

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE PROJETOS - PPGP
MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO**

**INDÚSTRIA 4.0 - PROJETO DE IMPLEMENTAÇÃO DE IoT: OPORTUNIDADES E
DESAFIOS NO SETOR DE MANUFATURA**

KÁTIA DINIZ DA SILVA PICCIRILLO

São Paulo

2024

Kátia Diniz da Silva Piccirillo

**INDÚSTRIA 4.0 - PROJETO DE IMPLEMENTAÇÃO DE IoT: OPORTUNIDADES E
DESAFIOS NO SETOR DE MANUFATURA**

**INDUSTRY 4.0 - IoT IMPLEMENTATION PROJECT: OPPORTUNITIES AND
CHALLENGES IN THE MANUFACTURING SECTOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Projetos da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Administração**.

Orientador: Prof. Dr. Walter Cardoso Sátiro

São Paulo

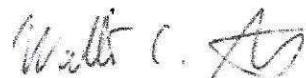
2024

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

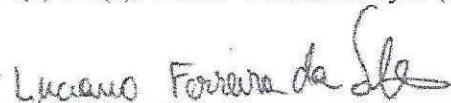
KÁTIA DINIZ DA SILVA PICCIRILLO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Projetos da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, Mestrado Profissional em Administração, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Administração.

São Paulo, 27 de novembro de 2024.



Prof.(a) Dr.(a). Walter Cardoso Sátyro (ORIENTADOR)



Prof.(a) Dr.(a). Luciano Ferreira da Silva (UNINOVE)



Prof.(a) Dr.(a). José Celso Contador (UNIP)

Piccirillo, Kátia Diniz da Silva.

Indústria 4.0 - Projeto de implementação de IoT: oportunidades e desafios no setor de manufatura. / Kátia Diniz da Silva Piccirillo. 2024.

111 f.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Walter Cardoso Sátiro.

1. Internet das coisas (IoT).
 2. Indústria 4.0.
 3. Oportunidades.
 4. Desafios.
 5. Projetos de implementação.
 6. Manufatura.
- I. Sátiro, Walter Cardoso. II. Título

CDU 658.012.2

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos”
(Provérbios 16:3).

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho com todo o meu amor e gratidão ao meu marido, Jefferson, cuja inteligência, perseverança, inspiração e apoio incondicional guiaram e motivaram cada etapa desta pesquisa. Você é minha base e a razão por trás desta jornada. Obrigada por acreditar em mim e ser meu maior incentivador.

Aos meus pais, Wilson e Lúcia, por todo o amor, dedicação e apoio ao longo da minha vida. Sem vocês, nenhum passo nesta caminhada teria sido possível.

E às minhas cachorras, Suzi e Caramela, pela companhia fiel e pelo carinho diário que tornaram os momentos de estudo e trabalho mais leves e alegres. Vocês são meus amores.

AGRADECIMENTO

A conclusão deste trabalho representa o resultado de uma jornada desafiadora e gratificante, que só foi possível graças ao apoio, incentivo e colaboração de muitas pessoas. A todas elas, meu mais sincero agradecimento.

Agradeço à Universidade Nove de Julho por proporcionar um ambiente de aprendizado e crescimento intelectual, onde tive a oportunidade de expandir meus conhecimentos e desenvolver esta pesquisa. Meu reconhecimento se estende a todos os professores do curso, cujas aulas, orientações e dedicação foram fundamentais para a construção do meu saber e para o desenvolvimento desta dissertação. Cada um de vocês, com suas experiências e ensinamentos, contribuiu de maneira significativa para minha formação acadêmica.

Aos meus colegas de mestrado, que compartilharam comigo momentos de aprendizado, dúvidas, conquistas e desafios. A troca de ideias, o apoio mútuo e o espírito colaborativo tornaram esta trajetória muito mais rica e especial. Sou grata por cada conversa, estudo em conjunto e incentivo que recebi ao longo deste percurso. Nossa grupo de WhatsApp tornou a jornada mais leve.

De maneira especial, expresso minha profunda gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Walter Cardoso Sátiro, por sua orientação atenta, paciência, encorajamento e por me guiar com competência e sabedoria durante todas as etapas desta pesquisa. Sua dedicação e comprometimento foram fundamentais para que eu pudesse superar os desafios e alcançar os objetivos propostos.

Agradeço, ainda, à minha família, por seu amor, apoio incondicional e paciência em todos os momentos desta jornada. Vocês foram minha base e minha força para seguir em frente, mesmo diante dos desafios mais difíceis. Obrigada por acreditarem em mim e me incentivarem a alcançar meus objetivos.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que esta jornada se concretizasse, deixo aqui meu mais sincero muito obrigada.

RESUMO

Este trabalho busca estudar as oportunidades e desafios advindos de projetos de implementação da *Internet das Coisas* (IoT) no contexto da Indústria 4.0, com foco no setor de manufatura, particularmente em duas microempresas do estado de São Paulo. A pesquisa foi conduzida utilizando uma abordagem de métodos mistos, combinando dados qualitativos e quantitativos coletados por meio de entrevistas semiestruturadas e formulários aplicados a gestores, especialistas da área e operadores de máquina. Os resultados revelam que a IoT oferece diversas oportunidades para a otimização de processos industriais, como o aumento da eficiência operacional, a redução de custos e a melhoria na confiabilidade dos dados utilizados nas operações. A capacidade de tomar decisões mais assertivas com base em dados em tempo real também foi um dos principais benefícios destacados pelos participantes. No entanto, o estudo também identificou desafios significativos à adoção da IoT, entre eles a falta de incentivos governamentais, o alto investimento inicial necessário para a implementação de tecnologias IoT. Além disso, a ausência de infraestrutura tecnológica robusta e a escassez de profissionais qualificados são fatores que podem dificultar o processo de digitalização das empresas. O estudo conclui que, embora existam desafios, a adoção da IoT pode trazer vantagens competitivas significativas, desde que as empresas estejam dispostas a investir em capacitação, infraestrutura e em uma mudança cultural interna. As contribuições desta pesquisa são relevantes tanto para gestores empresariais quanto para formuladores de políticas públicas, pois fornecem uma compreensão detalhada das condições necessárias para facilitar a transição para a Indústria 4.0. Além disso, os conhecimentos gerados podem ser utilizados para a elaboração de estratégias que visem superar os desafios à adoção de IoT e maximizar as oportunidades de inovação e competitividade no setor de manufatura.

Palavras-chave: *Internet das Coisas* (IoT), Indústria 4.0, Oportunidades, Desafios, Projetos de Implementação, Manufatura.

ABSTRACT

This study sought to study the opportunities and challenges arising from Internet of Things (IoT) implementation projects in the context of Industry 4.0, focusing on the manufacturing sector, particularly in two micro-enterprises in the state of São Paulo. The research was conducted using a mixed-methods approach, combining qualitative and quantitative data collected through semi-structured interviews and forms applied to managers and experts in the field. The results reveal that IoT offers several opportunities for optimizing industrial processes, such as increasing operational efficiency, reducing costs, and improving the reliability of data used in operations. The ability to make more assertive decisions based on real-time data was also one of the main benefits highlighted by the participants. However, the study also identified significant challenges to the adoption of IoT, including the lack of government incentives, the high initial investment required for the implementation of IoT technologies. In addition, the lack of robust technological infrastructure and the shortage of qualified professionals are factors that can hinder the digitalization process of companies. The study concludes that, although challenges exist, the adoption of IoT can bring significant competitive advantages, as long as companies are willing to invest in training, infrastructure and an internal cultural change. The contributions of this research are relevant for both business managers and public policy makers, as they provide a detailed understanding of the conditions necessary to facilitate the transition to Industry 4.0. In addition, the knowledge generated can be used to develop strategies to overcome the challenges to IoT adoption and maximize opportunities for innovation and competitiveness in the manufacturing sector.

Keywords: Internet of Things (IoT), Industry 4.0, Opportunities, Challenges, Implementation Projects, Manufacturing.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D – Tridimensional

IoT – Internet *of Things* ou Internet das Coisas

IIoT – *Industrial Internet of Things* ou Internet Industrial das Coisas

PMEs – Pequenas e Médias Empresas

RFID – *Radio Frequency Identification* ou Identificação por Radiofrequência

ROI – *Return on Investment* ou Retorno sobre o Investimento

WI-FI – *Wireless Fidelity*

OPC-UA – *Open Platform Communications Unified Architecture*

ERP – *Enterprise Resources Planning* ou Sistema de Gestão Empresarial

PCS – *Process Control System* ou Sistema de Controle de Processos

SCADA – *Supervisory Control And Data Acquisition* ou Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados

WSN – *Wireless Sensor Networks*

IA - Inteligência Artificial

RSL - Revisão Sistemática da Literatura

TI – Tecnologia da Informação

MCDM – *Multi-Criteria Decision Making*

TOPSIS – *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*

IEW – *Information Entropy Weight*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Oportunidades advindas da Indústria 4.0 e da IoT	32
Tabela 2: Desafios advindos da Indústria 4.0 e da IoT	41
Tabela 3: Matriz de Amarração da pesquisa	63
Tabela 4: Cargos e experiência.....	66
Tabela 5: Oportunidades elencadas segundo Índice de Proximidade	71
Tabela 6: Desafios elencados segundo Índice de Proximidade	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Revoluções Industriais.	25
Figura 2: Diagrama de Fluxo de Pesquisa.....	50

SUMÁRIO

RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	X
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE FIGURAS	XII
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.2 OBJETIVOS	21
1.2.1 Geral	21
1.2.2 Específicos	21
1.3 JUSTIFICATIVA.....	22
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1 INDÚSTRIA 4.0	24
2.2 INTERNET DAS COISAS (IOT).....	26
2.3 PROJETOS	28
2.4 INTERNET DAS COISAS – PROJETO DE IMPLEMENTAÇÃO.....	29
2.5 OPORTUNIDADES EM PROJETOS DE IMPLEMENTAÇÃO DE INTERNET DAS COISAS	32
2.6 DESAFIOS EM PROJETOS DE IMPLEMENTAÇÃO DE INTERNET DAS COISAS	40
3 MÉTODO E TÉCNICAS DE PESQUISA	47
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	47
3.1.1 Revisão Sistemática da Literatura.....	48

3.1.2	Pesquisa Mista.....	51
3.1.3	Estudo de Campo	53
3.1.4	Entrevistas.....	54
3.1.5	Formulários	56
3.1.6	Escala Decimal.....	57
3.1.7	Triangulação de Dados	58
3.1.8	Análise Multicritérios.....	59
3.1.8.1	Procedimento TOPSIS.....	60
3.1.9	Matriz de Amarração.....	63
3.2	UNIDADE DE ANÁLISE.....	64
3.3	PROCEDIMENTOS DE COLETA DOS DADOS	65
3.4	PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS.....	67
3.5	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	68
4	APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	70
4.1	RESULTADOS.....	70
4.2	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	73
4.2.1	Oportunidades	74
4.2.2	Desafios	81
4.3	SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	87
5	CONTRIBUIÇÕES PARA A PRÁTICA	89
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
6.1	CONTRIBUIÇÕES PARA A ACADEMIA	92
6.2	LIMITAÇÕES	92
6.3	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	93
	REFERÊNCIAS.....	94

APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTAS	104
APÊNDICE B – FORMULÁRIO.....	108

1 INTRODUÇÃO

A globalização e os avanços tecnológicos trouxeram mudanças significativas para as economias e políticas, forçando as empresas a procurarem acesso à tecnologia para estarem melhor posicionadas de forma a competirem com sucesso (Costa, Frecassetti, Rossini, & Portioli-Staudacher, 2023). Essa busca por inovação, impulsionada pela globalização e avanços tecnológicos, não apenas redefine as estratégias empresariais, mas também fundamenta a transição para a era digital da Indústria 4.0 (Gouvea, Marcelino, Woods & Rodrigues, 2021).

Ao explorar em maior profundidade as transformações, percebe-se que a Indústria 4.0 não se limita apenas a melhorias operacionais, mas representa uma revolução abrangente na forma como as empresas concebem, produzem e entregam seus produtos e serviços (Illa & Padhi, 2018). Neste contexto, os benefícios advindos da adoção de tecnologias da Indústria 4.0 trazem como vantagem competitiva para as empresas, maior produtividade, eficácia, adaptabilidade e capacidade de fabricação expandida, além de redução de custos, monitoramento e controle de qualidade aprimorado e diminuição do desperdício e tempo de entrega (Abdulaziz *et al.*, 2023).

O conceito de Indústria 4.0, que surgiu em 2011 na Feira de Hannover na Alemanha, vai além de sua concepção, mas pode-se destacar sua constante evolução desde então (Da Silva, Kovaleski, Pagani, Silva & Corsi, 2020), e tem como objetivo fortalecer a competitividade da indústria (Contador, Sátiro, Contador, & Spinola, 2020). Esta quarta etapa da industrialização é baseada em sistemas totalmente mecanizados e automatizados, combinando *internet* e tecnologias orientadas para o futuro e inteligência de máquina (Nouinou *et al.*, 2023). Ainda, para Nouinou *et al.* (2023), a inteligência de máquina, por exemplo, desempenha um papel importante nesse cenário, capacitando sistemas a aprenderem e se adaptarem autonomamente, contribuindo não só para a produtividade, mas também aprimorando a adaptabilidade das empresas diante de mudanças rápidas no ambiente de negócios.

Com relação ao potencial de crescimento da produtividade, este reside principalmente na melhoria do trabalho e dos processos de tomada de decisão das empresas, apesar das pequenas e médias empresas ainda estarem em desvantagem com relação a essas novas tecnologias (Nagy, Lazaroiu & Valaskova, 2023). A capacidade de fabricação expandida da Indústria 4.0 vai além da simples automação de processos; envolve a integração

de tecnologias avançadas, como IoT, impressão 3D, inteligência artificial (IA) e realidade aumentada, possibilitando a personalização em massa e a produção ágil (Upadhyay, Balodib, Naza, Di Nardoc & Jraisat, 2023). Essa abordagem inovadora não apenas otimiza a eficiência, mas também abre espaço para novos modelos de negócios (Ikeda, Da Silva, Penha & De Oliveira, 2021) baseados na flexibilidade e na resposta rápida às demandas do mercado (Contador *et al.*, 2020).

Com base neste contexto, pode-se dizer que a Indústria 4.0 representa uma nova era de produção industrial, caracterizada por um ambiente altamente conectado, inteligente e automatizado, onde a tecnologia é utilizada para melhorar a eficiência e a produtividade (Upadhyay *et al.*, 2023). Além disso, pode ainda ser evidenciado que uma das principais tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 é a IoT – *Internet of Things* ou *Internet* das Coisas, que permite a conectividade de dispositivos, sistemas e objetos de maneira geral com humanos, por meio da *internet*, gerando uma grande quantidade de dados em tempo real (Li *et al.*, 2019).

A IoT está transformando a indústria em vários aspectos, permitindo a criação de novos modelos de negócios (Ikeda *et al.*, 2021), melhorando a eficiência operacional e aumentando a qualidade dos produtos e serviços (Javaid, Haleem, Singh, & Suman, 2022). Desta forma, por meio da coleta e análise de dados, a IoT possibilita a tomada de decisões mais precisas e rápidas, permitindo a identificação de falhas e a implementação de soluções de forma mais eficaz (Illa & Padhi, 2018; De Luca *et al.*, 2023). Assim, ao integrar dispositivos tecnológicos da Indústria 4.0 como serviços baseados na utilização de IoT, as empresas podem coletar e analisar dados em tempo real para identificar ineficiências e áreas de aprimoramento, o que pode levar a ajustes imediatos e melhorias de desempenho (Li *et al.*, 2019). Deste modo, com uma coordenação dinâmica de serviços em um ambiente IoT, as empresas podem melhorar a eficiência, reduzir custos e aumentar a produtividade geral (Kumar & Iyer, 2019; Abdulaziz *et al.*, 2023).

Na indústria 4.0, a IoT é utilizada em diversas áreas, desde o chão de fábrica até a gestão da cadeia de suprimentos (Illa & Padhi, 2018). Com a IoT, é possível monitorar e controlar equipamentos em tempo real, realizar manutenção preditiva (De Luca *et al.*, 2023), otimizar a produção e até mesmo personalizar produtos para atender às necessidades específicas dos clientes (Abdulaziz *et al.*, 2023).

A implementação de projetos de IoT pode representar um desafio significativo para as empresas, especialmente em um mundo cada vez mais conectado e digital (Sacomano,

Gonçalves, Bonilla, Da Silva, & Sátiro, 2018; Abdulaziz *et al.*, 2023). Porém, a não implementação de tecnologias, como a IoT, pode afetar sua competitividade, eficiência operacional, coleta de dados relevantes e imagem no mercado (Nouinou *et al.*, 2023). Deste modo, é importante que as empresas avaliem cuidadosamente as oportunidades e desafios da IoT e busquem implementar esse conjunto de tecnologias de forma estratégica e eficaz (Costa *et al.*, 2023).

Com base neste contexto, a IoT é relevante para o bom desempenho operacional das empresas, contudo, escassos são os estudos sobre as oportunidades e desafios em projetos de implementação de IoT em empresas de manufatura.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A falta de conhecimento sobre IoT em empresas representa um obstáculo significativo à inovação e competitividade no mercado atual (Abdulaziz *et al.*, 2023). Sem uma compreensão clara das capacidades e oportunidades que a IoT pode proporcionar, muitas organizações perdem oportunidades de otimizar seus processos, reduzir custos e melhorar a experiência do cliente (Nouinou *et al.*, 2023). Além disso, a ausência de informação sobre como integrar essa tecnologia de maneira eficaz em suas operações impede as empresas de explorarem novas fontes de dados e informações relevantes, essenciais para a tomada de decisões estratégicas (Contador *et al.*, 2021; Costa *et al.*, 2023). Essa lacuna no conhecimento resulta em uma desvantagem competitiva, deixando as empresas estagnadas enquanto concorrentes mais informados avançam rapidamente na era digital (Sacomano *et al.*, 2018).

Encontram-se estudos acadêmicos sobre as oportunidades e desafios de projetos de implementação da Indústria 4.0, porém os autores não abordam de forma específica a IoT. Por meio de revisão sistemática da literatura (RSL), um trabalho buscou preencher a lacuna existente na literatura sobre a adoção da Indústria 4.0 em ambientes de manufatura em economias em desenvolvimento (Singh, Goyat, & Panwa, 2023). Neste trabalho, os autores identificaram elementos-chave que desempenham um papel essencial na criação de uma forte relação entre o mundo físico e cibernético, destacando que tecnologias emergentes como IoT, *blockchain*, e outras tecnologias colaboram para o sucesso da Indústria 4.0, reduzindo a interferência humana em sistemas eficazes e eficientes (Singh *et al.*, 2023). Além disso, são

explorados os benefícios potenciais dessas tecnologias emergentes, juntamente com os desafios enfrentados por ambientes de manufatura durante a adaptação à Indústria 4.0 (Singh *et al.*, 2023).

Alguns estudos limitam-se a abordar apenas os riscos críticos associados à implementação da Indústria 4.0, buscando identificar e destacar as vulnerabilidades e ameaças associadas às diferentes camadas e funções de uma arquitetura da *Internet Industrial das Coisas* (IIoT) (Hoffman, 2019). Por outro lado, Reddy e Kone (2019) discutem, em seu trabalho, a resistência à mudança na indústria da construção, que impede a adoção de estilos inovadores de construção, controle de ativos e otimização do processo construtivo por meio da implementação da IoT.

A abordagem da melhoria da eficiência das pequenas e médias empresas (PMEs) é relevante devido ao seu papel na economia, e, portanto, a otimização dos fluxos financeiros na cadeia de abastecimento pode superar o desafio do capital limitado das PMEs, com a Indústria 4.0 e as *FinTechs* desempenhando papéis-chave (Soni *et al.*, 2022). As tecnologias como IoT, computação em nuvem, *big data* e análise podem impulsionar a eficiência da cadeia de abastecimento e facilitar o financiamento sustentável (Soni *et al.*, 2022). Este estudo propõe uma estrutura de seleção de tecnologia para ajudar as PMEs a adotarem as tecnologias mais adequadas (Soni *et al.*, 2022), porém não aborda as oportunidades e desafios da implementação de tais tecnologias, e principalmente, não retrata especificamente a IoT.

Gayialis, Kechagias, Konstantakopoulos, e Papadopoulos (2022) apresentam um *framework* operacional, uma abordagem metodológica e uma arquitetura para o desenvolvimento de um sistema que atenda às necessidades de manutenção preditiva na cadeia de fornecimento de serviços, baseado em tecnologias da Indústria 4.0, como IoT, aprendizado de máquina e computação em nuvem, porém com pouca ênfase sobre os desafios na implementação da IoT.

Ao abordar o conceito de IIoT e destacar seus benefícios potenciais, Paliwoda, Górná, Biegańska, e Wójcicki (2023) identificaram e avaliaram as práticas e abordagens das organizações em relação à implementação de soluções de IIoT na indústria de embalagens da Polônia. Os resultados obtidos revelaram uma imaturidade digital nas empresas de embalagens polonesas, com uma implementação limitada de sistemas de qualidade digital e uma falta de planos para a adoção de sistemas empresariais mais avançados (Paliwoda *et al.*, 2023). Embora as soluções de IIoT tenham potencial para melhorar a eficiência, a baixa adoção pode ser atribuída ao receio da tecnologia, restrições orçamentárias e escassez de

pessoal qualificado (Paliwoda *et al.*, 2023). Apesar dos impactos da digitalização, muitas organizações ainda não estão suficientemente preparadas para aproveitar plenamente a quarta revolução industrial (Paliwoda *et al.*, 2023).

Um sistema automático foi desenvolvido para medição de tempo das operações de fabricação e montagem, em que envolveu a implementação de tecnologias IoT e RFID, utilizando leitores e *tags* RFID para registrar o tempo das operações (Fantoni, Al-Zubaidi, Coli & Mazzei, 2021). O sistema foi aplicado na prática por meio de um estudo de caso envolvendo a medição de operações manuais de montagem, e os resultados indicaram que o sistema automático é promissor, proporcionando medições precisas de tempo e oferecendo recomendações para superar diversas limitações, não apenas técnicas, mas também gerenciais, legais e organizacionais (Fantoni *et al.*, 2021). Porém, seria relevante abordar que o uso das tecnologias implementadas no estudo vai além de uma simples medição de tempo, que se baseou no trabalho, de forma a auxiliar na otimização de processos, manutenção preditiva, personalização e qualidade de produtos e/ou serviços, sustentabilidade, melhor tomadas de decisão, entre outros (Contador *et al.*, 2020; Nouinou *et al.*, 2023).

A Indústria 4.0 está revolucionando as indústrias ao integrar IoT, comunicação máquina a máquina, realidade virtual e outras tecnologias para aumentar a automação e a eficiência (Łabędzka, 2021). No entanto, sua implementação apresenta desafios significativos para as pequenas e médias empresas, que muitas vezes carecem de recursos financeiros e capacidade organizacional para explorar seu potencial (Łabędzka, 2021). Łabędzka (2021) se propõe a analisar como as políticas europeias podem desbloquear o potencial da Indústria 4.0 e superar os desafios à sua adoção pelas PMEs, porém isso no contexto do continente europeu, além de não ter como foco a IoT.

Samaranayake, Laosirihongthong, Adebanjo, e Boon-itt (2023) buscaram identificar e priorizar os fatores que facilitam a implementação da IoT em cadeias de suprimentos digitais, além de estabelecer as interdependências entre esses fatores e as medidas de desempenho-chave para o sucesso da adoção da IoT em empresas na Tailândia, porém não abordaram a implementação de IoT em manufaturas.

Ao explorar ações para superar os desafios enfrentados na implementação de projetos de IoT, Martens, Da Silva, Silva e Martens (2022), utilizaram a teoria do impacto ambiental como lente teórica. O estudo foi dividido em duas fases, sendo que a primeira fase identificou os principais desafios relacionados à administração de dados, custos, inovação, integração tecnológica, eficiência, gestão de pessoas, segurança e geração de valor (Martens *et al.*, 2022).

Na segunda fase foram propostas sete ações para superar esses desafios, como a criação de arquiteturas IoT robustas, escalabilidade, segurança, interação eficiente entre pessoas e dispositivos, padronização e disseminação de conhecimento (Martens *et al.*, 2022). Martens *et al.* (2022) contribuem significativamente para a literatura ao descrever como esses desafios e ações interagem, fornecendo informações importantes para profissionais envolvidos na implementação de IoT. Apesar de relevante, os autores abordam o tema de forma ampla no contexto da indústria.

Por fim, apesar das significativas contribuições para o tema IoT, mas diante da importância deste para as empresas e diante da escassez e relevância de estudos sobre oportunidades e desafios em projetos de implementação de IoT da Indústria 4.0 em empresas de manufatura.

Com base neste contexto, esta proposta de dissertação adota como pergunta de pesquisa: Quais são as oportunidades e desafios mais relevantes para empresas do setor de manufatura, em projetos de implementação de IoT da Indústria 4.0?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho é estudar quais são as oportunidades e desafios mais relevantes para empresas do setor de manufatura, em projetos de implementação de IoT da Indústria 4.0.

1.2.2 Específicos

Como objetivos específicos, esse estudo pretende:

(a) Identificar na literatura acadêmica as oportunidades relevantes nas empresas do setor de manufatura, em projetos de implementação de IoT da Indústria 4.0;

(b) Identificar na literatura acadêmica os desafios relevantes nas empresas do setor de manufatura, em projetos de implementação de IoT da Indústria 4.0;

- (c) Verificar em pesquisa/estudo de campo, a relevância das oportunidades identificadas na literatura;
- (d) Verificar em pesquisa/estudo de campo, a relevância dos desafios identificados na literatura; e
- (e) Analisar as principais oportunidades e desafios identificados na pesquisa/estudo de campo.

1.3 JUSTIFICATIVA

A Indústria 4.0 está redefinindo os paradigmas da produção industrial, promovendo uma integração cada vez maior de tecnologias digitais avançadas para otimizar processos, aumentar a eficiência e impulsionar a inovação (Sacomano *et al.*, 2018). Dentro desse contexto, a IoT emerge como uma ferramenta relevante, conectando máquinas, dispositivos e sistemas para coletar, analisar e compartilhar dados em tempo real (Javaid *et al.*, 2022). Diante desse cenário, a proposta deste estudo é estudar as oportunidades e desafios associados a projetos de implementação de IoT da Indústria 4.0, com foco no setor de manufatura.

A justificativa para este tema é baseada na relevância e na urgência de compreender os impactos da IoT na transformação digital do setor de manufatura. O tema IoT nas empresas é relevante, uma vez que esse conjunto de tecnologias tem potencial de revolucionar diversos setores da economia, incluindo a indústria, o comércio, a saúde, a agricultura, entre outros (Costa *et al.*, 2023). Projetos de implementação de IoT oferecem uma série de oportunidades para as empresas de manufatura, incluindo a melhoria da eficiência operacional, a redução de custos, a inovação de produtos e serviços e o aumento da competitividade global (Contador *et al.*, 2020). Ao investigar essas oportunidades, será possível fornecer percepções importantes para as organizações industriais que buscam maximizar as oportunidades da IoT em seus processos e operações (Sacomoano *et al.*, 2018).

Além disso, é relevante abordar os desafios enfrentados pelas empresas durante projetos de implementação de IoT, tais como segurança cibernética, retorno sobre o investimento (ROI), resistências, que representam obstáculos significativos e que precisam ser superados para garantir o sucesso e a sustentabilidade desses projetos (Contador *et al.*, 2020). Ao examinar esses desafios de forma aprofundada, será possível identificar estratégias e

melhores práticas para mitigar os riscos e maximizar as chances de sucesso em projetos de implementação de IoT no contexto de manufatura (Costa *et al.*, 2023).

Ademais, esta pesquisa contribui para o avanço do conhecimento acadêmico no campo da IoT, fornecendo uma análise abrangente e fundamentada das oportunidades e desafios enfrentados pelas empresas do setor de manufatura. Os resultados desta pesquisa servem como base para futuros estudos e para orientar a formulação de políticas e estratégias empresariais relacionadas à adoção de tecnologias como a IoT.

Por fim, esta dissertação visa preencher uma lacuna na literatura acadêmica, que embora tenha um rico acervo sobre IoT e Indústria 4.0, escassos são os trabalhos que abordam de maneira específica as oportunidades e desafios em projetos de implementação de IoT no setor de manufatura e que retratem a experiência de projetos de implementação de IoT em campo. Ao explorar as oportunidades e desafios de projetos de implementação de IoT, este trabalho oferece conhecimentos relevantes para as empresas, aos pesquisadores e aos formuladores de políticas interessados na transformação digital do setor de manufatura, de forma que gestores e os envolvidos em projetos de implementação de IoT possam maximizar as oportunidades e minimizar os desafios aqui apresentados.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi organizado em cinco partes distintas: o primeiro capítulo concentrou-se na introdução, oferecendo o contexto inicial, identificando o problema de pesquisa e sua questão, delineando os objetivos e justificando a seleção do tema.

No segundo capítulo, foi desenvolvido o embasamento teórico, abrangendo áreas como Projetos, Indústria 4.0, *Internet das Coisas* (IoT), Oportunidades e Desafios em Projetos de Implementação de IoT.

O terceiro capítulo aborda a metodologia adotada na pesquisa, sua estrutura, procedimentos de coleta e análise de dados, além de descrever os participantes das empresas escolhidas para esse que foi um estudo de campo.

O quarto capítulo é composto pela análise e interpretação dos resultados obtidos. Por fim, o quinto capítulo contempla as conclusões, síntese dos resultados, realçando as contribuições para o progresso do conhecimento, expondo as limitações identificadas e sugerindo direções para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No referencial teórico são abordados os temas: Indústria 4.0, *Internet* das Coisas (IoT), Projetos, Projetos de Implementação de IoT, Oportunidades e Desafios para as empresas com relação a projetos de implementação de IoT.

2.1 INDÚSTRIA 4.0

Indústria 4.0 é um conceito que foi criado em 2011, durante a Feira de Hannover na Alemanha (Da Silva *et al.*, 2020), com o objetivo de melhorar o desempenho da fabricação, promovida pelo uso de tecnologias digitais e automação (Sátyro *et al.*, 2022), mas ainda não possui uma definição vastamente aceita, pois grandes são as dificuldades enfrentadas pelas empresas para entender e adotar a Indústria 4.0, que envolve tecnologias como *Internet* das Coisas (IoT), sistemas ciberfísicos (CPS), *big data*, simulação, robótica autônoma e inteligência artificial (Taqi *et al.*, 2023). A Indústria 4.0, ou quarta revolução industrial, assim como as três primeiras revoluções anteriores, marcou momentos de grandes mudanças na história, transformando de forma relevante a sociedade e a economia global (Sacomano *et al.*, 2018).

Iniciada no final do século XVIII, a primeira revolução industrial foi impulsionada pela introdução de máquinas a vapor e teve um impacto significativo na agricultura, produção têxtil e transporte, resultando em uma mudança da economia agrária para a industrial (Sacomano *et al.*, 2018). A segunda revolução industrial, que ocorreu no final do século XIX, trouxe avanços estimulados pela eletricidade, aço e produção em massa, impulsionando ainda mais o crescimento industrial e a urbanização (Sacomano *et al.*, 2018). Já a terceira revolução industrial se deu a partir do final do século XX, sendo caracterizada pela automação, computadores e tecnologias digitais, alterando fundamentalmente a forma como produzimos, consumimos e nos comunicamos, dando origem à era da informação e da globalização (Sacomano *et al.*, 2018).

Conhecida como Indústria 4.0, a quarta revolução industrial está redefinindo a forma como vivemos, trabalhamos e interagimos (Sacomano *et al.*, 2018). Caracterizada pela fusão de tecnologias digitais, físicas e biológicas, ela está gerando sistemas inteligentes que

promovem uma integração sem precedentes entre o mundo físico, digital e biológico (Upadhyay *et al.*, 2023). Avanços como IoT, e outras tecnologias da Indústria 4.0 estão impulsionando mudanças profundas em indústrias, serviços e sociedade como um todo (Taqi *et al.*, 2023).

A quarta revolução industrial está não apenas aumentando a eficiência e a produtividade, mas também oferecendo novas oportunidades de inovação, criando desafios e demandando adaptação rápida em diversas esferas da vida humana (Sacomano *et al.*, 2018). Um resumo destas revoluções pode ser observado na Figura 1.

Figura 1: Revoluções Industriais



Fonte: Adaptado de SátYRO *et al.* (2021)

A Indústria 4.0 e o avanço tecnológico admitiram a integração entre humanos e máquinas por meio da troca de informações e dados promovendo uma maior comunicação entre a cadeia de suprimentos, consumidores e *stakeholders* (SátYRO *et al.*, 2022). Além disso, a Indústria 4.0 é consideravelmente importante por sua capacidade de reduzir custos, aumentar a eficiência, lidar com a incerteza, permitir a competitividade, estimular práticas sustentáveis (Elnadi & Abdallah, 2023), gerando fábricas inteligentes (Taqi *et al.*, 2023). Todavia, sua adoção é baixa em função de uma série de fatores complexos e inter-relacionados, como a falta de estratégia, padrões, recursos digitais, conhecimento, recursos humanos e financeiros (Elnadi & Abdallah, 2023; Taqi *et al.*, 2023). Compreender os desafios à adoção da Indústria 4.0 é essencial para possibilitar seu avanço (Taqi *et al.*, 2023).

Desta maneira, a implementação da Indústria 4.0 oferece benefícios, como customização em massa e aumento da produtividade (Sátyro *et al.*, 2022). Porém, existem desafios relacionados à sua implementação, como a necessidade de mudança cultural nas organizações, o desenvolvimento de novas habilidades gerenciais e a dificuldade em contratar e treinar pessoas em tecnologia (Sátyro *et al.*, 2022). A adoção da Indústria 4.0 tem sido uma jornada marcada por desafios e oportunidades para empresas em todo o mundo (Sátyro *et al.*, 2022). Enquanto algumas empresas líderes estão adiantadas na implementação de tecnologias como IoT e automação avançada, outras estão apenas começando a explorar o potencial dessas inovações, ou nem as conhecem (Nagy, Lazaroiu & Valaskova, 2023).

Para que a Indústria 4.0 tenha uma adoção bem-sucedida, isso requer uma mudança cultural significativa dentro das organizações, incluindo investimentos em habilidades digitais, desenvolvimento de uma mentalidade orientada para dados e flexibilidade para se adaptar a novos modelos de negócios (Illa & Padhi, 2018; Contador *et al.*, 2020; Upadhyay *et al.*, 2023). Além disso, a segurança cibernética emergiu como uma preocupação crítica, dada a interconexão crescente de sistemas e dispositivos (Costa *et al.*, 2023; Nagy *et al.*, 2023; Nouinou *et al.*, 2023). Apesar dos desafios, a adoção da Indústria 4.0 oferece oportunidades relevantes para aumentar a eficiência, a personalização e a inovação, transformando fundamentalmente a forma como as empresas operam e entregam valor aos clientes (Contador *et al.*, 2020; Elnadi & Abdallah 2023).

2.2 INTERNET DAS COISAS (IoT)

Kevin Ashton (2009) usou o termo "*Internet das Coisas*" como título de uma apresentação que fez na empresa Procter & Gamble (P&G) em 1999, para chamar atenção para o evento, porém a palestra apresentava a ideia do sistema RFID, para rastrear produtos na cadeia de suprimentos. Após isso, o termo *Internet of Things* logo se popularizou (Sacomano *et al.*, 2018). A *Internet das Coisas* ou IoT vem do termo americano "*Internet of Things*" e caracteriza o cenário atual e o futuro da tecnologia, refletindo a integração da tecnologia nos objetos e por consequência na vida e nos negócios (Fachini, Mesquita, Oliveira & De França, 2017).

Ashton (2009) destaca a dependência da *Internet* de dados originados por humanos e propõe que os computadores deveriam coletar informações sobre o mundo físico por si mesmos, sem intervenção humana. Ele argumenta que isso poderia levar a uma grande

redução de desperdício, perdas e custos, melhorando a eficiência em várias áreas (Ashton, 2009). Ashton (2009) enfatiza o potencial transformador da IoT e a importância de continuar avançando nessa tecnologia, destacando que vai além de ser apenas uma evolução do código de barras ou de sistemas de pedágio, e que a IoT tem o poder de mudar o mundo tanto quanto a própria *Internet* (Ashton, 2009).

Ashton (2009) considera a IoT como sendo um grande negócio, pois a economia, sociedade e sobrevivência não se baseiam em ideias ou informações, mas baseiam-se em coisas. Para Ashton (2009, p. 1), “as ideias e informações são importantes, mas as coisas importam muito mais”. Porém, a tecnologia da informação atualmente é muito dependente de dados originados pelas pessoas, e, portanto os computadores sabem mais sobre ideias do que sobre coisas (Ashton, 2009).

A IoT é um dos alicerces da Indústria 4.0, e desempenha um papel importante na inserção de objetos físicos, humanos, máquinas inteligentes, linhas de produtos e processos em toda a organização, trazendo aplicações vastas em processos de fabricação, permitindo a realização de cenários mais autônomos e eficientes (Zheng, Ardolino, Bacchetti & Perona, 2021). A IoT é como uma grande rede de objetos físicos, que podem ser qualquer coisa, desde *smartphones*, carros, eletrodomésticos e sensores de temperatura, por isso chamada genericamente de coisas, e que estão conectados à *Internet* e podem se comunicar entre si (Kumar, Sindhwan & Singh, 2022).

IoT está revolucionando inúmeras áreas, como agricultura, medicina, engenharia e outros setores ainda em estágio inicial, além de fornecer um novo horizonte para o progresso, permitindo avanços expressivos em termos de eficiência e benefícios para a sociedade (Nižetić, Šolić, González-De & Patrono, 2020). A IoT torna a vida mais conveniente e eficiente (Sacomano *et al.*, 2018). Sacomano *et al.* (2018) citam como exemplo, em uma cidade inteligente, os semáforos podem se comunicar com os carros para melhorar o fluxo de tráfego. Na agricultura, os sensores podem monitorar a umidade do solo e automatizar a irrigação das plantações (Sacomoano *et al.*, 2018). Na saúde, dispositivos médicos podem enviar dados diretamente para os médicos, permitindo um monitoramento mais preciso e em tempo real dos pacientes (Da Silva & De Oliveira, 2017).

Apesar das oportunidades, a IoT também apresenta desafios, como questões de segurança e privacidade, pois esses dispositivos estão constantemente coletando e transmitindo dados, e, portanto, é importante garantir que essas informações sejam protegidas contra acessos não autorizados (Sacomoano *et al.*, 2018). A IoT está transformando a maneira

como interagimos com o mundo ao nosso redor, tornando tudo mais conectado e inteligente (Sacomano *et al.*, 2018). À medida que essa tecnologia continua a evoluir, é importante aproveitar seus benefícios enquanto lidamos responsávelmente com seus desafios (Vu *et al.*, 2023).

Em resumo, IoT é uma rede interconectada de dispositivos físicos, veículos, eletrodomésticos e outros objetos que possuem sensores, *software* e conectividade para trocar dados e realizar ações automatizadas (Da Silva *et al.*, 2020). Desta forma, por meio de IoT, dispositivos podem coletar e transmitir informações em tempo real, permitindo um maior nível de interação e controle sobre o ambiente ao nosso redor (Costa *et al.*, 2023).

2.3 PROJETOS

Projetos são empreendimentos temporários, planejados e executados para alcançar um objetivo específico dentro de um prazo determinado, com recursos definidos (Turner & Müller, 2003). Ainda Turner e Müller (2003) citam que projetos são distintos das operações rotineiras de uma organização, uma vez que possuem um início e um fim claramente definidos, geralmente com um conjunto de entregas ou resultados esperados.

Os projetos são caracterizados pela sua singularidade, ou seja, cada projeto é único, com suas próprias metas, requisitos e restrições, podendo variar em escopo, complexidade, duração e recursos envolvidos (Ibert, 2004). Patah e Carvalho (2015) definem projetos como experimentos “esquecíveis” coordenados dentro de organizações, que advêm em meio à rotina, compostos por indivíduos que dificilmente irão trabalhar juntos novamente.

A gestão de projetos é a área responsável por planejar, executar e controlar todas as atividades necessárias para alcançar os objetivos do projeto dentro das restrições de tempo, custo, qualidade e recursos (Turner & Müller, 2003). Isso envolve a identificação e alocação de recursos, a definição de cronogramas e orçamentos, a comunicação com as partes interessadas, a mitigação de riscos e a resolução de problemas que possam surgir durante a execução do projeto (Carvalho & Rabechini Jr., 2011).

2.4 INTERNET DAS COISAS – PROJETO DE IMPLANTAÇÃO

A IoT é uma revolução tecnológica que está moldando nosso mundo de maneira significativa (Sátyro *et al.*, 2022). Projetos de implementação de IoT englobam muitos setores, desde residências, cidades, indústria, saúde, agricultura e muito mais (Sacomano *et al.*, 2018).

A indústria de manufatura está passando por uma transformação significativa impulsionada pela IoT, e sua implementação bem-sucedida pode resultar em melhorias significativas na eficiência operacional, qualidade do produto e capacidade de resposta às demandas do mercado (Kumar *et al.*, 2022). Antes de implementar a IoT é importante definir os objetivos e requisitos do projeto, pois envolve identificar as necessidades específicas que a IoT irá resolver (Pisching, 2018), podendo ser o aumento da eficiência operacional, melhorar a qualidade dos serviços, reduzir custos, gerar novas receitas (Sacomoano *et al.*, 2018).

É importante avaliar a maturidade da empresa que irá implementar a IoT em termos de tecnologia, processos e cultura organizacional, pois a sua maturidade pode influenciar significativamente o sucesso e o impacto do projeto de implementação da IoT (Santos, 2018). Uma empresa com processos bem definidos e eficientes terá uma base sólida para implementar a IoT e aproveitar ao máximo os benefícios gerados pelos dados coletados, além de que processos robustos também facilitam a identificação de áreas de melhoria e otimização por meio da IoT (Cho, De Stefano, Kim, Kim & Paik, 2023).

A cultura organizacional também desempenha um papel importante na maturidade da empresa, pois uma cultura aberta à inovação, ao aprendizado contínuo e à colaboração entre departamentos é essencial para o sucesso do projeto de implementação da IoT (Campos de Mendonça & Valente de Andrade, 2019). Uma liderança comprometida em promover uma cultura de transformação digital e apoiar iniciativas de IoT também é importante (Campos de Mendonça & Valente de Andrade, 2019).

Em termos de tecnologia, a empresa deve considerar sua infraestrutura. Para Rajput e Singh (2018), a seleção dos dispositivos e sensores corretos é importante para o sucesso do projeto de implementação da IoT, pois esses componentes são responsáveis por coletar dados do ambiente físico e transmiti-los para a nuvem para análise e processamento. A escolha adequada de dispositivos e sensores depende das necessidades específicas do projeto, o que

inclui requisitos de precisão, consumo de energia, conectividade, entre outros (Malhotra, Agarwal & Kapur, 2022).

Em empresas manufatureiras a escolha e implementação adequada de sensores e dispositivos inteligentes são essenciais para coletar dados em tempo real sobre o processo de fabricação (Sacomano *et al.*, 2018). Esses dispositivos podem monitorar variáveis como temperatura, pressão, umidade, vibração e consumo de energia, fornecendo informações importantes para otimizar o desempenho do processo e prevenir falhas (Sacomoano *et al.*, 2018). Para garantir a conectividade dos dispositivos e sensores utilizados na produção em um projeto de implementação de IoT na indústria de manufatura é necessária a seleção de tecnologias de comunicação adequadas, uma infraestrutura robusta e confiável, com uma rede com ou sem fio de alta disponibilidade, largura de banda suficiente e baixa latência, garantindo uma transmissão rápida e confiável de dados em toda a fábrica (Rajput & Singh, 2018). Tecnologias como *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *Ethernet* ou protocolos industriais como *Modbus*, *Profibus* e *OPC-UA* são usadas para garantir uma comunicação confiável e eficiente entre os dispositivos e os sistemas de gerenciamento (Aravind, Suji Prasad & Ponni Bala, 2020).

A quantidade de dados gerados pela IoT pode ser enorme e, portanto, é necessário contratar plataformas de gerenciamento de dados (Malhotra *et al.*, 2022). Essas plataformas são responsáveis por armazenar, processar e analisar os dados coletados pelos dispositivos IoT, e desta forma fornecer informações relevantes para tomada de decisões (Fabricio, Behrens & Bianchini, 2020). Assim, as plataformas de gerenciamento de dados e análise, como sistemas de banco de dados de séries temporais, plataformas de *big data* e ferramentas de análise avançada são essenciais para transformar dados brutos em informações úteis para tomada de decisões (Fabricio *et al.*, 2020).

Na maioria dos casos, o projeto de implementação da IoT envolve a integração com sistemas e infraestruturas existentes, como sistemas de gestão empresarial (ERP), sistemas de controle de processos (PCS), sistemas de supervisão e aquisição de dados (SCADA) entre outros (Sacomoano *et al.*, 2018). Uma integração bem-sucedida garante que os dados coletados pela IoT possam ser usados de forma eficaz para melhorar os processos e operações existentes, ou seja, assegurando a sincronização e coordenação eficazes entre os processos de fabricação e os sistemas de negócios (Malhotra *et al.*, 2022).

A segurança cibernética é um ponto crítico em projetos de implementação de IoT na indústria, pois os dispositivos conectados e os sistemas de gerenciamento de dados estão sujeitos a ameaças de segurança (Tamvada, Narula, Audretsch, Puppala & Kumar, 2022).

Desta forma, medidas de segurança robustas devem ser tomadas, como criptografia de dados, autenticação de dispositivos e monitoramento de segurança em tempo real, são essenciais para proteger os ativos e os dados da empresa contra possíveis ataques cibernéticos (Sacomano *et al.*, 2018).

Lee e Lee (2015) apresentam cinco tecnologias essenciais para projetos de implementação de IoT:

- a) Identificação por radiofrequência (RFID) – tecnologia em que campos eletromagnéticos detectam e capturam dados automaticamente usando ondas de rádio. Para tal propósito, são utilizadas *tags* que permitem maior armazenamento de dados;
- b) Redes de sensores sem fio (WSN - *wireless sensor networks*) – compreende dispositivos com sensores autônomos compartilhados espacialmente para monitorar condições físicas e ambientais;
- c) *Middleware* - camada de *software* intermediária entre os níveis de aplicabilidade e tecnológico, que auxiliam a implementação de comunicação para os desenvolvedores de *software*;
- d) Computação em nuvem (*cloud computing*) - possibilita o acesso universal a um conjunto compartilhado de recursos de comunicação. Já que a IoT gera grandes quantidades de dados a partir de dispositivos conectados à *internet*, a computação em nuvem permite o acesso a esses dados de qualquer lugar e a qualquer momento;
- e) *Software* de aplicação IoT – a utilização da IoT cria a necessidade e a facilidade no desenvolvimento de aplicativos orientados para a indústria e para os usuários. Contrariamente dos dispositivos e redes que fornecem conectividade física, os aplicativos de IoT possibilitam interações confiáveis e robustas entre dispositivo e dispositivo, bem como entre humano e dispositivo.

Lee e Lee (2015) classificaram três categorias de aplicações da IoT:

- a) Monitoramento e Controle: esses sistemas possibilitam a coleta de dados sobre o desempenho de equipamentos, consumo de energia e condições ambientais, o que permite o acompanhamento em tempo real do sistema produtivo de qualquer lugar e a qualquer momento;
- b) *Big data* e análise de negócios: sensores e atuadores incorporados em dispositivos e máquinas produzem grandes quantidades de dados, disseminando-os para sistemas,

possibilitando aos interessados analisarem e tomarem decisões. Esses dados são usados para identificar e solucionar problemas de negócios, como mudanças nas condições de mercado ou comportamento do cliente;

c) Compartilhamento de informações e colaboração: em IoT, o compartilhamento de informações e a colaboração podem acontecer entre pessoas, objetos ou até mesmo entre pessoas e objetos. Normalmente, o primeiro passo para o compartilhamento de informações é a detecção de um evento predefinido.

É importante que haja a capacitação e o treinamento adequados dos funcionários para garantir o sucesso do projeto de implementação da IoT na empresa, pois estes devem estar familiarizados com as novas tecnologias e processos introduzidos pela IoT e serem capazes de usar efetivamente as ferramentas e sistemas disponíveis para maximizar os benefícios deste conjunto de tecnologias em suas operações diárias (Sacomano *et al.*, 2018). Além disso, um projeto de implementação de IoT vai muito além de suas partes, componentes e técnicas, pois engloba pessoas, interações, gestão financeira, desafios, oportunidades, entre outros detalhes, que devem ser considerados a fim de obter os melhores resultados para a empresa (Elnadi & Abdallah, 2023).

2.5 OPORTUNIDADES EM PROJETOS DE IMPLEMENTAÇÃO DE *INTERNET DAS COISAS*

A IoT tem emergido como uma das tecnologias mais promissoras dos tempos modernos, oferecendo uma infinidade de oportunidades para empresas em diversas indústrias (SátYRO *et al.*, 2022). Projetos de implementação de IoT têm impulsionado mudanças significativas, desde a otimização de processos até a criação de novos modelos de negócios (Sacomoano *et al.*, 2018; SátYRO *et al.*, 2022). Neste capítulo são exploradas as oportunidades que surgem com a adoção da IoT, encontradas na revisão da literatura, bem como as da Indústria 4.0. Essas oportunidades, bem como os seus autores citam, estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Oportunidades advindas da Indústria 4.0 e da IoT

Oportunidades	Autor
---------------	-------

Eficiência Operacional	Contador <i>et al.</i> (2020); Da Silva <i>et al.</i> (2020); De Luca <i>et al.</i> (2023); Elnadi & Abdallah (2023); Javaid <i>et al.</i> (2022); Kumar & Iyer (2019); Nouinou <i>et al.</i> (2023); Rosati <i>et al.</i> (2023); Upadhyay <i>et al.</i> (2023); Vu <i>et al.</i> (2023)
Vantagem Competitiva	Contador <i>et al.</i> (2020); Da Silva <i>et al.</i> (2020); Elnadi & Abdallah (2023); Nouinou <i>et al.</i> (2023); Upadhyay <i>et al.</i> (2023); Vu <i>et al.</i> (2023)
Sustentabilidade	Contador <i>et al.</i> (2020); Costa <i>et al.</i> (2023); Elnadi & Abdallah (2023); Nouinou <i>et al.</i> (2023); Upadhyay <i>et al.</i> (2023)
Melhor Tomada de Decisão	Da Silva <i>et al.</i> (2020); Elnadi & Abdallah (2023); Nouinou <i>et al.</i> (2023); Upadhyay <i>et al.</i> (2023)
Manutenção Preditiva	Javaid <i>et al.</i> (2022); Kumar & Iyer (2019); Rosati <i>et al.</i> (2023)
Flexibilidade	Contador <i>et al.</i> (2020); Elnadi & Abdallah (2023); Nouinou <i>et al.</i> (2023)
Personalização e Customização	Contador <i>et al.</i> (2020); Elnadi & Abdallah (2023)
Confiabilidade dos Dados	Da Silva <i>et al.</i> (2020); Upadhyay <i>et al.</i> (2023)
Inovação e Desenvolvimento de Novos Modelos de Negócios	Ikeda <i>et al.</i> (2021); Upadhyay <i>et al.</i> (2023)
Aumento da Capacidade de Produção	Contador <i>et al.</i> (2020); Nouinou <i>et al.</i> (2023); Vu <i>et al.</i> (2023)
Redução de Desperdícios de Produção	Contador <i>et al.</i> (2020); Kumar & Iyer (2019); Nouinou <i>et al.</i> (2023); Sacomano <i>et al.</i> (2018); Sony & Naik (2019); Upadhyay <i>et al.</i> (2023)

Redução de Custos de Produção	Contador <i>et al.</i> (2020); Kumar & Iyer (2019); Nouinou <i>et al.</i> (2023); Sacomano <i>et al.</i> (2018); Upadhyay <i>et al.</i> (2023)
Melhor Qualidade de Produtos	Paliwoda <i>et al.</i> (2023); Sony & Naik (2019); Upadhyay <i>et al.</i> (2023)
Controle Eficiente de Estoques	Samaranayake <i>et al.</i> (2023); Tamvada <i>et al.</i> (2022); Tan & Sidhu (2022)
Aumento da Participação de Mercado	Contador <i>et al.</i> (2020)
Melhor Gestão de Recursos	Dardouri <i>et al.</i> (2023); Rajput & Singh (2018)

Fonte: Elaborado pelo autor

A Indústria 4.0 e a IoT possibilitam uma maior automação e integração dos sistemas de produção (Vu *et al.*, 2023). A IoT pode melhorar a eficiência operacional das empresas, pois permite monitorar e controlar sistemas e processos de forma remota e em tempo real, resultando em processos mais eficientes (Nouinou *et al.*, 2023), redução de erros e desperdícios (Kumar & Iyer, 2019), além de otimização do uso de recursos (Upadhyay *et al.*, 2023). Com a coleta e análise de dados em tempo real, as empresas podem identificar gargalos e problemas de desempenho, permitindo ajustes rápidos (Javaid *et al.*, 2022) e melhorias contínuas (Javaid *et al.*, 2022; Nouinou *et al.*, 2023; Rosati *et al.*, 2023). Além disso, ao integrar sensores em equipamentos e linhas de produção, a IoT pode detectar problemas de qualidade em estágios iniciais e tomar medidas corretivas automaticamente, resultando em menos desperdício de matéria-prima e produtos de melhor qualidade (Sony & Naik, 2019).

A IoT permite uma monitorização detalhada e em tempo real de equipamentos, linhas de produção e ativos em toda a fábrica (Aravind *et al.*, 2020). Para isso, sensores inteligentes coletam uma grande quantidade de dados sobre o desempenho e a posição operacional, permitindo a detecção precoce de falhas, a previsão de manutenção e a identificação de áreas de melhoria (Kumar & Iyer, 2019). Isso resulta em menos tempo de inatividade não planejado, redução de custos de manutenção e aumento da produtividade geral (Nouinou *et al.*, 2023). Além disso, sistemas de controle inteligente ajustam automaticamente

parâmetros de produção para maximizar a eficiência energética, minimizar desperdícios e garantir a qualidade consistente do produto, o que não só aumenta a eficiência operacional, mas também reduz o impacto ambiental das operações industriais (Upadhyay *et al.*, 2023).

A utilização de tecnologias como a análise de *big data* e a inteligência artificial complementa a IoT na melhoria da eficiência operacional, pois algoritmos avançados são capazes de identificar padrões, prever demandas futuras e otimizar o planejamento de produção e logística, permitindo uma alocação mais eficiente de recursos, reduzindo custos e melhorando os tempos de entrega (Sacomano *et al.*, 2018).

Uma empresa que tenha capacidade de aproveitar plenamente das tecnologias da Indústria 4.0, assim como a IoT, e integrá-las de forma eficiente aos seus processos de negócio (Upadhyay *et al.*, 2023), ou seja, explorar de forma estratégica essas tecnologias, alinhando automação, conectividade e análise de dados aos seus processos, possui vantagem competitiva (Nouinou *et al.*, 2023). Desta forma, a vantagem competitiva destaca-se como uma das oportunidades advindas do contexto da Indústria 4.0 e IoT (Vu *et al.*, 2023).

É relevante destacar que na Indústria 4.0, o uso da vantagem competitiva torna-se ainda mais relevante para as empresas se destacarem em um cenário altamente digitalizado e conectado (Da Silva *et al.*, 2020). A adoção e a aplicação eficaz da IoT permite uma produção mais eficiente, flexível e personalizada, além de melhorar a qualidade dos produtos e serviços (Contador *et al.*, 2020). Ao utilizar essa tecnologia, as empresas podem otimizar suas operações, reduzir custos, minimizar o tempo de inatividade (Rosati *et al.*, 2023) e tomar decisões mais informadas e estratégicas (Javaid *et al.*, 2022). Além disso, a Indústria 4.0, bem como a IoT, abre novas oportunidades de negócios, permitindo a criação de modelos de negócios inovadores e a conquista de novos mercados (Contador *et al.*, 2020; Ikeda *et al.*, 2021). Portanto, a vantagem competitiva na Indústria 4.0 está intrinsecamente ligada à capacidade das empresas de adotar e aproveitar as tecnologias avançadas (Upadhyay *et al.*, 2023), transformando-as em eficiência operacional, agilidade e criação de valor para os clientes (Javaid *et al.*, 2022).

A Indústria 4.0 desempenha um papel relevante na promoção da sustentabilidade por meio da integração de tecnologias avançadas e processos inteligentes (Costa *et al.*, 2023). Ao adotar tecnologias como IoT, e outras tecnologias da Indústria 4.0, as empresas têm a capacidade de otimizar a eficiência energética, reduzir o desperdício e minimizar o impacto ambiental em suas operações (Upadhyay *et al.*, 2023). Pois, por meio da aplicação de sensores e sistemas inteligentes, é possível monitorar o consumo de energia e implementar estratégias

de gestão energética mais eficazes (Costa *et al.*, 2023). Além disso, a análise de dados em tempo real possibilita a identificação de gargalos e ineficiências nos processos produtivos, permitindo ajustes e melhorias que resultam em uma utilização mais eficiente dos recursos (Upadhyay *et al.*, 2023). Assim como a automação dos processos também contribui para a redução do consumo de matéria-prima e minimização dos resíduos (Elnadi & Abdallah, 2023), uma vez que as máquinas podem ser programadas para operar de forma mais precisa e sustentável (Upadhyay *et al.*, 2023).

As oportunidades advindas da IoT se correlacionam positivamente, e todas contribuem para uma melhor tomada de decisão, pois a IoT oferece um suporte importante para a tomada de decisões por meio da coleta, análise e interpretação de dados em tempo real (Nouinou *et al.*, 2023). Com a adoção dessa tecnologia, as empresas têm acesso a uma quantidade sem precedentes de informações sobre seus processos, produtos e clientes, permitindo uma visão mais abrangente e precisa do desempenho operacional, da eficiência produtiva e das preferências dos consumidores (Da Silva *et al.*, 2020). Por meio da análise avançada de dados, a IoT capacita as empresas a identificarem padrões, tendências e percepções ocultas, proporcionando uma base sólida para a tomada de decisões informadas (Nouinou *et al.*, 2023). Além disso, automatizar tarefas de análise e fornecer recomendações baseadas em algoritmos avançados permite que os gestores tenham acesso a informações relevantes de forma ágil, possibilitando uma tomada de decisão mais rápida e precisa (Elnadi & Abdallah, 2023).

Rosati *et al.* (2023), em seu trabalho, focam o benefício advindo da Indústria 4.0 e suas tecnologias que é a possibilidade de aprimoramento da manutenção preditiva. A IoT possibilita o monitoramento constante de equipamentos e máquinas por meio de sensores conectados (Rosati *et al.*, 2023). Com isso, é possível identificar sinais de falhas iminentes e realizar manutenção preditiva, evitando paradas não planejadas e reduzindo os custos associados à manutenção corretiva (Kumar & Iyer, 2019). Isso aumenta a disponibilidade dos equipamentos, a vida útil dos ativos e a produtividade geral (Javaid *et al.*, 2022).

Um dos principais benefícios trazidos pela Indústria 4.0 é a flexibilidade que ela proporciona às empresas (Contador *et al.*, 2020). Por meio da adoção de tecnologias, como a IoT, as empresas podem reconfigurar e adaptar rapidamente suas linhas de produção de acordo com as demandas e necessidades do mercado (Contador *et al.*, 2020). Isso possibilita uma resposta ágil às mudanças nas preferências dos clientes, na oferta de produtos e nas condições de mercado (Nouinou *et al.*, 2023). Além disso, a conectividade e a integração de

sistemas permitem uma comunicação eficiente entre máquinas, sistemas de produção e até mesmo com os consumidores, possibilitando ajustes em tempo real e personalização em massa (Nouinou *et al.*, 2023). A IoT proporciona às empresas uma maior flexibilidade para se adaptar rapidamente às mudanças, impulsionando a inovação, a agilidade e a competitividade nos mercados dinâmicos de hoje (Contador *et al.*, 2020).

É possível, por meio da IoT, personalizar e customizar a produção (Elnadi & Abdallah, 2023). Com a coleta de dados sobre as preferências e necessidades dos clientes, as empresas podem adaptar seus produtos e serviços de forma mais precisa, atendendo às demandas individuais, criando oportunidades para a produção em massa personalizada, resultando em maior satisfação do cliente e ganhos de vantagem competitiva (Contador *et al.*, 2020).

A Indústria 4.0 traz consigo uma relevante vantagem em termos de confiabilidade de dados (Da Silva *et al.*, 2020). Com tecnologias como a IoT e a computação em nuvem, as empresas têm a capacidade de coletar, armazenar e processar grandes volumes de dados de forma eficiente e segura (Da Silva *et al.*, 2020). Como resultado, as empresas têm acesso a informações mais confiáveis e precisas, uma vez que os dados são capturados diretamente dos dispositivos e sensores conectados, evitando erros de transcrição ou interpretação (Javaid *et al.*, 2022). Além disso, a automação dos processos e a padronização dos dados contribuem para a consistência e integridade das informações (Da Silva *et al.*, 2020). A confiabilidade dos dados também é reforçada pela utilização de algoritmos avançados de análise de dados, que identificam padrões e anomalias, fornecendo percepções importantes para a tomada de decisões (Nagy *et al.*, 2023). Essa confiabilidade de dados ajuda as empresas a melhorarem a qualidade dos produtos, otimizar a eficiência operacional e a aprimorar a experiência do cliente (Upadhyay *et al.*, 2023).

A IoT tem impulsionado a criação de novos modelos de negócios e oportunidades de inovação, pois com a conectividade e a análise de dados em tempo real, as empresas podem desenvolver produtos e serviços inovadores (Upadhyay *et al.*, 2023), explorar novos mercados, sendo este extremamente dinâmico (Elnadi & Abdallah, 2023), e criar parcerias estratégicas (Nagy *et al.*, 2023).

A integração da IoT e da Indústria 4.0 têm revolucionado a forma como as empresas operam, proporcionando um aumento significativo na capacidade de produção (Contador *et al.*, 2020). Por meio da conectividade entre máquinas, sistemas e dispositivos inteligentes, as empresas podem monitorar e otimizar seus processos em tempo real, possibilitando uma

produção mais ágil e flexível, com a capacidade de ajustar rapidamente a demanda do mercado e minimizar desperdícios (Vu *et al.*, 2023). Além disso, a coleta e análise de dados em larga escala possibilitada pela IoT permitem a implementação de estratégias de manutenção preditiva, garantindo o funcionamento contínuo das máquinas e reduzindo o tempo de inatividade não planejado (Nouinou *et al.*, 2023).

A IoT tem se mostrado uma catalisadora fundamental na redução dos desperdícios de produção para as empresas, pois ao integrar sensores inteligentes em equipamentos e processos, as empresas podem monitorar e analisar em tempo real cada etapa da produção, identificando oportunidades de otimização e áreas de desperdício (Upadhyay *et al.*, 2023). Essa visibilidade focada permite a implementação de medidas corretivas imediatas, como ajustes de processo ou manutenção preventiva, minimizando perdas de matéria-prima, energia e tempo (Kumar & Iyer, 2019). Além disso, a análise preditiva dos dados coletados pela IoT possibilita uma previsão mais precisa da demanda, evitando a superprodução e reduzindo os custos associados ao excesso de estoque (Sony & Naik, 2019).

A IoT pode contribuir na redução dos custos de produção para as empresas, pois a coleta e análise de dados em tempo real possibilitada pela IoT permitem uma tomada de decisão baseada em informações, e assim mais precisa, identificando oportunidades de economia e áreas de ineficiência (Nouinou *et al.*, 2023). Além disso, a automação de processos por meio de sistemas inteligentes reduz a necessidade de mão de obra manual e aumenta a produtividade, ao mesmo tempo em que diminui os erros humanos (Paliwoda *et al.*, 2023). Com uma produção mais eficiente e custos operacionais reduzidos, as empresas podem aumentar sua competitividade no mercado, investir em inovação e oferecer produtos de qualidade a preços mais acessíveis para os consumidores (Upadhyay *et al.*, 2023).

Ao implementar sensores inteligentes em equipamentos e processos de produção, as empresas podem monitorar e controlar variáveis críticas em tempo real, garantindo a conformidade com padrões de qualidade rigorosos (Paliwoda *et al.*, 2023). Essa capacidade de monitoramento contínuo permite a detecção precoce de falhas ou variações no processo de fabricação, possibilitando correções imediatas e evitando a produção de itens defeituosos (Upadhyay *et al.*, 2023). Além disso, a análise de dados em larga escala fornecida pela IoT permite uma compreensão mais profunda dos fatores que afetam a qualidade do produto, possibilitando melhorias contínuas e refinamentos no processo de produção (Sony & Naik, 2019). Com uma produção mais consistente e confiável, as empresas podem aumentar a

satisfação do cliente, construir uma reputação de excelência e ganhar uma vantagem competitiva no mercado (Upadhyay *et al.*, 2023).

Ao incorporar a IoT e os princípios da Indústria 4.0, as empresas têm a capacidade de realizar um controle de estoque eficiente e preciso, pois, com sensores inteligentes em cada estágio da cadeia de suprimentos e armazenamento, possibilita o monitoramento em tempo real da quantidade, localização e condição dos produtos em estoque (Tamvada *et al.*, 2022). Isso permite uma visibilidade completa do inventário, evitando a escassez ou excesso de estoque (Tan & Sidhu, 2022). Além disso, a IoT possibilita a automatização dos processos de reabastecimento, com sistemas inteligentes que realizam pedidos automaticamente quando os níveis de estoque atingem determinado limiar (Samaranayake *et al.*, 2023). A análise de dados em tempo real também ajuda na previsão da demanda futura, permitindo uma gestão mais precisa do estoque e reduzindo os custos associados ao armazenamento de excesso de produtos (Samaranayake *et al.*, 2023). Com um controle eficiente de estoques, as empresas podem otimizar seus recursos, reduzir custos operacionais e garantir uma disponibilidade consistente de produtos para atender às necessidades dos clientes (Tamvada *et al.*, 2022).

Ao adotar a IoT, as empresas podem melhorar a qualidade, eficiência e precisão de seus produtos e serviços (Sacomoano *et al.*, 2018). Isso não apenas atrai novos clientes, mas também fideliza os existentes, gerando uma base de clientes mais sólida (Samaranayake *et al.*, 2023). Além disso, a capacidade de personalizar produtos e serviços de acordo com as necessidades individuais dos clientes, possibilitada pela IoT, cria uma vantagem competitiva significativa (Contador *et al.*, 2020). A otimização da cadeia de suprimentos e a redução de custos operacionais permitem que as empresas ofereçam preços mais competitivos no mercado, atraindo mais clientes e expandindo sua participação (Samaranayake *et al.*, 2023). Ao aproveitar as tecnologias emergentes da Indústria 4.0 para inovar e desenvolver novos produtos, as empresas podem diferenciar-se da concorrência e conquistar uma posição de destaque no mercado (Contador *et al.*, 2020).

Ao implementar sensores inteligentes em equipamentos, máquinas e ambientes de trabalho, as empresas podem ter um impacto significativo na melhoria da sua gestão, pois podem coletar dados em tempo real sobre o uso de recursos, como energia, matéria-prima, água ou outras informações sobre suas operações (Rajput & Singh, 2018). Essa visibilidade focada permite uma análise detalhada do consumo e identificação de áreas de desperdício ou ineficiência (Dardouri *et al.*, 2023). Com base nessas informações, as empresas podem implementar medidas de otimização, como ajustes automáticos de temperatura, controle de

fluxo de materiais e programação inteligente de máquinas para operar de forma mais eficiente (Rajput & Singh, 2018). Além disso, a IoT facilita a implementação de estratégias de manutenção preditiva, permitindo que as empresas identifiquem e resolvam problemas antes que causem interrupções na produção (Kumar & Iyer, 2019). Como resultado, a melhor gestão de recursos proporcionada pela IoT não apenas reduz os custos operacionais, mas também fortalece a sustentabilidade ambiental das empresas, contribuindo para um uso mais responsável e eficiente dos recursos naturais (Upadhyay *et al.*, 2023).

Em resumo, a IoT traz consigo uma série de oportunidades e benefícios significativos. Desde a melhoria da eficiência operacional (Vu *et al.*, 2023) até a inovação de modelos de negócios (Upadhyay *et al.*, 2023), passando pela personalização (Elnadi & Abdallah, 2023), sustentabilidade (Costa *et al.*, 2023), essas tecnologias têm o potencial de transformar indústrias e impulsionar o crescimento econômico de forma sustentável (Upadhyay *et al.*, 2023).

2.6 DESAFIOS EM PROJETOS DE IMPLEMENTAÇÃO DE *INTERNET DAS COISAS*

No cenário atual, as rápidas transformações impulsionadas pela tecnologia trazem consigo uma série de desafios e incertezas para a sociedade (Sacomano *et al.*, 2018). A possibilidade iminente de substituição em massa de empregos humanos por máquinas e robôs, em meio aos benefícios tecnológicos, cria um paradoxo, acompanhado pelo receio do desemprego em larga escala (Sacomoano *et al.*, 2018).

A história da Kodak, que já foi uma gigante mundial, ilustra de forma objetiva como empresas tradicionais podem ser surpreendidas pela rápida mudança de paradigma tecnológico (Sacomoano *et al.*, 2018). Em um curto espaço de tempo, seu modelo de negócios desapareceu com a ascensão da fotografia digital, levando a empresa à beira da falência (Sacomoano *et al.*, 2018). Esse fenômeno não é único da Kodak, mas sim reflete um padrão crescente de empresas que lutam para se adaptar às novas demandas do mercado (Sacomoano *et al.*, 2018).

As mudanças nos processos industriais, além de reduzir a produção, está intrinsecamente ligada à automação e à substituição do trabalhador humano por máquinas (Tessarini & Saltorato, 2018). Embora esses sistemas automatizados proporcionem ganhos de

eficiência e qualidade, também reconfiguram a dinâmica entre empregadores e empregados, exigindo uma adaptação tanto das empresas quanto dos trabalhadores (Sacomano *et al.*, 2018).

Desta maneira, para que a IoT atinja seu potencial máximo em termos econômicos, diversos desafios precisam ser enfrentados (Sacomano *et al.*, 2018). Isso inclui não apenas aspectos técnicos e estruturais, mas também questões comportamentais (Cordeiro *et al.*, 2023) e regulatórias (Elnadi & Abdallah, 2023). A mudança do perfil dos consumidores e a capacidade das empresas de tomar decisões fundamentadas nos dados fornecidos pela IoT são fatores importantes na gestão das empresas (Nagy *et al.*, 2023). Da mesma forma, é essencial estabelecer regulamentações que protejam a privacidade dos usuários da IoT, garantindo um ambiente seguro e confiável para sua expansão (Sacomoano *et al.*, 2018).

A implementação da IoT na indústria oferece inúmeras oportunidades, mas também apresenta desafios significativos (Sacomoano *et al.*, 2018). Desta forma, nesta seção serão explorados os desafios que as empresas enfrentam ao adotar a IoT. Esses desafios, bem como os autores que os citam, estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Desafios advindos da Indústria 4.0 e da IoT

Desafios	Autor
Alto Investimento Inicial	Abdulaziz <i>et al.</i> (2023); Contador <i>et al.</i> (2020); Cordeiro, Reis, & Fernandes (2023); Costa <i>et al.</i> (2023); Da Silva <i>et al.</i> (2020); Elnadi & Abdallah (2023); Illa & Padhi (2018); Martens <i>et al.</i> (2022); Nagy <i>et al.</i> (2023); Nouinou <i>et al.</i> (2023); Tamvada <i>et al.</i> (2022); (2018) Upadhyay <i>et al.</i> (2023); Vu <i>et al.</i> (2023)
Incerteza sobre o Retorno do Investimento	Da Silva <i>et al.</i> (2020); Lee & Lee (2015); Martens <i>et al.</i> (2022); Soltovski, De Resende, Pontes, Yoshino, & Da Silva (2020); Tamvada <i>et al.</i> (2022)
Segurança Cibernética	Abdulaziz <i>et al.</i> (2023); Contador <i>et al.</i> (2020); Costa <i>et al.</i> (2023); Da Silva <i>et al.</i> (2020); Javaid <i>et al.</i> (2022); Martens <i>et al.</i> (2022); Nagy <i>et al.</i> (2023); Nouinou <i>et al.</i> (2023); Tamvada <i>et al.</i> (2022); Upadhyay <i>et al.</i> (2023); Vu <i>et al.</i> (2023)

Necessidade de Infraestrutura Robusta	Bajic, Rikalovic, Suzic, & Piuri (2020); Contador <i>et al.</i> (2020); Karadayi-Usta (2019)
Resistência Cultural	Abdulaziz <i>et al.</i> (2023); Contador <i>et al.</i> (2020); Cordeiro <i>et al.</i> (2023); Costa <i>et al.</i> (2023); Da Silva <i>et al.</i> (2020); Elnadi & Abdallah (2023); Nagy <i>et al.</i> (2023); Tessarini, & Saltorato (2018); Upadhyay <i>et al.</i> (2023); Vu <i>et al.</i> (2023)
Resistência por parte dos Colaboradores	Bajic <i>et al.</i> (2020); Contador <i>et al.</i> (2020); Karadayi-Usta (2019); Noinou <i>et al.</i> (2023); Tessarini, & Saltorato (2018)
Falta de Conhecimento	Abdulaziz <i>et al.</i> (2023); Contador <i>et al.</i> (2020); Cordeiro <i>et al.</i> (2023); Costa <i>et al.</i> (2023); Da Silva <i>et al.</i> (2020); Elnadi & Abdallah (2023); McDermott, Nelson, Antony, & Sony (2023); Nagy <i>et al.</i> (2023); Tessarini, & Saltorato (2018); Upadhyay <i>et al.</i> (2023); Vu <i>et al.</i> (2023)
Falta de Qualificação Profissional	Abdulaziz <i>et al.</i> (2023); Contador <i>et al.</i> (2020); Costa <i>et al.</i> (2023); McDermott <i>et al.</i> (2023); Nagy <i>et al.</i> (2023); Noinou <i>et al.</i> (2023); Tessarini, & Saltorato (2018); Upadhyay <i>et al.</i> (2023); Vu <i>et al.</i> (2023)
Falta de Habilidades Gerenciais e Multidisciplinares	Bajic <i>et al.</i> (2020); Contador <i>et al.</i> (2020); Da Silva <i>et al.</i> (2020)
Desemprego	Abdulaziz <i>et al.</i> (2023); Li, Hou, & Wu (2017); Noinou <i>et al.</i> (2023); Upadhyay <i>et al.</i> (2023)
Necessidade de Novas Contratações	Noinou <i>et al.</i> (2023); Vu <i>et al.</i> (2023)
Falta de Incentivos Governamentais	Noinou <i>et al.</i> (2023); Vu <i>et al.</i> (2023)
Questões Regulatórias e Legais	Da Silva <i>et al.</i> (2020); Elnadi & Abdallah (2023); Upadhyay <i>et al.</i> (2023)

Fonte: Elaborado pelo autor

A implementação da Indústria 4.0 requer investimentos significativos em tecnologia, infraestrutura e capacitação dos funcionários (Illa & Padhi, 2018; Martens *et al.*, 2022). Para muitas empresas, especialmente as de menor porte, o custo inicial pode ser uma barreira significativa para adotar as tecnologias necessárias (Contador *et al.*, 2020). A IoT tem um grande potencial na indústria de fabricação, mas sua implementação não é uma solução rápida e requer relevante investimento, sendo que muitas vezes, o retorno sobre o investimento não atende às expectativas financeiras das empresas (Illa & Padhi, 2018). Portanto, é importante que as empresas tenham uma visão de longo prazo e estejam dispostas a fazer investimentos substanciais que podem acabar não gerando resultados tangíveis no curto prazo (Illa & Padhi, 2018).

Além disso, a incerteza sobre o retorno do investimento em projetos de implementação de IoT é uma questão significativa que muitas organizações enfrentam ao considerar a adoção dessas tecnologias (Soltovski *et al.*, 2020; Martens *et al.*, 2022). Embora haja um reconhecimento crescente do potencial transformador da IoT na otimização de processos, redução de custos e melhoria da eficiência operacional na Indústria 4.0, calcular o retorno financeiro preciso desses investimentos pode ser complexo (Tamvada *et al.*, 2022). Isso ocorre devido a uma variedade de fatores, incluindo a necessidade de infraestrutura tecnológica robusta, custos de implementação e integração, mudanças nos processos de trabalho e incertezas em torno dos benefícios tangíveis e intangíveis que a IoT pode trazer (Lee & Lee, 2015). Portanto, as empresas precisam realizar análises detalhadas de viabilidade, considerando não apenas os custos iniciais, mas também os benefícios potenciais ao longo do tempo, para tomar decisões baseadas em informações sobre investimentos em projetos de IoT na Indústria 4.0 (Tamvada *et al.*, 2022).

Com a maior conectividade entre dispositivos e sistemas, a segurança cibernética torna-se uma preocupação importante (Sacomano *et al.*, 2018; Martens *et al.*, 2022). A proteção contra ataques cibernéticos e a garantia da confidencialidade, integridade e disponibilidade dos dados são desafios significativos para a adoção da IoT (Nagy *et al.*, 2023). As empresas precisam investir em medidas de segurança robustas para proteger suas operações e informações (Martens *et al.*, 2022; Nouinou *et al.*, 2023).

A necessidade de infraestrutura robusta também é apontada como um desafio relevante na implementação de projetos de IoT, pois a integração bem-sucedida da IoT requer uma rede confiável e de alta velocidade para transmitir grandes volumes de dados em tempo real (Bajic *et al.*, 2020). Tal implementação exige investimentos substanciais em

infraestrutura de comunicação, como redes de banda larga e tecnologias sem fio avançadas, que possam suportar a conectividade de dispositivos IoT distribuídos em um ambiente industrial (Karadayi-Usta, 2019). Além disso, é essencial garantir a segurança cibernética dessa infraestrutura para proteger os dados sensíveis e os sistemas de controle contra ameaças externas (Nouinou *et al.*, 2023). Desta maneira, as empresas enfrentam o desafio de desenvolver e manter uma infraestrutura robusta que possibilite a implementação eficaz de projetos de IoT, enquanto lidam com os custos associados e as demandas de segurança cada vez mais complexas (Bajic *et al.*, 2020).

A IoT exige uma mudança da cultura organizacional, seja por parte dos empresários, como por parte dos colaboradores (Tessarini & Saltorato, 2018). Algumas empresas enfrentam resistência interna à adoção de novas tecnologias e processos, especialmente por parte de funcionários que podem se sentir ameaçados pela automação (Vu *et al.*, 2023). Além disso, a falta de conhecimento sobre as tecnologias e seus benefícios pode ser uma barreira para a adoção (Abdulaziz *et al.*, 2023). Alguns funcionários podem temer a substituição de seus empregos pela automação dos processos ou ficarem desconfortáveis com a necessidade de adquirir novas habilidades tecnológicas (Vu *et al.*, 2023). Portanto, é essencial que as empresas implementem estratégias abrangentes de comunicação, treinamento e envolvimento dos funcionários para superar essa resistência, demonstrando os benefícios da IoT para os colaboradores e garantindo que se sintam capacitados e apoiados durante o processo de transição (Abdulaziz *et al.*, 2023).

Como a adoção da IoT exige novas habilidades e competências por parte dos profissionais (Tessarini & Saltorato, 2018), a falta de mão de obra qualificada e a necessidade de requalificação dos funcionários são desafios significativos (McDermott *et al.*, 2023). As empresas precisam investir em programas de treinamento e capacitação para desenvolver as habilidades necessárias para operar e aproveitar as oportunidades da IoT (Abdulaziz *et al.*, 2023). A integração bem-sucedida da IoT requer líderes e gestores com competências específicas para planejar, implementar e supervisionar eficazmente esses projetos complexos (Contador *et al.*, 2020). Isso inclui a capacidade de compreender os aspectos técnicos da IoT, avaliar seu potencial de impacto nos processos de negócios e tomar decisões estratégicas informadas sobre investimentos em tecnologia (Da Silva *et al.*, 2020). Além disso, os gerentes precisam ser proficientes em gerenciamento de mudanças, para liderar equipes por meio da transição para novos sistemas e processos, e em gestão de riscos, para identificar e mitigar possíveis desafios ao longo do caminho (Hoffman, 2019). A escassez dessas habilidades

gerenciais pode levar a atrasos, custos adicionais e até mesmo a falha na implementação bem-sucedida de projetos de IoT, sendo desta forma, essencial investir no desenvolvimento e capacitação de líderes e gestores para garantir o sucesso dessas iniciativas tecnológicas (Vu *et al.*, 2023).

O desafio do desemprego é uma preocupação importante relacionada à implementação de projetos de IoT, pois por um lado a automação e a digitalização podem aumentar a eficiência e a produtividade, por outro lado elas levantam questões sobre o impacto potencial na força de trabalho existente (Abdulaziz *et al.*, 2023). À medida que os processos industriais se tornam mais automatizados e dependentes de tecnologias, algumas funções tradicionais podem se tornar obsoletas, levando a uma redução na demanda por certos tipos de trabalho (Abdulaziz *et al.*, 2023). Isso pode resultar em deslocamento ocupacional e desemprego para trabalhadores cujas habilidades não se alinham mais com as necessidades da Indústria 4.0 (Upadhyay *et al.*, 2023). Portanto, é essencial que as empresas considerem estratégias de requalificação e reciclagem da força de trabalho para ajudar os funcionários a se adaptarem às mudanças tecnológicas e a adquirirem as habilidades necessárias (Noinou *et al.*, 2023). Ao mesmo tempo, políticas governamentais e programas de apoio podem ser necessários para mitigar os impactos negativos do desemprego e facilitar a transição para uma força de trabalho mais adaptável e resistente em meio à revolução industrial em curso (Noinou *et al.*, 2023).

Em contrapartida, a necessidade de novas contratações torna-se uma barreira significativa na implementação de projetos de IoT (Vu *et al.*, 2023). A introdução de tecnologias avançadas, como a IoT, muitas vezes requer habilidades especializadas que podem não estar presentes na equipe existente (Noinou *et al.*, 2023). Além disso, as demandas específicas da Indústria 4.0, como a integração de sistemas de produção e análise de dados em tempo real, podem exigir a contratação de profissionais com experiência específica nesse campo (Noinou *et al.*, 2023). No entanto, a escassez de profissionais qualificados pode dificultar a contratação de pessoal adequado (McDermott *et al.*, 2023), prolongando os prazos de implementação e aumentando os custos associados ao recrutamento e treinamento (Vu *et al.*, 2023). Portanto, as empresas enfrentam o desafio de identificar e atrair talentos qualificados para preencher lacunas de habilidades e garantir o sucesso dos projetos de IoT na Indústria 4.0 (Vu *et al.*, 2023).

A falta de incentivos e pressões governamentais representa um desafio significativo para os projetos de implementação de IoT (Noinou *et al.*, 2023). Embora as tecnologias da

IoT ofereçam um vasto potencial para impulsionar a produtividade, inovação e competitividade das indústrias, muitas vezes há uma lacuna entre as expectativas do setor privado e o suporte governamental necessário para facilitar sua adoção em larga escala (Vu *et al.*, 2023). A velocidade das mudanças tecnológicas supera, muitas vezes, a criação de regulamentações adequadas, pois a legislação existente, ou o grau mínimo de regulamentação podem não ser suficientes para lidar com aspectos específicos da Indústria 4.0, como a proteção de dados, a responsabilidade por sistemas autônomos ou a privacidade do consumidor (Upadhyay *et al.*, 2023). A ausência de políticas claras de apoio, incentivos fiscais ou subsídios específicos para projetos de IoT pode desencorajar as empresas de investirem nessa área, especialmente em economias onde os recursos financeiros são limitados ou onde há incertezas regulatórias (Vu *et al.*, 2023). É necessário um esforço conjunto entre governos, indústria e entidades reguladoras para criar um ambiente legal e regulatório favorável (Da Silva *et al.*, 2023).

À medida que as empresas superem esses desafios e encontrem soluções adequadas, elas podem aproveitar ao máximo as vantagens competitivas e as oportunidades de crescimento oferecidas pela IoT (Contador *et al.*, 2020).

3 MÉTODO E TÉCNICAS DE PESQUISA

Nesta seção, são detalhados os métodos e técnicas de pesquisa utilizados nesta dissertação, delineando assim o escopo da investigação e constituindo sua estrutura analítica. Fundamentando-se na revisão da literatura exposta na seção de referencial teórico, o objetivo deste estudo ao desenvolver uma abordagem metodológica foi alcançar os objetivos delineados para esta pesquisa.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Esta pesquisa tem uma abordagem mista, combinando métodos quantitativos e qualitativos para uma compreensão abrangente do tema. Utilizando o método de multicritérios, o estudo se concentrou em aspectos variados e complexos do fenômeno em questão. Foi conduzido um estudo de campo, incorporando entrevistas estruturadas com formulário usando a Escala Decimal para avaliar atitudes e percepções, além de entrevistas semiestruturadas para capturar percepções detalhadas.

Além disso, as questões do formulário e das entrevistas semiestruturadas foram baseadas na revisão sistemática da literatura, que foi realizada para embasar teoricamente a pesquisa. A triangulação de dados foi empregada para fortalecer a validade e a confiabilidade dos resultados, garantindo uma análise abrangente e robusta. Segue Tabela 03 com a classificação da pesquisa.

Tabela 03: Classificação da Pesquisa

Natureza da Pesquisa	Pesquisa Aplicada
Abordagem Metodológica	Qualitativa e Quantitativa
Objetivos Metodológicos	Pesquisa Explicativa
Procedimentos Metodológicos	Pesquisa Bibliográfica e Pesquisa/Estudo de Campo
Método de Coleta de Dados	Entrevistas: estruturada e semiestruturada

Fonte: Elaborado pelo autor

3.1.1 Revisão Sistemática da Literatura

A primeira etapa desta pesquisa deu-se pela realização de uma revisão sistemática da literatura (RSL), sendo este um processo que busca reunir evidências para responder a uma pergunta de pesquisa específica, que envolve identificar estudos primários relevantes, avaliá-los criticamente e combinar seus resultados de forma integrada (Pollock & Berge, 2018). Uma revisão de alta qualidade procura identificar todos os estudos relevantes, publicados e não publicados, em diferentes idiomas, avaliando sua qualidade e sintetizando seus resultados (Pollock & Berge, 2018). Para tal, seguiram-se as seis etapas do protocolo de Pollock e Berge (2018):

- 1 Esclarecer metas e objetivos da pesquisa;
- 2 Buscar pesquisas relevantes;
- 3 Coletar dados;
- 4 Avaliar a qualidade dos estudos;
- 5 Sintetizar as evidências;
- 6 Interpretar os achados.

Seguindo estas etapas de Pollock e Berge (2018), a motivação para a primeira delas veio com o seguinte questionamento: Quais são as oportunidades e desafios mais relevantes para empresas do setor de manufatura, em projetos de implementação de IoT da Indústria 4.0?

Desta maneira, para compor o problema de pesquisa e embasar a estrutura deste trabalho, iniciou-se, em setembro de 2023, uma busca por dissertações e/ou teses, na base de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, para identificar trabalhos nacionais congêneres.

O primeiro termo de busca utilizado foi (IoT *OR* “*Internet of Things*”), que resultou em 1.052 trabalhos. Porém, a fim de refinar a busca, complementou-se o termo: (IoT *OR* “*Internet of Things*”) AND (implantação *OR* implementação), gerando 265 resultados. Para direcionar ainda mais ao foco deste trabalho, por fim, utilizou-se o termo de busca (IoT *OR* “*Internet of Things*”) AND (implantação *OR* implementação) *AND* indústria, o que resultou em 73 trabalhos. Dentre estes 73 trabalhos, 3 estavam em duplicidade, ajustando este resultado para 70. A partir deste resultado, iniciou-se a seleção por meio da leitura dos títulos e resumos, o que gerou a seleção de 06 trabalhos relevantes para a pesquisa.

Seguindo com a revisão, em outubro de 2023, as principais bases de dados foram consultadas: *Scopus* e *Web of Sciences*. Na *Scopus*, iniciou-se a busca utilizando o termo (IoT OR “*Internet of Things*”), o que gerou 201.255 documentos. Em seguida, complementou-se este termo para refinar a pesquisa e, portanto, aplicou-se (IoT OR “*Internet of Things*”) AND (*implementation*), gerando 23.728 resultados. Para uma busca mais pontual, utilizou-se o termo (IoT OR “*Internet of Things*”) AND (*implementation*) AND (*industry* OR *manufacturing*), e este resultou em 4.379 documentos.

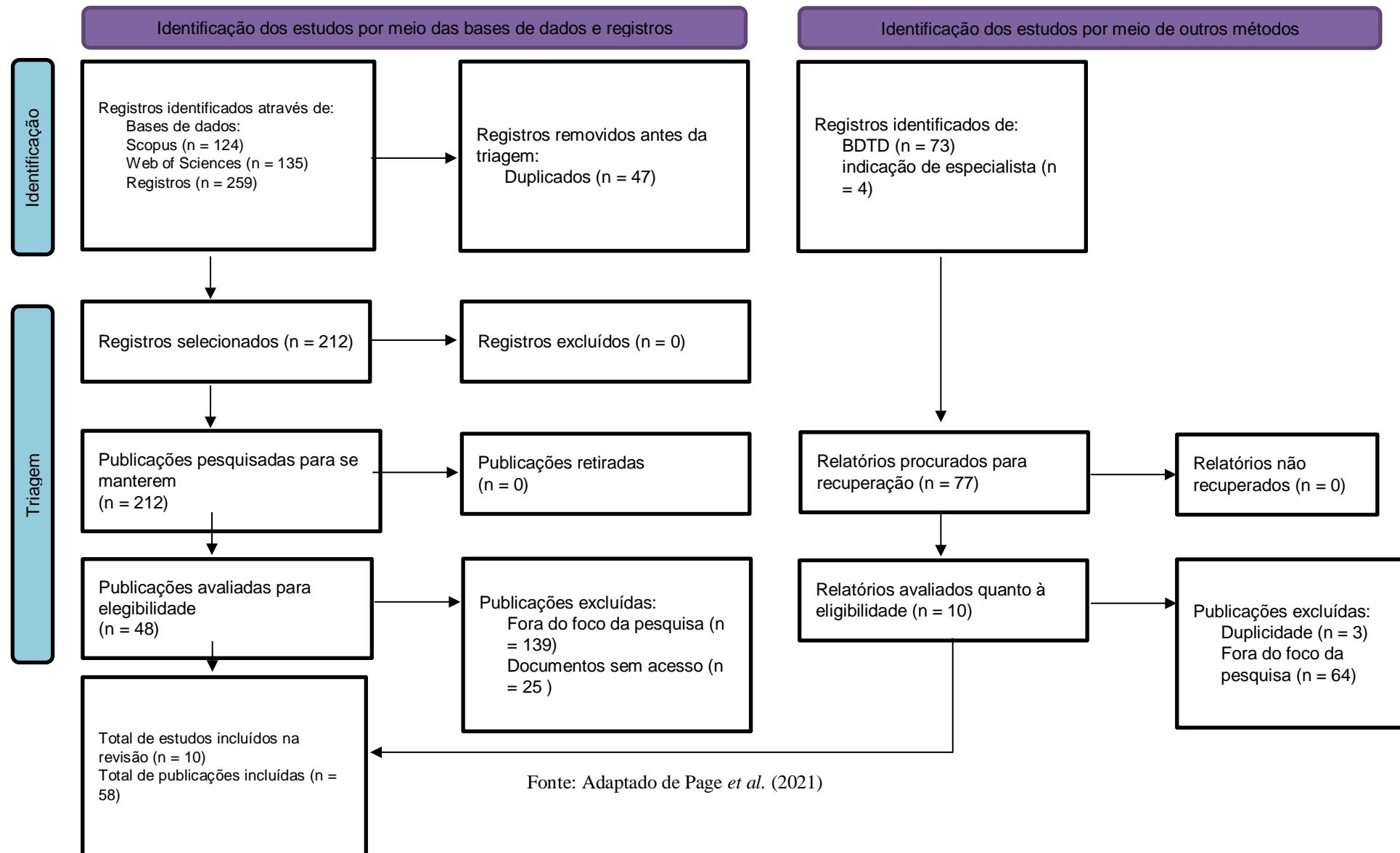
Com o intuito de refinar este resultado obtido, alguns filtros foram utilizados, como, Área de assunto, limitando a Negócios, Gerenciamento e Contabilidade, gerando 466 documentos; Tipo de Documento e sintetizando a apenas Artigos, o que gerou 236 documentos; o Inglês foi utilizado como a Língua dos documentos, o que resultou em 231 artigos; limitou-se aos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023, gerando 205 artigos; e por fim, dentro da Área da Matéria foram excluídos os artigos com viés para Ciências da Computação, Economia, Econometria e Finanças, Ciências Ambiental, Energia, Psicologia, Física e Astronomia, Artes e Humanidades, Agricultura e Ciências Biológica, resultando em 124 artigos. Os 124 artigos foram selecionados e exportados para uma planilha do *Excel*.

Iniciou-se, então a mesma busca, porém, na base de dados da *Web of Sciences*. Colocou-se o termo (IoT OR “*Internet of Things*”), que forneceu 140.951 documentos. Em seguida, utilizando o termo (IoT OR “*Internet of Things*”) AND (*implementation*), chegou-se em 16.308 resultados. E por fim, ao colocar o termo (IoT OR “*Internet of Things*”) AND (*implementation*) AND (*industry OR manufacturing*), gerou 3.617 documentos relevantes.

Para refinar a pesquisa, foram colocados filtros, como: Ano de Publicação, limitando a documentos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023, gerando 2.714 resultados; Tipos de Documento, elegendo apenas artigos, o que gerou 1.581 documentos; Línguas, limitando ao Inglês e Português, desta forma, resultando em 1.570 artigos; e por fim, Categorias do *Web of Sciences*, restringindo a Gerenciamento e Negócios, o que gerou 135 artigos relevantes. Os 135 artigos encontrados foram selecionados e exportados para planilha do *Excel*.

Os artigos, encontrados nas duas bases, juntos somaram 259, e ao serem confrontados, tiveram trabalhos repetidos, que foram excluídos restando 212 documentos relevantes. A partir deste resultado, iniciou-se a triagem por meio da leitura dos títulos e resumos, sendo 139 documentos fora do escopo da pesquisa e 25 documentos sem acesso, o que gerou a seleção de 48 trabalhos relevantes para a pesquisa. Segue a Figura 2, com o diagrama de fluxo de pesquisa:

Figura 2: Diagrama de Fluxo de Pesquisa



3.1.2 Pesquisa Mista

A pesquisa mista, também denominada pesquisa qualquantitativa, integrativa ou triangulada, é uma abordagem metodológica que combina elementos qualitativos e quantitativos em todas as etapas do processo investigativo (Creswell & Clark, 2015). Tal metodologia visa aproveitar as vantagens de ambos os métodos, propiciando uma compreensão mais abrangente e profunda do fenômeno em análise (Souza & Dieng, 2018).

Ao conciliar métodos qualitativos e quantitativos, os pesquisadores conseguem explorar não apenas as dimensões objetivas, mensuráveis e quantificáveis de um fenômeno, mas também suas sutilezas, complexidades e significados subjacentes (Creswell & Creswell, 2021). Essa abordagem proporciona uma visão holística e enriquecida do tema, permitindo uma análise contextualizada e mais profunda (Creswell & Creswell, 2021). A combinação dos métodos quantitativo e qualitativo favorecem a pesquisa (Leite, Verde, Oliveira & Nunes, 2021), pois enquanto a pesquisa qualitativa concentra-se na compreensão profunda e detalhada de fenômenos sociais complexos, a pesquisa quantitativa baseia-se em dados objetivos como números e estatísticas (Creswell & Creswell, 2021).

A pesquisa qualitativa busca explorar as experiências, percepções, significados e contextos subjacentes aos fenômenos estudados (Creswell, 2013). Utilizando técnicas como entrevistas, observação participante, análise de conteúdo, e grupos focais, entre outros, os pesquisadores buscam capturar a riqueza e a profundidade das narrativas dos participantes (Yin, 2018). A flexibilidade e abertura são características-chave da pesquisa qualitativa, possibilitando aos pesquisadores adaptarem suas abordagens à medida que novos conhecimentos emergem durante o processo de coleta e análise de dados (Chueke & Lima, 2012). Essa abordagem é especialmente importante para explorar questões complexas, capturar nuances e compreender a subjetividade humana (Creswell, 2014).

A pesquisa quantitativa é uma metodologia de investigação que se concentra na coleta e análise de dados numéricos e mensuráveis para responder a questões de pesquisa específicas (Da Silva, Lopes & Braga Junior, 2014). A pesquisa quantitativa utiliza técnicas como

questionários, experimentos controlados e análise estatística para identificar padrões, relações de causa e efeito e tendências em grandes conjuntos de dados (Creswell & Creswell, 2021). Essa abordagem é caracterizada pela objetividade, replicabilidade e generalização dos resultados, permitindo aos pesquisadores quantificarem fenômenos, medirem variáveis e testarem hipóteses de maneira sistemática. A pesquisa quantitativa é amplamente utilizada em diversas áreas, como ciências sociais, psicologia, saúde e economia, para fornecer conhecimentos baseados em evidências e fundamentar tomadas de decisão informadas (Prodanov & De Freitas, 2013).

Na pesquisa mista, as fases qualitativas e quantitativas se entrelaçam e se complementam (Souza & Kerbauy, 2017). Por exemplo, na fase inicial do estudo, os pesquisadores podem realizar entrevistas em profundidade ou grupos focais para investigar as perspectivas, experiências e significados dos participantes em relação ao tema em estudo (Godói *et al.*, 2017). Essas percepções qualitativas podem, então, embasar o desenvolvimento de instrumentos de coleta de dados quantitativos, como questionários ou escalas de avaliação (Creswell & Creswell, 2021). Já, durante a coleta de dados quantitativos, os pesquisadores podem utilizar amostragens estratégicas fundamentadas em informações qualitativas para garantir a representatividade e pertinência dos participantes (Creswell & Creswell, 2021). Além disso, a análise de dados pode ser conduzida de maneira integrada, empregando técnicas estatísticas e métodos de análise qualitativa para explorar padrões, relações e significados nos dados (Creswell & Creswell, 2021).

Uma das principais vantagens da pesquisa mista é a triangulação de dados, isto é, a convergência e complementaridade de resultados obtidos por meio de diferentes métodos. Isso eleva a validade e a confiabilidade dos achados da pesquisa, conferindo uma base mais sólida para conclusões e interpretações (Souza & Kerbauy, 2017). Ademais, a pesquisa mista permite aos pesquisadores abordarem questões de pesquisa complexas e multifacetadas de maneira mais abrangente e integrada (Creswell & Creswell, 2021). Ao combinar abordagens qualitativas e quantitativas, os pesquisadores conseguem explorar a interação entre variáveis, compreender os mecanismos subjacentes e capturar a diversidade de perspectivas e experiências dos participantes, além de proporcionar legitimidade e credibilidade aos resultados encontrados (Souza & Kerbauy, 2017).

A pesquisa mista é uma abordagem metodológica flexível e robusta que proporciona uma compreensão mais completa e profunda dos fenômenos estudados, permitindo aos

pesquisadores explorar a complexidade e diversidade do mundo social de forma mais abrangente e significativa (Creswell & Creswell, 2021).

Com a combinação dos métodos quantitativos e qualitativos, esta pesquisa pretendeu buscar uma visão das oportunidades e desafios relevantes, encontrados durante a adoção de *Internet das Coisas* (IoT) nas empresas participantes. A análise quantitativa envolveu a coleta e análise de dados numéricos, por meio de formulários, permitindo a identificação de padrões, tendências e correlações relevantes. Paralelamente, a análise qualitativa incluiu entrevistas semiestruturadas, e estudos de campo, proporcionando uma compreensão intrínseca das experiências, percepções e estratégias dos profissionais envolvidos. Ao integrar essas duas abordagens, a pesquisa buscou fornecer conhecimentos importantes que possam guiar empresas e *stakeholders* na implementação eficaz de soluções de IoT, maximizando as oportunidades e enfrentando de forma proativa os desafios apresentados nesses projetos.

3.1.3 Estudo de Campo

O estudo de campo é uma abordagem de pesquisa que envolve a coleta de dados diretamente no ambiente natural em que os fenômenos ocorrem (De Lunetta & Guerra, 2023). Essa metodologia é amplamente utilizada em diversas áreas do conhecimento, como ciências sociais, biologia, geografia, antropologia e educação, entre outras (De Lunetta & Guerra, 2023). Fundamentalmente, o estudo de campo permite aos pesquisadores investigarem fenômenos em seu contexto real, proporcionando uma compreensão mais profunda e contextualizada (Marconi & Lakatos, 1990). Ao contrário de estudos de laboratório, nos quais as condições são controladas e artificiais, o estudo de campo permite que os pesquisadores observem e interajam com os fenômenos em seu ambiente natural (Marconi & Lakatos, 1990).

Uma das características do estudo de campo é a coleta de dados primários por meio da observação direta, entrevistas, questionários ou outras técnicas de coleta de dados (Silva, 2014). Por exemplo, em um estudo de campo em ciências sociais, os pesquisadores podem observar e registrar o comportamento das pessoas em determinado ambiente urbano para entender como elas interagem e se comportam em diferentes contextos sociais (Silva, 2014). Além da coleta de dados primários, o estudo de campo muitas vezes envolve a análise de dados secundários, como registros históricos, documentos oficiais e dados demográficos, para

fornecer um contexto mais amplo e enriquecer a compreensão do fenômeno em estudo (Marconi & Lakatos, 1990).

O planejamento e a execução de um estudo de campo exigem cuidado e atenção aos detalhes (Silva, 2014). Os pesquisadores precisam considerar questões como fatores externos que podem interferir nos resultados do estudo, ou ainda, situações em que os participantes podem relatar contextos que não retratam a realidade, podendo prejudicar a pesquisa (Marconi & Lakatos, 1990). Além disso, é importante que os pesquisadores estejam conscientes de questões éticas relacionadas à pesquisa de campo, como o consentimento informado dos participantes, a confidencialidade dos dados e o respeito pela privacidade e dignidade dos indivíduos envolvidos (Pereira, Pires & Pinto, 2020).

Apesar desses desafios, o estudo de campo oferece uma série de vantagens, como a obtenção de dados ricos e contextualizados, capturando a complexidade e a dinâmica dos fenômenos estudados (Marconi & Lakatos, 2003). Além disso, o estudo de campo muitas vezes promove uma maior imersão e engajamento dos pesquisadores com o tema de estudo, proporcionando percepções importantes e perspectivas únicas (Silva, 2014).

Esta pesquisa de campo foi realizada em duas empresas de manufatura, com o objetivo de explorar, de forma prática, os desafios e as oportunidades relacionados a projetos de implementação de *Internet das Coisas* (IoT) no contexto da Indústria 4.0. Para isso, foi utilizado o método misto de coleta de dados, aplicando formulários estruturados e conduzindo entrevistas semiestruturadas com gestores, especialistas e operadores de máquina da área. Essas entrevistas permitiram não apenas uma compreensão técnica, mas também a identificação de percepções estratégicas sobre a integração dessa tecnologia nos processos produtivos, contribuindo para uma análise aprofundada dos seus impactos para as empresas participantes desta pesquisa.

3.1.4 Entrevistas

Ferramenta importante em várias áreas, as entrevistas são classificadas em três tipos principais: estruturadas, semiestruturadas e não estruturadas, e cada uma dessas abordagens tem suas próprias características distintas e é adequada para diferentes propósitos (Leitão, 2021).

As entrevistas estruturadas seguem um roteiro predefinido de perguntas, com ordem e formulação fixas, em que os entrevistadores fazem as mesmas perguntas para todos os participantes, garantindo consistência nos dados coletados (Silva, 2014). Esse método é altamente padronizado, o que facilita a comparação de respostas entre os entrevistados (Leitão, 2021), e é comumente utilizado em pesquisas quantitativas, onde a precisão e a objetividade são essenciais (Manzato & Santos, 2012).

Por outro lado, as entrevistas semiestruturadas oferecem mais flexibilidade, embora também tenham um conjunto básico de perguntas predefinidas (Leitão, 2021). Os entrevistadores têm liberdade para explorar tópicos em maior profundidade e fazer perguntas adicionais conforme necessário, permitindo uma compreensão mais abrangente das experiências e perspectivas dos entrevistados (Leitão, 2021). As entrevistas semiestruturadas são frequentemente usadas em estudos qualitativos, nos quais a ênfase está na compreensão dos significados tácitos aos dados (Leitão, 2021).

Já as entrevistas não estruturadas são caracterizadas pela ausência de um roteiro formal e os entrevistadores têm total liberdade para conduzir a conversa de forma aberta, permitindo que os participantes expressem livremente suas opiniões e experiências (Alonso, 2016). Esse método é altamente exploratório e pode gerar percepções inesperadas (Alonso, 2016).

Cada tipo de entrevista tem suas próprias características, e a escolha entre elas depende do objetivo da pesquisa, da natureza dos dados a serem coletados e das preferências do pesquisador (Batista, Rodrigues, Moreira & Silva, 2021). Ao selecionar o método mais apropriado, os pesquisadores podem garantir que obtenham informações valiosas e relevantes para seus estudos (Batista *et al.*, 2021).

Este trabalho adotou uma abordagem de pesquisa mista, incluindo entrevistas semiestruturadas como uma das principais ferramentas de coleta de dados qualitativos. As entrevistas semiestruturadas foram realizadas com gestores e profissionais de duas empresas de manufatura, permitindo uma análise mais rica e detalhada das percepções e experiências com a implementação de projetos de *Internet das Coisas* (IoT). Esse formato de entrevista, que combinou perguntas previamente definidas, porém com flexibilidade de explorar novos tópicos emergentes durante a conversa, possibilitou identificar tanto os desafios enfrentados quanto as oportunidades percebidas pelas empresas ao integrar tecnologias de IoT em seus processos produtivos.

3.1.5 Formulários

Os formulários integram a metodologia da pesquisa sendo uma ferramenta importante para a coleta de dados e informações em diversos campos, e esta abordagem oferece uma maneira estruturada e sistemática de obter respostas e percepções dos participantes, permitindo aos pesquisadores reunirem uma ampla gama de dados de uma maneira relativamente rápida e eficiente (De Melo & Dos Santos Bianchi, 2015).

Para criar um formulário eficaz, é importante seguir uma série de etapas metodológicas (Manzato & Santos, 2012). Primeiro, é fundamental definir claramente os objetivos da pesquisa e as questões específicas que serão abordadas, a fim de garantir que o formulário seja direcionado e relevante para os interesses da pesquisa (Manzato & Santos, 2012). Em seguida, os pesquisadores devem elaborar perguntas que sejam claras, concisas e não ambíguas (Coelho, Souza & Albuquerque, 2020). As perguntas devem ser formuladas de maneira neutra, evitando viés ou influência nas respostas dos participantes (Maia, 2020). Além disso, é importante considerar a ordem das perguntas para garantir uma progressão lógica e coerente (Coelho *et al.*, 2020).

A escolha do formato das perguntas também é uma consideração importante na metodologia de formulários, e estas podem ser fechadas, abertas ou uma combinação de ambas, dependendo dos objetivos da pesquisa e do tipo de informação que se deseja obter (Manzato & Santos, 2012). As perguntas fechadas oferecem opções de resposta predefinidas, facilitando a análise quantitativa dos dados, enquanto as perguntas abertas permitem aos participantes fornecerem respostas mais detalhadas e qualitativas (Manzato & Santos, 2012).

Após a elaboração do formulário, é fundamental realizar testes piloto para identificar e corrigir quaisquer problemas potenciais, como perguntas confusas ou respostas insuficientes, a fim de garantir a validade e confiabilidade dos dados coletados (Manzato & Santos, 2012). Durante a implementação do formulário, os pesquisadores devem considerar cuidadosamente a amostragem e o método de distribuição para garantir a representatividade dos participantes e minimizar qualquer viés na seleção (Coelho *et al.*, 2020). Além disso, é importante garantir a confidencialidade e anonimato das respostas dos participantes para promover a honestidade e a sinceridade (Maia, 2020).

Por fim, após a coleta dos dados, os pesquisadores podem realizar análises quantitativas e qualitativas para extrair conhecimentos e conclusões significativas (Coelho *et al.*, 2020). Essas análises ajudam a interpretar os resultados do formulário e a tirar conclusões informadas sobre os tópicos em questão (Manzato & Santos, 2012).

A aplicação de formulário foi utilizada como ferramenta de coleta de dados quantitativos. Esse formulário foi aplicado a profissionais das duas empresas de manufatura envolvidas na pesquisa, com o objetivo de obter respostas objetivas e comparáveis sobre a implementação de tecnologias de *Internet das Coisas* (IoT). A aplicação do formulário, por meio de uso da Escala Decimal, permitiu uma análise quantitativa dos dados, ajudando a identificar padrões e as principais oportunidades e desafios encontrados no processo de integração de soluções IoT nos ambientes de manufatura, complementando a análise qualitativa.

3.1.6 Escala Decimal

A escala decimal, assim como escala de *Likert*, permite aos respondentes avaliarem uma afirmativa ou uma questão com opções de resposta que geralmente variam de "discordo totalmente" a "concordo totalmente", ou de "um" a "dez", com pontos intermediários que refletem diferentes níveis de concordância ou discordância (Coelho *et al.*, 2020). Essa metodologia é particularmente útil para medir atitudes, opiniões e percepções subjetivas de forma quantitativa (Júnior & Costa, 2014). Em um projeto de implementação de IoT, a aplicação dessa escala pode ser essencial para avaliar a aceitação dos usuários, a eficácia dos dispositivos implementados, e a percepção de melhorias proporcionadas pela automação e conectividade.

Nesta pesquisa, a escala decimal foi utilizada para medir a percepção dos usuários sobre as oportunidades e desafios proporcionados pela implementação de *Internet das Coisas* (IoT) nas empresas participantes. Por exemplo, foi possível avaliar a percepção se houve eficiência operacional, se contribuiu para a manutenção preditiva, se houve resistência dos colaboradores, e todas as demais oportunidades elencadas na Tabela 01 e os desafios trazidos na Tabela 02, ambos identificados na revisão sistemática da literatura.

3.1.7 Triangulação de Dados

A triangulação de dados é uma estratégia fundamental utilizada em pesquisas para aumentar a validade e a confiabilidade dos resultados (Abdalla, 2013; Marcondes & Brisola, 2014). Esta metodologia envolve a utilização de múltiplas fontes de dados, métodos de coleta ou perspectivas para investigar um mesmo fenômeno, proporcionando uma visão mais completa e aprofundada do objeto de estudo (Júnior *et al.*, 2016). Ao integrar diferentes fontes de dados, os pesquisadores podem reduzir possíveis vieses e limitações associados a uma única fonte (Zappellini & Feuerschütte, 2015). Essa triangulação de dados permite uma análise mais abrangente dos padrões e tendências observadas, fornecendo uma compreensão mais sólida do fenômeno em estudo (Júnior *et al.*, 2016).

Outra abordagem muito utilizada é a triangulação de métodos de coleta de dados que utiliza diferentes métodos, como entrevistas, questionários e observações diretas, permitindo aos pesquisadores obterem uma variedade de perspectivas sobre o fenômeno em questão (Júnior *et al.*, 2016). Essa combinação de métodos de coleta de dados enriquece a compreensão do fenômeno e permite uma análise mais completa de seus impactos e implicações (Marcondes & Brisola, 2014).

A triangulação de pesquisadores, na qual diferentes pesquisadores ou equipes colaboram no processo de coleta e análise de dados, consiste em que cada membro da equipe pode trazer experiências, perspectivas e habilidades únicas para o projeto, enriquecendo assim a análise e interpretação dos resultados (Abdalla, 2013). Essa colaboração também pode ajudar a mitigar possíveis vieses individuais e promover uma análise mais objetiva e abrangente do fenômeno em estudo (Abdalla, 2013).

Por fim, a triangulação de dados é uma metodologia importante que permite aos pesquisadores obterem uma compreensão mais profunda e confiável dos fenômenos estudados (Abdalla, 2013). Ao integrar múltiplas fontes de dados, métodos de coleta, perspectivas e colaboradores, os pesquisadores podem construir uma base sólida de evidências e extrair conclusões mais robustas e significativas de suas pesquisas (Abdalla, 2013).

A triangulação de dados foi relevante para garantir a robustez e a validade das conclusões, e ocorreu ao integrar diferentes fontes de dados, combinando informações obtidas por meio das entrevistas semiestruturadas, aplicação de formulário e revisão sistemática da literatura. Essa abordagem permitiu cruzar os dados qualitativos e quantitativos, oferecendo

uma visão mais ampla e detalhada sobre o impacto da implementação de *Internet das Coisas* (IoT) no setor de manufatura. Ao comparar as percepções subjetivas dos profissionais com os dados mais objetivos coletados nos formulários e as evidências teóricas, a triangulação possibilitou uma análise mais profunda e coerente dos desafios e oportunidades, mitigando possíveis vieses e fortalecendo a credibilidade dos resultados desta pesquisa.

3.1.8 Análise Multicritérios

Multi-Criteria Decision Making (MCDM) é um método utilizado para auxiliar na escolha da melhor ou melhores opções entre uma variedade de escolhas (Brodny & Tutak, 2023). A análise multicritérios é uma ferramenta utilizada para lidar com problemas de decisão que envolvem múltiplos critérios e perspectivas divergentes, oferecendo uma estrutura analítica que permite tomar decisões considerando e ponderando diferentes objetivos, preferências e restrições, a fim de selecionar a melhor alternativa dentre várias opções disponíveis (Lieggio Junior, Granemann & Souza, 2012). Ao contrário de abordagens unidimensionais, a metodologia de multicritérios reconhece a natureza multifacetada e complexa dos problemas de decisão (Longaray, Da Silva Munhoz, Tondolo & Quadro, 2016). Ela permite a incorporação de múltiplos critérios de avaliação, que podem incluir aspectos quantitativos e qualitativos, econômicos, ambientais, sociais e técnicos, entre outros (Longaray *et al.*, 2016). Além disso, essa análise leva em conta a diversidade de perspectivas e interesses dos envolvidos no processo decisório, promovendo a transparência e a participação dos envolvidos (Lieggio Junior *et al.*, 2012).

Um dos principais pontos fortes da análise multicritérios é a sua capacidade de fornecer uma análise estruturada e transparente das opções disponíveis (Lieggio Junior *et al.*, 2012). Por meio de técnicas como a análise hierárquica, a análise multicritério de apoio à decisão e a análise de valor, essa abordagem permite a quantificação e a comparação sistemática dos diferentes critérios de avaliação, facilitando a identificação das alternativas mais promissoras e a tomada de decisões informadas (Campos, 2011). Além disso, a análise multicritérios também oferece flexibilidade para lidar com a incerteza e a ambiguidade inerentes a muitos problemas de decisão (Rodriguez, Costa & Carmo, 2013). Ao permitir a utilização de diferentes métodos de agregação de preferências e a realização de análises de sensibilidade, essa abordagem ajuda os tomadores de decisão a explorarem diferentes cenários e avaliar a robustez das suas escolhas em face de diferentes condições e premissas (Lieggio

Junior *et al.*, 2012). No entanto, é importante reconhecer que a aplicação da análise multicritérios requer uma cuidadosa consideração dos contextos específicos e das características dos problemas em questão, incluindo a definição clara dos critérios de avaliação, a identificação e a coleta de dados relevantes, a seleção adequada de técnicas de análise e a interpretação cautelosa dos resultados obtidos (Dos Santos Amaral, 2020).

Para a análise, foi utilizada a *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) para classificar as oportunidades e desafios advindos de projetos de implementação de *Internet das Coisas* (IoT) em empresas de manufatura, e de acordo com a de importância. O TOPSIS funciona muito bem quando elementos quantitativos e qualitativos estão envolvidos e quando critérios adversos estão presentes (Hwang & Yoon, 1981). O TOPSIS, que foi desenvolvido por Hwang e Yoon (1981), é baseado na premissa de que a melhor opção deve ter a menor distância da resolução ideal positiva e a maior distância da resolução ideal negativa (Feng & Wang, 2000; Biswas *et al.*, 2024). A resolução ideal positiva compreende todos os melhores índices, enquanto a resolução ideal negativa é formada por todos os piores índices. Desta forma, esta é uma técnica útil e prática para eleger e/ou classificar alternativas possíveis (Zhang, Gu, Gu & Zhang, 2011).

3.1.8.1 Procedimento TOPSIS

Passo 1 – Construir uma matriz de decisão: Deve levar em consideração que há um total de **m** alternativas teóricas / fatores para oportunidades / desafios ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_m$) e um total de **n** critérios/considerações de especialistas ($C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$) para cada oportunidade/desafio apresentados, a matriz de tomada de decisão pode ser considerada conforme mostrado na equação (1).

$$\begin{array}{cccccc}
 (1) & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\
 A_1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\
 A_2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 A_m & x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn}
 \end{array}$$

Na equação (1), x_{ij} representa a medida da i -ésima alternativa em relação ao j -ésimo critério (Ren, Liang, & Chan, 2017). É importante destacar que as unidades de avaliação de cada critério podem ser diferentes, impossibilitando a comparação de alternativas em relação a critérios diferentes. É possível solucionar isso tornando cada critério adimensional, normalizando o valor do indicador.

Passo 2 – Normalizar o valor dos indicadores: Permite comparar diferentes escalas (Hwang & Yoon, 1981). Existem diferentes possibilidades de normalizar o valor desses indicadores, e no caso deste trabalho foi utilizada a entropia para normalizar a matriz, apresentada na equação (2).

$$(2) \quad r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

Passo 3 – Calcular os pesos dos critérios: Para medir a importância do índice, no MCDM, é importante estabelecer o peso de cada valor indicador normalizado. Alguns estudos utilizam a experiência e/ou conhecimento de especialistas, para definir os pesos, o peso subjetivo, outros utilizam os dados de medição e propriedades estatísticas, o peso objetivo (Zhang *et al.*, 2011). Neste trabalho foi utilizado o peso objetivo denominado *Information Entropy Weight* (IEW) ou Peso de Entropia de Informação, que é baseado nos dados brutos e na entropia de informação. A entropia, assim definida por Rudolph Clausius em 1865, é uma medida em termodinâmica da falta de disponibilidade de energia em um sistema para realizar trabalho, uma medida de desordem, em que quanto maior a desordem, maior a entropia. Claude E. Shannon (1948) introduziu o conceito de entropia de informação como a medida de incerteza relacionada a uma variável aleatória.

Passo 3.a: Calcular a entropia e_j de cada critério representado pela equação (3).

$$(3) \quad e_j = -h \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij}$$

m = número total de alternativas

$i = 1, 2, 3, \dots, m$ (alternativas)

$j = 1, 2, 3, \dots, n$ (critérios)

$h = \underline{1}$

ln(m)

Passo 3.b: Calcular o vetor peso w_j de cada critério apresentado na equação (4).

$$(4) \quad w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n 1 - e_j}$$

$j = 1, 2, 3, \dots, n$ (critérios)

Passo 3.c: Calcular a matriz de decisão normalizada ponderada. Para isso, calcula-se multiplicando cada valor de indicador normalizado (r_{ij}) por seu respectivo vetor de peso w_j de cada critério, conforme mostrado na equação (5).

$$(5) \quad S_{ij} = w_j \ r_{ij}$$

Passo 4 – Determine a solução ideal: A solução ideal positiva (S_j^+) é composto pela escolha do valor máximo de cada coluna da matriz de decisão normalizada ponderada (equação 6). O ideal negativo solução (S_j^-) é formado pela seleção do valor mínimo de cada coluna da ponderação da matriz de decisão normalizada (equação 7).

$$(6) \quad S_j^+ = \max_{1 \leq i \leq m} (S_{ij})$$

$$(7) \quad S_j^- = \min_{1 \leq i \leq m} (S_{ij})$$

Passo 5 – Calcule a medida de separação: A separação de cada consideração especializada (critério) da solução ideal positiva (S_i^+) é apresentada na equação (8), e da solução ideal negativa (S_i^-), é apresentada na equação (9).

$$(8) \quad S_j^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (S_{ij} - S_j^+)^2}$$

$$(9) \quad S_j^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (S_{ij} - S_j^-)^2}$$

Passo 6 - Calcular a proximidade relativa à solução ideal (C_j): Indica a proximidade da solução ideal positiva e a distância da solução ideal negativa, para cada alternativa, dada pela equação (10).

$$(10) \quad C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ (alternativas)

Quanto maior o C_i , mais importante é a alternativa.

3.1.9 Matriz de Amarração

O método Matriz de Amarração é uma abordagem sistemática utilizada para estruturar e alinhar as diferentes etapas de um projeto de pesquisa com seus objetivos centrais (Telles, 2001). Esse método, conhecido como Matriz de Amarração de Mazzon, envolve a criação de uma matriz que relaciona perguntas de pesquisa, hipóteses, metodologias e análises previstas, assegurando que todas as partes do estudo estejam interconectadas e direcionadas para responder às questões principais (Telles, 2001). Ao utilizar essa matriz, os pesquisadores podem garantir a coerência e a clareza do projeto, facilitando a identificação de lacunas, a coordenação das atividades de coleta e análise de dados, e a manutenção do foco nos objetivos de pesquisa (Telles, 2001). Segue Tabela 3 com a Matriz de Amarração desta pesquisa.

Tabela 3: Matriz de Amarração da pesquisa

Questão de pesquisa	Objetivo Geral	Objetivos Específicos	Procedimento de Coleta de Dados	Instrumento de Coleta de dados	Roteiro de Perguntas	Procedimentos de análise de dados
Quais são as oportunidades e desafios mais relevantes para empresas do setor de manufatura, em projetos de implementação	Estudar quais são as oportunidades e desafios mais relevantes para empresas do setor de manufatura, em projetos de implementação	Identificar na literatura acadêmica as oportunidades relevantes nas empresas do setor de manufatura, em projetos de	Revisão Sistemática da Literatura			Qualitativa

de IoT da Indústria 4.0?	de IoT da Indústria 4.0.	implementação de IoT da Indústria 4.0;				
		Identificar na literatura acadêmica as oportunidades relevantes nas empresas do setor de manufatura, em projetos de implementação de IoT da Indústria 4.0;				
		Verificar em pesquisa/estudo de campo, a relevância das oportunidades identificadas na literatura.	Formulário (Escala Decimal) e Entrevistas Semiestruturadas	Formulários (Escala Decimal) e Entrevistas Semiestruturadas elaboradas com embasamento na Revisão Sistemática da Literatura.	Perguntas das Entrevistas Semiestruturadas (Apêndice A) Perguntas Formulário (Escala Decimal) (Apêndice B).	
		Verificar em pesquisa/estudo de campo, a relevância dos desafios identificados na literatura.				
		Analisar as principais oportunidades e desafios identificados na pesquisa/estudo de campo				Triangulação de Dados e Análise Multicritério.

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 UNIDADE DE ANÁLISE

Para este estudo de campo, foram escolhidas duas microempresas Ltda. do setor de manufatura, mais especificamente do setor de injeção plástica, devido ao fato de ambas estarem em processo de implementação de soluções de *Internet das Coisas* (IoT), o que as torna casos ideais para análise dentro do escopo da dissertação.

A empresa A se dedica à injeção de peças e ao desenvolvimento de moldes para diversos setores, como automotivo e agrícola, enquanto a empresa B foca na injeção de componentes para esquadrias. Ambas as empresas estão localizadas no estado de São Paulo, o que facilita o acesso para a coleta de dados e reflete o dinamismo do setor de manufatura na região.

Participaram da pesquisa operadores de máquinas injetoras, seus supervisores de produção, diretores e auxiliares financeiros, além dos sócios de ambas as empresas. Também é de grande relevância a participação do especialista em Tecnologia da Informação (TI), que é o responsável direto pelo projeto de implementação de IoT em cada uma das empresas. A escolha dessas empresas permitiu a análise prática dos desafios e oportunidades relacionados à adoção de IoT, já que elas estão no estágio de execução desse projeto.

Para garantir o sigilo e a confidencialidade dos dados, os nomes das empresas e dos colaboradores não foram divulgados.

3.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA DOS DADOS

Este trabalho iniciou-se com a revisão sistemática da literatura, pois por meio dela foram identificadas as oportunidades e os desafios em projetos de implementação de *Internet das Coisas* (IoT), e que podem ser visualizadas nas Tabelas 1 e 2. A partir desses achados foi elaborado um formulário utilizando a Escala Decimal em que os participantes avaliaram as oportunidades e desafios advindos da IoT.

Para tal avaliação, os participantes indicaram seu grau de concordância, onde um (1) significa "Discordo totalmente" e dez (10) significa "Concordo totalmente", para as assertivas do formulário, e este consta no Apêndice B. O formulário foi respondido apenas pelos supervisores de produção, diretores e auxiliares financeiros, sócios e profissional de Tecnologia da Informação (TI), pois as questões abordaram as oportunidades e desafios identificados na literatura, e também contemplaram aspectos gerenciais.

Em seguida, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com todos os participantes (Apêndice A), a fim de deixá-los livres para expressarem suas opiniões, vivências e rotinas após a implementação da IoT, porém focando nas oportunidades e desafios percebidos.

Tanto as assertivas do formulário quanto as perguntas das entrevistas semiestruturadas foram avaliadas, por meio de pré-teste, por dois especialistas da área, os quais validaram as mesmas.

A coleta desses dados iniciou-se no mês de agosto de 2024, e perdurou pelo mês de setembro desse mesmo ano. A fim de deixar os participantes mais tranquilos e a vontade em responder as entrevistas, essas foram aplicadas pelo profissional de TI, visto que por ter um grau de convivência com esses colaboradores, os mesmos sentiram-se mais confortáveis em respondê-lo. Nem todas as entrevistas puderam ser gravadas, e nesses casos, o entrevistador teve que anotar as respostas.

A relação dos participantes com o título do cargo e anos de experiência como tal encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4: Cargos e experiência

Empresa	Cargo	Experiência (anos)
A	Operador (a) de máquina 01	03
A	Operador (a) de máquina 02	20
A	Operador (a) de máquina 03	02
B	Operador (a) de máquina 04	03
B	Operador (a) de máquina 05	02
B	Operador (a) de máquina 06	04
A	Supervisor de produção 01	06
B	Supervisor de produção 02	05
A	Diretor Financeiro 01	05
B	Diretor Financeiro 02	06
A	Auxiliar Financeiro 01	03
B	Auxiliar Financeiro 02	04
A	Sócio 01	21
A	Sócio 02	21
B	Sócio 03	17
B	Sócio 04	17
A e B	Implementador da IoT	10

Fonte: Elaborado pelo autor

3.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS

A análise dos dados coletados nesta pesquisa foi realizada utilizando um conjunto de abordagens qualitativas e quantitativas, a fim de assegurar uma interpretação abrangente dos resultados. Primeiramente, os dados obtidos por meio das entrevistas semiestruturadas foram analisados qualitativamente por meio da técnica de análise qualitativa dos comentários dos respondentes. Essa técnica permitiu identificar padrões e temas recorrentes nas respostas dos participantes, proporcionando uma compreensão profunda sobre as percepções e experiências em relação à implementação da IoT nas microempresas estudadas, além de identificar as oportunidades e desafios advindos desses projetos.

Os dados quantitativos, advindos da aplicação do formulário com base em Escala Decimal, foram submetidos à análise estatística. Essa análise envolveu cálculos de médias, desvios padrão e testes de correlação, com o objetivo de identificar tendências, padrões de resposta e associações entre as variáveis investigadas.

Além disso, foi empregada a análise multicritérios para ponderar e comparar as diferentes dimensões do impacto da implementação de IoT, tanto do ponto de vista dos operadores de máquina quanto dos gestores, especialistas técnicos. Dentre as técnicas multicritérios disponíveis, adotou-se o TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*). Essa técnica foi adequada para ordenar alternativas em relação à proximidade de uma solução ideal, facilitando a identificação dos melhores cenários para a adoção de IoT em termos de oportunidades e desafios.

O TOPSIS foi aplicado para avaliar múltiplos critérios, como eficiência operacional, redução de custos, resistência à mudança, ou seja, avaliando todas as oportunidades e desafios advindos de projetos de implementação de IoT, que foram abordados no formulário, o qual baseou-se na revisão da literatura, proporcionando uma visão clara de quais aspectos devem ser priorizados na implementação da IoT. Essa abordagem contribuiu para uma visão mais objetiva e multidimensional dos resultados obtidos.

A integração dessas diferentes técnicas de análise (análise qualitativa dos comentários dos respondentes, análise estatística e TOPSIS), visou alcançar uma compreensão aprofundada dos fatores que impactaram a implementação de IoT nas microempresas de injeção plástica, oferecendo informações importantes tanto do ponto de vista estratégico quanto operacional.

A utilização dessas duas abordagens, qualitativa e quantitativa, permitiu a triangulação de dados, garantindo maior validade e robustez às conclusões da pesquisa.

3.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Esta pesquisa apresenta algumas limitações que devem ser consideradas ao interpretar os resultados. Primeiramente, o estudo focou em microempresas do setor de injeção plástica localizadas no estado de São Paulo, o que pode limitar a generalização dos achados para outros setores ou regiões. Além disso, o recorte específico da pesquisa em empresas de pequeno porte implica em particularidades, como restrições de recursos financeiros e tecnológicos, que podem não refletir a realidade de empresas de maior porte ou com maior maturidade digital.

Outro aspecto a ser considerado foi a utilização de uma abordagem metodológica mista, que embora a combinação de métodos qualitativos e quantitativos ofereça uma visão abrangente, a integração desses dados pode ser desafiadora, especialmente no que se refere à triangulação e análise dos dados provenientes de diferentes fontes, como entrevistas e formulário. A interpretação dos resultados também pode estar sujeita a vieses inerentes aos respondentes, como o viés de resposta ou de desejabilidade social, particularmente em entrevistas semiestruturadas.

Uma limitação importante foi a impossibilidade de gravar todas as entrevistas realizadas com os participantes. Isso restringiu a capacidade de capturar os detalhes de algumas respostas de forma precisa, exigindo que as anotações fossem feitas durante as conversas. Consequentemente, pode haver perdas de nuances importantes na fala dos entrevistados, o que pode afetar a profundidade da análise qualitativa. Além disso, o fato de as entrevistas não terem sido todas gravadas também pode ter influenciado a forma como os entrevistados se expressaram, limitando a análise da espontaneidade e a abertura em suas respostas.

Adicionalmente, a pesquisa abordou a implementação de *Internet das Coisas* (IoT) dentro do contexto da Indústria 4.0, que é uma área ainda em desenvolvimento para muitas empresas no Brasil. Dessa forma, a percepção dos participantes pode estar limitada pela falta de conhecimento ou experiência prática com a tecnologia, o que pode ter influenciado as respostas sobre os desafios e oportunidades da implementação.

Por fim, a limitação temporal do estudo também deve ser mencionada. Como as entrevistas e formulários foram aplicados em um período específico do projeto de implementação de IoT, os dados coletados podem não capturar completamente as evoluções ou mudanças no decorrer do tempo, sendo um retrato momentâneo da situação das empresas analisadas.

4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção, são expostos os resultados obtidos ao longo da pesquisa, seguidos de uma análise detalhada e discussão crítica. Os resultados são examinados de acordo com os objetivos previamente estabelecidos, possibilitando avaliar se os resultados alcançados estão em conformidade com as expectativas iniciais e com a literatura existente sobre o tema. Além disso, são consideradas possíveis interpretações alternativas para os dados, contribuindo para a compreensão dos fenômenos observados.

4.1 RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir da pesquisa, por meio de entrevistas estruturadas utilizando a escala decimal, foram organizados em duas categorias principais: oportunidades e desafios relacionados a projetos de implementação de *Internet das Coisas* (IoT) em indústrias de manufatura. A Tabela 5 apresenta as oportunidades com base no Índice de Proximidade.

Em primeiro lugar, a principal oportunidade destacada, mostra que a tecnologia IoT é apontada como uma facilitadora para a tomada de decisões baseada em dados, alcançando o índice máximo de proximidade (1,000). Outras oportunidades incluem a melhoria da eficiência operacional (0,694) ficando em segundo lugar; em terceiro lugar ficou a redução de custos de produção (0,638); e a confiabilidade dos dados utilizados nas operações (0,629) em quarto lugar, ordenamento este que mostra a possibilidade de a IoT otimizar os processos produtivos.

Em quinto lugar, empatadas, ficaram a manutenção preditiva e o controle eficiente de estoques que obtiveram índices de proximidade de 0,602 cada. Além disso, foram identificados benefícios como a redução de desperdícios (0,581) em sexto lugar; vantagem competitiva (0,576), em sétimo lugar; e em oitavo lugar, o aumento da capacidade de produção (0,568), oportunidades essas alinhadas com a melhoria da produção.

Outras oportunidades incluíram a gestão de recursos (0,476) em nono lugar; inovação e novos modelos de negócios (0,442) em décimo lugar; e a flexibilidade das operações industriais (0,383), em décimo primeiro lugar, oportunidades que visam a um melhor posicionamento estratégico da empresa.

Nas quatro últimas posições ficaram: a implementação de IoT resulta em melhor qualidade de produtos (0,276), em décimo segundo lugar; em décimo terceiro lugar identificou que a adoção de IoT facilita a personalização e customização de produtos (0,237); a adoção de IoT contribui para o aumento da participação de mercado (0,212) ficou em décimo quarto lugar; e por fim, em décimo quinto lugar, tem-se que a IoT contribui para a sustentabilidade das operações industriais (0,143), apresentando preocupação com a sustentabilidade.

Tabela 5: Oportunidades elencadas segundo Índice de Proximidade

POSIÇÃO	OPORTUNIDADES	ÍNDICE DE PROXIMIDADE Cci (ORDENADO)
1º	A tecnologia IoT permite uma melhor tomada de decisão baseada em dados.	1,000
2º	A implementação de <i>Internet</i> das Coisas (IoT) melhora a eficiência operacional.	0,694
3º	A IoT ajuda na redução de custos de produção.	0,638
4º	A IoT melhora a confiabilidade dos dados utilizados nas operações.	0,629
5º	A manutenção preditiva por meio de IoT melhora a confiabilidade dos equipamentos.	0,602
5º	A IoT permite um controle eficiente de estoques.	0,602
6º	A tecnologia IoT reduz os desperdícios de produção.	0,581
7º	A adoção de IoT proporciona uma vantagem competitiva para a empresa.	0,576
8º	A IoT contribui para o aumento da capacidade de produção.	0,568
9º	A IoT facilita a melhor gestão de recursos.	0,476
10º	A tecnologia IoT promove a inovação e o desenvolvimento de novos modelos de negócios.	0,442
11º	A IoT aumenta a flexibilidade das operações industriais.	0,383
12º	A implementação de IoT resulta em melhor qualidade de produtos.	0,276
13º	A adoção de IoT facilita a personalização e customização de produtos.	0,237
14º	A adoção de IoT contribui para o aumento da participação de mercado.	0,212
15º	A IoT contribui para a sustentabilidade das	0,143

operações industriais.	
------------------------	--

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 6 apresenta os desafios mais relevantes para a adoção da IoT, também com base no Índice de Proximidade.

Em primeiro lugar, a falta de incentivos governamentais se destacou como o principal desafio, com um índice de 0,691. A falta de conhecimento sobre a IoT (0,650) ficou em segundo lugar; a incerteza sobre o retorno do investimento (0,623), ficou em terceiro lugar, mostrando a preocupação com os investimentos para a implementação de projetos de IoT.

A segurança cibernética (0,623) foi identificada como desafio importante, ficando também em terceiro lugar, apresentando a necessidade de segurança do sistema.

Outros desafios incluem o alto investimento inicial necessário (0,592), em quarto lugar; em quinto lugar ficou a falta de qualificação profissional (0,584); e a necessidade de uma infraestrutura robusta para a implementação da IoT (0,575) ficou em sexto lugar, desafios estes que precisam de empenho da comunidade.

Em sétimo lugar, foi mencionada a resistência por parte dos colaboradores (0,515); em oitavo lugar ficou a carência de habilidades gerenciais e multidisciplinares como sendo um obstáculo para a adoção de IoT (0,509); e questões culturais (0,478), ocupou a nona posição, preocupações sociais relevantes.

O desafio das questões regulatórias e legais (0,436), obstáculo ficando em décimo lugar, além do potencial impacto no emprego (0,265) que ficou em décimo primeiro lugar. Em décimo segundo lugar, destacou-se a necessidade de novas contratações para lidar com IoT (0,228), mostrando a necessidade de instrumentos para dar apoio à implementação de projetos de IoT.

Tabela 6: Desafios elencados segundo Índice de Proximidade

POSIÇÃO	DESAFIOS	ÍNDICE DE PROXIMIDADE Cci (ORDENADO)

1º	A falta de incentivos governamentais dificulta a adoção de IoT.	0,691
2º	A falta de conhecimento é uma barreira para a adoção de IoT.	0,650
3º	Existe incerteza sobre o retorno do investimento em IoT.	0,623
3º	A segurança cibernética é um grande desafio na adoção de IoT.	0,623
4º	A implementação de IoT requer um alto investimento inicial.	0,592
5º	A falta de qualificação profissional dificulta/impede a implementação de IoT.	0,584
6º	Há necessidade de infraestrutura robusta para implementar IoT.	0,575
7º	Há resistência por parte dos colaboradores à implementação de IoT.	0,515
8º	A carência de habilidades gerenciais e multidisciplinares é um obstáculo para a adoção de IoT.	0,509
9º	Existe resistência cultural à adoção de IoT nas indústrias.	0,478
10º	Questões regulatórias e legais representam desafios para a implementação de IoT.	0,436
11º	A implementação de IoT pode levar ao desemprego em alguns setores.	0,265
12º	Há a necessidade de novas contratações para lidar com IoT.	0,228

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção é realizada uma análise crítica dos dados obtidos, comparando-os com as expectativas iniciais e a literatura existente. São discutidas as implicações dos resultados, avaliando-se as oportunidades e desafios advindos de projetos de implementação de *Internet das Coisas* (IoT), identificados neste estudo de campo, estão alinhados com a literatura. Além disso, a seção explora interpretações dos achados, destacando como esses resultados podem influenciar decisões práticas e futuras pesquisas.

4.2.1 Oportunidades

1º A tecnologia IoT permite uma melhor tomada de decisão baseada em dados: A oportunidade mais valorizada foi que a IoT permite melhor tomada de decisão, por meio de uma maior coleta de dados em tempo real, confirmando Da Silva *et al.* (2020) e Nouinou *et al.* (2023), que explicam que os sistemas baseados em IoT possibilitam a análise de grandes volumes de dados, ajudando as empresas a identificar padrões e tomar decisões mais rápidas e precisas, com um impacto direto na eficiência e na qualidade operacional. Essa oportunidade não apenas aprimora a gestão interna, mas também pode influenciar o relacionamento com parceiros e clientes. Ao ter acesso a dados em tempo real, as empresas conseguem ajustar suas operações para atender às demandas do mercado de maneira mais ágil e precisa, reforçando a capacidade de inovar em tempo oportuno e de personalizar seus produtos e serviços conforme a demanda.

Percepções dos Entrevistados:

Supervisor 02: “*Antes, a gente fazia as coisas mais de olho, tinha que se basear nos relatórios manuais. Agora, dá para acompanhar pelo celular. Consigo acompanhar a produção, ver os problemas na hora que acontecem*”.

Sócio 03: “*A produção tá fluindo melhor, e conseguimos resolver os problemas de forma mais rápida*”.

2º A implementação de IoT melhora a eficiência operacional: A melhoria da eficiência operacional advinda da IoT tem o potencial de otimizar processos industriais, reduzindo ineficiências e automatizando atividades manuais, achados que se alinham a Javaid *et al.* (2022). Rosati *et al.* (2023) confirmam que a conectividade proporcionada pela IoT permite uma maior coordenação entre máquinas e processos, resultando também em uma melhoria significativa da eficiência operacional. A IoT possibilita uma integração mais eficiente entre diferentes sistemas e tecnologias, permitindo que máquinas e dispositivos troquem informações entre si sem necessidade de intervenção humana, o que pode reduzir ainda mais a ocorrência de erros e gargalos no processo produtivo.

Percepções dos Entrevistados:

Sócio 04: “*Melhorou nossa produção, principalmente, não temos aquelas paradas das máquinas por muito tempo*”.

Operador 02: “*Melhorou na rapidez das atividades*”.

Supervisor 01: “*Menos tempo de máquina parada; Informação de máquina parada mais rápida; Aumento da produção*”.

3º A IoT ajuda na redução de custos de produção: A redução dos custos de produção, é uma das oportunidades mais citadas da IoT, confirmando os estudos de Sacomano *et al.* (2018) e Upadhyay *et al.* (2023), que enfatizam que, ao integrar sensores e automação, as empresas podem otimizar o uso de recursos e reduzir desperdícios, o que impacta diretamente nos custos de produção. A manutenção preditiva, por exemplo, evita falhas inesperadas e custos associados a paradas imprevistas. Essa redução de custos é uma oportunidade que se amplia com o uso contínuo da IoT, já que a análise preditiva permite às empresas reduzir o consumo de energia, água e outras matérias-primas, resultando em uma operação mais eficiente e sustentável a longo prazo.

Percepções dos Entrevistados:

Sócio 03: “*Sim já calculamos e posso dizer que a redução de custos que tivemos tem sido muito positiva*”.

4º A IoT melhora a confiabilidade dos dados utilizados nas operações: A coleta automatizada de dados pela IoT minimiza erros humanos e melhora a confiabilidade dos dados operacionais. Da Silva *et al.* (2020) e Upadhyay *et al.* (2023) corroboram que essa confiabilidade é importante para garantir que as decisões tomadas pelas empresas sejam baseadas em informações precisas e atualizadas, fortalecendo a competitividade no mercado. A coleta automatizada não apenas melhora a precisão das informações, mas também acelera a tomada de decisão. A vantagem de ter acesso instantâneo aos dados operacionais permite que os gestores reajam a problemas de maneira mais rápida, evitando longos períodos de inatividade e maximizando o tempo produtivo das máquinas.

Percepções dos Operadores de Máquina:

Operador de Máquina 01: “*Antes eu tinha que anotar tudo sobre a produção. Já agora é só passar o cartão e os meus supervisores têm as informações da máquina*”.

Operador de Máquina 02: “*Não precisar ficar anotando, é tudo digitalizado*”.

5º A manutenção preditiva por meio de IoT melhora a confiabilidade dos equipamentos: A manutenção preditiva é um dos pontos mais destacados na literatura confirmando Kumar e Iyer (2019) e Javaid *et al.* (2022) que destacam que a IoT permite a

previsão de falhas antes que elas ocorram, o que reduz os custos de manutenção e minimiza o tempo de inatividade das máquinas. A manutenção preditiva é uma vantagem que impacta diretamente na confiabilidade das operações e no planejamento financeiro das empresas. Ao identificar problemas antes que eles aconteçam, as organizações podem planejar suas intervenções de maneira a minimizar a interferência na produção, evitando paradas abruptas e mantendo o fluxo de trabalho estável e contínuo.

Percepções dos Entrevistados:

Supervisor de Produção 02: “*Agora, as máquinas avisam quando precisam de manutenção. Agora, a gente faz a manutenção preventiva e evita que a máquina pare do nada*”.

Diretor Financeiro 02: “*...manutenção preditiva, controle de qualidade e gestão de energia tiveram reduções substanciais nos custos. Por exemplo, ao monitorar os equipamentos em tempo real, conseguimos prever falhas e realizar manutenções antes que ocorressem problemas maiores, reduzindo os custos com reparos e o tempo de inatividade*”.

Auxiliar Financeiro 02: “*Percebemos uma redução de custos operacionais. Também houve redução de gastos por conta da manutenção preventiva*”.

5º A IoT permite um controle eficiente de estoques: Empatado em quinto lugar, ficou a melhoria do gerenciamento de estoque, que segundo Nouinou *et al.* (2023) e Elnadi e Abdallah (2023) permite um monitoramento em tempo real do fluxo de materiais, o que reduz o risco de faltas ou excessos, o que também permite uma gestão mais eficiente da cadeia de suprimentos. Com a visibilidade em tempo real proporcionada pela IoT, as empresas podem ajustar seus estoques de acordo com a demanda, evitando tanto o excesso de produtos quanto a falta de insumos, impactando diretamente na eficiência operacional e nos custos de armazenamento, além de melhorar a previsibilidade de abastecimento e a resposta às variações do mercado.

Percepção dos Entrevistados:

Implementador da IoT: “*A IoT tem capacidade de comunicar as demandas dos clientes com a produção, e assim a empresa consegue fazer o gerenciamento de estoque de matéria prima e produtos acabados*”.

6º A tecnologia IoT reduz os desperdícios de produção: A capacidade da IoT de monitorar o uso de recursos e otimizar processos levando diretamente à redução de

desperdícios, corroborando os achados de Sacomano *et al.* (2018) e Costa *et al.* (2023). Ao melhorar a eficiência dos processos, a IoT ajuda as empresas a economizar materiais e reduzir o impacto ambiental. Com a crescente pressão para que empresas adotem práticas mais sustentáveis, a capacidade de monitorar e otimizar o uso de recursos em tempo real torna-se uma vantagem estratégica.

Percepções dos Entrevistados:

Auxiliar Financeiro 01: *“Parece que a empresa está conseguindo economizar dinheiro na produção, mas não tenho números exatos”.*

Auxiliar Financeiro 02: *“Percebemos uma redução de custos operacionais. Também houve redução de gastos por conta da manutenção preventiva”.*

7º A adoção de IoT proporciona uma vantagem competitiva para a empresa: Contador *et al.* (2020) e Rosati *et al.* (2023) afirmam que a adoção de tecnologias IoT pode conferir às empresas uma vantagem competitiva significativa, permitindo que elas operem de forma mais eficiente e ofereçam produtos e serviços de maior qualidade a preços mais competitivos. Essa oportunidade destaca-se em sétimo lugar, porém, é possível observar nas entrevistas que não é algo perceptível nas empresas estudadas. Entretanto, é possível que essa vantagem competitiva se torne mais clara ao longo do tempo, à medida que a IoT continue sendo implementada de maneira mais abrangente. A automação, a eficiência operacional e a capacidade de inovação trazidas pela IoT têm o potencial de transformar o cenário competitivo, permitindo que as empresas ampliem sua participação de mercado e atendam melhor seus clientes.

Percepções dos Entrevistados:

Sócio 03: *“Ainda não vejo um aumento da nossa competitividade, mas acredito que no longo prazo isso será visível já que com aumento da nossa produção, teremos mais poder de oferta no mercado”.*

Sócio 02: *“Não acredito que o sistema tenha influenciado na competitividade, não”.*

8º A IoT contribui para o aumento da capacidade de produção: Como discutido por Upadhyay *et al.* (2023), a IoT permite uma automação que amplia a capacidade de produção, com o potencial de reduzir tempos de inatividade e aumentar a eficiência das operações. Isso também permite que as empresas ajustem seus níveis de produção de maneira mais flexível,

atendendo melhor às variações na demanda sem sacrificar a eficiência ou a qualidade do produto.

Percepções dos Entrevistados:

Operador 01: “*A produtividade aumentou*”.

Supervisor de Produção 02: “*A produtividade melhorou*”.

Sócio 03: “*A produção tá fluindo melhor, e conseguimos resolver os problemas de forma mais rápida*”.

9º A IoT facilita a melhor gestão de recursos: O uso de IoT para gerenciar o uso de energia e recursos é uma grande vantagem, segundo Rajput e Singh (2018). Sensores e algoritmos inteligentes permitem ajustes automáticos que otimizam o uso de recursos como água e energia, promovendo uma operação mais sustentável. A otimização do uso de energia também tem um impacto direto nos custos operacionais, ao mesmo tempo em que ajuda a empresa a cumprir metas de sustentabilidade, o que é um diferencial cada vez mais valorizado por consumidores e investidores.

Percepções dos Entrevistados:

Diretor Financeiro 02: “*Com a IoT conseguimos monitorar o consumo de energia e identificar áreas onde estávamos desperdiçando recursos. Com as informações geradas, ajustamos os processos para otimizar o uso de energia, resultando em uma economia significativa nas contas de energia*”.

10º A tecnologia IoT promove a inovação e o desenvolvimento de novos modelos de negócios: A capacidade de inovação proporcionada pela IoT é uma das oportunidades destacadas por Ikeda *et al.* (2021), pois a IoT não apenas melhora os processos existentes, mas também abre portas para a criação de novos modelos de negócios baseados em dados e conectividade. Isso inclui a possibilidade de oferecer serviços adicionais, como manutenção preditiva para clientes, ou mesmo novos produtos que integrem conectividade e automação, gerando novas fontes de receita.

Percepções dos Entrevistados:

Sócio 03: “*Quero implementar esse sistema em toda a minha produção. Temos intenção de buscar novas oportunidades no mercado e acredito que a IoT irá ajudar*”.

11º A IoT aumenta a flexibilidade das operações industriais: Conforme apontado por Contador *et al.* (2020) e Nouinou *et al.* (2023), a IoT oferece maior flexibilidade para adaptar as operações às mudanças de demanda, ajustando rapidamente processos de produção para atender às necessidades do mercado. A capacidade de escalar a produção com agilidade também aumenta a competitividade das empresas em mercados que estão constantemente mudando e exigindo respostas rápidas dos fornecedores.

Percepções dos Entrevistados:

Implementador da IoT: *“Como tenho informações em tempo real, consigo ver as mudanças da demanda e reconfigurar o processo produtivo de forma rápida”.*

12º A implementação de IoT resulta em melhor qualidade de produtos: Elnadi e Abdallah (2023) afirmam que a IoT permite um controle mais rigoroso da qualidade ao longo do processo de produção, monitorando continuamente as variáveis que impactam a qualidade final do produto. O controle de qualidade em tempo real permite que as empresas ajustem seus processos de fabricação conforme necessário, garantindo que os produtos finais atendam consistentemente aos padrões esperados pelos clientes.

Percepções dos Entrevistados:

Implementador da IoT: *“Primeiro as empresas focam na produção, mas em seguida o foco fica na qualidade dos produtos”.*

13º A adoção de IoT facilita a personalização e customização de produtos: Muito citada na literatura, a capacidade da IoT de permitir uma produção mais customizada e adaptável facilita a personalização em massa, como discutido por Elnadi e Abdallah (2023). Porém, essa oportunidade ficou em antepenúltimo lugar para os participantes da pesquisa. Isso pode ter ocorrido, pois, como o implementador da IoT cita acima, o foco dessas empresas está na produção. A personalização e customização dos produtos não são prioridades, mas sim atender as demandas do curto prazo é o mais importante para essas empresas.

Percepções dos Entrevistados:

Sócio 04: *“Por enquanto, estamos focados em melhorar a eficiência da produção, mas no futuro, acredito que vamos conseguir personalizar mais para atender, cada vez mais as necessidades dos clientes”.*

14º A adoção de IoT contribui para o aumento da participação de mercado: A IoT ajuda as empresas a se destacarem no mercado, permitindo-lhes inovar e atender às

necessidades dos consumidores de maneira mais eficaz. Upadhyay *et al.* (2023) destacam que empresas que adotam IoT podem expandir sua participação de mercado ao oferecer soluções mais competitivas. Apesar do penúltimo lugar nas entrevistas, percebe-se que esta é uma oportunidade que as empresas esperam alcançar no futuro. Ao ampliar a produção e melhorar a eficiência, espera-se que, no longo prazo, essas empresas aumentem seu poder de oferta e competitividade no mercado.

Percepções dos Entrevistados:

Sócio 03: “*...acredito que no longo prazo, ...teremos mais poder de oferta no mercado*”.

15º A IoT contribui para a sustentabilidade das operações industriais: Costa *et al.* (2023) enfatizam o papel da IoT na promoção da sustentabilidade, destacando como o monitoramento contínuo dos processos pode ajudar a reduzir o consumo de recursos naturais e minimizar os impactos ambientais. Essa oportunidade, apesar de ter ficado em último lugar, é cada vez mais importante no contexto global, onde a sustentabilidade está se tornando uma exigência dos mercados consumidores. Além disso, empresas que investem em práticas sustentáveis podem não apenas reduzir seus custos, mas também melhorar sua reputação no mercado, atraindo clientes que priorizam responsabilidade ambiental e social.

Percepções dos Entrevistados:

Implementador da IoT: “*Como trabalho com empresas pequenas, ou a grande maioria é pequena, não me é passado preocupação com sustentabilidade. A realidade dessas empresas é outra. Focam na produção. Sustentabilidade, só se for para fazer algum marketing*”.

Os resultados sobre as oportunidades da IoT nas empresas de injeção plástica mostraram uma clara priorização de áreas com impacto imediato, como a tomada de decisão baseada em dados e a eficiência operacional, que lideram as classificações, refletindo o valor atribuído à coleta de dados em tempo real e à melhoria da coordenação entre processos. Essa coleta de dados em tempo real possibilita às empresas ajustar suas atividades com mais agilidade, conforme as demandas de mercado, melhorando a produção e minimizando erros. Além disso, a automação e a manutenção preditiva trazem uma significativa economia de recursos e maior confiabilidade dos equipamentos, conforme percebido pelos especialistas entrevistados. Embora a vantagem competitiva e a sustentabilidade ainda não sejam

totalmente percebidas a longo prazo, a IoT se mostra promissora para ampliar a participação de mercado e promover operações mais eficientes e sustentáveis.

4.2.2 Desafios

1º A falta de incentivos governamentais dificulta a adoção de IoT: Esta falta de incentivos governamentais é frequentemente identificada como o maior desafio para a implementação de IoT nas empresas brasileiras, corroborando os achados de Sacomano *et al.* (2018) e Costa *et al.* (2023). Políticas públicas eficazes são relevantes para incentivar a adoção de tecnologias emergentes. Sem subsídios, incentivos fiscais ou financiamentos direcionados, muitas empresas, especialmente as pequenas e médias, enfrentam dificuldades em arcar com os altos custos iniciais da implementação de IoT. Este desafio ressalta a importância de um ambiente regulatório que favoreça a inovação. A ausência de apoio governamental não só limita a capacidade de investimento das empresas, mas também perpetua a desigualdade na adoção de tecnologias avançadas entre grandes e pequenas empresas perante as instituições financeiras do mercado. Sem uma estratégia clara e robusta, as oportunidades oferecidas pela IoT correm o risco de serem desperdiçadas.

Percepções dos Entrevistados:

Implementador da IoT: “*Apesar de ter alguns programas com subsídios do governo, ainda é pouco diante da quantidade de empresas no Brasil*”.

2º A falta de conhecimento é uma barreira para a adoção de IoT: A falta de conhecimento sobre a tecnologia e suas aplicações também é uma barreira significativa. Rajput e Singh (2018) e Sátyro *et al.* (2022) observam que muitas empresas ainda não compreendem o potencial da IoT e carecem de informações sobre como integrá-la de maneira eficaz em seus processos. Essa lacuna de conhecimento é frequentemente acompanhada pela falta de profissionais qualificados e de programas de treinamento. Esse desafio evidencia a necessidade de capacitação e formação contínua. Investir em educação e treinamento pode não apenas mitigar a resistência à adoção, mas também permitir que as empresas explorem todo o potencial da IoT.

Percepções dos Entrevistados:

Supervisor de Produção 02: “*Não conhecia não*”.

Sócio 02: “*Eu conhecia um pouco, mas não tinha ideia dos impactos*”.

Sócio 04: “*Mais ou menos. Meu filho tinha mais conhecimento*”.

3º Existe incerteza sobre o retorno do investimento em IoT: A incerteza em relação ao retorno do investimento (ROI) é um dos principais desafios enfrentados pelas empresas na adoção da IoT, como citado por Nouinou *et al.* (2023) e Costa *et al.* (2023). O ROI para projetos de IoT pode ser difícil de mensurar a curto prazo, o que desmotiva muitos gestores a realizarem investimentos substanciais. Esse desafio reflete uma hesitação que pode ser superada por meio de estudos de caso e evidências de sucesso que demonstrem claramente os benefícios da IoT. As empresas devem ser encorajadas a realizar pequenas implementações iniciais e a mensurar os resultados antes de se comprometerem com investimentos maiores.

Percepções dos Entrevistados:

Auxiliar Financeiro 01: “*Acredito que o risco seria de não ter retorno do investimento*”.

Sócio 02: “*Foi uma decisão difícil. Tem sido um investimento alto. Levamos em conta os benefícios que esse investimento poderia trazer e assumimos o risco*”.

3º A segurança cibernética é um grande desafio na adoção de IoT: A segurança cibernética é um grande obstáculo para a adoção da IoT, também ficando em terceiro lugar. Elnadi e Abdallah (2023) e Tamvada *et al.* (2022) explicam que a conectividade entre dispositivos IoT aumenta o risco de ataques cibernéticos, exigindo medidas rigorosas de segurança. As empresas precisam investir em soluções robustas para proteger dados sensíveis e evitar interrupções operacionais. Este desafio é importante, pois a confiança nas tecnologias conectadas é relevante para a adoção da IoT. A criação de diretrizes de segurança e a implementação de práticas recomendadas são necessárias para mitigar esses riscos e garantir que as empresas possam operar com segurança no ambiente digital.

Percepções dos Entrevistados:

Diretor Financeiro 02: “*Também ficamos receosos com o risco da segurança cibernética*”.

4º A implementação de IoT requer um alto investimento inicial: O alto investimento inicial necessário para a implementação de IoT é uma barreira significativa, especialmente para empresas de pequeno e médio porte, validando os achados de Kumar e Iyer (2019) e SátYRO *et al.* (2022). A aquisição de sensores, infraestrutura tecnológica e sistemas de análise de dados representa um custo elevado, desmotivando a adoção mesmo diante dos potenciais

benefícios. É evidente que o suporte financeiro e a criação de modelos de negócios que permitam o compartilhamento de custos podem facilitar a adoção da IoT. As empresas devem explorar parcerias e colaborações para mitigar a carga financeira inicial.

Percepções dos Entrevistados:

Diretor Financeiro 02: “*Consideramos o alto custo inicial, a possibilidade de não alcançar o ROI esperado*”.

Sócio 02: “*Tem sido um investimento alto*”.

5º A falta de qualificação profissional dificulta/impede a implementação de IoT: A escassez de profissionais qualificados para operar e gerenciar sistemas de IoT foi identificada como um desafio, confirmando os achados de Campos de Mendonça e Valente de Andrade (2019) e Rajput e Singh (2018). Para a implementação bem-sucedida da IoT, é necessário investir em capacitação técnica e especialização multidisciplinar. Esse desafio não deve ser subestimado, pois a formação de uma força de trabalho capacitada é essencial para a implementação eficaz da IoT. As empresas devem priorizar a formação e o desenvolvimento contínuo de seus colaboradores.

Percepções dos Entrevistados:

Implementador da IoT: “*A maior dificuldade é com os funcionários do chão de fábrica*”.

Sócio 02: “*Alguns operadores ainda têm dificuldade em, principalmente, no uso dos cartões*”.

Supervisor de Produção 01: “*Foi difícil acostumar os operadores com o novo equipamento*”.

6º Há necessidade de infraestrutura robusta para implementar IoT: A falta de uma infraestrutura tecnológica adequada também foi mencionada como um desafio importante. Sacomano *et al.* (2018) e Malhotra *et al.* (2022) afirmam que para implementar IoT, é necessário ter uma infraestrutura robusta de rede, armazenamento de dados e segurança. Empresas que não possuem essa base enfrentam dificuldades para escalar seus projetos. Esse desafio destaca a necessidade de investimentos em infraestrutura tecnológica. Sem uma base sólida, a adoção da IoT se torna complexa e pode levar ao fracasso de iniciativas que poderiam ser bem-sucedidas.

Percepções dos Entrevistados:

Implementador da IoT: “*Existem alguns casos que os sócios não querem nem disponibilizar uma rede de Wi-Fi exclusiva para a IoT*”.

7º Há resistência por parte dos colaboradores à implementação de IoT: A resistência dos colaboradores à implementação de IoT foi identificada, corroborando os achados de Reddy e Kone (2019). Os colaboradores podem resistir à IoT por medo de mudanças ou insegurança sobre o impacto em seus empregos. Esse comportamento pode desacelerar a adoção de novas tecnologias, tornando essencial o envolvimento e a comunicação clara com os funcionários. Para superar essa resistência, é importante que as empresas adotem uma abordagem inclusiva, que envolva os colaboradores no processo de mudança e esclareça os benefícios da IoT para todos os níveis organizacionais.

Percepções dos Operadores de Máquina:

Operador de Máquina 01: “*Tive receio, medo por não saber com o que estava lidando*”.

Operador de Máquina 02: “*Fiquei assustado com a novidade, no começo fiquei com pé atrás*”.

8º A carência de habilidades gerenciais e multidisciplinares é um obstáculo para a adoção de IoT: A carência de habilidades gerenciais e multidisciplinares é mencionada como um desafio para a implementação da IoT, como citado por Contador *et al.* (2020). A adoção da IoT exige habilidades técnicas, gerenciais e multidisciplinares para integrar e coordenar diferentes áreas da empresa. Este desafio revela a necessidade de uma liderança bem-preparada e de equipes com habilidades diversas para garantir que os projetos de IoT sejam bem-sucedidos e alinhados aos objetivos estratégicos das empresas.

Percepções dos Entrevistados:

Sócio 04: “*Precisamos integrar áreas diferentes, e nem sempre temos gente preparada pra lidar com isso, o que atrasa o processo*”.

Implementador da IoT: “*Os gestores nem sempre sabem lidar com as áreas envolvidas, como TI e produção, o que acaba complicando e impedindo a implementação*”.

9º Existe resistência cultural à adoção de IoT nas indústrias: A resistência cultural à adoção de IoT é um desafio frequentemente encontrado, especialmente em indústrias mais tradicionais. Elnadi e Abdallah (2023) discutem como a resistência à mudança organizacional pode ser uma barreira significativa para a introdução de novas tecnologias, exigindo esforços

para mudar a mentalidade e a cultura dentro das empresas. Este desafio destaca a necessidade de uma abordagem cultural que priorize a adaptação e o acolhimento das mudanças trazidas pela IoT. É importante promover uma cultura organizacional que valorize a inovação e a colaboração.

Percepções dos Entrevistados:

Sócio 01: *“Ajudou, mas aqui a gente já tinha uma produção eficiente”.*

Implementador da IoT: *“Os principais desafios enfrentados foram o engajamento dos colaboradores e o comprometimento dos gestores responsáveis pelo projeto”.*

10º Questões regulatórias e legais representam desafios para a implementação de IoT: Na antepenúltima posição, as questões regulatórias e legais foram citadas como um desafio. Paliwoda *et al.* (2023) destacam que a regulamentação em torno da IoT ainda está em desenvolvimento em muitos países. A falta de clareza sobre regras de privacidade, propriedade de dados e responsabilidade em casos de falhas tecnológicas aumenta a incerteza em torno da adoção. Este desafio evidencia a necessidade de um marco regulatório que proporcione segurança jurídica e incentive a inovação. Uma regulamentação clara pode facilitar a adoção de tecnologias IoT, reduzindo as incertezas que as empresas enfrentam.

Percepções dos Entrevistados:

Implementador da IoT: *“O que tem são regulamentações sobre a internet como um todo, como privacidade de dados e segurança, que é a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), mas não é tão conhecida e isso acaba sendo um empecilho para a implementação da IoT”.*

11º A implementação de IoT pode levar ao desemprego em alguns setores: Em penúltimo lugar, mostrando que o impacto da implementação da IoT nas vagas de trabalho tradicionais não foi uma grande preocupação. Conforme destacado por Abdulaziz *et al.* (2023), a digitalização pode otimizar processos e melhorar a produtividade, mas também pode resultar em um deslocamento ocupacional. Funções tradicionais podem se tornar obsoletas, levando a uma redução da demanda por esses trabalhos, o que intensifica o risco de desemprego, como discutido também por Upadhyay *et al.* (2023). Apesar de não ter sido um desafio com alta relevância para os entrevistados, é importante a adoção de estratégias de requalificação e reciclagem para mitigar os impactos do desemprego. A formação contínua e a colaboração entre empresas e instituições educacionais são essenciais para minimizar os impactos negativos no emprego

Percepções dos Entrevistados:

Implementador da IoT: “*É nítida a mudança de postura dos operadores de máquina depois da implementação da IoT, ficam mais preocupados com a produção da máquina*”.

Operador de Máquina 02: “*Fiquei assustado com a novidade, no começo fiquei com pé atrás*”.

12º Há a necessidade de novas contratações para lidar com IoT: o desafio de recrutar novos talentos qualificados para operar e gerenciar tecnologias IoT, que ficou em último lugar, é amplamente citado na literatura. Noinou *et al.* (2023) destacam que a escassez de profissionais com as habilidades técnicas necessárias impede a contratação e, em muitos casos, prolonga os prazos de implementação e eleva os custos. A IoT, ao exigir conhecimento em áreas como integração de sistemas e análise de dados em tempo real, aumenta a necessidade de contratações especializadas, que muitas vezes são difíceis de encontrar no mercado de trabalho atual.

As empresas participantes, além da implementação, estão tendo todo o suporte técnico, treinamento dos funcionários, e isso pode ter influenciado neste resultado, visto que nenhuma das empresas precisou contratar profissionais por conta da implementação da IoT.

Percepções dos Entrevistados:

Operador de Máquina 01: “*Assim que foi instalado o aparelho, você que fez veio e deu uma aula de como mexer, como passar o cartão*”.

Operador de Máquina 04: “*A gente teve treinamento*”.

Nenhum desafio relacionado à adoção de IoT nas empresas teve uma classificação significativa, com todos os itens apresentando pontuações relativamente próximas. Embora a falta de incentivos governamentais tenha sido apontada como o maior obstáculo, seguida pela falta de conhecimento e pela incerteza sobre o retorno do investimento (ROI), as classificações gerais indicam que esses desafios não são vistos como barreiras intransponíveis. De fato, muitos desses obstáculos, como a segurança cibernética, alto custo inicial e falta de qualificação profissional, têm soluções possíveis por meio de investimento em capacitação, infraestrutura adequada e políticas de segurança robustas. Além disso, questões como resistência cultural, desemprego e necessidade de novas contratações receberam classificações ainda mais baixas, sugerindo que, apesar de serem desafios reconhecidos, não são impeditivos significativos para a implementação da IoT nas empresas

analisadas. Uma abordagem integrada e colaborativa é importante para superar esses desafios e acelerar a adoção da IoT, permitindo que as empresas aproveitem os benefícios dessa tecnologia.

4.3 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa evidenciam a relevância das oportunidades e desafios em empresas do setor de manufatura em projetos de implementação de *Internet das Coisas* (IoT) no contexto da Indústria 4.0. Por meio de uma análise integrada, foram identificadas as principais oportunidades e desafios que influenciam o sucesso desses projetos, permitindo uma compreensão abrangente e direcionada para gestores e profissionais da área.

Entre as oportunidades mais significativas, destaca-se o potencial da IoT para transformar a tomada de decisões ao proporcionar uma base sólida de dados em tempo real, permitindo ajustes precisos nos processos produtivos e uma coordenação mais eficiente das operações. Outro fator de destaque é a melhoria da eficiência operacional, que possibilita um aumento expressivo na produtividade e a otimização de recursos, resultando em operações mais enxutas e menos suscetíveis a desperdícios. A redução de custos de produção, o aprimoramento da confiabilidade dos dados operacionais e a implementação de práticas de manutenção preditiva também emergem como elementos-chave que fortalecem a competitividade e sustentabilidade das empresas. O controle eficiente de estoques e a flexibilidade nos processos produtivos são outros benefícios que reforçam a relevância da IoT como uma tecnologia habilitadora na Indústria 4.0.

Por outro lado, os desafios enfrentados pelas empresas para adotar a IoT são relevantes e merecem atenção estratégica. A falta de incentivos governamentais e a escassez de conhecimento foram identificadas como os principais entraves, destacando a necessidade de políticas públicas mais robustas e investimentos em capacitação profissional. A incerteza em relação ao retorno sobre o investimento em projetos de IoT é outro fator que limita a adoção em larga escala, exigindo avaliações detalhadas para mostrar o valor agregado dessas tecnologias. Além disso, questões relacionadas à segurança cibernética e ao elevado custo inicial de implementação representam desafios técnicos e financeiros que precisam ser abordados com soluções estruturadas e parcerias estratégicas.

A análise integrada dos resultados, apoiada pelo método multicritério TOPSIS, reforça que, embora existam desafios substanciais à implementação da IoT, deve-se procurar superá-los. Com estratégias adequadas, como programas de capacitação, incentivos financeiros e políticas de segurança robustas, as empresas podem superar esses desafios e maximizar as oportunidades proporcionadas pela IoT. Os achados mostram que, ao alinhar essas oportunidades com medidas práticas para mitigar os obstáculos, as empresas têm potencial para transformar seus processos, aumentar sua competitividade e integrar-se de forma mais eficaz à Indústria 4.0.

Dessa forma, a pesquisa conclui que a adoção estratégica de IoT em microempresas do setor de manufatura pode oferecer ganhos substanciais de eficiência, inovação e competitividade, desde que os desafios identificados sejam enfrentados com uma abordagem proativa e colaborativa. Esses resultados fornecem subsídios importantes para gestores, formuladores de políticas e pesquisadores que buscam impulsionar a transformação digital no setor.

5 CONTRIBUIÇÕES PARA A PRÁTICA

A compreensão das oportunidades e desafios relacionados a projetos de implementação de *Internet das Coisas* (IoT) no contexto da Indústria 4.0 é relevante para que as empresas, especialmente as do setor de manufatura, possam maximizar os benefícios e mitigar os riscos dessa tecnologia. Este estudo contribui para a prática ao oferecer um panorama claro e estruturado sobre essas oportunidades e desafios advindos da IoT, e que pode transformar os processos produtivos, desde a eficiência operacional até a inovação de produtos e serviços.

Conhecer as oportunidades proporcionadas pela IoT possibilita às empresas aproveitar todo o potencial de monitoramento e controle em tempo real, otimização de recursos, personalização de produtos e automação de processos. Ao entender como essas oportunidades podem ser aplicadas em seu contexto específico, os gestores têm a chance de tomar decisões mais assertivas e estratégicas. Por exemplo, a capacidade de coletar e analisar dados em tempo real pode gerar percepções consideráveis para identificar gargalos operacionais e tomar decisões com maior precisão e agilidade. Essas vantagens são importantes para empresas que desejam aumentar sua competitividade, melhorar seu processo produtivo, reduzir custos e oferecer produtos e serviços personalizados ao mercado.

Por outro lado, o conhecimento dos desafios enfrentados pela adoção da IoT também desempenha um papel fundamental para o sucesso de projetos de implementação. A pesquisa revelou desafios importantes como a falta de incentivos governamentais, falta de conhecimento, alto custo inicial de implementação e o receio de não se ter retorno desse investimento. Compreender esses desafios permite que as empresas desenvolvam estratégias mais eficazes para enfrentá-los, seja por meio de parcerias com entidades públicas e privadas, investimentos em capacitação ou adoção de modelos financeiros que viabilizem a implementação de soluções de IoT de forma escalável.

Essa visão crítica também alerta para a importância de estratégias robustas de segurança cibernética, mitigando riscos associados à crescente conectividade e assegurando a proteção dos dados e ativos empresariais.

Adicionalmente, o conhecimento das barreiras culturais e organizacionais, como a resistência à mudança e a necessidade de adaptação de processos, auxilia na criação de ambientes colaborativos e inovadores, onde a adoção de novas tecnologias seja bem-sucedida.

Empresas que se preparam para enfrentar esses desafios, investindo em conscientização, treinamento e engajamento dos colaboradores, estão mais aptas a extrair valor da IoT, promovendo uma transformação organizacional que vai além dos ganhos operacionais.

Portanto, a contribuição prática deste estudo está em fornecer um roteiro estratégico para gestores e profissionais do setor que desejam adotar a IoT de maneira eficaz. O conhecimento das oportunidades permite explorar o potencial transformador da IoT, enquanto o entendimento dos desafios oferece um ponto de partida para a superação das barreiras que limitam sua adoção. Ao alinhar a tecnologia às estratégias organizacionais, as empresas têm a possibilidade de se tornar mais ágeis, inovadoras e competitivas em um mercado em constante evolução.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação buscou estudar as oportunidades e desafios advindos de projetos de implementação de *Internet das Coisas* (IoT) em empresas do setor de manufatura, dentro do contexto da Indústria 4.0. Para alcançar esse objetivo, foi adotada uma abordagem metodológica mista, combinando análises qualitativas e quantitativas. A pesquisa incluiu uma revisão sistemática da literatura sobre IoT e Indústria 4.0, entrevistas com gestores, supervisores e operadores de máquinas, de microempresas de injeção plástica e a aplicação de formulários para identificar e analisar as principais oportunidades e desafios que influenciam a adoção dessa tecnologia.

A metodologia empregada permitiu uma análise abrangente, envolvendo tanto a coleta de percepções subjetivas dos participantes quanto dados quantitativos que reforçaram a relevância dos achados. As entrevistas qualitativas ofereceram conhecimentos sobre as dificuldades enfrentadas e as expectativas dos gestores em relação à IoT, enquanto os dados quantitativos permitiram quantificar os desafios e oportunidades, possibilitando a priorização desses fatores por meio de método multicritério.

Os resultados evidenciaram que a IoT possui um grande potencial para transformar os processos produtivos das empresas, proporcionando ganhos significativos de eficiência, redução de custos, automação de tarefas e melhor acesso a dados em tempo real. Essas oportunidades permitem uma tomada de decisão mais ágil e informada, melhorando a competitividade das empresas em mercados dinâmicos e exigentes. Entre as oportunidades apontadas estão a melhor tomada de decisões, a melhoria na eficiência operacional, a redução de desperdícios e a capacidade de personalizar produtos com base em demandas específicas.

Por outro lado, o estudo também destacou desafios significativos que devem ser superados para que as microempresas possam adotar a IoT de maneira efetiva. Entre os obstáculos identificados estão a falta de incentivos governamentais, o alto custo inicial de implementação, a escassez de profissionais capacitados e barreiras culturais e organizacionais, como a resistência à mudança e a adaptação de processos. Esses desafios demandam uma abordagem estratégica para serem enfrentados, incluindo políticas públicas de incentivo, programas de capacitação e parcerias colaborativas que facilitem a transição tecnológica.

A pesquisa revelou que a transformação digital, por meio da IoT, exige mais do que a simples adoção de novas tecnologias. Ela requer uma mudança cultural e organizacional, com

o engajamento de todos os níveis da empresa, para que os benefícios possam ser plenamente explorados. Com base nos achados, recomenda-se uma atuação conjunta entre setor público, privado e academia para promover a capacitação, oferecer incentivos econômicos e criar um ambiente mais favorável à inovação tecnológica.

6.1 CONTRIBUIÇÕES PARA A ACADEMIA

Este estudo traz contribuições significativas para a academia ao explorar as oportunidades e desafios em projetos de implementação de *Internet das Coisas* (IoT) da Indústria 4.0 no setor de manufatura. A pesquisa contribuiu ao investigar como fatores econômicos, técnicos e culturais influenciam a adoção de tecnologias emergentes em um contexto de microempresas. Com isso, fornece uma base empírica que pode ser utilizada como referência para estudos futuros, ajudando a aprofundar o conhecimento sobre os fatores que promovem ou dificultam a transformação digital no setor produtivo.

Além disso, a metodologia empregada, que combinou análises qualitativas e quantitativas, permitiu uma visão abrangente e integrada dos desafios e oportunidades da IoT. Essa abordagem pode servir de modelo para pesquisas em outros setores e regiões, contribuindo para um melhor entendimento das especificidades e demandas de cada contexto. O estudo também reforça a importância de considerar os aspectos culturais e organizacionais na implementação de novas tecnologias, indo além de uma análise puramente técnica.

6.2 LIMITAÇÕES

Algumas limitações deste estudo devem ser consideradas, como o foco em microempresas do setor de manufatura em uma região específica do Brasil que limita a generalização dos resultados para outros contextos. As condições econômicas, políticas e culturais locais desempenham um papel importante na adoção de tecnologias, o que pode tornar os achados menos aplicáveis a outros cenários. Além disso, a pesquisa foi realizada em um momento específico, não capturando possíveis mudanças no ambiente econômico ou no desenvolvimento tecnológico que possam influenciar a adoção de projetos de IoT.

Outro ponto de limitação é a triangulação de dados qualitativos e quantitativos, que embora proporcione uma visão abrangente, apresenta desafios metodológicos relacionados à

interpretação dos resultados. Fatores como a percepção dos entrevistados, o acesso a informações e os diferentes níveis de maturidade tecnológica das empresas podem ter impactado as respostas obtidas.

6.3 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Dadas as limitações deste estudo, sugere-se que pesquisas futuras ampliem o escopo geográfico e investiguem a adoção de projetos de IoT em diferentes setores da indústria, incluindo áreas com menor maturidade tecnológica. Estudos que acompanhem o desenvolvimento e os resultados da adoção de IoT ao longo do tempo, também são recomendados para avaliar os impactos de longo prazo e identificar novas oportunidades e desafios.

Outra linha de pesquisa relevante seria a análise de políticas públicas e programas de incentivo que possam facilitar a adoção de tecnologias emergentes. Investigações sobre modelos de negócio colaborativos, que permitam a adoção conjunta de soluções tecnológicas por diferentes empresas, também têm potencial para gerar conhecimentos importantes sobre como superar os desafios econômicos e culturais identificados. Por fim, a interação entre capacitação profissional e cultura organizacional deve ser explorada para compreender melhor como as empresas podem preparar suas equipes para lidar com os desafios da transformação digital.

REFERÊNCIAS

- Abdalla, M. M. (2013). A estratégia de triangulação: objetivos, possibilidades, limitações e proximidades com o pragmatismo. *Anais do 4º Encontro de Ensino e Pesquisa em Contabilidade*, 13-31.
- Abdulaziz, QA, Mad Kaidi, H., Masrom M., Hamzah, HS, Sarip, S., Dzilyauddin, RA, & Muhammad-Sukki, F. (2023). Developing an IoT Framework for Industry 4.0 in Malaysian SMEs: An Analysis of Current Status, Practices, and Challenges. *Applied Science*, 13(6), 3658.
- Alonso, A. (2016). Métodos qualitativos de pesquisa: uma introdução. *Métodos de pesquisa em Ciências Sociais. bloco qualitativo*, 8-23.
- Aravind, C., Suji Prasad, S. J., & Ponni Bala, M. (2020). Remote monitoring and control of automation system with Internet of things. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(1), 945-949.
- Ashton, K. (2009). That 'Internet of things' thing. *RFID journal*, 22(7), 97-114.
- Bajic, B., Rikalovic, A., Suzic, N., & Piuri, V. (2020). Industry 4.0 implementation challenges and opportunities: A managerial perspective. *IEEE Systems Journal*, 15(1), 546-559.
- Batista, B., Rodrigues, D., Moreira, E., & Silva, F. (2021). Técnicas de recolha de dados em investigação: Inquirir por questionário e/ou inquirir por entrevista. *Reflexões em torno de Metodologias de Investigação: recolha de dados*, 2, 13-36.
- Biswas, T., Majumder, A., Dey, S., Mandal, A., Ray, S., Kapoor, P., ... & Matuka, A. (2024). Evaluation of management practices in rice–wheat cropping system using multicriteria decision-making methods in conservation agriculture. *Scientific Reports*, 14(1), 8600.
- Brodny, J., & Tutak, M. (2023). Assessing the energy security of European Union countries from two perspectives—A new integrated approach based on MCDM methods. *Applied Energy*, 347, 121443.
- Campos de Mendonça, C. M., & Valente de Andrade, A. M. (2019). Use of iot, big data and artificial intelligence in dynamic capabilities: A comparative study between the cities of brazil and portugal. *INFORMACAO & SOCIEDADE-ESTUDOS*, 29(4), 37-60.

Campos, V. R. (2011). Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento. Doutorado em Economia, Organizações e Gestão do Conhecimento—São Carlos: *Universidade de São Paulo*, 25.

Carvalho, M. M. D., & Rabechini Junior, R. (2011). Fundamentos em gestão de projetos: construindo competências para gerenciar projetos. *Atlas*.

