolvimento.

Entre as características dessa última revolução industrial uma que ganha destaque é a velocidade, seja em entregar informação ou soluções, os produtos e serviços agora são customizados e os clientes podem realizar compras sem sequer se deslocarem de suas residências, processos que antes necessitariam de um deslocamento, como, por exemplo, pagamento em um banco, agora podem ser realizados a partir de um dispositivo móvel com acesso à internet.

A tecnologia e a informação utilizada pela indústria 4.0 demonstram aumento de produtividade como nunca vistos anteriormente. Contudo, no Brasil essa ainda se mostra uma realidade principiante, especialmente quando se considera as desigualdades socioeconômicas existentes, sendo especialmente preocupante que as desigualdades de renda já existentes se aprofundem com a evolução dessa indústria. O setor, conforme encontrado nos estudos, que mais se aproxima dessa quarta revolução industrial no país é o automobilístico.

Diante disso, um dos desafios que preocupam os estudiosos, principalmente nos países em desenvolvimento, é de que o alastro dessa industrialização digital alargue as desigualdades socioeconômicas já existentes, tendo em vista que muitos no Brasil nem sequer possuem acesso a tecnologias de revoluções industriais anteriores, como é o caso de acesso à eletricidade, água potável, saneamento básico, smartphones, computadores e até mesmo a internet. Ou seja, a

Revolução Industrial I ainda nem se deu por completo no país, dificultando uma conexão com a Quarta Revolução.

Ainda cabe colocar como uma preocupação no cenário brasileiro a especialização da mão de obra para a utilização das novas tecnologias e a inclusão dos pequenos empreendedores nesse ambiente, tendo em vista o grande número desses pequenos negócios na economia brasileira. O que também uma ligação direta com a necessidade de melhoria na educação e a necessidade do desenvolvimento de políticas públicas nesses âmbitos.

Ao decorrer da pesquisa notou-se que ainda há poucos estudos que analisem/contabilizem o impacto que já se deu da indústria 4.0 no Brasil, sendo estas uma das dificuldades para desenvolver uma análise da Quarta Revolução no país. Contudo, não há dúvidas de que muitos consumidores já estão inseridos no mundo virtual, e que a tendência é de que o mercado continue evoluindo em inovações e adquirindo esses novos processos produtivos e comerciais.

---

## REFERÊNCIAS

ABREU, Aline França; REZENDE, Denis Alcides. **Tecnologia da Informação Aplicada a Sistemas de Informação Empresariais**. 4 Ed. Editora Atlas: São Paulo, 2006.

ACORDI, Carla. **Os determinantes do crescimento econômico: uma análise do papel das exportações (2005-2011)**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Economia). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 81f. 2015.

ALBUQUERQUE, Arnon da Silva Cavalcanti. **Era das Máquinas: a indústria 4.0 e suas possíveis consequências sobre o emprego**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Centro Sócio Econômico e Departamento de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

AMARAL, Luis Mira. A sociedade da informação. **JD Coelho, A sociedade da**, 2007.

BARROS, Felipe França; CESAR, Francisco Ignácio Giocondo. Análise da influência da inovação e indústria 4.0 no crescimento econômico brasileiro frente aos brics. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 16227-16248, 2020.

BAUR, Cornelius; WEE, Dominik. **Manufacturing's next act**. McKinsey & Company, june 2015. Available in: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/manufacturings-next-act>. Access in: 14 oct. 2022.

BOETTCHER, M. Revolução Industrial -Um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0. **Linkedin**. Nov. 2015. Disponível em:

<https://pt.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-de-hist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher>. Acesso em: 02 Abr. 2022.

BONELLI, Regis. **Estado e Economia: Estado e Crescimento Econômico no Brasil**. Brasil: Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe – CEPAL/ Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA: abr. 2009.

BRITO, Eliane Pereira Zamith; BRITO, Luiz Artur Ledur; MORGANTI, Fábio. Inovação e o desempenho empresarial: lucro ou crescimento?. **RAE eletrônica**, v. 8, 2009.

BRITO, Elohá Cabreira; DATHEIN, Ricardo. **Indústria vs. Serviços modernos: a força motriz do crescimento no contexto da indústria 4.0**. [s.l.], ANPEC, [2022]. Disponível em: [https://www.anpec.org.br/sul/2022/submissao/files\\_I/i2-74a26171db571faa65586c9033788598.pdf](https://www.anpec.org.br/sul/2022/submissao/files_I/i2-74a26171db571faa65586c9033788598.pdf). Acesso em: 15 maio. 2023.

