

## INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A INDÚSTRIA BRASILEIRA

### INDUSTRY 4.0: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR THE BRAZILIAN INDUSTRY

Alessandro Takayama<sup>1</sup>  
Andre Marcelo Panhan<sup>2</sup>

**RESUMO:** A Indústria 4.0 é um dos conceitos que mais cresce em todo o mundo, combinando o mundo físico e digital, que tem modificado não apenas a indústria de manufatura e inovação, mas a todos os setores produtivos e organizações, criando perspectivas e possibilidades. No Brasil, esse processo caminha de forma lenta, principalmente pelas dificuldades encontradas pelas indústrias nacionais em investir em inovação para melhoria de seus processos. No entanto, impulsionada pela competitividade interna e principalmente a global, tem motivado estas indústrias a acelerar este processo por busca de inovação. Com base neste cenário, surgiram algumas iniciativas públicas que também estão sendo implantadas, tais como o Decreto nº 10.534, de 2020 que Institui a Política Nacional de Inovação, a instituição da Câmara de Inovação e a Câmara Brasileira da Indústria 4.0, demonstrando assim, o início de uma implementação de uma política de inovação tecnológica para o Brasil. Neste artigo, analisou-se por meio de pesquisa bibliográfica o conceito da Indústria 4.0, suas tecnologias e sua aplicabilidade na indústria nacional sob este contexto. Buscando identificar os desafios e as oportunidades dentro deste novo cenário.

1797

**Palavras-chave:** Indústria 4.0.4<sup>a</sup>. Revolução Industrial. Tecnologia utilizadas nas Indústrias.

**ABSTRACT:** Industry 4.0 is one of the fastest growing concepts in the world, combining the physical and digital world, which has changed not only the manufacturing and innovation industry, but all productive sectors and organizations, creating perspectives and possibilities. In Brazil, this process moves slowly, mainly due to the difficulties encountered by national industries in investing in innovation to improve their processes. However, driven by internal and mainly global competitiveness, it has motivated these industries to accelerate this process in search of innovation. Based on this scenario, some public initiatives emerged that are also being implemented, such as Decree No. beginning of an implementation of a technological innovation policy for Brazil. In this article, the concept of Industry 4.0, its technologies and its applicability in the national industry in this context were analyzed through bibliographic research. Seeking to identify the challenges and opportunities within this new scenario.

**Keywords:** Industry 4.0, 4<sup>a</sup>. Industrial Revolution. Technologies used by Industries.

<sup>1</sup>Possui formação em Sistemas de Informação pela Universidade Paulista – UNIP, Pós-graduado em Gestão Estratégica de Tecnologia da Informação pelo Instituto Federal de São Paulo,

<sup>2</sup>Possui graduação em Tecnologia em Processamento de Dados pela Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas, e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas, Foi Pesquisador Colaborador na Universidade Estadual de Campinas, e atualmente é docente do Instituto Federal de São Paulo.

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Considerações Iniciais

As mudanças tecnológicas não param de acontecer e cada vez mais presentes e com grande influência nos processos produtivos nas indústrias, de forma marcante, a integração e o uso constante destas tecnologias são as principais características da Indústria 4.0. Com isso, muitos impactos e grandes desafios acabam surgindo nas empresas nesta era de grande transformação.

A primeira revolução industrial ocorreu há mais de 300 anos, ao final do século XVIII com a substituição das pessoas e animais pela força mecânica.

A produção manufaturada fora substituída por máquinas, ganhando assim, mais produtividade no processo de fabricação, principalmente a fabricação destinada a materiais de consumo.

No início do século XX ocorreu a segunda revolução industrial. Segundo Almeida (2005), a Segunda Revolução Industrial era baseada nas transformações oferecidas pela eletricidade e pela química, com o aprimoramento das tecnologias já oriundas da primeira revolução. Foram aperfeiçoadas e passaram a utilizar a energia elétrica para abastecimento, proporcionando ainda mais agilidade nos processos de fabricação dando origem há um novo formato na linha de produção, possibilitando assim, o desenvolvimento de novas tecnologias que foram tornando as linhas de produção mais rápidas e eficientes.

Período, também, que foi introduzido o telefone e o telégrafo, viabilizando assim a comunicação de massa, propiciando a troca de informações de forma rápida e segura.

Na década de setenta ocorreu a terceira revolução industrial, denominando-se como a era da revolução tecnológica. A substituição da tecnologia mecânica pela tecnologia digital no processo industrial.

Com o surgimento da computação e da internet, inicia-se a era da informação, com acesso rápido às informações que se propagou de forma fácil e rápida, contribuindo de forma expressiva no ganho de produtividade. De fato, foi a era da comunicação, aproximando o mundo e mudando o conceito de distância.

Esse nível de informação nos leva à uma nova etapa do processo de transformação e desenvolvimento industrial, a Indústria 4.0 ou Revolução Industrial 4.0, marcada por ser

sinônimo de inovação que engloba as principais tecnologias existentes dos campos de automação, controle e tecnologia da informação, aplicadas aos processos de manufatura.

Pela busca da eficiência e produtividade, fatos marcantes ocorreram ao longo do tempo. Cada tecnologia e ferramenta tiveram uma razão para ser desenvolvida e são consideradas como marcos destas grandes revoluções.

A evolução na era digital, trouxe mudanças culturais e sociais e ficará marcada pela capacidade de unir as tecnologias físicas, biológicas e digitais. A união de máquinas inteligentes e profissionais qualificados resultam em mais eficiência. Parceria esta, marcante nesta quarta onda da Revolução Industrial.

## 1.2 Objetivo Geral

O objetivo geral deste artigo é abordar o conceito de Indústria 4.0, apresentando um referencial teórico sobre a sua evolução, suas tecnologias e seus fundamentos, bem como sua inserção na indústria brasileira, buscando-se um paralelo sobre os desafios e oportunidades geradas por esta grande transformação.

## 2 Revisão da Literatura

1799

Esse capítulo tem como objetivo apresentar os principais acontecimentos que influenciaram no desenvolvimento do artigo.

### 2.1 Revolução Industrial

A primeira revolução industrial ocorreu ao final do século XVIII, com substituição da energia produzida por pessoas e animais em força mecânica, sob a forma de caldeiras e máquinas a vapor, o que resultou, entre outros avanços materiais, no impulso dado às indústrias manufatureiras, com principal destaque para o setor têxtil, caracterizado pela elevada capacidade de produção (SCHUH *et al.*, 2015).

O trabalho manual foi gradativamente substituído pelas máquinas movidas pela força hidráulica, que posteriormente passaram a ser movidas pela máquina a vapor, inventada por Thomas Newcomen (1664-1729) e aperfeiçoada por James Watt (1736-1819) (ALMEIDA, 2019).

As indústrias de ferro e aço ganharam impulso com a invenção do alto forno. As cidades cresceram em função das pessoas que migraram dos campos para trabalharem nas fábricas. A invenção do telégrafo por Samuel Morse (1791-1872), os trabalhos no campo da eletricidade promovidos por Georg Simon Ohm (1787-1854) e no eletromagnetismo por Michael Faraday (1791-1867) foram o marco inicial para mudanças que impactariam o mundo para sempre (SCHUH et al., 2015).