Cho, J., De Stefano, T., Kim, H., Kim, I., & Paik, J. H. (2023). What's driving the diffusion of next-generation digital technologies? *Technovation*, 119, 102477.

Chueke, G. V., & Lima, M. C. (2012). Pesquisa Qualitativa: evolução e critérios. *Revista Espaço Acadêmico*, 11(128), 63-69.

Coelho, J. A., Souza, G. H., & Albuquerque, J. (2020). Desenvolvimento de questionários e aplicação na pesquisa em Informática na Educação. Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação: Abordagem Quantitativa de Pesquisa. *Porto Alegre: SBC. Série Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação*, 2.

Contador, J.C., Sátyro, W.C., Contador, J.L., Spinola, M.D.M. (2020). Flexibility in the Brazilian Industry 4.0: Challenges and Opportunities. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 21 (Suppl 1), 15-31.

Contador, J. C., Satyro, W. C., Contador, J. L., & Spinola, M. D. M. (2021). Taxonomy of organizational alignment: implications for data-driven sustainable performance of firms and supply chains. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(1), 343-364.

Cordeiro, R. F., Reis, L. P., & Fernandes, J. M. (2023). A study on the barriers that impact the adoption of Industry 4.0 in the context of Brazilian companies. *The TQM Journal*, 1754-2731.

Costa, F., Frecassetti, S., Rossini, M., & Portioli-Staudacher, A. (2023). Industry 4.0 digital technologies enhancing sustainability: Applications and barriers from the agricultural industry in an emerging economy. *Journal of Cleaner Production*, 137208.

Creswell, J. W. (2013). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (Fourth Edi). *SAGE Publications, Inc.*

Creswell, J. W. (2014). *Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa-: Escolhendo entre Cinco Abordagens*. *Penso Editora*.

- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2015). Pesquisa de Métodos Mistos-: Série Métodos de Pesquisa. *Penso Editora*.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2021). Projeto de pesquisa-: Métodos qualitativo, quantitativo e misto. *Penso Editora*.
- Da Silva, D., Lopes, E. L., & Braga Junior, S. S. (2014). Pesquisa quantitativa: elementos, paradigmas e definições. *Revista de Gestão e Secretariado*, 5(1), 01-18.
- Da Silva, R. O., & De Oliveira, J. L. S. (2017). A Internet das coisas (IoT) com enfoque na saúde. *Tecnologias Em Projeção*, 8(1), 77-85.
- Da Silva, V.L., Kovaleski, J.L., Pagani, R.N., Silva, J.D.M., & Corsi, A. (2020). Implementation of Industry 4.0 concept in companies: empirical evidences. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(4), 325-342.
- Dardouri, S., BuHamdan, S., Al Balkhy, W., Dakhli, Z., Danel, T., & Lafhaj, Z. (2023). RFID platform for construction materials management. *International Journal of Construction Management*, 23(14), 2509-2519.
- De Luca, R., Ferraro, A., Galli, A., Gallo, M., Moscato, V., & Sperlì, G. (2023). A deep attention based approach for predictive maintenance applications in IoT scenarios. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(4), 535-556.
- De Lunetta, A., & Guerra, R. (2023). Metodologia da pesquisa científica e acadêmica. *Revista OWL (OWL Journal)-Revista Interdisciplinar de Ensino e Educação*, 1(2), 149-159.
- De Melo, W. V., & Dos Santos Bianchi, C. (2015). Discutindo estratégias para a construção de questionários como ferramenta de pesquisa. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 8(3).
- Dos Santos Amaral, A. (2020). Metodologia Multicritério para Avaliação e Seleção de Sistemas ERP. (*Doctoral dissertation, Universidade Nova de Lisboa*).
- Elnadi, M., & Abdallah, Y. O. (2023). Industry 4.0: critical investigations and synthesis of key findings. *Management Review Quarterly*, 1-34.

- Fabricio, M. A., Behrens, F. H., & Bianchini, D. (2020). Monitoring of industrial electrical equipment using IoT. *IEEE Latin America Transactions*, 18(08), 1425-1432.
- Fachini, M. P., Mesquita, N. P., Oliveira, R. P., & de França, P. G. (2017). Internet das coisas: uma breve revisão bibliográfica. *Conexões-Ciência e Tecnologia*, 11(6), 85-90.
- Fantoni, G., Al-Zubaidi, S. Q., Coli, E., & Mazzei, D. (2021). Automating the process of method-time-measurement. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(4), 958-982.
- Feng, C. M., & Wang, R. T. (2000). Performance evaluation for airlines including the consideration of financial ratios. *Journal of Air Transport Management*, 6(3), 133-142.
- Gayialis, S. P., Kechagias, E. P., Konstantakopoulos, G. D., & Papadopoulos, G. A. (2022). A predictive maintenance system for reverse supply chain operations. *Logistics*, 6(1), 4.
- Godói, C. K., Blikstein, I., Bandeira-De-Mello, R., DA SILVA, A. B., de Almeida Cunha, C. J. C., Godoy, A. S., ... & Oliveira, M. (2017). Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais. *Saraiva Educação SA*.
- Gouvea, M., Marcelino, I., Woods, H., & Rodrigues, P. (2021). Cenário da Indústria 4.0 no Brasil-Desafios e Oportunidades. *In Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre*, 2(12).
- Hoffman, F. (2019). Industrial Internet of Things vulnerabilities and threats: What stakeholders need to consider. *Issues in Information Systems*, 20(1).
- Hwang, C. L. and Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey. *Springer Science & Business Media*, 186.
- Ibert, O. (2004). Projects and firms as discordant complements: Organisational learning in the Munich software ecology. *Research Policy*, 33(10), 1529-1546.
- Ikeda, E. K., da Silva, L. F., Penha, R., & de Oliveira, P. S. G. (2021). The relationship between the Internet of Things and knowledge management in smart ecosystem development. *Knowledge and Process Management*, 28(2), 181-194.
- Illa, PK, & Padhi, N. (2018). Practical Guide to Smart Factory Transition Using IoT, Big Data and Edge Analytics. *Ieee Access*, 6, 55162-55170.

- Javaid, M., Haleem, A., Singh, RP, & Suman, R. (2022). Artificial Intelligence Applications for Industry 4.0: A Literature-Based Study. *Journal of Industrial Integration and Management*, 7(01), 83-111.
- Júnior, A. F. B., Persch, L. L., Kiekow, A., Seben, P. S., Gubert, F., & Tondolo, V. A. G. (2016). Triangulação: uma ferramenta de validade e confiabilidade. *SINERGIA-Revista do Instituto de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis*, 20(1), 19-28.
- Júnior, S. D. D. S., & Costa, F. J. (2014). Mensuração e escalas de verificação: uma análise comparativa das escalas de Likert e Phrase Completion. *PMKT-Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia*, 15(1-16), 61.
- Karadayi-Usta, S. (2019). An interpretive structural analysis for industry 4.0 adoption challenges. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(3), 973-978.
- Kumar, AS, & Iyer, E. (2019). An Industrial IoT in Engineering and manufacturing industries – Benefits and Challenges. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*, 9(2), 151-160.
- Kumar, R., Sindhwan, R., & Singh, P. L. (2022). IIoT implementation challenges: Analysis and mitigation by blockchain. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 15(3), 363-379.
- Labędzka, J. (2021). Industry 4.0—policy-based approaches to efficient implementation in SMEs. *Engineering Management in Production and Services*, 13(4), 72-78.
- Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business horizons*, 58(4), 431-440.
- Leitão, C. (2021). A entrevista como instrumento de pesquisa científica: planejamento, execução e análise. *Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Abordagem qualitativa de Pesquisa*, 3.
- Leite, L. R., Verde, A. P. D. S. R., Oliveira, F. D. C. R. D., & Nunes, J. B. C. (2021). Abordagem mista em teses de um programa de pós-graduação em educação: análise à luz de Creswell. *Educação e Pesquisa*, 47, e243789.

- Li, G., Hou, Y., & Wu, A. (2017). Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods. *Chinese Geographical Science*, 27, 626-637.
- Li, Z., Wan, H., Pang, Z., Chen, Q., Deng, Y., Zhao, X., Gao, Y., Song, X., & Gu, M. (2019). An Enhanced Reconfiguration for Deterministic Transmission in Time-Triggered Networks. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 27(3), 1124-1137.
- Lieggio Junior, M., Granemann, S. R., & Souza, O. A. D. (2012). Aplicabilidades da análise multicritério às problemáticas de decisão no transporte rodoviário de produtos perigosos: uma perspectiva teórica. *Journal of Transport Literature*, 6, 197-217.
- Longaray, A. A., da Silva Munhoz, P. R., Tondolo, V. A. G., & Quadro, R. C. (2016). Análise multicritério de decisão e sua aplicação na gestão da saúde: uma proposta de revisão sistemática da literatura. *Exacta*, 14(4), 609-618.
- Maia, A. C. B. (2020). Questionário e entrevista na pesquisa qualitativa Elaboração, aplicação e análise de conteúdo. *São Paulo: Pedro e João*.
- Malhotra, S., Agarwal, V., & Kapur, P. K. (2022). Hierarchical framework for analysing the challenges of implementing industrial Internet of Things in manufacturing industries using ISM approach. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 13(5), 2356-2370.
- Manzato, A. J., & Santos, A. B. (2012). A elaboração de questionários na pesquisa quantitativa. *Departamento de Ciência de Computação e Estatística-IBILCE-UNESP*, 17, 1-17.
- Marcondes, N. A. V., & Brisola, E. M. A. (2014). Análise por triangulação de métodos: um referencial para pesquisas qualitativas. *Revista Univap*, 20(35), 201-208.
- Marconi, M. D. A., & Lakatos, E. M. (1990). Técnicas de pesquisa. *Editora Atlas S.A.*
- Marconi, M. D. A., & Lakatos, E. M. (2003). Fundamentos de Metodologia Científica. *Editora Atlas S.A.*, 5.
- Martens, C. D. P., da Silva, L. F., Silva, D. F., & Martens, M. L. (2022). Challenges in the implementation of internet of things projects and actions to overcome them. *Technovation*, 118, 102427.

McDermott, O., Nelson, S., Antony, J., & Sony, M. (2023). Industry 4.0 readiness in west of Ireland small and medium and micro enterprises—an exploratory study. *Quality Management Journal*, 30(2), 105-120.

Nagy, M., Lazaroiu, G., Valaskova, K. (2023). Machine Intelligence and Autonomous Robotic Technologies in the Corporate Context of SMEs: Deep Learning and Virtual Simulation Algorithms, Cyber-Physical Production Networks, and Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. *Applied Sciences*, 13, 1681.

Nižetić, S., Šolić, P., Gonzalez-De, D. L. D. I., & Patrono, L. (2020). Internet of Things (IoT): Opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future. *Journal of cleaner production*, 274, 122877.

Nouinou, H., Asadollahi-Yazdi, E., Baret, I., Nguyen, NQ, Terzi, M., Ouazene, Y., Yalaoui, F., Kelly, R. (2023). Decision-making in the context of Industry 4.0: Evidence from the textile and clothing industry. *Journal of Cleaner Production*, 136184.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Bmj*, 372.

Paliwoda, B., Górná, J., Biegańska, M., & Wójcicki, K. (2023). Application of industrial Internet of things (IIoT) in the packaging industry in Poland. *LogForum*, 19 (1).

Patah, L. A., & Carvalho, M. M. D. (2015). Sucesso a partir de investimento em metodologias de gestão de projetos. *Production*, 26, 129-144.

Pereira, A. K., Pires, P. S., & Pinto, A. (2020). Pesquisas de Avaliação e Confidencialidade da Informação: limites e conflitos. *Revista Brasileira de Avaliação*, 7, 82-101.

Pisching, M. A. (2018). Arquitetura para descoberta de equipamentos em processos de manufatura com foco na indústria 4.0 (*Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo*).

Pollock, A., & Berge, E. (2018). Como fazer uma revisão sistemática. *International Journal of Stroke*, 13(2), 138-156.

Prodanov, C. C., & De Freitas, E. C. (2013). Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. *Editora Feevale*, 2.

- Rajput, S., & Singh, S. P. (2018). Identifying Industry 4.0 IoT enablers by integrated PCA-ISM-DEMATEL approach. *Management Decision*, 57(8), 1784-1817.
- Reddy, H. G., & Kone, V. (2019, March). Study on implementing smart construction with various applications using Internet of things techniques. In *International Conference on Advances in Civil Engineering (ICACE-2019)*, 21.
- Ren, J., Liang, H., & Chan, F. T. (2017). Urban sewage sludge, sustainability, and transition for Eco-City: Multi-criteria sustainability assessment of technologies based on best-worst method. *Technological Forecasting and Social Change*, 116, 29-39.
- Rodriguez, D. S. S., Costa, H. G., & Carmo, L. F. R. R. S. D. (2013). Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de PCP: Mapeamento da produção em periódicos publicados no Brasil. *Gestão & Produção*, 20, 134-146.
- Rosati, R., Romeo, L., Cecchini, G., Tonetto, F., Viti, P., Mancini, A., & Frontoni, E. (2023). From knowledge-based to big data analytic model: a novel IoT and machine learning based decision support system for predictive maintenance in Industry 4.0. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 34(1), 107-121.
- Sacomano, J. B., Gonçalves, R. F., Bonilla, S. H., da Silva, M. T., & SátYRO, W. C. (2018). Indústria 4.0. *Editora Blucher*.
- Samaranayake, P., Laosirihongthong, T., Adebanjo, D., & Boon-itt, S. (2023). Prioritising enabling factors of Internet of things (IoT) adoption in digital supply chain. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 72(10), 3095-3118.
- Santos, R. C. (2018). Proposta de modelo de avaliação de maturidade da Indústria 4.0. *ISEC Engenharia*.
- SátYRO, W. C., Contador, J. C., Contador, J. L., Fragomeni, M. A., Monken, S. F. D. P., Ribeiro, A. F., ... & de Souza, V. H. M. (2021). Implementing Industry 4.0 through cleaner production and social stakeholders: holistic and sustainable model. *Sustainability*, 13(22), 12479.
- SátYRO, W. C., de Almeida, C. M. V. B., Pinto Jr Jr, M. J. A., Contador, J. C., Giannetti, B. F., de Lima, A. F., & Fragomeni, M. A. (2022). Industry 4.0 implementation: The relevance of sustainability and the potential social impact in a developing country. *Journal of Cleaner Production*, 337, 130456.

Silva, A. J. H. D. (2014). Metodologia de pesquisa: conceitos gerais.

Singh, M., Goyat, R., & Panwar, R. (2023). Fundamental pillars for industry 4.0 development: implementation framework and challenges in manufacturing environment. *The TQM Journal*.

Soni, G., Kumar, S., Mahto, R. V., Mangla, S. K., Mittal, M. L., & Lim, W. M. (2022). A decision-making framework for Industry 4.0 technology implementation: The case of FinTech and sustainable supply chain finance for SMEs. *Technological Forecasting and Social Change*, 180, 121686.

Sony, M., & Naik, S. S. (2019). Ten lessons for managers while implementing Industry 4.0. *IEEE Engineering Management Review*, 47(2), 45-52.

Soltovski, R., de Resende, L. M. M., Pontes, J., Yoshino, R. T., & da Silva, L. B. P. (2020). Um estudo quantitativo sobre os riscos da indústria 4.0 no contexto industrial: Uma revisão sistemática da literatura. *Revista Gestão e Desenvolvimento*, 17(3), 165-191.

Souza, K. R., & Kerbauy, M. T. M. (2017). Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. *Educação e Filosofia*, 31(61), 21-44.

Souza, M. C. D. L., & Dieng, M. (2018). Características da Pesquisa Científica Baseada no Método Misto: Um Estudo com Enfoque em Contabilidade Gerencial. In *4th UnB Conference on Accounting and Governance & 1º Congresso UnB de Iniciação Científica-CCGUnB*.

Tamvada, J. P., Narula, S., Audretsch, D., Puppala, H., & Kumar, A. (2022). Adopting new technology is a distant dream? The risks of implementing Industry 4.0 in emerging economy SMEs. *Technological Forecasting and Social Change*, 185, 122088.

Tan, W. C., & Sidhu, M. S. (2022). Review of RFID and IoT integration in supply chain management. *Operations Research Perspectives*, 9, 100229.

Taqi, H. M. M., Nur, S. S. A., Salman, S., Ahmed, T., Sarker, S., Ali, S. M., & Sankaranarayanan, B. (2023). Behavioural factors for Industry 4.0 adoption: implications for knowledge-based supply chains. *Operations Management Research*, 16(3), 1122-1139.

Telles, R. (2001). A efetividade da matriz de amarração de Mazzon nas pesquisas em Administração. *Revista de Administração da Universidade de São Paulo*, 36(4).

Tessarini, G., & Saltorato, P. (2018). Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Produção Online*, 18(2), 743-769.

Turner, J. R., & Müller, R. (2003). On the nature of the project as a temporary organization. *International journal of project management*, 21(1), 1-8.

Upadhyay, A., Balodib, KC, Naza, F., Di Nardoc, M., & Jraisat, L. (2023). Implementing industry 4.0 in the manufacturing sector: Circular economy as a societal solution. *Computers & Industrial Engineering*, 177, 109072.

Vu, O. T. K., Alonso, A. D., Solis, M. A. B., Goyzueta, S., Nguyen, T., McClelland, R., Tran, T. D., Nguyen, N., Huynh, H. T. N., & Atay, E. (2023). A dynamic capabilities approach of Industry 4.0: the experiences of managers operating in two emerging economies. *European Business Review*, 35(2), 137-160.

Yin, R. K. (2018). Case study research and applications. *Thousand Oaks, CA: Sage*, 6.

Zappellini, M. B., & Feuerschütte, S. G. (2015). O uso da triangulação na pesquisa científica brasileira em administração. *Administração: ensino e pesquisa*, 16(2), 241-273.

Zhang, H., Gu, C. L., Gu, L. W., & Zhang, Y. (2011). The evaluation of tourism destination competitiveness by TOPSIS & information entropy—A case in the Yangtze River Delta of China. *Tourism Management*, 32(2), 443-451.

Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., & Perona, M. (2021). The road towards industry 4.0: a comparative study of the state-of-the-art in the Italian manufacturing industry. *Benchmarking: An International Journal*, 30(1), 307-332.

APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTAS

Entrevista semi-estruturada sobre as oportunidades e desafios da implementação de Internet das Coisas (IoT) em um ambiente de produção, abordando diferentes perspectivas: operadores de máquinas, supervisores de produção, gestores financeiros, sócios das empresas e implementador de IoT.

Entrevista Semi-Estruturada

Objetivo: Pesquisar as oportunidades e desafios advindos da implementação de IoT no ambiente de produção sob as perspectivas dos operadores de máquinas, supervisores de produção, gestores financeiros, sócios das empresas e implementador de IoT.

Identificação do Entrevistado

Nome:

Cargo:

Tempo na empresa:

Experiência na função atual:

Entrevista com os Operadores de Máquinas

1. Você já tinha conhecimento sobre a Internet das Coisas (IoT) antes da implementação? Se sim, relate-nos sobre?
2. Você pode descrever como a implementação de IoT afetou seu trabalho diário?
3. Quais vantagens você percebeu com o uso da IoT nas máquinas que opera?
4. Quais desvantagens você percebeu com o uso da IoT nas máquinas que opera?
5. Você acha que o IoT ajudou a melhorar a eficiência do seu trabalho? Pode dar exemplos?
6. Você acha que o IoT ajudou a melhorar a segurança do seu trabalho? Pode dar exemplos?
7. Houve alguma dificuldade inicial na adaptação ao uso de IoT? Se sim, quais foram?
8. Que tipo de suporte ou treinamento você recebeu para se adaptar ao novo sistema?

9. A comunicação com os supervisores mudou com a implementação da IoT?
10. Você se sente mais ou menos conectado ao restante da equipe desde a implementação?
11. O que você gostaria de mudar ou melhorar na implementação atual de IoT?

Entrevista com os Supervisores de Produção

1. Você já tinha conhecimento sobre a Internet das Coisas (IoT) antes da implementação? Se sim, relate-nos sobre.
2. Como a implementação de IoT influenciou a gestão da produção?
3. Quais foram as principais mudanças observadas na produtividade e na eficiência da linha de produção?
4. Como a IoT facilitou o monitoramento das operações das máquinas?
5. Como a IoT facilitou o monitoramento da manutenção das máquinas?
6. Você percebeu melhorias na capacidade de prever falhas ou problemas de manutenção?
7. Quais desafios você encontrou ao integrar IoT na produção?
8. Como você superou esses desafios?
9. Como a implementação de IoT afetou a dinâmica da equipe de produção?
10. Que tipo de *feedback* você recebeu dos operadores sobre a implementação?
11. Quais áreas do sistema IoT você acha que ainda precisam de melhorias?
12. Quais são suas expectativas para a evolução da IoT no ambiente de produção?

Entrevista com os gestores financeiros

1. Você já tinha conhecimento sobre a Internet das Coisas (IoT) antes da implementação? Se sim, relate-nos sobre.
2. Quais foram os principais custos envolvidos na implementação da IoT?
3. Como os benefícios financeiros da IoT foram medidos e quais são os resultados até agora?
4. A implementação de IoT exigiu mudanças significativas no orçamento da empresa? Quais?

5. Como foram priorizados os investimentos em IoT em relação a outras necessidades da empresa?
6. Quais riscos financeiros foram considerados na implementação da IoT?
7. Que medidas foram tomadas para mitigar esses riscos?
8. A implementação de IoT resultou em economias operacionais? Em quais áreas?
9. Você pode compartilhar exemplos específicos de como a IoT ajudou a melhorar a eficiência financeira?
10. Quais são suas expectativas para a evolução da IoT na área financeira da empresa?

Entrevista com os Sócios

1. Você já tinha conhecimento sobre a Internet das Coisas (IoT) antes da implementação? Se sim, relate-nos sobre.
2. Como a implementação de IoT se alinha com a estratégia operacional da empresa?
3. Quais foram os principais objetivos ao implementar IoT no ambiente de produção?
4. Quais impactos operacionais mais significativos você observou desde a implementação da IoT?
5. Como a IoT influenciou a eficiência geral da produção?
6. Como a IoT influenciou a eficiência geral da competitividade da sua empresa?
7. Como foi decidido o orçamento para a implementação de IoT?
8. Já foi possível calcular o retorno sobre o investimento (ROI) da implementação de IoT?
9. Quais são os planos futuros para expandir o uso de IoT em outras áreas da produção ou da empresa?
10. Há novas tecnologias ou inovações sendo consideradas como próximos passos?

Entrevista com o Implementador de IoT

1. Pode descrever o processo de implementação de IoT na empresa?
2. Quais foram os principais desafios técnicos e organizacionais enfrentados?
3. Como foi a colaboração entre os diferentes departamentos durante a implementação?
4. Que estratégias foram usadas para integrar o IoT aos sistemas já existentes?
5. Quais foram os principais benefícios observados após a implementação?
6. Você pode fornecer exemplos de melhorias específicas em termos de produtividade ou qualidade?
7. Que tipo de suporte contínuo é fornecido para garantir o funcionamento adequado do sistema IoT?
8. Como você lida com atualizações e manutenção do sistema?
9. Quais *feedbacks* você recebeu dos operadores e supervisores após a implementação?
10. Quais são os próximos passos ou futuras implementações planejadas para aprimorar o sistema IoT nas empresas?

Agradecemos ao entrevistado pelo tempo e respostas.

Solicitamos que para qualquer comentário adicional ou pontos que o entrevistado considere relevantes sobre o impacto da IoT na produção, nos seja relatado, a fim de contribuir ainda mais com esta pesquisa.

Esse roteiro cobre diversas áreas importantes para entender as oportunidades e desafios da IoT no ambiente de produção, considerando as perspectivas de diferentes funções dentro da empresa.

APÊNDICE B – FORMULÁRIO

Para cada uma das seguintes afirmações, indique seu grau de concordância, em uma escala de 1 a 10, onde 1 significa "Discordo totalmente" e 10 "Concordo totalmente".

A implementação de *Internet das Coisas* (IoT) melhora a eficiência operacional.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A adoção de IoT proporciona uma vantagem competitiva para a empresa.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A IoT contribui para a sustentabilidade das operações industriais.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A tecnologia IoT permite uma melhor tomada de decisão baseada em dados.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A manutenção preditiva por meio de IoT melhora a confiabilidade dos equipamentos.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A IoT aumenta a flexibilidade das operações industriais.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A adoção de IoT facilita a personalização e customização de produtos.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A IoT melhora a confiabilidade dos dados utilizados nas operações.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A tecnologia IoT promove a inovação e o desenvolvimento de novos modelos de negócios.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A IoT contribui para o aumento da capacidade de produção.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A tecnologia IoT reduz os desperdícios de produção.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A IoT ajuda na redução de custos de produção.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A implementação de IoT resulta em melhor qualidade de produtos.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A IoT permite um controle eficiente de estoques.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A adoção de IoT contribui para o aumento da participação de mercado.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A IoT facilita a melhor gestão de recursos.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A implementação de IoT requer um alto investimento inicial.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

Existe incerteza sobre o retorno do investimento em IoT.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A segurança cibernética é um grande desafio na adoção de IoT.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

Há necessidade de infraestrutura robusta para implementar IoT.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

Existe resistência cultural à adoção de IoT nas indústrias.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

Há resistência por parte dos colaboradores à implementação de IoT.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A falta de conhecimento é uma barreira para a adoção de IoT.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A falta de qualificação profissional dificulta/impede a implementação de IoT.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A carência de habilidades gerenciais e multidisciplinares é um obstáculo para a adoção de IoT.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A implementação de IoT pode levar ao desemprego em alguns setores.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 []

Há a necessidade de novas contratações para lidar com IoT.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

A falta de incentivos governamentais dificulta a adoção de IoT.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []

Questões regulatórias e legais representam desafios para a implementação de IoT.

1 [] 2 [] 3 [] 4 [] 5 [] 6 [] 7 [] 8 [] 9 [] 10 []