

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS 4.0 EM INDÚSTRIAS DE FEIRA DE SANTANA-BA

EVALUATION OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGY IMPLEMENTATION
IN FEIRA DE SANTANA'S INDUSTRIES, BAHIA

Maylane Neres Costa Santos

Graduanda em Engenharia de Produção na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (Feira de Santana/Brasil).
E-mail: maylanencs@aluno.ufrb.edu.br

Carolina Izabella Aparecida Dias Andrade

Doutoranda em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia (Salvador/Brasil).
Professora Assistente na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (Feira de Santana/Brasil).
E-mail: carolina.andrade@ufrb.edu.br

Luís Oscar Silva Martins

Doutor em Energia e Ambiente pela Universidade Federal da Bahia (Salvador/Brasil).
Professor Adjunto na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (Feira de Santana/Brasil).
E-mail: luisoscar@ufrb.edu.br

Djoille Denner Damm

Doutor em Engenharia e Ciência em Materiais pela Universidade Federal da São Paulo (São Paulo/Brasil).
Professor Adjunto na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (Feira de Santana/Brasil).
E-mail: djoille@ufrb.edu.br

André de Mendonça Santos

Doutorando em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia (Salvador/Brasil).
Professor Assistente na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (Feira de Santana/Brasil).
E-mail: andre.mendonca@ufrb.edu.br

Recebido em: 12 de março de 2023

Aprovado em: 4 de junho de 2023

Sistema de Avaliação: Double Blind Review

RGD | v. 20 | n. 2 | p. 28-53 | jul./dez. 2023

DOI: <https://doi.org/10.25112/rgd.v20i2.3389>

RESUMO

O objetivo deste trabalho é verificar quais tecnologias da indústria 4.0 são mais aplicadas nas empresas de manufatura de Feira de Santana-BA. Além disso, identificar qual porte de empresas tem maior acesso a tecnologias e as principais barreiras. O método utilizado para a realização deste estudo foi de natureza Inferencial, Quali-Quantitativa, Exploratória e Descritiva e envolveu a coleta de dados de 27 indústrias da região através de questionário, e os dados foram analisados utilizando estatística descritiva. Os resultados indicam que as indústrias de grande porte possuem maior avanço na utilização das novas tecnologias, enquanto as pequenas e médias empresas pouco adotam a I4.0. Além disso, foi possível diagnosticar que a tecnologia que tem maior utilização entre as empresas da região é a de plataformas digitais de comunicação, sendo a barreira mais impeditiva o alto custo das tecnologias, *softwares* e sistemas acompanhada da falta de profissionais qualificados.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Manufatura Avançada. Quarta Revolução Industrial. Tecnologias. Barreiras.

ABSTRACT

The objective of this work is to investigate which Industry 4.0 technologies are most commonly applied in manufacturing companies located in Feira de Santana-BA. Additionally, it aims to identify which types of companies have greater access to these technologies and the main barriers they face. The method used for this study was inferential, qualitative-quantitative, exploratory, and descriptive, and it involved collecting data from 27 industries in the region through a questionnaire. The data was analyzed using descriptive statistics. The results indicate that large companies are more advanced in using new technologies, while small and medium-sized enterprises adopt Industry 4.0 to a lesser extent. Furthermore, the study identified that the technology most commonly used among companies in the region is digital communication platforms, and the most significant barrier is the high cost of technology, software, and systems, coupled with a lack of qualified professionals.

Keywords: Industry 4.0. Advanced Manufacturing. Fourth Industrial Revolution. Technologies. Barriers.

1 INTRODUÇÃO

Com potencial de transformação da sociedade, a quarta Revolução Industrial surgiu a partir de iniciativas estratégicas do governo da Alemanha para consolidar o país como líder na área da tecnologia e também fortalecer sua competitividade global, tendo em vista a ascensão dos Tigres Asiáticos avançando no mercado externo e na qualidade dos produtos mesmo com baixos custos de produção (Kagermann *et al.*, 2013). O atual nível industrial pode ser conceituado pela manifestação de um conjunto de tecnologias de base digital nas linhas produtivas com o objetivo de virtualizar processos, como Internet das Coisas (IoT); robótica autônoma; manufatura aditiva; *Big data*; integralização de sistemas; simulação e a realidade aumentada (Frank; Dalenogare; Ayala, 2019).

De acordo com o Núcleo de Engenharia Organizacional (NEO, 2018), a IoT viabiliza a implementação de sistemas que façam uma integração do mundo real com o mundo virtual, através da digitalização e a introdução de sensores e componentes que permitam a comunicação entre equipamentos, objetos e pessoas. Dessa maneira, pode-se considerar que a Indústria 4.0 representa um novo patamar industrial, em que as empresas competirão a partir de uma base tecnológica digital, com manufatura e produtos inteligentes e conectados, alavancando novas formas de tratamento de dados e novas estratégias de negócio. Segundo Frank *et al.* (2019), existem 4 *Smarts* da Indústria 4.0 denominadas: *Smart Products and Services*, *Smart Working*, *Smart Supply Chain* e *Smart Manufacturing*.

A implantação da I4.0 vem acompanhada de benefícios, tais como, descentralização da tarefa, obtenção de dados em tempo real, ajudando a tomar decisões de forma mais eficiente, aumento da produtividade, redução de custos e desperdícios e aumento da produção. Em contrapartida, existem algumas barreiras que impedem que esses benefícios sejam alcançados como a falta de profissionais qualificados, custos com tecnologias e falta de conhecimento do retorno do investimento (Santos *et al.*, 2018).

Um estudo realizado pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI, 2022), salientou que a indústria brasileira está mais digital do que cinco anos atrás, quando realizado um estudo anterior expondo o dado de que somente 58% da população brasileira têm noção da importância destas tecnologias para a competitividade industrial e menos da metade as utilizam. Os dados mais recentes divulgados relatam que 69% das empresas industriais já utilizavam pelo menos uma tecnologia digital. Contudo, a maioria utiliza uma baixa quantidade de tecnologias digitais, indicando a fase inicial no processo de digitalização.

Existem estudos em outras regiões, como o realizado por Tortorella *et al.* (2018) cujo resultados mostraram que as empresas de economias emergentes com níveis mais altos de melhoria de desempenho são mais propensas a adotar simultaneamente a Indústria 4.0, outro estudo realizado no Vale do Itajaí

(SC), realizado por Melo *et al.* (2020), revelou um nível inicial de implantação nos segmentos avaliados e que a principal dificuldade apontada por 27% das empresas é a falta de trabalhadores qualificados para alavancar o desenvolvimento. Estreitando para o contexto do município de Feira de Santana -BA, notabilizado por ser um dos maiores entrocamentos rodoviários com potencial econômico e logístico e que além disso, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022) é o segundo maior município do Estado da Bahia sendo maior que 8 capitais do Brasil, como Aracaju(SE), Florianópolis(SC), Macapá(AP) e Vitória(ES). Pouco se sabe acerca de medidas e iniciativas de implementação de novas tecnologias na cidade de Feira de Santana-BA.

Em razão da insuficiência de informações acerca da temática na região estudada, o objetivo geral do trabalho é analisar quais tecnologias da indústria 4.0 são implementadas nas Indústrias da Região de Feira de Santana/BA e os específicos são: realizar coleta dos dados do setor industrial da região a fim de obter dados da temática estudada, verificar a utilização das tecnologias 4.0 de acordo com o porte das empresas, identificar as principais barreiras e desafios que coíbem o caminho para seu avanço no âmbito industrial.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INDÚSTRIA 4.0

O termo "Indústria 4.0", cunhado em 2011 na Feira de *Hannover* na Alemanha, descreve uma indústria cujas características principais abrangem máquinas conectadas, produtos e sistemas inteligentes e soluções inter-relacionadas. Tais aspectos são reunidos para o estabelecimento de unidades de produção inteligentes baseadas em computador integrado e componentes digitais que monitoram e controlam os dispositivos físicos (LASI et al., 2014). O grupo responsável pelo projeto, composto por Siegfried Dais (Robert Bosch GmbH) e Kagermann (Acatech), em outubro de 2012, apresentou o primeiro relatório de recomendações e em abril de 2013, durante a Feira, foi publicado um trabalho final sobre o desenvolvimento da indústria 4.0 (Burkner, 2016).

A tradição da Feira Industrial de *Hannover*, conhecida atualmente como *Hannover Messe* já tem mais de 60 anos e a sua primeira edição foi em 1947, com o objetivo de recuperar a economia da Alemanha pós Segunda Guerra Mundial, onde mais 80% da cidade foi devastada pelos bombardeios aliados. Desde então, a feira apresentou em todas as suas edições novas tecnologias e suas aplicações em toda a cadeia industrial. Neste sentido, a Indústria 4.0 tem como foco a produção automatizada de forma assertiva, de modo a torná-la dinâmica interligando sistemas simultaneamente permitindo a produção em massa

de produtos que antes exigiram a atenção de diversos setores. E além disso, formar um mundo onde os sistemas físicos e virtuais de fabricação cooperam de forma global e flexível (Schwab, 2016).

A Indústria 4.0 é chamada também de quarta revolução industrial, onde a primeira foi em 1780 e ficou marcada pelo aprimoramento das máquinas a vapor e a criação dos teares mecânicos. Em 1870 a utilização do aço, da energia elétrica, dos motores elétricos e dos combustíveis derivados do petróleo marcou o início da segunda revolução Industrial. Já a terceira revolução ocorreu em 1970 e ficou notada pelo avanço da eletrônica, sistemas computadorizados e robóticos para manufatura. Já a atual quarta revolução Industrial vem sendo destacada principalmente pela Internet das coisas, *Big Data* e a produção baseada em sistemas Físico-Cibernéticos.