CAVALCANTI, Elmano Pontes. Revolução da informação: algumas reflexões. **Cadernos de Pesquisas em Administração-Programa de Pós-Graduação em Administração da FEA/USP**, v. 1, n. 01, p. 40-46, 1995.

CNI. Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/#:~:text=Sa%C3%BAde%20no%20Trabalho,%Quais%20s%C3%A3o%20as%20principais%20tecnologias%20da%20Ind%C3%A9stria%204.0%3F,ao%20longo%20das%20opera%C3%A7%C3%B5es%20industriais>. Portal da indústria, [s.l.], [2022]. Disponível em: Acesso em: 15 out. 2022.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à indústria 4.0**. 2016. Dissertação de Mestrado (Engenharia e Gestão Industrial) – Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Coimbra - FCTUC. Coimbra, jul. 2016.

COGGIOLA, Osvaldo. Da revolução industrial ao movimento operário. **As origens do mundo contemporâneo**. v. 9, n. 09, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/287205625\\_Revolucion\\_Industrial\\_e\\_Movimento\\_Operario\\_As\\_origens\\_do\\_mundo\\_contemporaneo](https://www.researchgate.net/publication/287205625_Revolucion_Industrial_e_Movimento_Operario_As_origens_do_mundo_contemporaneo). Acesso em: 14 maio. 2022.

CONCEIÇÃO, César Stallbaum. **Da Revolução Industrial à Revolução da Informação: uma análise evolucionária da industrialização da América Latina**. 2012. Tese de Doutorado (Economia com ênfase em Economia do Desenvolvimento) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre, 2012.

DATHEIN, Ricardo. Inovação e Revoluções Industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX. **Publicações DECON Textos Didáticos**, v. 2, p. 5-7, 2003.

ENCYCLOPEDIA. **Joseph Alois Schumpeter**. [s.l.] Economics: Biographies. 2018. Available in: <https://www.encyclopedia.com/people/social-sciences-and-law/economics-biographies/joseph-alois-schumpeter>. Access in: 8 out. 2022.

FERREIRA, Marcos José Barbieri; NERIS JUNIOR, Celso Pereira Uma avaliação dos impactos da Indústria 4.0 sobre o setor aeronáutico. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, p. e0200019, 2020.

- FIRJAN. **Indústria 4.0: Panorama da Inovação**. Firjan: [s.l.] Jun. 2016. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-1.htm>. Acesso em: 15 out. 2022.
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GRAGLIA, Marcelo Augusto Vieira; LAZZARESCHI, Noêmia. A Indústria 4.0 e o Futuro do Trabalho: Tensões e Perspectivas. **Revista Brasileira de Sociologia-RBS**, v. 6, n. 14, 2018.
- INSTITUTO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO PARA INDUSTRIA. **Princípios de um Plano para a Indústria 4.0 no Brasil**. Ed.862, 2018. Disponível em: [https://iedi.org.br/cartas/carta\\_iedi\\_n\\_862.html](https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_862.html). Acesso em: 07 Dez. 2019.
- LAMONICA, Marcos Tostes; FEIJÓ, Carmen Aparecida de. Crescimento e industrialização no Brasil: uma interpretação à luz das propostas de Kaldor. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 31, n. 1, p. 118-138, 2011.
- LIMA, Faíque Ribeiro; GOMES, Rogério. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, p. e0200023, 2020.
- MACHADO, Luiz Alberto. Revoluções industriais: do vapor à Internet das coisas. Cofecon[2016]. Disponível em: <http://www.cofecon.gov.br/2016/10/13/revolucoes-industriais-do-vapor-a-internet-das-coisas/>. Acesso em: 05 abr. 2022.
- MARQUES, Isaac Rosa; SOUZA, Agnaldo Rodrigues de. Tecnologia e humanização em ambientes intensivos. **Revista brasileira de enfermagem**, v. 63, p. 141-144, 2010.
- NAKABASHI, Luciano; SCATOLIN, Fábio Dória; CRUZ, Marcio José Vargas. Nível de atividade, inflação e política monetária: Investimento, Indústria e Crescimento Econômico Brasileiro. **Economia & Tecnologia** – Ano 02, Vol. 07 – Out./Dez. 2006.
- PAULA, Silvio da Rosa; UHR, Daniel de Abreu Pereira; UHR, Júlia Gallego Ziero. Evidências adicionais da relação entre empreendedorismo e crescimento econômico. **Estudos do CEPE**, n. 45, p. 127-142, 2017.
- PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018.
- REIS, Diego Araujo; GOMES, I. M. Capital Humano, Intensidade da Inovação e crescimento econômico no Brasil. In: **8th International Symposium on Technological Innovation**. 2017. p. 44-55.
- ROMEIRO, Ademar Ribeiro. História do crescimento econômico. In: Instituto de Economia. [2020]. Disponível em: <https://www.eco.unicamp.br/noticias/historia-do-crescimento-economico#:~:text=Desde%20a%20Revolu%C3%A7%C3%A3o%20do%20Neol%C3%ADtico,o%20crescimento%20econ%C3%B4mico%20se%20estanca>. Acesso em: 31 Mar. 2022.
- SAGIORO, Ricardo. Conhecimento, inovação e crescimento econômico: uma aplicação do Modelo de Solow ao Brasil. **ENCONTRO CIENTÍFICO DA CAMPANHA NACIONAL DAS ESCOLAS DA COMUNIDADE**, v. 2, 2004.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018.