Com a chegada da eletricidade e dos motores de combustão interna. Já no final do século XIX o telefone desenvolvido por Alexander Graham Bell (1847-1922), o telégrafo sem fio por Guglielmo Marconi (1874-1937), e os carros desenvolvidos por Karl Friedrich Michael Benz (1844-1929) e Gottlieb Wilhelm Daimler (1834-1900) encurtaram distâncias e foram decisivos para marcar a nova era de avanços tecnológicos. Marcando assim, a chamada segunda revolução industrial. Com o aprimoramento das tecnologias já oriundas da primeira revolução através da aplicação da energia elétrica para abastecimento, proporcionando ainda mais agilidade nos processos de fabricação dando origem a um novo formato na linha de produção, conhecidas como linhas de produção em massa (ALMEIDA, 2019).

Na segunda metade do século XX, surgiu a terceira revolução industrial, denominando-se como a era da revolução tecnológica. Surge um novo tipo de energia cujo potencial supera seus antecessores, a energia nuclear. Surgem também o transistor e o microprocessador e com isso a substituição da tecnologia mecânica pela tecnologia digital no processo industrial, o que abriu caminho para a automação de processos repetitivos que antes eram executados por pessoas, agora passa a ser executada por máquinas, controladas por chip's e computadores, processo este, que não seria possível sem a criação do sistema binário, desenvolvido pelo alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) no século XVII, aperfeiçoado por George Boole (1815-1864) com a álgebra booleana anos mais tarde. Uma lógica composta por 1 e 0, verdadeiro (true), falso (false) ou “ligado” e “desligado”, sendo a base do sistema digital que é utilizado até hoje (BRANDÃO, NEVES, 2021).

Adiante no tempo, com o surgimento da computação e da internet, inicia-se a era da informação, com acesso rápido às informações que se propagou de forma rápida e fácil, contribuindo de forma expressiva no ganho de produtividade.

A evolução na era digital, trouxe mudanças culturais e sociais e ficará marcada pela capacidade de unir as tecnologias físicas, biológicas e digitais.

Atualmente, quase todas as tarefas envolvem o uso de um computador, ou algum dispositivo eletrônico conectado a redes de comunicação. Sistemas financeiros, mercados eletrônicos, jogos até a área da saúde..., praticamente todos os setores fazem uso de algum sistema informatizado. Na indústria não seria diferente, ela utiliza a tecnologia disponível como base para integração de todos os seus processos.

Na corrida pela busca da eficiência e produtividade, novas tecnologias e ferramentas foram desenvolvidas e são consideradas como marcos nesta nova revolução. (SACOMATO, SÁTYRO, 2018)

A **Figura 01** ilustra o desenvolvimento das tecnologias características de cada uma das quatro revoluções industriais



Fonte: Adaptado de Bloem et al (2014).  
 Figura 01 – Estágios das Revoluções Industriais.

## 2.2 A Quarta Revolução

Uma grande transformação nos processos de manufatura e a forma como as empresas interagem dentro da cadeia de valor, são pontos marcantes pela Quarta Revolução Industrial ou Revolução 4.0. Com o avanço de novas tecnologias, tudo passa a ser mais intuitivo e dinâmico, tornando os processos mais ágeis e eficientes, alcançando o conceito de fábricas inteligentes.

A I.4.0 cria um ecossistema digital, no qual as empresas passam a trocar dados e informações em um ambiente robusto e com infinitas possibilidades em sua cadeia de valor. Com uma interação totalmente nova na relação entre fornecedores, parceiros e clientes. (COLLABO; 2016)

Essa conexão entre máquinas em tempo real com a possibilidade da criação de redes inteligentes controlando todos os módulos de produção e de forma a prever falhas é um dos conceitos básicos da indústria 4.0 (IND4.0, 2019).

De acordo com Hermann (2015) a I.4.0 é respaldada por 6 princípios:

- **Interoperabilidade:** a capacidade de máquinas, dispositivos, sensores e pessoas de conectar e comunicar através da Internet das Coisas (IoT) e Computação em Nuvem.
- **Descentralização:** a habilidade de sistemas ciber-físicos de tomar decisões por conta própria e executar tarefas da forma mais autônoma possível.
- **Orientação ao serviço:** a habilidade de sistemas ciber-físicos de ajudar humanos ao agregar e visualizar informações sobre a fábrica e, então, sugerir soluções. Além da capacidade de apoiar fisicamente os seres humanos em tarefas exaustivas ou inseguras.
- **Virtualização:** a habilidade de sistemas de informação de criar cópias virtuais das fábricas inteligentes, permitindo a rastreabilidade e monitoramento remoto de todos os processos.
- **Capacidade em tempo real:** coleta e análise de dados e entrega de conhecimento de forma instantânea, permitindo a tomada de decisões em tempo real.
- **Modularidade:** adaptação flexível das fábricas inteligentes para requisitos mutáveis através da reposição ou expansão de módulos individuais

---

1802

O mundo físico, biológico e digital converge constituindo um ambiente caracterizado por linhas de produção personalizadas. Através da combinação de tecnologias emergentes como Big Data & Analytics, Inteligência Artificial, Internet das Coisas, Processamento em Nuvem, Integração de Sistemas, Simulação, Realidade Virtual e Aumentada, Manufatura aditiva, Robôs Autônomos e Cibersegurança.

### 2.3 – Tecnologias da Indústria 4.0

O termo “Indústria 4.0” foi usado pela primeira vez na Hannover Messe, uma das maiores feiras de negócios do mundo, dedicada ao desenvolvimento industrial. Em outubro de 2012, o Grupo de Trabalho presidido por Siegfried Dais (Robert Bosch GmbH) e Henning Kagermann (German Academy of Science and Engineering) apresentaram um conjunto de recomendações para implementação da Indústria 4.0 ao Governo Federal Alemão (IND4.0, 2019).

Em abril de 2013, novamente na Feira de Hannover, o relatório final do Grupo de Trabalho da I.4.o foi apresentado, propondo uma verdadeira revolução colaborativa nos processos produtivos, criando cadeias de valor agregado revolucionárias.

De acordo com relatório apresentado pelo Boston Consulting Group (BCG) são nove as tecnologias aplicadas à I.4.o. Robôs Inteligentes, Simulação Virtual, Integração Horizontal e Vertical dos Sistemas, Internet das Coisas, Big Data & Analytics, Cloud Computing, Segurança Cibernética, Realidade Aumentada e Ética.

### 2.3.1 – Robôs Inteligentes

Os robôs colaborativos são capazes de realizar inúmeras funções e de forma repetitiva além de serem adaptáveis às necessidades das fábricas. Podem se adequar facilmente às demandas da empresa, seja em função, seja em quantidade de trabalho. (GAMERO, 2018).

Possuem capacidade para coletar informações de seu ambiente, atuar sem intervenção humana, executar tarefas repetitivas, difíceis e pesadas, deixando para o ser humano tarefas com viés mais estratégicos. Possuem capacidade de aprendizado através de Inteligência Artificial (IA), criando habilidades sem necessidade de ajuda humana, ou seja, ser independentes.

Os robôs industriais como métodos econômicos os quais reduzem falhas humanas, eliminam desperdícios, melhoram a produtividade e geram resultados na qualidade dos produtos, segundo o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial.

### 2.3.2 – Manufatura Aditiva

A Manufatura Aditiva (MA) ou prototipagem rápida, conhecida também como Impressão 3D, refere-se ao conjunto de processos que produzem peças a partir da *adição* de material, geralmente camada sobre camada (VOLPATO, 2017).

A ISO / ASTM 52900 (2015) define a manufatura aditiva como “processo de junção de

De acordo com Gonçalves (2020), os processos de MA permitem a produção de peças com *designs* inovadores, impossíveis muitas vezes de serem fabricadas por processos convencionais, além de permitir também uma economia de matéria prima e a redução de custos de produção principalmente para pequenos lotes de peças com geometria complexa e

customizadas. Diversos setores já estão empregando processos de MA, como os setores automotivo, aeroespacial, construção civil, biomateriais, indústria metalomecânica, entre outros.

Para a fabricação de uma peça por manufatura aditiva é necessária a obtenção de um modelo em três dimensões da peça, criado por meio do desenho em um software, que é processada e transferida para o equipamento de manufatura aditiva, que executa a construção da peça camada por camada e proporciona o desenvolvimento de produtos por meio de fatores como rapidez de produção e precisão dimensional, além de possibilitar a construção de modelos de geometrias complexas (VOLPATO, 2017).

O tempo necessário para impressão de um objeto é um fator de desvantagem no processo de impressão 3D, por este motivo vem sendo muito utilizado para a fabricação de produtos personalizados, fabricação de baixa escala, moldes para a fabricação de outros produtos ou apenas a produção de um objeto apenas (BRANDÃO, NEVES, 2021).

As tecnologias de Manufatura Aditiva mais difundidas existentes hoje são:

- **Fused Deposition Modeling (FDM):** Modelagem por Fusão e Deposição de Material Deposição Fundida. A matéria prima de fabricação é um rolo de filamento de termoplástico que é aquecido em um bico de extrusão e extrudado sobre uma base em posições determinadas pelo software da impressora. Tem como característica a simplicidade e economia na impressão, sendo o mais difundido mundialmente;
- **Selective Laser Sintering (SLS):** Sinterização Seletiva a Laser, nesse processo tecnologia de impressão 3D baseada em pó que usa um laser para fundir camadas de material em uma peça final, que geralmente é de *nylon*, por um laser, sendo assim adicionado ao plano de impressão. Tem como vantagem maior definição da peça em comparação à impressão FDM;
- **Stereolithography (SLA):** O processo denominado como estereolitografia se baseia no mesmo princípio da SLS, porém com um custo até dez vezes menor, onde é utilizada resina fotossensível como componente de impressão e um feixe a laser para realização da cura da resina. usando processos fotoquímicos pelos quais a luz faz com que monômeros e oligômeros químicos se cruzem para formar polímeros.
- **Direct Metal Laser Sintering (DMLS):** Nesse processo é utilizado metal em pó e um laser com potência suficientemente alta para a realização do processo de fundição do material. Seu princípio de funcionamento é equivalente à SLS;
- **Electron Beam Melting (EBM):** Nesse processo é utilizado um feixe de elétrons e como material uma liga de titânio geralmente liga de titânio grau 5 ou Ti6Al4V.



A manufatura aditiva ainda é um processo em desenvolvimento, e apresenta vantagens a otimização de energia e matéria prima, além da redução de custos para a produção de protótipos (VOLPATO, 2017).

### **2.3.3 – Simulação Virtual**

A Simulação virtual ou gêmeos digitais podem ser entendidos como a “imitação” de uma operação, objeto, maquinário ou de um processo produtivo do mundo real. Isto é realizado através de simulações. Em outras palavras, com os gêmeos digitais, é possível avaliar hipóteses sem necessariamente implementá-las, pois essa possibilidade de criar e simular processos desejados permite conferir quão representativas seriam as mudanças no sistema real, colaborando, dessa forma, com a tomada de decisões e, conseqüentemente, acarretando uma série de vantagens competitivas às organizações (MOURA, 2018).

Os softwares de construção de gêmeos digitais são capazes de testar cenários e apontar mudanças que tornam os processos mais eficientes. A simulação baseada na computação vem conseguindo eliminar os altos custos de processamento e a mais nova geração de softwares vem apresentando reduções consideráveis no tempo necessário para a construção dos gêmeos digitais. Além disso, muitas empresas possuem recursos disponíveis, os quais, quando corretamente empregados, podem trazer significativa melhoria tanto em produtividade, qualidade e adicionando criatividade ao processo de resolução de problemas (MOURA, 2018).

1805

Em suma, simulações virtuais permitem que os processos e produtos sejam testados e ensaiados durante a fase de concepção, reduzindo custos com falhas e o tempo de projeto (ALMEIDA, 2019).

A prática em um cenário similar ao real, oferece a experiência prévia necessária para uma rotina profissional com maior produtividade. Com Simuladores Virtuais a fixação do aprendizado é superior a outras metodologias de ensino.

### **2.3.4 – Integração Horizontal e Vertical dos Sistemas**

A integração horizontal garante que as máquinas, os dispositivos IoT e os processos de engenharia funcionem em conjunto de forma contínua. Por outro lado, a integração vertical permite o uso de dados de produção para os negócios, recrutamento e outras decisões ao possibilitar a comunicação entre a rede do chão de fábrica integrada

horizontalmente e ou sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (em inglês *Enterprise Resource Planning -ERP*).

A integração vertical se refere à capacidade de integrar, reconfigurar e flexibilizar os processos produtivos, desde o desenvolvimento de produtos até a manufatura. Permitindo maior agilidade na reconfiguração, tanto do sistema de manufatura, quanto do sistema de produção.

Trata-se da integração de Sistemas de TI em vários níveis hierárquicos de produção e manufatura.

Esses níveis hierárquicos são respectivamente:

- **o nível de campo ou chão de fábrica:** interface com o processo de produção por meio de sensores e atuadores;
- **o nível de controle:** regulação de máquinas e sistemas;
- **o nível de linha de processo ou o nível de processo de produção real:** que precisa ser monitorado e controlado;
- **o nível de operações:** planejamento de produção, gerenciamento de qualidade e assim por diante;
- **o nível de planejamento empresarial ou corporativo:** gerenciamento e processamento de pedidos, planejamento de produção etc.

A **Figura 02** – Integração Vertical de Sistemas, apresenta uma integração vertical de sistemas através de níveis hierárquico, permitindo que todos os níveis da fábrica estejam conectados, do chão de fábrica até os executivos.



Fonte: Adaptado de I-Scoop et al (2017).

**Figura 02** – Integração Vertical de Sistemas

As soluções e tecnologias típicas na integração vertical são:

- **PLCs:** Responsáveis por controlar os processos de fabricação e se encontram no nível de controle;
- **SCADA:** Sistema que permite monitorar, controlar e supervisionar várias tarefas de nível de produção;
- **MES:** É um sistema de execução de fabricação para o gerenciamento do nível operacional da planta;
- **ERP:** É o sistema inteligente da empresa para o nível de planejamento empresarial, o nível mais alto da hierarquia.

A integração horizontal se refere ao compartilhamento de dados e informações entre os diversos sistemas de informação, dispositivos e softwares que suportam a atividade produtiva. Dessa forma, a coleta, o tratamento e a análise de dados ajudam a aumentar a precisão e a velocidade da tomada de decisões na indústria.

A integração dos processos produtivos pode ir além da própria fábrica, conectando-se com parceiros externos, buscando entregar um melhor serviço aos clientes. Todas as etapas podem e devem ser automatizadas para integração (I-SCOOP, 2017).

Na indústria 4.0, ao invés de olhar só para o próprio processo industrial, estamos falando de uma visão global da cadeia produtiva, envolvendo todas as partes interessadas. Ou seja, o desenvolvimento de processos altamente independentes e interativos, com mais partes interessadas, muito mais processos, dados e assim por diante, contribuindo assim, para a redução de custos, criação de valor, velocidade no atendimento e nas operações e a possibilidade de se criar ecossistemas horizontais de valor com base em informações.

1807

### 2.3.5 – Internet das Coisas (IoT)

A Internet das coisas (IoT) é definida como sendo a conexão avançada entre dispositivos, de um sistema ou até mesmo um serviço que tem a capacidade de enviar e receber informações através de uma rede de dados (BRANDÃO, NEVES, 2021).

Comunicação e identidade digital entre os diversos dispositivos IoT é realizada através das seguintes tecnologias (VIERA *et al.*, 2007):

- **RFID** (**—Radio-Frequency IDentification**), identifica, recupera e armazena os dados por meio de radiofrequência
- **Bluetooth e NFC** (do inglês, **Near Field Communication**) troca de informações por dispositivos próximos.

A otimização do processo de produção da indústria é o principal motivo para a aplicação da IoT na linha de produção das fábricas (I-SCOOP, 2017).

De acordo com Venturelli (2021), a utilização da IoT traz vantagens como redução de operações ou paradas, melhoria do uso do ativo, redução de operações ou custo do ciclo do ativo, melhoria do uso do ativo – performance, melhoria da produção, aumento da rapidez na tomada de decisões, oportunidade para novos negócios e permitir venda ou compra de produtos como serviço.

A eficiência operacional, pode aumentar em até 30% a produtividade da indústria, através da automação e a conectividade (ACCENTURE, 2015).

A combinação de Internet das Coisas e a indústria, ainda permite aumentar o conhecimento através dos dados coletados. Permitindo assim, mais assertividade nas decisões que essa indústria tem que tomar. Além de ser uma importante ferramenta, onde muitas empresas, mantém os dados coletados em sigilo, para que sejam utilizados no desenvolvimento de novos produtos e serviços ou na melhoria contínua dos já existentes (VENTURELLI, 2021).

### 2.3.6 – Big Data & Analytics

O conceito de Big Data, segundo a Oracle (2021), é um conjunto de dados maior e mais complexo, especialmente de novas fontes de dados. Esses conjuntos de dados são tão volumosos que o software tradicional de processamento de dados simplesmente não consegue gerenciá-los. No entanto, esses grandes volumes de dados podem ser usados para resolver problemas de negócios que não eram possíveis ser resolvidos antes.

O *Big Data* é também conhecido como 5 V's do Big Data.

- **Volume:** Processar grandes volumes de dados não estruturados de baixa densidade, podendo alcançar dezenas de terabytes de dados ou até centenas de petabytes;
- **Velocidade:** Taxa mais rápida na qual os dados são recebidos e processados;
- **Variedade:** Vários tipos de dados disponíveis. Tipos de dados não estruturados e semiestruturados, como texto, áudio e vídeo, exigem um pré-processamento adicional para obter significado e dar suporte a metadados
- **Veracidade:** Fontes de dados e a veracidade dos dados que estão sendo adquiridos e manipulados;

- **Valor:** Dados possuem valor intrínseco.

O conceito de Big Data remonta às décadas de 1960 e 1970, quando o mundo dos dados estava apenas começando, com os primeiros data centers e o desenvolvimento do banco de dados relacional (ORACLE, 2021).

O Big Data é um processo de análise e interpretação de um grande volume de dados armazenados remotamente. Os dispositivos móveis, as redes sociais e a Internet das Coisas (IoT) estão aumentando a complexidade e as fontes de dados. Por exemplo, os dados podem ser obtidos por meio de sensores, dispositivos, vídeo/áudio, redes, arquivos de log, aplicativos transacionais, web e mídias sociais., sendo que grande parte dos dados é gerada em tempo real e em uma escala muito grande (ORACLE, 2021).

A análise de Big Data permite que analistas, pesquisadores e usuários de negócios tomem decisões melhores e mais rápidas usando dados que antes eram inacessíveis ou inutilizáveis. As empresas podem utilizar técnicas avançadas de análise, como análise de texto, *machine learning*, análise preditiva, mineração de dados, estatística e processamento de linguagem natural para obter novos insights a partir de fontes de dados previamente não exploradas de forma independente ou junto a dados corporativos existentes (ORACLE, 2021).

### 2.3.7 – Cloud Computing

A Cloud Computing, também conhecida como computação em nuvem, permite o acesso ao banco de dados e suporte de qualquer local do planeta, permitindo a integração de sistemas e plantas em locais distintos, mesmo que distantes fisicamente, da mesma forma o controle e o suporte podem ser efetuados de maneira global (IND4.o, 2019).

Assim, através da computação em nuvem é possível que, as informações armazenadas na internet possam ser acessadas de qualquer dispositivo. Isso é possível porque em vez de armazenar a informações em um computador local, as informações ficam em um servidor externo, servidor em Nuvem.

Este modelo permite aos usuários provisionar e liberar recursos sob demanda. Recursos podem ser redimensionados para cima ou para baixo automaticamente, dependendo da carga. São acessíveis em uma rede com segurança adequada e os provedores de serviços em nuvem podem ativar um modelo de pagamento conforme o uso, em que os clientes são cobrados com base no tipo de recursos e por uso (AZURE, 2021).

Os serviços em nuvem são divididos em três diferentes tipos (AZURE, 2021):

- **Nuvem Pública:** Os recursos de nuvem (como servidores e armazenamento) pertencem a um provedor de serviço de nuvem terceirizado, são operados por ele e entregues pela Internet;
- **Nuvem Privada:** Pode estar localizada fisicamente no datacenter local da organização ou pode ser hospedada por um provedor de serviços terceirizado. Os serviços e a infraestrutura são sempre mantidos na rede privada e o hardware e o software são dedicados unicamente a própria organização;
- **Nuvem híbrida:** É a combinação entre nuvem pública e privada.

### 2.3.8 – Realidade Aumentada

No processo de produção pode ser aplicada na operação de máquinas, facilitando o acompanhamento da produção. (IND4.0, 2019)

De acordo com a Ciser (2021), ela permite substituir manuais impressos e em PDF por orientações interativas que facilitam muito o trabalho do operador, e agiliza o processo de manutenção industrial com o mesmo benefício para a área de Manutenção Industrial. Aprimorar o conhecimento dos colaboradores da indústria através de programas de treinamentos e capacitações e pode ser utilizado para aprimorar produtos melhorando a experiência com o consumidor.

---

1810

Para Ciser (2021), as principais vantagens da Realidade Aumentada dentro da Indústria 4.0 são o aprimoramento de processos e procedimentos de fabricação: tornando boa parte dos processos produtivos da indústria mais fáceis, ágeis e precisos. A Melhora na produtividade dos funcionários obtendo assim mais eficiência e resultado em menor tempo. Uma diminuição nos custos de produção como consequência da melhora na produtividade, os custos de produção são reduzidos. A previsão de possíveis falhas e problemas com a facilidade de acesso a informações atualizadas e precisas permitem atuar de forma preventiva e não corretiva.

### 2.3.9 – Ética

Princípios universais, ações que acreditamos e não mudam independentemente do lugar onde estamos. Diferencia-se da moral pois, enquanto está se fundamenta na

obediência a costumes e hábitos recebidos, a ética, ao contrário, busca fundamentar as ações morais exclusivamente pela razão (IND4.0, 2019).

A ética incluía a maioria dos campos de conhecimento que não eram abrangidos na física, metafísica, estética, na lógica, na dialética e nem na retórica. Assim, a ética abrangia os campos que atualmente são denominados antropologia, psicologia, sociologia, economia, pedagogia, às vezes política.

Porém, com a crescente profissionalização e especialização do conhecimento que se seguiu à revolução industrial, a maioria dos campos que eram objeto de estudo da filosofia, particularmente da ética, foram estabelecidos como disciplinas científicas independentes (IND4.0, 2019).

Assim, é comum que atualmente a ética seja definida como a “área que se ocupa do estudo das normas morais nas sociedades humanas.” Para a indústria 4.0 a ética é de fundamental importância na transparência dos negócios, na cultura entre as empresas e na formulação dos preços das consultorias (IND4.0, 2019).

### 3. Metodologia

1811

Este trabalho constitui-se em uma pesquisa e revisão da literatura existente, onde foram buscadas informações e conceitos das Revoluções Industriais, com ênfase na Quarta Revolução, Indústria ou Revolução 4.0, e sua inserção e evolução na indústria nacional.

#### 2.3 A Indústria 4.0 no Brasil

As mais diversas consultorias têm estimado os impactos que o avanço da digitalização da economia poderá ter sobre a competitividade do País.

Segundo a ACCENTURE (2015), estima-se que a implementação das tecnologias ligadas à Internet das Coisas nos diversos setores da economia deverá impactar o PIB brasileiro em aproximadamente US\$ 39 bilhões até 2035. O ganho pode alcançar US\$ 210 bilhões, caso o País crie condições para acelerar a absorção das tecnologias relacionadas, o que depende de melhorias no ambiente de negócios, na infraestrutura, programas de difusão tecnológica, aperfeiçoamento regulatório etc.

A McKinsey, Figura 03 – Impacto da Indústria 4.0, estima que, até 2025, os processos relacionados à Indústria 4.0 poderão reduzir custos de manutenção de

equipamentos entre 10% e 40%, reduzir o consumo de energia entre 10% e 20% e aumentar a eficiência do trabalho entre 10% e 25%



Fonte: MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. Unlocking the potencial of the internet of things. jun. 2015.  
**Figura 03** - Impacto da Indústria 4.0

## 2.4 – Evolução da Indústria 4.0 no Brasil

De acordo com a CNI (2022), 69% das empresas industriais já utilizam pelo menos 1 tecnologia digital de uma lista que apresenta 18 aplicações diferente. Houve uma crescente em relação ao ano de 2016 quando esta mesma pesquisa foi aplicada, onde 48% das empresas faziam uso de alguma tecnologia digital de uma lista contendo 10 tecnologias digitais. Apesar deste aumento na adoção de pelo menos uma dessas tecnologias, a maioria das empresas ainda utilizam uma baixa quantidade de tecnologias digitais, indicando assim que ainda estamos em uma fase inicial do processo de digitalização, onde 26% utilizam entre 1 a 3 tecnologias e apenas 7% destas empresas industriais utilizam 10 ou mais.

A **Figura 04** – LISTA DAS 18 TECNOLOGIAS DIGITAIS PESQUISADAS

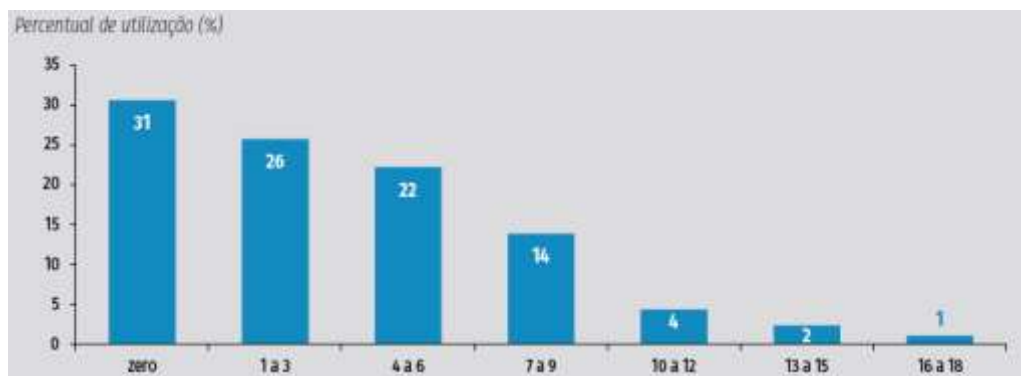
TECNOLOGIAS	
1	Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento e manufatura de produtos
2	Prototipagem rápida, impressão 3D e similares
3	Design assistido por inteligência artificial
4	Simulações/análise de modelos virtuais para projeto e comissionamento (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc.)
5	Automação digital sem sensores, uso de Controlador Lógico Programável (CLP) sem sensores
6	Automação digital com sensores para controle de processo
7	Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis
8	Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA*
9	Sistemas integrados de manufatura, como comunicação M2M (máquina-máquina)
10	Aplicações de Inteligência Artificial para soluções na fábrica
11	Simulação de processos e gêmeos digitais (Digital Twins)
12	Manufatura aditiva, robôs colaborativos (cobots)
13	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (big data) do processo produtivo
14	Inspeção da qualidade automatizada ou avançada
15	Ferramentas digitais que aumentam as capacidades dos trabalhadores (smart glasses, smart watches, etc.)
16	Incorporação de serviços digitais nos produtos (Internet das Coisas ou Product Service Systems)
17	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (big data) sobre o mercado; monitoramento do uso dos produtos pelos consumidores
18	Ferramentas digitais de relacionamento com o cliente (chatbots, atendimento ao cliente interativo, etc.)
	Projetos de manufatura por computador CAD/CAM (embora não seja considerada tecnologia digital, gostaríamos de saber se a empresa utiliza)

Fonte: Adaptado de CNI et al (2022).

**Figura 04** – LISTA DAS 18 TECNOLOGIAS DIGITAIS PESQUISADAS



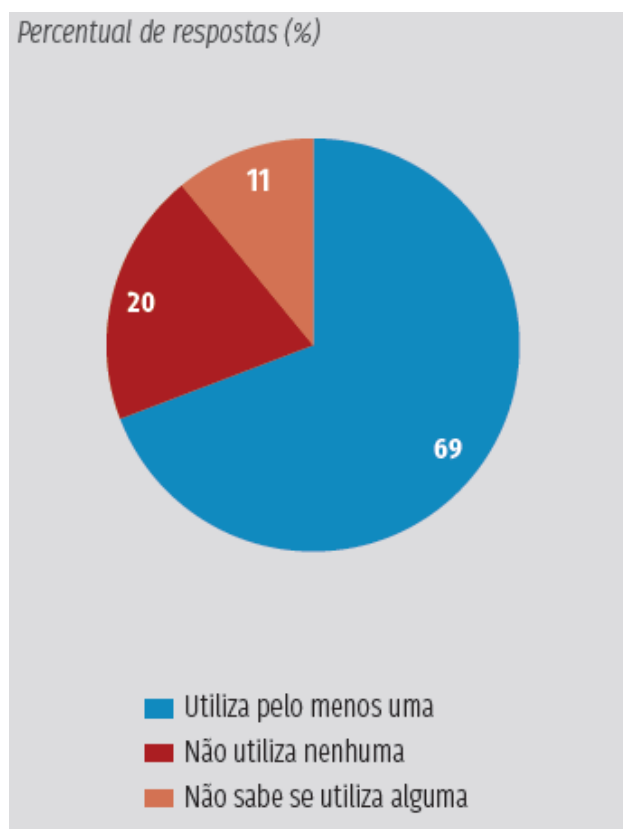
**A Figura 05** – Utilização por faixa de quantidade das tecnologias digitais



Fonte: Adaptado de CNI et al (2022).

**Figura 05** – Utilização por faixa de quantidade das tecnologias digitais

**A Figura 06** – Utilização de pelo menos uma das 18 tecnologias digitais apresentadas



Fonte: Adaptado de CNI et al (2022).

**Figura 06** – Utilização de pelo menos uma das 18 tecnologias

### 3.2 – Setores que mais empregam variedades tecnológicas no Brasil

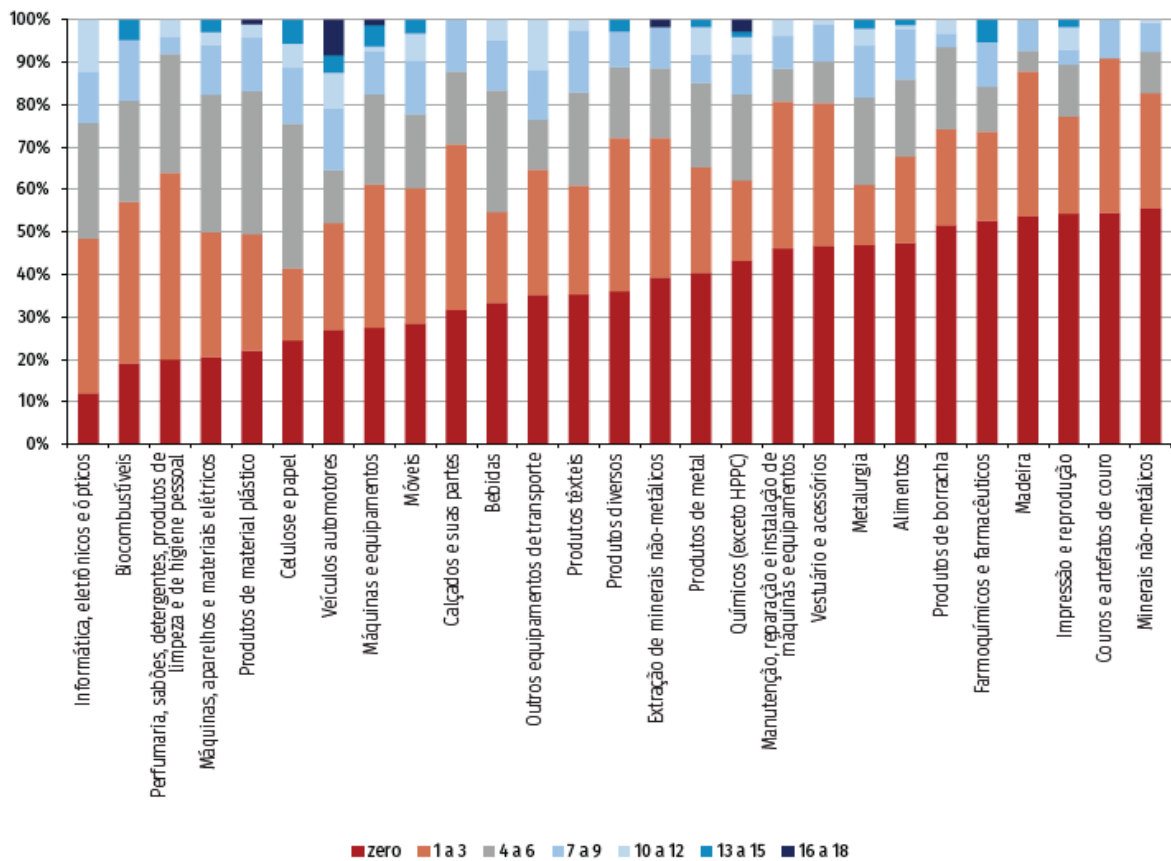
O setor que mais se destaca com 88% das empresas utilizando pelo menos uma tecnologia digital é a de Equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos, seguido pelo setor de Biocombustíveis (81%) e Sabões, detergentes, produtos de limpeza,

cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal (HPPC) (80%). Por outro lado, entre os setores onde há menos empresas utilizando pelo menos uma tecnologia digital, se encontram o de Produtos de minerais não metálicos (44%), seguido pelo de Couros e artefatos de couro (45%) e Impressão e reprodução de gravações (46%) (CNI, 2021).

No entanto, o setor de Veículos automotores, reboques e carrocerias se destaca como o setor com maior número de tecnologias digitais sendo utilizadas. Aproximadamente 8% das empresas do setor utilizam pelo menos 16 tecnologias digitais, seguido pelo setor de Químicos (exceto HPPC) com 3% para essa faixa de tecnologias utilizadas.

A **Figura 07** – Utilização por faixas de quantidade de tecnologias e por setor

Percentual de respostas por faixa de uso (%)



Fonte: Adaptado de CNI et al (2022).

**Figura 07** – Utilização por faixas de quantidade de tecnologias e por setor

### 3.3 - Utilização das tecnologias digitais nas Indústrias no Brasil

Foi percebido também que as tecnologias digitais com foco em melhoria do processo produtivo são as mais utilizadas, porém houve um aumento do uso de tecnologias que permitem maior customização de produtos desde 2016, onde o uso de automação com sensores aumentou de 8% em 2016 para 27% em 2021. E tecnologias mais complexas, como as que envolvem inteligência artificial quase não são utilizadas (CNI,2022).

De acordo com a CNI (2022), a utilização da Prototipagem rápida, impressão 3D e similares, outra tecnologia importante para a customização, teve aumento em sua utilização. Em 2016, até 5% das empresas utilizavam essa tecnologia, contra 16% em 2021.

Nota-se, que as tecnologias com maior complexidade como uso de inteligência artificial, como Design assistido por Inteligência Artificial (4%) e Aplicações de Inteligência Artificial para soluções na fábrica (9%), estão entre as menos adotadas pelas indústrias (CNI,2022).

A **Figura o8** – Utilização das tecnologias digitais na Indústria

Percentual de respostas (%)

Foco	Tecnologia	2016*	2021
Processo de produção/ gestão dos negócios	Automação digital com sensores para controle de processo	27	46
	Automação digital sem sensores, uso de Controlador Lógico Programável (CLP) sem sensores		39
	Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis	8	27
	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados ( <i>big data</i> ) do processo produtivo		21
	Inspeção da qualidade automatizada ou avançada		18
	Sistemas integrados de manufatura, como comunicação M2M (máquina-máquina)		17
	Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES** e SCADA	7	17
	Manufatura aditiva, robôs colaborativos ( <i>cobots</i> )		12
	Ferramentas digitais que aumentam as capacidades dos trabalhadores ( <i>smart glasses, smart watches, etc.</i> )		11
	Aplicações de Inteligência Artificial para soluções na fábrica		9
Desenvolvimento de produto	Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento e manufatura de produtos	19	33
	Prototipagem rápida, impressão 3D e similares		16
	Simulações/análise de modelos virtuais para projeto e comissionamento (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc.)	5	13
	Simulação de processos e gêmeos digitais ( <i>Digital Twins</i> )		3
Produto/novos modelos de negócios	Ferramentas digitais de relacionamento com o cliente ( <i>chatbots, atendimento ao cliente interativo, etc.</i> )		25
	Incorporação de serviços digitais nos produtos ( <i>Internet das Coisas ou Product Service Systems</i> )	4	14
	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados ( <i>big data</i> ) sobre o mercado; monitoramento do uso dos produtos pelos consumidores		13
	Design assistido por inteligência artificial		4

Fonte: Adaptado de CNI et al (2022).

**Figura o8** – Utilização das tecnologias digitais na Indústria

### 3.4 – Benefícios Identificados com a utilização de tecnologias digitais

Segundo a CNI (2022), os principais benefícios obtidos com o uso das tecnologias digitais são relacionados com as tecnologias que têm foco em processo produtivo, 7 a cada 10 empresas (72%) apontaram o Aumento da produtividade como um dos cinco principais benefícios obtidos pela empresa com o uso de tecnologias digitais, seguido por Melhora da qualidade dos produtos ou serviços e a Redução de custos operacionais, foram assinalados por cerca de 6 a cada 10 empresas (60%).

Os benefícios obtidos também mostram que as tecnologias digitais conseguem trazer soluções específicas para cada setor, o *Desenvolvimento de produtos ou serviços mais customizados* foi indicado principalmente em setores onde as características dos produtos permitem maior customização, como Máquinas, aparelhos e materiais elétricos (30%), Calçados e suas partes (29%), Veículos automotores, reboques e carrocerias (29%), Equipamentos de informática, produtos eletrônicos e outros (24%) entre outros (CNI, 2022).

A **Figura 09** – Benefícios obtidos ao adotar tecnologias digitais no Brasil



Fonte: Adaptado de CNI et al (2022).

**Figura 09** – Benefícios obtidos ao adotar tecnologias digitais no Brasil

### 3.5 - Barreiras Identificadas para implantação de tecnologias digitais

A maior barreira interna à empresa para a adoção de novas tecnologias é o alto custo de implantação, com 66% de assinalações seguido por estrutura e cultura da empresa com 26% e a falta de clareza na definição do retorno sobre o investimento com 25% (CNI, 2022).

Considerando o maior obstáculo à adoção de tecnologias digitais por porte de empresa, o alto custo de implementação foi percebido por todos os setores como sendo a maior barreira interna.

**A Figura 10** – Barreiras internas que dificultam a adoção das tecnologias digitais no Brasil



Fonte: Adaptado de CNI et al (2022).

**Figura 10** – Barreiras internas que dificultam a adoção das tecnologias digitais no Brasil

### 3.6 - Falta de mão de obra qualificada

A falta de mão de obra qualificada foi assinalada como a maior barreira externa à empresa com 37% seguido pela dificuldade em identificar tecnologias e parceiros com 33% e clientes e fornecedores ainda não preparados com 29% (CNI,2022).

Em 2016, as Linhas de financiamento voltadas para as tecnologias da indústria 4.0 apareciam em segundo lugar no ranking da pesquisa. Em 2019 foram criadas (Finep

InovaCred 4.0, BNDES Máquinas 4.0 e BNDES Serviços 4.0) e podem ter contribuído para uma mudança de percepção, onde em 2022, *Ausência de linhas de financiamento apropriadas* aparece em quarto lugar, empatada com *Infraestrutura de telecomunicações do país insuficiente*, onde cerca de 2 a cada 10 empresas (20%) apontaram esses entraves como uma das três principais barreiras externas que dificultam a adoção de tecnologias digitais (CNI, 2022).

**A Figura 11** – Barreiras externas que dificultam a adoção de tecnologias digitais no Brasil



Fonte: Adaptado de CNI et al (2022).

**Figura 11** – Barreiras externas que dificultam a adoção de tecnologias digitais no Brasil

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crise econômica da qual o Brasil ainda não se recuperou plenamente e os impactos da pandemia do novo coronavírus afetam diretamente a indústria, que hoje representa cerca de 11% do PIB do País, de acordo com dados da ABDI. É que este índice vem caindo. Na década de 80, por exemplo, a indústria representava mais do que 20% do PIB brasileiro.

No ranking liderado por Suíça, Suécia, e EUA, o Brasil aparece apenas na 62ª posição. Já no Índice Global de Competitividade da Manufatura, feito pela consultoria Deloitte, o Brasil caiu da 5ª posição em 2010 para a 29ª em 2016, em um ranking que avalia 40 países.

Embora a indústria 4.0 no Brasil possua uma tendência a ser bem-sucedida, de acordo com o último relatório *Readiness for the Future of Production Report*, elaborado pelo

Fórum Econômico Mundial (WEF), em 2018, o Brasil ocupa apenas a 41ª posição do ranking.

Segundo o relatório elaborado pelo WEF, a estrutura de produção do País possui baixa complexidade e, juntamente com Argentina e África do Sul, conta com os menores índices de preparo entre as nações do G20.

O Brasil segue sendo um grande atrativo para investimentos estrangeiros e pode se beneficiar de suas relações com outros países para facilitar a transferência de conhecimento e tecnologia.

Tem-se como motivação a Política Nacional de Inovação, instituída pelo Decreto nº 10.534 de 28 de outubro de 2020, cujo objetivo, de forma mais ampla, é articular as estratégias e ações de fomento à inovação no setor produtivo.

No Brasil, contamos com indústrias que possuem um alto nível de inovação e maturidade digital, como as dos setores farmacêutico, automobilístico, de alimentos e bebidas.

O agronegócio, possuem alta penetração das inovações tecnológicas em seus processos, mas ainda carecem, de forma geral, em conectividade, recurso fundamental para trazer mais eficiência ao setor.

1819

Conforme a VIA (2021), a transição para a indústria 4.0 é gradual. Muitas indústrias já utilizam alguns dos conceitos de manufatura digital, mas ainda não migraram totalmente. Isso ocorre devido alguns motivos, como:

- **Fornecedores desatualizados:** Toda a cadeia produtiva precisa se adaptar aos novos tempos e isso inclui os fornecedores da indústria. No entanto, em alguns setores, essa mudança tecnológica está ocorrendo de forma mais ágil e, em outros, de forma um pouco mais lenta. Equilibrar todos os setores é um grande desafio;
- **Investimentos altos:** Toda mudança exige um nível de investimento e, com a conjuntura econômica atual, muitas empresas ainda têm receio de investir, apesar dos inúmeros benefícios comprovados que são trazidos pela indústria 4.0. As que investem o fazem com cautela;
- **Infraestrutura defasada:** Para a implementação da manufatura digital, é necessária uma infraestrutura bastante potente, que inclui redes móveis e internet de alta velocidade (em especial, fibra óptica), devido ao grande fluxo de informações durante os processos industriais;
- **Mudança de cultura:** Um grande desafio é a transformação cultural para a indústria 4.0 no Brasil. Isso porque a cultura de uma organização é moldada por meio de todo

um processo e geralmente está bem enraizada nos colaboradores. Essa grande mudança de paradigma, proposta pela manufatura digital, pode trazer bastante resistência e precisa ser realizada gradualmente.

## REFERÊNCIAS

ACCENTURE STRATEGY. The growth game-changer: how the industrial internet of things can drive progress and prosperity. 2015. Disponível em: <[https://www.accenture.com/\\_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub\\_18/Accenture-ExecutiveSummary-Growth-Game-Changer-Industrial-Internet.pdf](https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_18/Accenture-ExecutiveSummary-Growth-Game-Changer-Industrial-Internet.pdf)> ou <<https://www.bl.uk/business-and-management/collection-items/suppressed-by-publisher/accenture/growth-gamechanger-how-the-industrial-internet-of-things-can-drive-progress-and-prosperity>>. Acesso em 20 junho de 2021.

ALMEIDA, P. R. O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial. 2005. Espaço Acadêmico, Maringá, a. VI, n. 52, set. 2005.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. Indústria 4.0: princípios básicos, aplicabilidade e implantação na área industrial. São Paulo: Érica, 2019.

Azure. What are private public hybrid clouds. Azure. 2021. Disponível em: <<https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-are-private-public-hybrid-clouds/>> Acesso em 20 junho de 2021.

BLOEM, J. et al. The fourth industrial revolution: Things to tighten the link between IT and OT. SogetiLabs: Issy-les-Moulineaux, 2014

BRANDÃO, Alexandre; NEVES, Rodolpho. **Agricultura e indústria 4.0.**: automação e controle de processos agrícolas e industriais. Viçosa, MG: UFV, CEAD, 2021.1 apostila eletrônica (87 p.).

CISER - As vantagens da realidade aumentada na indústria 4.0, 2021. Disponível em: <<https://blog.ciser.com.br/industria/as-vantagens-da-realidade-aumentada-na-industria-4-0/>>. Acesso em 20 agosto de 2021.

CNI. Panorama Atual e Futuro diante da Indústria 4.0 Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-2027/noticias/industria-40-saltara-de-16-para-218-das-empresas-em-uma-decada-diz-pesquisa-da-cni/>>. Acesso em 20 setembro de 202

CNI. SondEsp 83 - Indústria 4.0 - Cinco anos depois. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/7d/d9/7dd92b31-8860-4ca7-b921-b28feca68bc/sondespecial\\_industria40\\_cincoanosdepois\\_abril2022.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/7d/d9/7dd92b31-8860-4ca7-b921-b28feca68bc/sondespecial_industria40_cincoanosdepois_abril2022.pdf) Acesso em 05 maio de 2022.

COLLABO – Indústria 4.0 e a revolução digital. Ebook. 2016



Ind4.0 - Os 10 pilares da indústria 4.0. 2019. Disponível em: <<https://www.industria40.ind.br/artigo/16751-os-10-pilares-de-industria-40>>. Acesso em 20 de setembro de 2021

I-SCOOP - Industry 4.0 and the fourth industrial revolution explained. 2017. Disponível em: <<https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>>. Acesso em 20 de setembro de 2021.

GAMERO, I. - O que faz um robô colaborativo ?. Todas as Aplicações Possíveis. 2018. Disponível em: <<https://pollux.com.br/blog/o-que-faz-um-robo-colaborativo-todas-as-aplicacoes-possiveis/#:~:text=Um%20rob%C3%B4%20colaborativo%20%C3%A9%20um,convencionais%20que%20necessitam%20de%20isolamento>>. Acesso em: 14 set. 2021.

GONÇALVES, E. - CCDM/UFSCAR - Manufatura Aditiva - Entenda melhor o processo que está revolucionando a fabricação. 2020. Disponível em: <<http://www.ccdm.ufscar.br/2020/08/21/manufatura-aditiva/>>. Acesso em 20 setembro de 2021

HERMANN, M., Pentek, T., Otto, B., 2015. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Technische Universität Dortmund: working paper 01/2015

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. Unlocking the potencial of the internet of things. jun. 2015. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>>. Acesso em: 12 set. 2021.

1821

MOURA, M. C.; NASCIMENTO, L. M. Excelência Operacional: Indústria 4.0 e simulação de processos produtivos: como os gêmeos digitais podem ajudar na busca da excelência operacional? 2018. Disponível em: <<https://www.excelenciaoperacional.blog.br/2018/08/31/industria-4-0-e-simulacao-de-processos-produtivos-como-os-gemeos-digitais-podem-ajudar-na-busca-da-excelencia-operacional/>>. Acesso em 12 de outubro de 2021.

ORACLE - O que é Big Data? | Oracle Brasil. 2021. Disponível em :<<https://www.oracle.com/br/big-data/what-is-big-data/>>. Acesso em 12 de outubro de 2021.

SACOMANO, J. B.; SÁTYRO, W. C. Indústria 4.0: conceitos fundamentais. São Paulo: Blusher, 2018. SAS: Internet das coisas, IOT, 2018.

SCHUH, Günther et al. Hypotheses for a Theory of Production in the Context of Industrie 4.0. In: Advances in Production Technology. Springer International Publishing, 2015. p. 11-23

VENTURELLI, M. - IoT - Internet das Coisas na Indústria 4.0. 2021. Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/internet-das-coisas-na-industria-4-0/>>. Acesso em 09 de junho de 2021

VIA - Indústria 4.0, Inovação e Sustentabilidade. 2021. Disponível em: <<https://via.ufsc.br/industria-4-0-inovacao-e-sustentabilidade/>>. Acesso em 20 set. 2021.

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

VOLPATO, N. Manufatura Aditiva: Tecnologias e aplicações da impressão 3D. São Paulo (SP): Edgard Blücher, 2017.

WIPO World Intellectual Property Organization - Índice Global de Inovação 2021. Disponível em: <[https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/65/od/65od1f78-504e-46e9-908f-40144foe3d8d/wipo\\_pub\\_gii\\_2021\\_execpt.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/65/od/65od1f78-504e-46e9-908f-40144foe3d8d/wipo_pub_gii_2021_execpt.pdf)> Coleção Discutindo a História. Acesso em 10 de dezembro 2021.