2.2 TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0

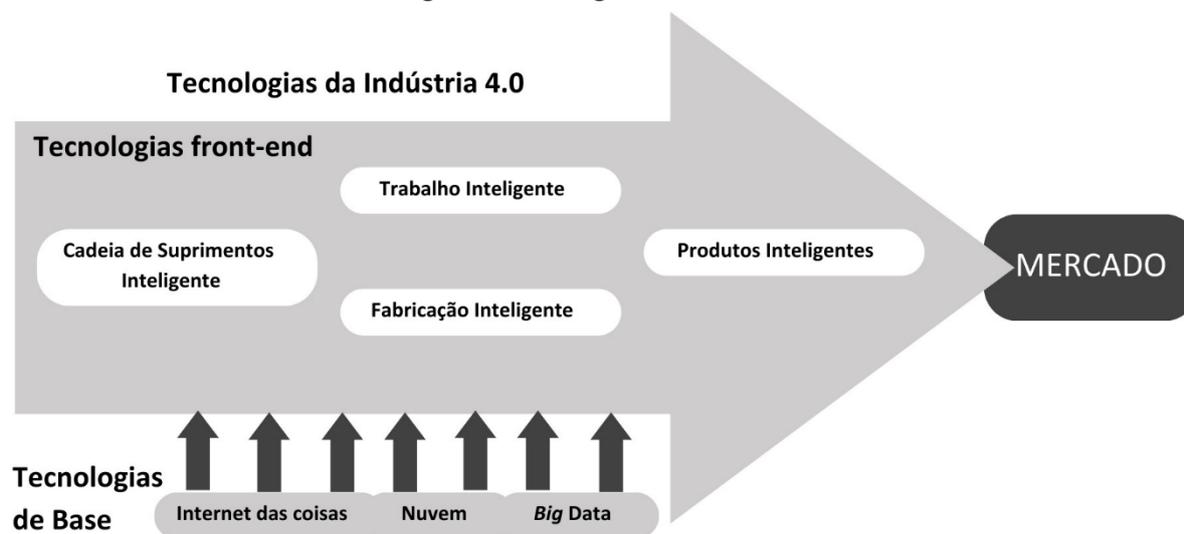
No núcleo do conceito da Indústria 4.0, Frank, Dalenogare e Ayala (2019) subdividiram as novas tecnologias em 4 *Smarts*, sendo elas: *Smart Manufacturing*, *Smart Product*, *Smart Supply Chain* e *Smart Working*. Os autores consideram o funcionamento da *Smart Manufacturing* como pilar central das atividades de operações internas considerando a tecnologia para o processamento do produto, enquanto na *Smart Product* é considerado o valor agregado aos produtos externamente considerando a tecnologia relacionada à oferta do produto, ou seja, quando as informações e dados dos clientes são integrados ao sistema de produção (Frank; Dalenogare; Ayala, 2019).

As duas outras subdivisões citadas pelos autores, complementares de tecnologias emergentes da Indústria 4.0 são *Smart Supply Chain* e *Smart Working*, consideradas separadamente da *Smart Manufacturing* e da *Smart Product*, pois as duas primeiras têm enfoque nas atividades operacionais complementares proporcionando também a eficiência. Fora da fábrica, a *Smart Supply Chain* inclui tecnologias para apoiar a integração horizontal com fornecedores externos para melhorar a entrega de matéria prima e produto final na cadeia de abastecimento, o que impacta nos custos operacionais e no tempo de entrega (Marodin *et al.*, 2016), por outro lado, dentro da fábrica, a *Smart Working* considera tecnologias para apoiar as tarefas dos trabalhadores, permitindo-lhes ser mais produtivos e flexíveis para atender aos requisitos do sistema de manufatura (Stock *et al.*, 2018).

No centro da Figura 1 estão alocadas as *Front-end Technologies*, que são as tecnologias de base da Indústria 4.0, levando em consideração as tecnologias emergentes da manufatura inteligente, a forma com que os produtos são ofertados, a logística de entrega das matérias primas e produtos, por fim a maneira mais atual com que os colaboradores realizam suas atividades. A camada de *Front-end* depende da camada chamada de *Base Technologies*, as tecnologias de base, que fornecem conectividade e

inteligência para as *Front-end Technologies* (Frank *et al.*, 2019). Portanto, as tecnologias básicas permitem que as *front-end* sejam conectadas em sistemas integrados de manufatura.

Figura 1 – Tecnologias 4.0 na Indústria



Fonte: Adaptado de Frank *et al.* (2019, p. 16)

A infraestrutura digital é constituída por redes, *software*, dados e de recursos digitais necessários para o uso eficiente já que a digitalização facilita o enfrentamento de desafios crescentes dos mercados (Zhong *et al.*, 2017). A digitalização permite que as decisões sejam tomadas através das novas tecnologias, pois dos dados são retiradas informações, possibilitando tomada de decisões mais assertiva no ambiente fabril. O Quadro 1, apresenta alguns conceitos das novas tecnologias da Indústria 4.0 como: Sistema Físico-Cibernético; *BigData Analytics*; Segurança dos Dados; Robótica Avançada; Computação em Nuvem; Sistemas de Simulação; Internet das coisas (IoT); Realidade Aumentada; Rastreamento de objetos.

Além das tecnologias descritas na Quadro 1, existem outras novas tecnologias que contribuem para o crescimento da indústria cada vez mais tecnológica, como: Análise de dados de mídias sociais, Manutenção Preditiva e Comunicação Máquina a Máquina. No entanto, muitas empresas, especialmente as de pequeno e médio porte, encontram dificuldades em digitalizar suas operações e, segundo um estudo da Confederação Nacional da Indústria (2022), a maioria das empresas no Brasil ainda utiliza poucas tecnologias digitais e está em uma fase inicial de digitalização.

Quadro 1 – Conceitos de Tecnologias da Indústria 4.0

Manufatura Aditiva	Big Data	Segurança dos Dados
Máquinas capazes de produzir partes, peças e componentes por deposição de material CNI (2016).	Análise e a interpretação de grandes volumes de dados de grande variedade Ghiralde et al. (2020).	A interligação de dados e informações entre todos os departamentos da cadeia produtiva da indústria exige muita cautela e segurança (Silveira; Lopes, 2016).
Robótica Avançada	Computação em Nuvem	Realidade Aumentada
Máquinas e equipamentnos com sistemas de comunicação integrados e conexão remota (CNI, 2016).	Infraestrutura com capacidade de grande armazenamento de dados (Ghiralde <i>et al.</i> , 2020).	Permite ao ser humano visualizar o mundo real com objetos sobrepostos (Albertin <i>et al.</i> , 2017)
Sistemas de Simulação	Rastreamento de objetos	Internet das coisas (IoT)
Software capaz de simular o uso das tecnologias em ambientes fabris (Ghiralde <i>et al.</i> , 2020).	Utilizada para transmitir e receber dados de um dispositivo móvel para um leitor (WEF, 2017).	Conexão entre máquinas por meio de sensores e dispositivos eletrônicos (CNI, 2015).

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2023)

2.3 VANTAGENS E DESAFIOS

Segundo a CNI (2018), a indústria brasileira possui baixo conhecimento sobre a relevância e os benefícios da implementação/adequação da Indústria 4.0 em diversas áreas de negócio, pois se limitam em um primeiro momento apenas a aumentar a sua produtividade pelos métodos comuns, não implementando ou apenas em um segundo momento realizando outras abordagens, como o desenvolvimento de novas plataformas de manufatura, modelagens de novos negócios e a melhoria do processo com as ferramentas da Indústria 4.0. Os avanços dos demais países em direção às novas tecnologias, com apoio dos governos gera um duplo desafio ao Brasil que além de preocupar com a adequação e desenvolvimento, tem que ser ágil devido a competição do mercado. É analisado que existem muitas vantagens, mas também muitos desafios para a implementação dessas tecnologias (Quadro 2).

Quadro 2 – Vantagens e desafios para a implementação da Indústria 4.0

Vantagens	Desafios
Aumento de produtividade	Mão de Obra não qualificada
Flexibilidade e customização da produção	Falta de conhecimento acerca dos possíveis retornos financeiros
Redução de Custos	Clientes, parceiros e fornecedores não preparados tecnologicamente
Redução de Derperdícios	Falta de apoio governamental
Aumento de eficiência do trabalho	Infraestrutura de telecomunicação insuficiente
Melhoria na qualidade dos produtos	Riscos para a segurança da informação
Oportunidade de novos modelos de negócio	Alto custo de implementação

Fonte: Adaptado de CNI (2022)

De acordo com uma pesquisa realizada por Brozzi *et al.* (2020) outras vantagens adquiridas ao fazer essa implementação são: otimização da logística, flexibilidade na organização do trabalho, menor desgaste físico e menor impacto ambiental. Em contrapartida, um estudo realizado por Ingaldi e Ulewicz (2019) que teve como objetivo determinar possibilidades de adaptação do setor de pequenas e médias empresas às Indústrias 4.0, aponta que muitas empresas não tem fundos suficientes para investir nas tecnologias mais recentes e devem alocar o capital de forma eficiente e cuidadosa, outros desafios que são: dificuldades de contratação de colaboradores qualificados e alto custo da mão de obra qualificada. Ainda no contexto de pequenas e médias empresas, Yu e Shweisfurth (2020) apontaram que, no âmbito tecnológico, as empresas têm uma maior probabilidade de adotar uma tecnologia quando reconhecem seus benefícios e possuem um conhecimento sólido em uma área específica. Além disso, Soltovski et al. (2020) em sua revisão bibliográfica que buscava analisar o quantitativo de principais riscos citados na literatura, apontou a segurança cibernética como o desafio mais temido e comentado nos estudos realizados.

3 MÉTODO DE PESQUISA

O método para a realização deste estudo foi de natureza inferencial, quantitativa, exploratória e descritiva. Inferencial, pois foi utilizada informações de uma amostra para conclusões sobre um grupo maior (Appolinário, 2011). Quantitativa, pois dados foram coletados nos procedimentos a partir de

perguntas objetivas e também por recorrer a dados matemáticos para descrever um fenômeno e as relações entre variáveis (Gerhardt; Silveira, 2009) e técnicas estatísticas tais como percentual e coeficiente de correlação (Michel, 2005).

Ademais, a pesquisa tem caráter exploratório, visto que os dados coletados permitem construir ideias acerca da utilização das tecnologias na região, segundo Gil (2008) a pesquisa exploratória proporciona maior familiaridade com o problema, buscando explicitá-lo. Também descritiva, pois foi possível extrair informações características da Região de Feira de Santana-BA e segundo Gil (2008) uma das peculiaridades desse tipo de pesquisa é a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados como o questionário.

A técnica de coleta de dados utilizada foi o *survey*, que se caracteriza pela solicitação de informações aos indivíduos acerca do problema estudado, utilizando questionários ou entrevistas estruturadas, investigando relações causais entre os constructos, obtendo afirmações generalizáveis sobre as questões de pesquisa levantadas no presente estudo (Creswell, 2014). A definição da amostra foi realizada através de uma consulta básica no Guia Industrial do site do Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB) estabelecendo alguns critérios. Na consulta, apresentava empresas dos setores de prestação de serviços, como as distribuidoras e padarias, então foram excluídas do banco de dados e concentrou-se em Indústrias de Feira de Santana – BA, com porte acima de 9 funcionários, nas quais espera-se um maior nível de maturidade na digitalização, totalizando 247 indústrias como banco de dados.

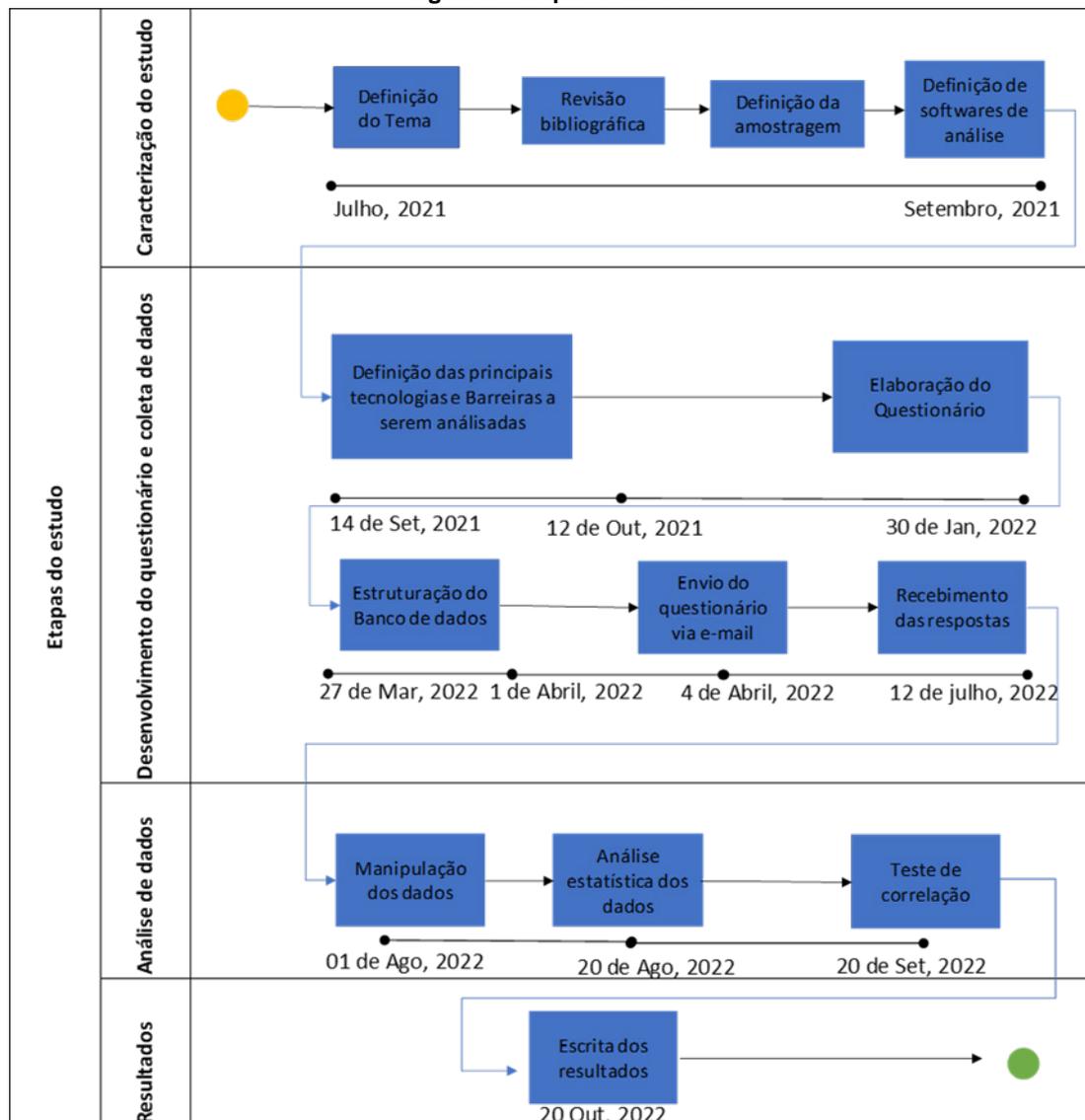
Já a coleta dos dados ocorreu por meio de questionário estruturado através do *Google Forms* e enviado via e-mail, como na primeira tentativa houveram poucas respostas, foram enviadas mais duas vezes, com o intervalo de 21 dias para os que ainda não haviam respondido o formulário utilizado para coletar os dados, o que permitiu atingir um número maior de respondentes. As perguntas foram referenciadas em construções teóricas validadas na literatura, como o relatório geral de mapeamento das tecnologias realizado pelo Núcleo de Engenharia Organizacional (NEO, 2018) e os estudos realizados pela CNI (2016, 2022) que expõem o nível de utilização e desafios das tecnologias 4.0 em 2016 e cinco anos depois. Foram enviados 247 e-mails e retorno positivo de apenas 27 indústrias.

Os respondentes foram instruídos a responderem todas as perguntas do questionário tendo como base suas experiências e percepções na fábrica em que trabalham. A metodologia contém quatro etapas conforme a Figura 2: caracterização do estudo, desenvolvimento do questionário e coleta de dados, análise dos dados e resultados.

Gray (2012) define questionário como uma ferramenta de pesquisa na qual as questões são pré-estabelecidas em ordem. A escala de medição que serão usadas para projetar o instrumento de pesquisa serão derivadas de literatura publicada anteriormente com propriedades psicométricas favoráveis. As

respostas para mensurar os itens foram coletadas utilizando escala de *Likert* de 5 pontos (1) discordo fortemente e (5) concordo fortemente ou (1) não implementado e (5) completamente Implementado. Os questionamentos para verificar a utilização de tecnologias da Indústria 4.0 foram baseados em estudos anteriores (Cunha *et al.*, 2020; Kamble *et al.*, 2019; Tortorella; Fettermann, 2018).

Figura 2 – Etapas do Estudo



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2023)

A manipulação e análise dos dados se deu através de análise estatística descritiva, onde os pontos da escala *likert* foram substituídas pelos números correspondentes, além disso, também foi utilizada a linguagem "R" em um *Integrated Development Environment* (IDE), traduzido para o português como Ambiente de desenvolvimento integrado, chamado *R Studio* (versão 4.0.0) possibilitando uma avaliação estatística com peculiaridades como verificar a confiabilidade das respostas quando se relacionam várias variáveis e também a correlação entre os dados com auxílio do Alfa de *Cronbach*. Além disso, o software também permitiu a geração de gráficos com características próprias facilitando a apresentação dos resultados.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

A Região de Feira de Santana – BA é considerada uma área metropolitana formada por mais cinco municípios (Amélia Rodrigues, Conceição da Feira, Conceição do Jacuípe, Tanquinho, São Gonçalo dos Campos) e também é tida como um entroncamento rodoviário pois nela convergem cinco rodovias. Apesar de seu setor industrial possuir crescimento expressivo nos últimos anos, a região é notabilizada por pouco acesso à tecnologia, por isso vale destacar que as empresas possuem realidades distintas e os resultados aqui apresentados contribuem para melhor compreensão do cenário industrial tecnológico da região em estudo.

Nesse sentido, a contribuição de 27 indústrias permitiu analisar através da perspectiva geral a implementação das tecnologias, mais segmentada levando em consideração o porte das Indústrias, fazendo uma análise correlação entre as variáveis e, por fim, analisar as principais barreiras e desafios para a implementação das Tecnologias 4.0.

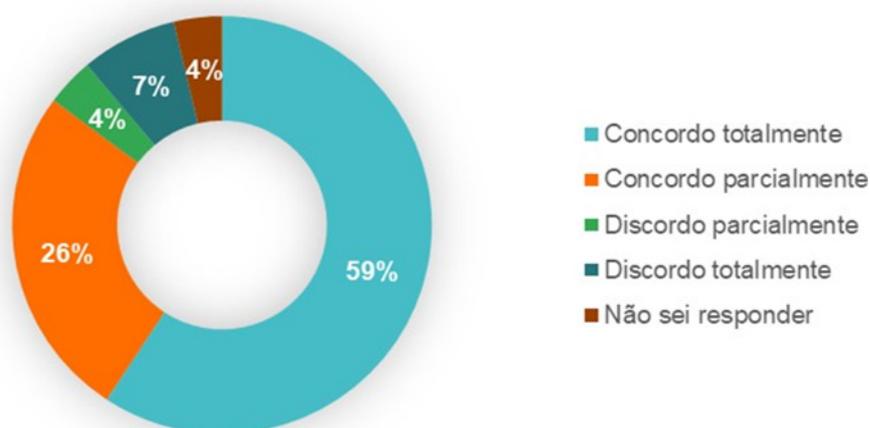
4.1 CONHECIMENTO DO TERMO "INDÚSTRIA 4.0"

Em relação ao grau de conhecimento dos participantes respondentes da pesquisa, buscou-se informações de quantas empresas da região conhecem o termo "Indústria 4.0". A Figura 3 revela os resultados, onde 59% das Indústrias investigadas tem bastante afinidade com o termo, 26% conhece o termo, mas não tem tanta afinidade e pouca parcela das indústrias da região de Feira de Santana apontam não ter conhecimento do termo Indústria 4.0. Tendo em vista que a maior parte dos respondentes compõem a classificação de microempresas e empresas de pequeno porte, é satisfatório este resultado. Isso pode ser justificado pela quantidade expressiva de universidades na região e também ao trabalho que vem sendo desempenhado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE

em parcerias com Faculdades e Universidades, visando disseminar o conhecimento acerca dessas tecnologias mais modernas da chamada 4ª Revolução Industrial.

Embora as dificuldades sejam evidentes, Schwab (2016) acredita que na Indústria 4.0, as tecnologias são difundidas de uma forma muito mais profunda e rápida, diferentemente das outras revoluções industriais vividas, que em algumas regiões do mundo, precisam ser exploradas. Entretanto, deve-se atentar às indústrias que reconheceram não ter conhecimento algum acerca do termo, pois serve de alerta aos órgãos acerca da dificuldade de chegada da informação à pequenos grupos isolados.

Figura 3 – Entendimento do termo “Indústria 4.0”



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2022)

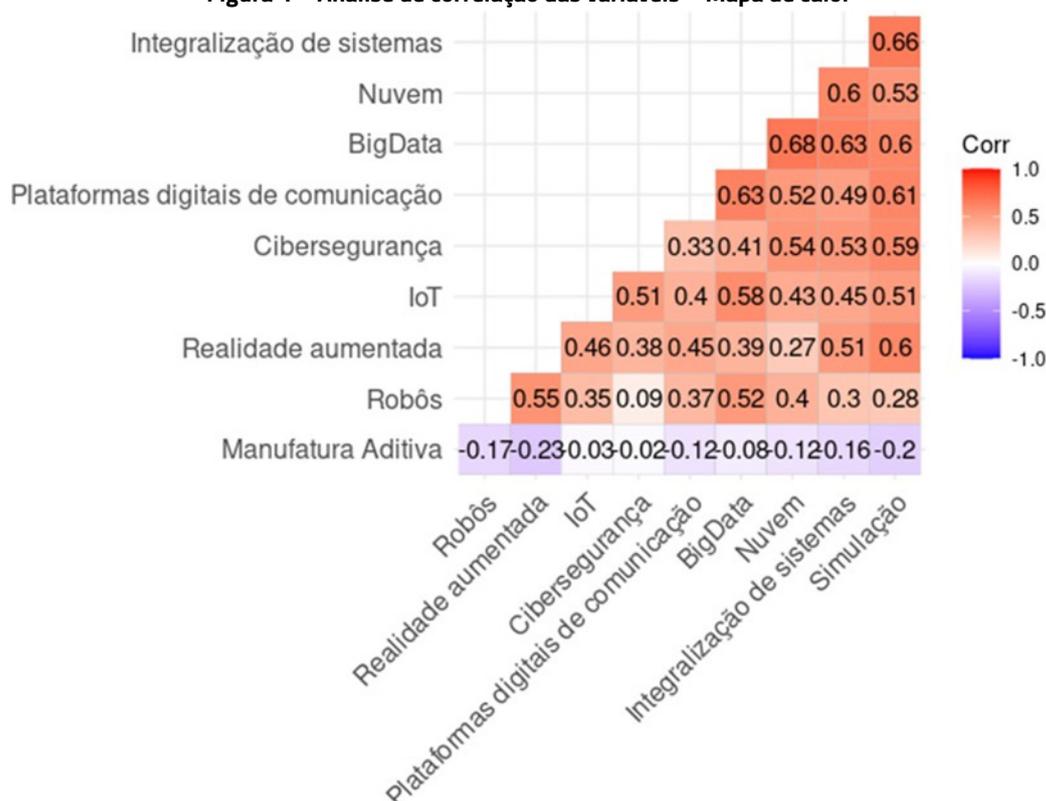
Diante disso, medidas podem ser tomadas para mitigar o desconhecimento do termo nessas indústrias, como a criação por parte do governo, de feiras, seminários e congressos, proporcionar cursos gratuitos de gestão da produção multidisciplinar com foco em indústria 4.0 e promover recursos para ativar as competências tecnológicas em colaboradores do ramo, disseminando o conhecimento sobre o termo e integrando diversos ramos industriais.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS

Para verificar a influência das respostas entre si, foi realizada a análise de correlação de *Spearman*, que auxilia na visualização de pares e entre um conjunto de variáveis quantitativas. A correlação entre elas é exibida em cores e sombreamento semelhante a um mapa de calor, apresentado na Figura 4, onde é visto a correlação entre as variáveis que correspondem às tecnologias implementadas nas indústrias.

Calculando a correlação de *Spearman* entre essas variáveis, percebe-se a correlação positiva entre a maioria das variáveis e a que se destaca positivamente é o fato de *Big Data* ter correlação forte com o Armazenamento em Nuvem, Integralização de sistemas e Simulação, uma vez que o ideal é que a utilização dessas tecnologias seja feita de forma conjunta para melhor aproveitamento de ambas, além disso a Integralização de Sistemas tem forte correlação com a Simulação, não somente com ela, mas possui também boa correlação com as outras tecnologias, visto que a sua utilização permite que as informações sejam controladas em tempo real, garantindo maior potencial na rede de produção. Outro ponto que chama atenção é a Manufatura Aditiva que tem correlação negativa com todas as outras variáveis, indicando muita variabilidade nas respostas que têm relação com essa tecnologia.

Figura 4 – Análise de correlação das variáveis – Mapa de calor

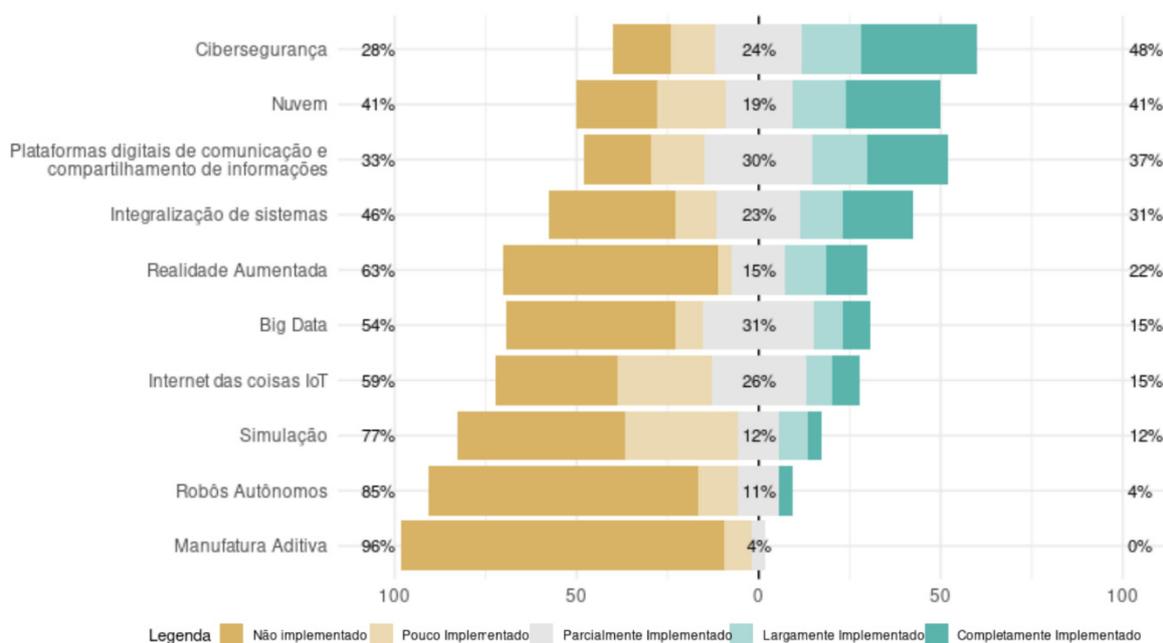


Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2022)

Os resultados obtidos acerca das tecnologias utilizadas nas indústrias do município de Feira de Santana -BA estão apresentados na Figura 5, vale ressaltar 2% não souberam responder. É possível verificar que as tecnologias mais adotadas nas indústrias da região é a Cibersegurança e a Utilização de Plataformas Digitais de Comunicação para o compartilhamento de informações com outras unidades de

negócio da empresa e fornecedores, essa última tecnologia está inserida na dimensão da *Smart Supply Chain*, considerada a comunicação e integração de informações na cadeia de suprimentos (NEO, 2018). Segundo o Núcleo de Engenharia Organizacional (2018), as empresas que fazem uso desta tecnologia possuem boa integração em tempo real das operações logísticas, tanto com fornecedores, como distribuidores e outras unidades da empresa a fim de melhorar os tempos de entrega e previsão de demandas.

Figura 5 – Tecnologias Implementadas em indústrias de Feira de Santana



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2022)

A cibersegurança foi a tecnologia mais adotada e é considerada uma *Smart Manufacturing* por Frank *et al.* (2019). É conceituada de forma abrangente e que envolve, entre outros tópicos, melhores práticas, políticas, salvaguardas, treinamento, diretrizes, gerenciamento de riscos, gerenciamento de crises e tecnologias que podem ser usadas para proteger o usuário final, o ambiente cibernético e os ativos de uma organização (Alexander *et al.*, 2018). Como uma das maiores dificuldades da implementação das ferramentas da I4.0 no Brasil é a questão da confiabilidade dos sistemas de segurança de dados, segundo Santos (2018), a grande utilização da cibersegurança na região pode ter advindo dessa necessidade de proteger os seus dados antes de qualquer outro avanço tecnológico mais sofisticado e confirma que as empresas da cidade têm uma preocupação em impedir a invasão e roubo dos dados, tendo em vista que pode causar danos catastróficos quando se tem a utilização de tecnologias que controlam o processo

que vão desde perdas financeiras até o comprometimento da segurança do cliente. Hoje em dia existem seguros de cibersegurança que se tornaram muito famosos, pois se tornou uma ferramenta essencial para ajudar a mitigar passivos financeiros decorrentes de violações em muitas organizações (Kabir *et al.*, 2020; Jalali, Russell, Razak e Gordon, 2019).

O transporte de informações é indispensável para a cadeia de suprimentos entre empresas filiais e sua matriz (Rojas, 2010). Nessa perspectiva, verificou-se a utilização de Plataformas Digitais de Comunicação para o compartilhamento de informações com outras unidades de negócio da empresa em segundo lugar das tecnologias implementadas da região (Figura 5), uma das justificativas para este ponto é que o resultado pode ter influência da quantidade significativa de empresas filiais na cidade em estudo, pois dos que informaram ter a utilização dessa tecnologia, 23% são filiais de empresas nacionais e multinacionais onde a grande maioria dos sistemas de informações e tecnologia de comunicação são mais acessíveis para a digitalização.

Outro ponto a ser levado em consideração é que a maioria dos softwares são criados por grandes empresas, tornando mais simples para ela apenas utilizá-los e treinar os funcionários para sua utilização, pois a parte tecnológica e de inovação é pensada fora da organização com empresas da Tecnologia da Informação (Yu; Schweisfurth, 2020).

A terceira tecnologia mais adotada é o armazenamento em Nuvem, conhecida também como Cloud, considerada uma *Smart Manufacturing*, pois permite o armazenamento de dados em bases remotas, segundo o Núcleo de Engenharia Organizacional (2018). Wang *et al.* (2016) afirma em seu estudo que é esperado que a Nuvem seja dependente da implementação de soluções de Internet das Coisas (IoT), uma vez que o equipamento deve ser conectado primeiro para gerar os dados armazenados na nuvem. No entanto, o fato de os resultados apresentarem que a tecnologia de Nuvem é a segunda mais implementada e em quarto lugar a Internet das coisas, pode sugerir que eles não sejam usados como uma forma de armazenar dados em tempo real dos equipamentos, mas simplesmente como um armazenamento remoto comum de dados (Frank *et al.*, 2019).

O avanço tecnológico trazido pela Indústria 4.0 eleva a automação a máxima potência e possibilita que robôs e máquinas realizem progressivamente funções complexas e repetidas (Sacomano *et al.*, 2020). Entretanto, na realidade da região em estudo, as tecnologias menos implementadas segundo a Figura 5 foram as relacionadas com a Manufatura aditiva, Robôs autônomos e Simulação, todas classificadas como *Smart Manufacturing*. Isso pode ser ocasionado pelo fato delas serem mais inovadoras, demandam maior custo e possui maior dificuldade de implementação, pois especialistas do CNI (2016) afirmam que o desenvolvimento de tecnologias 4.0 no Brasil envolve desafios que vão desde os investimentos em equipamentos à adaptação de *layouts*, processos, da forma de relacionamento entre as empresas ao

longo da cadeia produtiva, criação de novas especialidades e desenvolvimento de competências. Dessa forma, presume-se que quanto mais inovadora a tecnologia, maior quantidade de desafios.

Segundo a CNI (2022), a Indústria 4.0 depende da complementariedade das tecnologias digitais, como por exemplo os sensores que coletam informações de máquinas que poderão ser compartilhadas com outras máquinas e também decisões que por sua vez poderão ser tomadas por meio dos dados coletados. Esse cruzamento de informações que permite conectar o pedido de compra, a produção e a distribuição de forma autônoma, sem que as pessoas precisem tomar decisões a todo momento (CNI, 2016). Dessa forma, para as indústrias da região que utilizam o armazenamento de dados em Nuvem antes mesmo da implementação da *Internet* das coisas é sugerido que seja implementada, em sequência, a *Big data* e *IoT* para permitir a análise dos dados em tempo real.

4.3 TECNOLOGIAS DE ACORDO COM O PORTE DAS INDÚSTRIAS

O questionário permitiu analisar a utilização das tecnologias 4.0 através do nível de implantação, para isso foi utilizada a escala *Likert* de cinco pontos variando de 1- Não Implementado e 5- Completamente Implementado. Os dados coletados por meio do questionário foram analisados através da análise descritiva e além disso, foi realizada uma segmentação das amostras e dividindo-as em quatro tipos de porte das empresas: Microempresas, Pequeno porte, Médio porte e Grande porte (Quadro 3). Para verificar a confiabilidade da correlação entre essas variáveis, foi utilizado o Alfa de *Cronbach* que foi descrito em 1951 por Lee J. Cronbach (Cronbach, 1951).

Alfa de *Cronbach* é um índice utilizado para medir a confiabilidade do tipo consistência interna de uma escala, ou seja, para avaliar a magnitude em que os itens de um instrumento estão correlacionados (Cortina, 1993). Também pode ser conceituado pela forma que um conceito teórico está relacionado com os valores coletados ou medidos. Geralmente um grupo de itens que explora um fator comum mostra um elevado valor de alfa de *Cronbach* (Rogers; Shmiti; Mullins, 2002). O valor aceitável e preferidos para o valor do alfa é entre 0,80 e 0,90 (Streiner, 2003). Na análise realizada no presente trabalho foi encontrado o Alfa de *Cronbach* igual a 0,88, considerado ideal tendo como parâmetro os valores previstos na literatura.

Quadro 3 – Resultado das médias de cada tecnologia de acordo com o porte

	Microempresa		Pequeno porte		Médio porte		Grande porte	
	Média	SD	Média	SD	Média	SD	Média	SD
Internet das coisas (IoT)	1,00	±0,00	2,07	±1,28	2,60	±0,55	3,20	±1,30
Robôs autônomos	1,00	±0,00	1,20	± 0,56	1,60	±0,89	2,40	±1,67
Manufatura aditiva	1,00	±0,00	1,00	± 0,00	1,20	±0,45	1,40	±1,14

Big Data	2,00	±1,41	1,93	±1,10	1,80	±1,30	3,20	±2,05
Armazenamento de dados em Nuvem	2,00	±1,41	3,13	±1,68	2,20	±0,84	4,00	±1,22
Integralização de sistemas	2,50	±0,71	2,40	±1,68	2,00	±1,22	3,80	±1,64
Simulação	1,50	±0,71	1,80	±0,94	1,20	±0,84	2,80	±1,79
Cibersegurança	2,50	±0,71	3,07	±1,67	2,75	±2,05	3,40	±2,07
Realidade Aumentada	1,00	±0,00	1,87	±1,41	2,40	±1,34	3,00	±2,00
Plataformas digitais de comunicação e compartilhamento de informações	2,50	±0,71	3,00	±1,46	2,80	±1,10	3,80	±1,79

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2022)

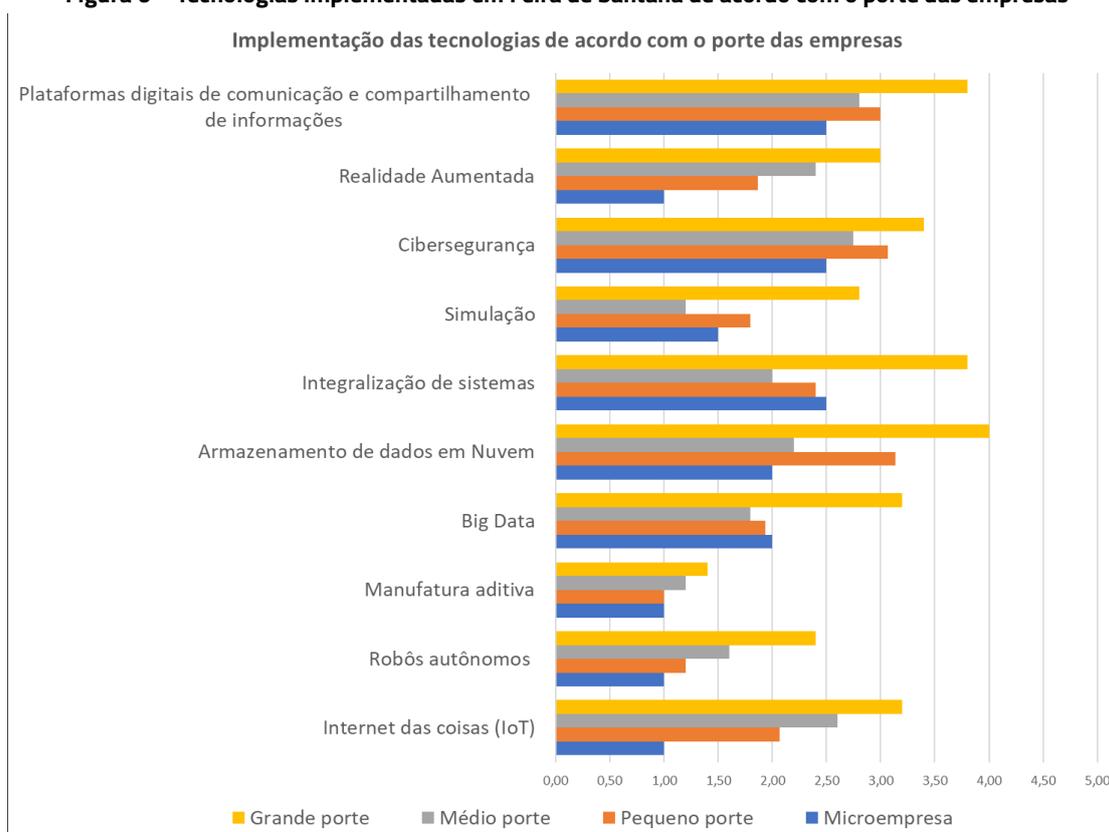
Na Quadro 3 são apresentados os dados de cada tecnologia relacionada com o porte das indústrias da região, exibindo uma maior relação das empresas de médio e grande porte com implementação mais avançada em todos os conceitos abordados, enquanto microempresas e empresas de pequeno porte estão relacionadas com pequeno avanço em todos os quesitos. Para especialistas, não seria surpresa se as empresas de pequeno/médio porte tivessem uma ou outra tecnologia em grande avanço e empresas de grande porte tivessem algumas tecnologias em pequeno avanço (Frank *et al.*, 2019), mas isso não aconteceu na região em estudo. O que acontece é que o agrupamento de indústrias de acordo com o porte aumenta ao mesmo tempo que avançam na implementação das tecnologias 4.0 e isso pode ser verificado mais claramente na Figura 6.

A literatura reporta que as grandes empresas estão mais propensas a investir em inovação de processos e produtos, pois requer altos investimentos em infraestrutura tecnológica, o que não é viável para pequenas empresas (Frank *et al.*, 2016). Os resultados expostos na Figura 6 revelam, inclusive que as grandes empresas lideram todas as tecnologias, indicando o crescente nível de maturidade no interior dessas indústrias do município de Feira de Santana- BA, pois o cenário é mais favorável devido ao maior capital, possibilitando maior investimento tanto em tecnologias, quanto em capacitação dos colaboradores, em contrapartida, pequenas empresas tendem a apresentar baixo grau de implementação e isso ocorre devido a presença de maiores barreiras à indústria 4.0, como pouco capital para investimento e falta de orientação sobre como começar a implementação (NEO, 2018).

Outros fatores são expostos por estudos anteriores realizados na Alemanha em Pequenas e Médias empresas (PME's), onde os conceitos e componentes da Indústria 4.0 foram originalmente concebidos, revelaram que existe uma correlação direta entre o tamanho do estabelecimento fabril e adoção/

implementação da I4.0, além disso, reporta que as grandes empresas tendem a estarem melhores preparadas do que as pequenas empresas para aceitar a introdução de tecnologias disruptivas e novos processos resultantes (Dutta *et al.*, 2019).

Figura 6 – Tecnologias implementadas em Feira de Santana de acordo com o porte das empresas



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2022)

Em média, é notório que o avanço das tecnologias acontece de forma crescente proporcional ao porte das empresas, isso indica que a progressão da implementação, buscando a modernização, são complementares, visto que uma tecnologia mais simples é complementada por outras mais avançadas. Embora as empresas de pequeno porte, classificadas com 20 a 99 colaboradores, possuam pouco avanço tecnológico, têm maior destaque quando são comparadas às microempresas, classificadas com até 19 colaboradores. As microempresas possuem atraso em padronização, definição de processos internos, projetos de melhorias e pela quantidade reduzidas de funcionários, não é interessante para elas modernizarem a forma de transporte da informação, gerando desperdícios de variáveis importantes e perdas na produtividade. Vale ressaltar que a introdução às tecnologias nas indústrias pode ser realizada

de forma gradativa, priorizando as mais acessíveis. Além disso, não funcionam de modo isolado, é preciso estruturar os processos, organizá-los paralelamente ao incremento das Indústria 4.0 (I4.0), pois uma empresa que não tem seus processos internos bem definidos e padronizados, dificilmente a introdução de tecnologias avançadas irão aumentar a sua produtividade e reduzir custos que são os principais objetivos ao investir nessa implementação, pelo contrário, irá automatizar os desperdícios.

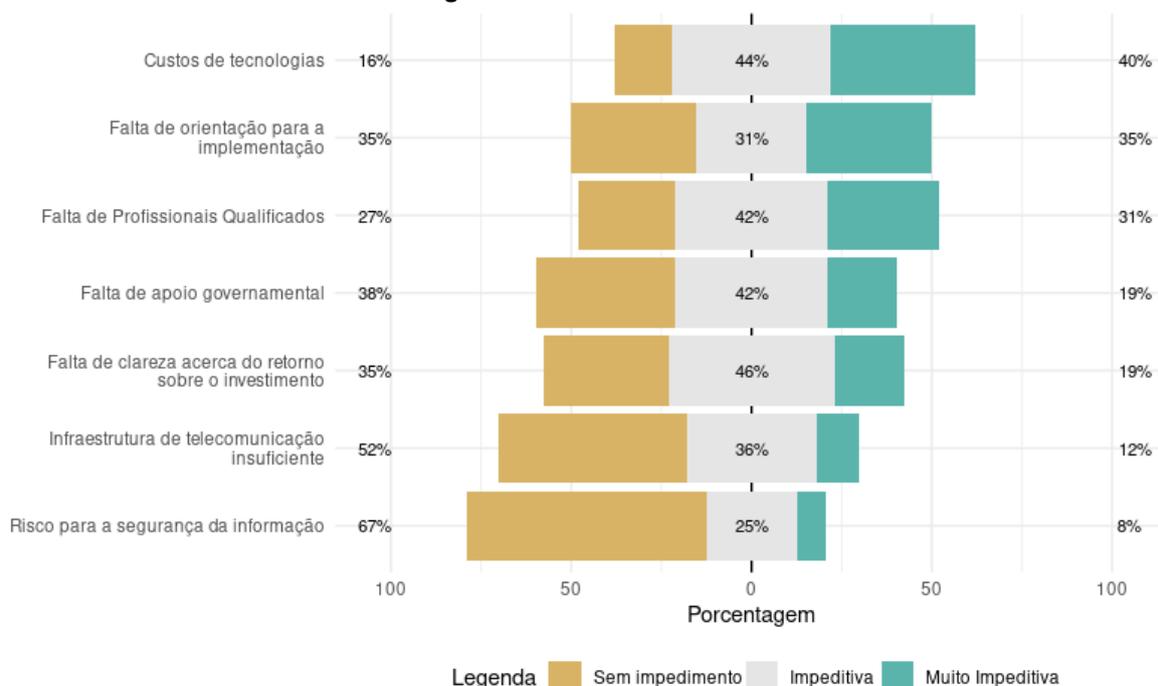
No contexto das microempresas, onde o processo de digitalização é muitas vezes considerado algo muito distante de ser alcançado, a implementação das tecnologias é negligenciada, perdendo espaço competitivo no mercado. Por isso, é necessário que os empresários busquem no meio empreendedor, com auxílio de instituições de apoio a indústrias, formas de instituir uma cultura mais digital, direcionando os recursos para os colaboradores paralelamente a implementação da Indústria 4.0, com o suporte de investimento das partes interessadas. Além disso, é de extrema importância que os órgãos que são responsáveis pelas indústrias da região mostrem aos provedores de tecnologias a existência do mercado com demandas de produtos direcionados para as empresas de pequeno e médio porte, produzindo soluções menos complexas e que atendam o objetivo proposto de forma eficiente.

4.4 BARREIRAS E DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS 4.0

Para verificar as barreiras que dificultam a implementação das tecnologias, as empresas foram questionadas sobre quais consideravam mais desafiadoras, vale ressaltar que dos respondentes, 1% apontaram que não sabem responder. Dessa forma, pode-se observar na Figura 7 que os Custos de tecnologias, softwares e/ou sistemas corresponde a maior barreira para implementação das tecnologias 4.0 na cidade estudada. Isso pode ser reflexo da crise, onde prioriza-se investimentos de baixo risco visando retorno a curto prazo (NEO, 2018), ainda na perspectiva de custos, é notório que os sistemas de produção das pequenas empresas são caracterizados por baixo nível de utilização das tecnologias 4.0 (Figura 7), e segundo Ingaldi e Ulewicz (2019) a principal causa para esse atraso tecnológico é a falta de capital para investimento.

Dessa forma, entende-se que as novas tecnologias são pensadas para o acesso à grandes empresas, ou seja, sem preocupação financeira do todo. Em contrapartida, é possível que haja essa implementação de forma gradativa, dispondo uma carga maior de informações acerca dos possíveis retornos e quais tecnologias são mais adaptáveis é possível progredir nessa implantação visando melhorias. Segundo Dutta *et al.* (2019), priorizando as tecnologias com base em seu potencial de impacto tanto na produtividade quanto em retorno financeiro e também de acordo com as suas necessidades operacionais, com a alocação de mais recursos financeiros, dando prioridade os avanços tecnológicos sem comprometer a sobrevivência do negócio.

Figura 7 – Barreiras e Desafios



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2022)

Em segundo lugar, destaca-se como desafios para a adoção de tecnologias digitais a falta de profissionais qualificados, afinal complexos modos de funcionamento dessas tecnologias exigem grau elevado de conhecimento para os colaboradores para que consigam manuseá-las de forma eficiente (CNI, 2016) e em muitas vezes o conhecimento fica limitado com tantas tecnologias para dominar, pouca experiência e pouco tempo para investimento em I4.0 (Masood; Sonntag, 2020), para mitigar esse desafio, é imprescindível o investimento na formação escolar básica e incentivos à estudantes que desejam se inserir nesta área tecnológica. A falta de orientação para a implementação das tecnologias é considerada também uma barreira impeditiva e isso pode estar relacionado, principalmente, a um possível atraso tecnológico observado na Região e como a falta de conhecimento sobre o retorno financeiro é considerada um desafio, pode estar sendo ocasionado pela escassez na orientação de como implementar essas tecnologias. Isso pode ser explicado ao fazer o comparativo com um estudo realizado na Dinamarca, onde foi descoberto que no nível da tecnologia as empresas são mais propensas a implementar uma tecnologia quando reconhecem os benefícios das tecnologias e possuem alto crescimento em uma tecnologia específica (Yu; Schweisfurth, 2020) e segundo Cohen et al (1994) a capacidade de absorção tem forte relação com o reconhecimento do valor de novas informações externas, entendê-las e aplicá-las, ou

seja, para que a empresa consiga aplicar nova prática é necessário que já tenha certo conhecimento do que se trata e se tem domínio relevante para analisar se devem ou não investir (Yu; Schweisfurth, 2020).

O desconhecimento do retorno financeiro ao implementar o modelo de desenvolvimento de processos está revelado nesses resultados (Figura 7), onde as indústrias o consideram uma barreira impeditiva, visto que os empresários não conseguem mensurar claramente os benefícios financeiros, por isso optam por soluções baratas e com resultados a curto prazo (NEO, 2018), além disso, a grande oferta de tecnologias no âmbito da indústria 4.0 dificulta a identificação, por parte de quem as utiliza, das formas mais eficientes para atender as necessidades (Abijaodi *et al.*, 2020). Partindo do pressuposto de Neto (2021), onde ele diz que as empresas que investem em tecnologia e inovação, estão mais preparadas para superar períodos e situações de crise e tendo em vista que o atraso tecnológico da região em estudo está também ligado ao não conhecimento dos ganhos a longo prazo que a informatização poderia proporcionar, sugere-se projetos integradores com o objetivo de esclarecer esses pontos críticos que acabam afetando o avanço tecnológico, dessa forma estimulando o investimento em tecnologias mais simples e ir avançando gradativamente para tecnologias mais custosas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, objetivou-se verificar tecnologias da Indústria 4.0 que são adotadas nas indústrias da região de Feira de Santana – BA, nível de utilização de acordo com o porte das empresas do âmbito industrial, assim como barreiras e desafios que coíbam o avanço dessas tecnologias. Os resultados quantitativos mostram que as tecnologias mais adotadas nas indústrias da região é a Cibersegurança e a Utilização de Plataformas Digitais de Comunicação para o compartilhamento de informações com outras unidades de negócio da empresa e fornecedores. A segunda tecnologia mais adotada é o armazenamento em Nuvem. Dessa forma, pode-se concluir que existem dimensões mais desenvolvidas, como as tecnologias de integração (*Smart Supply Chain*) e ao mesmo tempo que uma *Smart Manufacturing* é considerada a mais adotada pelas indústrias da região, muitas outras estão ainda em baixa implementação.

Acerca da implementação das tecnologias levando em consideração o porte das Indústrias, os resultados revelaram que as grandes empresas lideram todas as tecnologias, indicando crescente nível de maturidade, entretanto pequenas empresas apresentam baixo grau de implementação considerando, assim, as tecnologias como complementares e não substitutivas, segundo o CNI (2022). No quesito das barreiras, analisou-se que os custos de tecnologias, softwares e/ou sistemas corresponde a maior barreira para implementação das tecnologias 4.0 na cidade estudada, em segundo lugar, destaca-se como desafios para a adoção de tecnologias digitais a falta de profissionais qualificados e em terceiro a falta

de orientação para a implementação das tecnologias. Dessa forma, conclui-se que as novas tecnologias são pensadas para o acesso à grandes empresas, como alternativa para as pequenas e médias empresas recomenda-se iniciar por tecnologias mais simples e menos custosas, já para as grandes, implementar mais tecnologias para tratar dados de processos de forma mais automatizada. Além disso, sugere-se que o governo invista na educação básica focando na área de tecnologia, contribuindo para a valorização da região metropolitana de Feira de Santana, caminhando para um possível um polo 4.0.

Mediante os resultados, aponta-se aplicações de ordem gerenciais, no sentido de provocar o poder público a direcionar recursos visando minimizar as barreiras apresentadas. As empresas podem usar estes dados como uma vantagem competitiva, identificando tecnologias com potenciais, mas que estão sendo pouco utilizadas. Já os fornecedores de tecnologias podem ofertar seus produtos e serviços às empresas da cidade buscando entender a realidade tecnológica de cada uma. Além disso, é importante a comunicação contínua entre a academia e indústrias da Região, dessa forma, as instituições de ensino superior podem utilizar estes dados visando parcerias de pesquisa e desenvolvimento.

Revelam-se, também, implicações de ordem teórica, no sentido de confirmar barreiras recorrentes que foram mencionadas na literatura como no estudo de Ingaldi e Ulewicz (2019) que apresentou alguns desafios como os custos de implementação (maior barreira apontada neste estudo pelas empresas) e também a dificuldade de contratação de colaboradores qualificados. Além disso, divulgar dados da região de Feira de Santana sobre o assunto abordado que até então é inexistente e apresentar às indústrias da cidade as principais tecnologias utilizadas e quais as principais barreiras.

Embora o estudo ter apresentado algumas limitações, como a análise dos dados que foi dificultada devido a quantidade reduzida de respondentes, pode-se afirmar que o objetivo do estudo foi alcançado, bem como seu ineditismo no âmbito de informações no município acerca da temática e além disso, gerou oportunidades para trabalhos futuros, como aumentar o contato com essas indústrias e as adentrando, auxiliando no processo de digitalização, medindo o nível de maturidade e verificando quais os objetivos são alcançáveis diante dos recursos disponíveis.

REFERÊNCIAS

ABIJAODI, C. E. *et al.* **A Difusão Das Tecnologias Da Indústria 4.0 Em Empresas Brasileiras**. Brasília: Confederação Nacional Das Indústrias, 2020. 60p.

ALBERTIN, M. R. *et al.* Principais Inovações Tecnológicas da Indústria 4.0 E Suas Aplicações E Implicações Na Manufatura. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVI, 2017, Bauru, São Paulo, Brasil. **Anais [...]** Bauru, São Paulo, 2017.

ALEXANDER, B; HASEEB, S; BARANCHUK, A. Are Implanted Electronic Devices Hackable? **Trends In Cardiovascular Medicine**, Ontario: v. 29, n. 8, p. 476-480, nov. 2018.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia Da Ciência: Filosofia E Prática Da Pesquisa**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 215 p.

BROZZI, R. *et al.* The Advantages of Industry 4.0 Applications for Sustainability: Results from a Sample of Manufacturing Companies. Bolzano: **Sustainability**, 2020. 19p.

BURKNER, H. P. *et al.* Transformation delivering and sustaining breakthrough performance. Boston: **The Boston Consulting Group**, 2016. 167p.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Fortune Favours the Prepared Firm. **Management Science**, Pensilvânia, v. 40, n. 2, p. 227-251, fev. 1994.

CORTINA, J. M. What Is Coefficient Alpha? An Examination of Theory And Applications. **Journal Of Applied Psychology**. [s.l.], v. 78, n.1, p. 98-104, 1993.

COZENDEY, I. C. *et al.* **Indústria 4.0: Cinco Anos Depois**. Brasília: Confederação Nacional Das Indústrias, 2022. 24p.

CRESWELL, J. W. **Investigação Qualitativa E Projeto De Pesquisa: Escolhendo Entre Cinco Abordagens**. [s.l.], Penso, 2014.

CRONBACH, J. L. Coefficient Alpha and The Internal Structure of Tests. **Psychometrika**, Illinois, v.16, n. 3, p. 297-334, set. 1951.

DUTTA, G.; KUMAR, R.; SINDHWANI, R.; SINGH, R.; Digital Transformation Priorities of India's Discrete Manufacturing Smes – A Conceptual Study In Perspective Of Industry 4.0. **Competitiveness Review: An International Business Journal**, [s.l.], v. 30, n. 3, p. 289-314, ago. 2019.

FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. Industry 4.0 Technologies: Implementation Patterns in Manufacturing Companies. **International Journal of Production Economics**, [s.l.], v. 210, p. 15-26, abr. 2019.

FRANK, A. G. *et al.* **Indústria 4.0: Mapeamento Das Tecnologias Relatório Geral**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul: Núcleo de Engenharia Organizacional, 2018. 28p.

FRANK, A. G. *et al.* The Effect of In–Novation Activities on Innovation Outputs in The Brazilian Industry: Market–Orienta–Tion Vs. Technology–Acquisition Strategies. **Research Policy**, Porto Alegre, v. 45, n. 3, p. 577–592, abr. 2016.

GAWANKAR, A.; GUNASEKARAN, A.; KAMBLE, S. A Study on Investments in The *Big Data*–Driven Supply Chain, Performance Measures and Organisational Performance in Indian Retail 4.0 Context. **International Journal of Production Research**, [s.l.], v. 58, n. 5, p. 1574–1593, set. 2019.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos De Pesquisa**, 1 Ed. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2009. 120p.

GHIRALDE, R.; CARNEIRO, L. Z.; CÉSAR, F. G.; MAKIYA, I. K. Dificuldades e Desafios Em Implementar A Indústria 4.0 No Brasil. In: Encontro Nacional De Engenharia De Produção (Contribuições Da Engenharia De Produção Para A Gestão De Operações Energéticas Sustentáveis), XI, 2022, Foz Do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz Do Iguaçu: ABEPRO, Paraná, 2022. p. 4.

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos De Pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2008. 176p.

GONÇALVES, J. P. *et al.* **Desafios Para Indústria 4.0 No Brasil**. Brasília: Confederação Nacional Das Indústrias, 2016. 13p.

GORDON, W. J.; WRIGHT, A; KADAKIA, J.; GLYNN, R. J. Evaluation of a Mandatory Phishing Training Program for High–Risk Employees at A Us Healthcare System. **Journal Of the American Medical Informatics Association**, [s.l.], v. 26, n. 6, p. 547–552, mar. 2019.

GRAY, D. E. **Pesquisa No Mundo Real**. (2ª. Ed.). Porto Alegre: Penso, 2012. 488p.

HELLINGER, A; HEINRICH, S. **Cyber-Physical Systems. Driving Force for Innovation in Mobility, Health, Energy and Production**. Munich: Acatech—National Academy of Science and Engineering, 2011, 48p.

IBGE. Diretoria de Pesquisas – DPE – Coordenação Técnica do Censo Demográfico – CTD. **Censo**, 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em 10 jul. 2023.

INGALDI, M.; ULEWICZ, R. Problems with The Implementation of Industry 4.0 In Enterprises from The Sme Sector. **Sustainability**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 217, dez. 2019.

JALALI, M. S.; RUSSELL, B.; RAZAK, S.; GORDON, W. J. Ears to Cyber Incidents in Health Care. **Journal Of the American Medical Informatics Association**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 217, dez. 2019.

KABIR, U. Y.; EZEKEKWU, E.; BHUYAN, S. S.; MAHMOOD, A.; DOBALIAN, A. Trends And Best Practices in Health Care Cybersecurity Insurance Policy. **Journal Of Healthcare Risk Management**, [s.l.], v. 40, n. 2, p. 10–14, mai. 2020.

KAGERMANN, H; WAHLSTER, W; HELBIG, J. **Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0.** Munich: Acatech—National Academy of Science and Engineering, 2013, 82p.

LASI, H *et al.* Industry 4.0. **Business And Information Systems Engineering**, [s.l.], v. 6, n. 4, p. 239–242, jun. 2014.

LEE, E. A. Cyber Physical Systems: Design Challenges. In: 2008 11TH IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON OBJECT AND COMPONENT-ORIENTED REAL-TIME DISTRIBUTED COMPUTING, 2008, Orlando, FL, USA. **2008 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing**. [s.l.]: IEEE, 2008. p. 363–369

MARODIN, G. A.; FRANK, A. G.; TORTORELLA, G. L.; SAURIN, T. A. Contextual Factors and Lean Production Implementation in The Brazilian Automotive Supply Chain. **Supply Chain Management: An International Journal**, [s.l.], v. 21, n. 4, p. 417–432, jun. 2016.

MASOOD, T.; SONNTAG, P. Industry 4.0: Adoption Challenges and Benefits for Smes. **Computers In Industry**, [s.l.], v. 121, p. 103261, out. 2020.

MELO, D.; HENKELS, C.; BASTOS, A. Diagnóstico Do Grau De Maturidade Digital Das Grandes Empresas Do Vale Do Itajaí (SC). In: Encontro Nacional De Engenharia De produção: Contribuições Da Engenharia De Produção Para A Gestão De Operações Energéticas Sustentáveis, XI, 2020, Foz Do Iguaçu. **Anais [...]**, Foz Do Iguaçu: ABEPRO, Paraná, 2022.

MICHEL, M. H. **Metodologia e Pesquisa Científica em Ciências Sociais: um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos.** São Paulo: Atlas, 2005. 304 p.

NETO, V. O. P. **Indústria 4.0 - Os Desafios E Oportunidades No Brasil Em Meio À Pandemia De Covid-19.** 2021. 58 f. Monografia (Graduação Em Engenharia De Controle E Automação) - Escola De Minas, Universidade Federal De Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

ROGERS, M. R.; SCHMITT, N.; MULLINS, M. E. Correction for Unreliability of Multifactor Measures: Comparison of Alpha and Parallel Forms Approaches. **Organizational Research Methods**, [s.l.], v. 5, p. 184–199, abr. 2002.

ROJAS, P. A. *et al.* **Fundamentos De Logística, Transporte E Comércio Exterior.** São Paulo: Grupo Ibmec Educacional, 2010. 516p.

SACOMANO J. B. *et al.* Indústria 4.0: Lean Manufacturing e a maturidade das empresas do segmento automotivo brasileiro. In: Encontro Nacional De Engenharia De produção: Contribuições Da Engenharia

De Produção Para A Gestão De Operações Energéticas Sustentáveis, XI, 2020, Foz Do Iguaçu. **Anais [...]**, Foz Do Iguaçu: ABEPRO, Paraná, 2022.

SANTOS, M.; MANHÃES, A. M.; LIMA, A. R. Indústria 4.0: Desafios E Oportunidades Para O Brasil. In: Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe (Sustentabilidade E Meio Ambiente), X, 2018, São Cristovão. **Anais SIMPROD**, São Cristovão: Departamento de Engenharia de Produção, 2018. p. 317 – 329.

SANTOS, P. R.; DE MEDEIROS, D. M. R.; MESSAGE, E. R. R. A estrutura de tecnologia da informação na cadeia de valor sob o contexto da indústria 4.0. In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 20, 2018, São Paulo. **Anais[...]** São Paulo, SIMPOI, 2018.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. Geneva: World Economic Forum, 2016. 172p.

SILVEIRA, C. B.; LOPES, G. C. **O que é Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**. [s.l.], 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/industria4-0/>. Acesso em: 22 nov. 2022.

SOLTOVSKI, R. *et al.* Um estudo quantitativo sobre os riscos da indústria 4.0 no contexto industrial: Uma revisão sistemática da literatura. **Gestão e Desenvolvimento**, Novo Hamburgo, v. 17, n. 3, set./dez. 2020.

STOCK, T.; OBENAU, M.; KUNZ, S.; KOHL, H. Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential. **Process Safety and Environmental Protection**, [s.l.], v. 118, p. 254-267, ago. 2018.

STREINER, L. Being Inconsistent About Consistency: When Coefficient Alpha Does and doesn't Matter. **Journal Of Personality Assessment**, [s.l.], v. 80, p. 217-222, jun. 2003.

TORTORELLA, G. L.; FETTERMANN, D. Implementation of Industry 4.0 And Lean Production in Brazilian Manufacturing Companies. **International Journal of Production Research**, [s.l.], v. 56, n. 8, p. 2975-2987, out. 2017.

WANG, S.; WAN, J.; LI, D.; ZHANG, C. Implementing Smart Factory of Industry 4.0: An Outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 3159805, jan. 2016.

YU, F.; SCHWEISFURTH, T. Industry 4.0 Technology Implementation in Smes – A Survey In The Danish-German Border Region. **International Journal of Innovation Studies**, [s.l.], v. 4, n. 3, p. 76-84, out. 2020.

ZHONG, R. Y.; XU, X.; KLOTZ, E.; EWMAN, T. Intelligent Manufacturing in The Context of Industry 4.0: A Review. **Engineering**, Beijing, v. 3, n. 5, p. 616-630, out. 2017.