SANTOS, Adriana B.A. dos; FAZION, Cíntia B.; MEROE, Giuliano P.S. de. Inovação: um estudo sobre a evolução do conceito de Schumpeter. **Caderno de Administração**, v. 5, n. 1, 2011.

SANTOS, Beatrice; ALBERTO, Agostinho; LIMA, Tânia; CHARRUA-SANTOS, Beatrice. 2018. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**. v. 4, n.1, p.111-124, 2018.

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

SILVA, DB da; SILVA, Ricardo Moreira da; GOMES, Maria de Lourdes Barreto. O reflexo da terceira revolução industrial na sociedade. **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Curitiba-PR, v. 23, 2002.

SILVA, Márcia Cristina Amaral da; GASPARIN, João Luiz. **A segunda revolução industrial e suas influências sobre a educação escolar brasileira**. Paraná: Universidade Estadual de Maringá, 2006. Disponível em: [https://timelinefy-space-001.nyc3.digitaloceanspaces.com/files/4/4\\_XOKIYEOCSTZD9YY7QDQBUIIPQICIPYEM.pdf](https://timelinefy-space-001.nyc3.digitaloceanspaces.com/files/4/4_XOKIYEOCSTZD9YY7QDQBUIIPQICIPYEM.pdf). Acesso em: 14 maio. 2022.

SILVA, Taiana Melo da et al. O novo ambiente de negócios em um “mundo plano”: A influência estratégica das Tecnologias da Informação e Comunicação. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, v. 2, n. 1, p. 1-14, 2008.

SOUZA, Leonardo Antonio Martins de; RAMOS, Nicolle Christine Sotsek. Indústria 4.0: Uma Revisão Sistemática da Literatura Nacional. **XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. Santa Catarina, out. 2017.

SOUZA, Ludmilla. Indústria 4.0 poderá impactar PIB em 28% até 2030, estima ministro. Agência Brasil, São Paulo, maio. 2018. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-05/industria-40-podera-impactar-pib-em-28-ate-2030-estima-ministro>. Acesso em: 15 jun. 2022.

SOUZA, Nali de Jesus. Modelos Neoclássicos de Crescimento Econômico. *In*: SOUZA, Nali de Jesus. **Desenvolvimento Econômico**. São Paulo: Atlas, 2005. p.1-13.

VIANA, Giomar; LIMA, Jandir Ferrera de. Capital humano e crescimento econômico. **Interações (Campo Grande)**, v. 11, p. 137-148, 2010.

VIEIRA, Flávio Vilela et al. **Indústria e crescimento: análise de painel**. São Paulo: Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo, 2013.

VIEIRA, Flávio Vilela; AVELLAR, Ana Paula; VERÍSSIMO, Michele Polline. Indústria e crescimento econômico: evidências para países desenvolvidos e em desenvolvimento. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 34, p. 485-502, 2014.

VILELA JÚNIOR, Ison; DELFINO, Alzemar José. **Relação entre PIB, EMPREGO E RENDA: um estudo comparativo entre dados nacionais e o município de Ituiutaba – MG**. FACIP-UFU – Faculdade de Ciências Integradas do Pontal: Ituiutaba, jul. 2018.

Disponível em:

<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/23849/3/Rela%C3%A7%C3%A3oPIBEmprego.pdf>. Acesso em: 1 out. 2022.

JACKSCYHEL FÉLIX SILVA DE LIMA

**A IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL: desafios e perspectivas**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Ciências Econômicas do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovado em: 22/03/2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Marcio Miceli Maciel de Sousa (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. José Valdecy Guimarães Júnior (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Me. José Cícero Castro (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco