

UNIVERSIDADE DO PLANALTO CATARINENSE – UNIPLAC

UNIVERSIDADE DO CONTESTADO – UNC

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS PRODUTIVOS - PPGSP

CLOVIS ANTUNES DE AVILA NETO

**DA INDÚSTRIA 4.0 À INDÚSTRIA 5.0: CARACTERÍSTICAS DAS *SOFT SKILLS* NO CONTEXTO
DA MANUFATURA INTELIGENTE**

LAGES/SC

2024

CLOVIS ANTUNES DE AVILA NETO

DA INDÚSTRIA 4.0 À INDÚSTRIA 5.0: CARACTERÍSTICAS DAS *SOFT SKILLS* NO CONTEXTO
DA MANUFATURA INTELIGENTE

Dissertação de Mestrado, vinculada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos – PPGSP em forma associativa entre UNIPLAC, UNC, UNESC e UNIVILLE, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas Produtivos.

Orientador: Prof Dr Jacir Favretto

Coorientadora: Prof(a) Dr(a) Mariane Bonatti

Chaves

LAGES/SC

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha Catalográfica

A958i

Avila Neto, Clovis Antunes de

Da indústria 4.0 à indústria 5.0 : caracterização das Soft Skills no contexto da manufatura inteligente / Clovis Antunes de Avila Neto ; orientador Jacir Favretto ; coorientador Mariane Bonatti Chaves. – 2024.

132 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Produtivos) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos em forma associativa entre a Universidade do Planalto Catarinense ; Universidade do Contestado ; Universidade do Extremo Sul Catarinense ; Universidade da Região de Joinville. Lages, SC, 2024.

1. Autonomia industrial. 2. Humanização dos processos industriais. 3. Habilidades comportamentais. 4. Planejamento. I. Favreto, Jacir (orientadora). II. Chaves, Mariane Bonatti (coorientador). III. Universidade do Planalto Catarinense. IV. Universidade do Contestado. V. Universidade do Extremo Sul Catarinense VI. Universidade da Região de Joinville. VII. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos. VIII. Título.

CDD 658.5

Catálogo na fonte – Biblioteca Central

FOLHA DE APROVAÇÃO
CLOVIS ANTUNES DE AVILA NETO

**DA INDÚSTRIA 4.0 À INDÚSTRIA 5.0: CARACTERÍSTICAS DAS *SOFT SKILLS* NO CONTEXTO
DA MANUFATURA INTELIGENTE**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos – PPGSP, Linha de Pesquisa 1 – Gestão e Conhecimento em Sistemas Produtivos, em forma associativa entre a Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC, a Universidade do Contestado – UNC, a Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC e a Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Sistemas Produtivos**.

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **JACIR FAVRETTO**
Data: 22/05/2024 16:38:18-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Jacir Favretto – UNC
Presidente da Banca / Orientador

Documento assinado digitalmente
 **JOSE ALFREDO FERREIRA COSTA**
Data: 23/05/2024 11:14:41-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. José Alfredo Ferreira Costa – UFRN
Membro externo da banca

Documento assinado digitalmente
 **MARCELO LEANDRO DE BORBA**
Data: 23/05/2024 10:12:35-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Marcelo Leandro de Borba – UNIVILLE
Membro interno da banca

Lages, SC, 11 de abril de 2024.

AGRADECIMENTOS

Aos professores e colegas, que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e tornaram possível a sua realização, em especial ao meu orientador Prof. Dr. Jacir Favretto e minha coorientadora Profa. Dra. Mariane Bonatti Chaves, que participaram diretamente da elaboração da dissertação e de todos os processos decorrentes de seu desenvolvimento.

Agradeço aos professores das demais disciplinas, que contribuíram cada qual com sua parte e foram fundamentais para que o fosse estruturado, assim como os professores presentes na banca de Seminários, que deram direcionamentos fundamentais com suas contribuições e permitiram que o trabalho ganhasse sua forma final.

Agradeço ainda familiares e amigos que prestaram apoio durante todo o período do desenvolvimento do trabalho e sempre estiveram próximos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos em forma associativa entre a Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC, a Universidade do Contestado – UNC, a Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC e a Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, que me oportunizaram a participação e aquisição de conhecimento no Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela contribuição e investimentos na formação de recursos de alto nível por meio da pesquisa científica e estímulo na consolidação da pós-graduação no País;

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC, Edital nº 003/2022.

RESUMO

AVILA NETO, Clovis Antunes. **Da Indústria 4.0 à Indústria 5.0: Características das *Soft Skills* no Contexto da Manufatura Inteligente** 2023, 132 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Produtivos). Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos – PPGSP em forma associativa entre a Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC, Universidade do Contestado – UNC, Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC e Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Lages, 2023.

A implantação de conceitos da indústria 4.0 e da indústria 5.0 em empresas é considerada um grande desafio, pois são conceitos novos e envolvem normalmente altos custos devido principalmente ao uso de tecnologias avançadas, entretanto, em alguns casos a não implementação pode comprometer estas empresas, correndo o risco destas se tornarem obsoletas. Assim sendo, o objetivo principal deste trabalho foi analisar as mudanças necessárias na força de trabalho para o processo de transição da indústria 4.0 para indústria 5.0 em empresas de grande porte da região de Lages. A metodologia utilizada consistiu em pesquisa com abordagem qualitativa, utilizando como instrumento entrevistas semiestruturadas direcionadas aos gestores e colaboradores das empresas selecionadas para este estudo. Como resultado, observa-se que as indústrias analisadas possuem tecnologias avançadas inseridas em seus processos, caracterizando diversos elementos da indústria 4.0, bem como preocupação com a inserção de pessoas nesses processos. Entretanto, mais especificamente com relação à transição para a indústria 5.0, notou-se carência de comunicação interna adequada, assim como ausência de um plano de ação adequado, contendo metas e objetivos bem definidos relacionados às pessoas envolvidas nos processos da empresa. Estes resultados demonstram a importância deste estudo, pois trata-se de um tema novo para a indústria brasileira, e em fase de implantação em muitas delas. Assim, conclui-se que é de fundamental importância a realização de um planejamento eficiente para que o processo de transição ocorra com sucesso, incluindo a participação de pessoas e, desta forma possa propiciar o desenvolvimento tecnológico destas empresas e, ainda, de uma forma mais ampla, favorecer a economia global.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Indústria 5.0; *Soft Skills*; Planejamento; Competências; Tecnologias; Pessoas.

ABSTRACT

AVILA NETO, Clovis Antunes. **From Industry 4.0 to Industry 5.0: Characteristics of *soft skills* in the context of smart manufacturing** 2023, 132 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Produtivos). Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos – PPGSP em forma associativa entre a Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC, Universidade do Contestado – UNC, Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC e Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Lages, 2023.

The implementation of Industry 4.0 and Industry 5.0 concepts in companies is considered a major challenge, as they are new concepts and usually involve high costs, mainly due to the use of advanced technologies. However, failing to implement them can jeopardize these companies and risk making them obsolete. Therefore, the main objective of this work was to analyze the changes needed in the workforce to transition from Industry 4.0 to Industry 5.0 in large companies located in the Lages/SC. The methodology used consisted of qualitative research, using semi-structured interviews with managers and employees of the companies selected for this study. As a result, it can be seen that the industries studied have embedded advanced technologies in their processes, characterizing various elements of Industry 4.0, as well as concern for the involvement of people in these processes. However, more specifically regarding the transition to Industry 5.0, there was a lack of adequate internal communication, as well as the absence of an adequate action plan, including well-defined goals and objectives related to the people involved in the company's processes. These results demonstrate the importance of this study. It is a topic that is still new to Brazilian industry and is in the process of being implemented in many of them. Therefore, we conclude that it is fundamental to carry out efficient planning for a successful transition process, including the participation of people, thus promoting the technological development of these companies and, in general, the global economy.

keywords: Industry 4.0; Industry 5.0; Soft Skills; Planning; Competencies; Technologies; People.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Alinhamento e união das áreas de conhecimento	17
Figura 2 – Linha do tempo das Revoluções Industriais	20
Figura 3 – Reflexos da indústria 4.0.....	24
Figura 4 – Componentes da indústria 4.0	25
Figura 5 – Barreiras internas e externas da indústria 4.0	35
Figura 6 – Barreiras para implementação da indústria 4.0.....	36
Figura 7 – Tecnologias capacitadoras	41
Figura 8 – Elementos-chave da indústria 5.0.....	45
Figura 9 – Elementos-chave da indústria 5.0.....	46
Figura 10 – Comparação entre indústria 4.0 e indústria 5.0.....	51
Figura 11 – Intersecção da indústria 5.0.....	53
Figura 12 – Síntese das atividades desenvolvidas na dissertação.....	59
Figura 13 – Método de coleta de dados.	60
Figura 14 – Critério de escolha de empresas.	62
Figura 15 – Procedimento para realização das atividades.....	63
Figura 16 – Métodos aplicados por objetivo específico.....	63
Figura 17 – Empresas participantes da pesquisa.	81
Figura 18 – Data de realização das entrevistas.	81
Figura 19 – Roteiro de entrevista para gestores.....	83
Figura 20 – Roteiro de entrevista para colaboradores.	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Artigos pesquisados sem processo de filtragem - Indústria 4.0.....	66
Tabela 2 – Primeira filtragem: trabalhos gratuitos - Indústria 4.0.....	67
Tabela 3 – Segunda filtragem: artigos revisados por pares - Indústria 4.0.....	68
Tabela 4 – Terceira filtragem: revisão por resumos - Indústria 4.0.....	69
Tabela 5 – Artigos utilizados no trabalho - Indústria 4.0	70
Tabela 6 – Artigos pesquisados sem processo de filtragem - Indústria 5.0.....	70
Tabela 7 – Primeira filtragem: trabalhos gratuitos - Indústria 5.0.....	71
Tabela 8 – Segunda filtragem: artigos revisados por pares - Indústria 5.0.....	72
Tabela 9 – Terceira filtragem: revisão por resumos - Indústria 5.0.....	74
Tabela 10 – Artigos utilizados no trabalho - Indústria 5.0	75
Tabela 11 – Origem geográfica dos artigos.....	76
Tabela 12 – Data de publicação dos artigos	77
Tabela 13 – Periódicos em que se encontram os artigos	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 PROBLEMA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo Geral.....	13
1.2.1 Objetivos Específicos.....	13
1.3 JUSTIFICATIVA.....	13
1.3.1 Inserção Social.....	15
1.4 CARACTERIZAÇÃO INTERDISCIPLINAR E ADERÊNCIA AO PROGRAMA.....	16
1.5 ESTRUTURA GERAL DO DOCUMENTO.....	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 INDÚSTRIA 4.0.....	19
2.1.1 Contexto histórico da indústria 4.0.....	19
2.1.2 Conceitos da indústria 4.0.....	22
2.1.3 Princípios da indústria 4.0.....	26
2.1.4 Pilares da indústria 4.0.....	27
2.1.5 Maturidade da indústria 4.0.....	31
2.1.6 Indústria 4.0 no Brasil.....	32
2.1.7 Benefícios da indústria 4.0.....	34
2.1.8 Caracterização das <i>Soft Skills</i> 4.0.....	37
2.2 INDÚSTRIA 5.0.....	39
2.3 DIFERENÇAS ENTRE INDÚSTRIA 4.0 E INDÚSTRIA 5.0.....	50
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	57
3.1 ABORDAGEM, OBJETIVOS, PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS DE PESQUISA.....	57
3.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	58
3.2.1 Descrição do local e população em estudo.....	58
3.2.2 Cálculo do tamanho da amostra e processo de amostragem	58
3.2.3 Etapas da pesquisa	58
3.3 PROCESSO DE COLETA DE DADOS.....	60
3.3.1 Aplicação da entrevista	61
3.3.2 Procedimentos éticos da pesquisa	62
3.3.2.1 Critérios de inclusão dos participantes.....	62
3.3.2.2 Critérios de exclusão dos participantes.....	62

3.3.2.3 Procedimentos de contato com os participantes da coleta de dados.....	63
3.3.2.4 Riscos e benefícios da pesquisa.....	63
3.4 PROCESSO DE ANÁLISE DE DADOS.....	64
3.4.1 Análise de conteúdo.....	65
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
4.1 ACHADOS CIENTÍFICOS.....	65
4.1.1 Bibliometria.....	65
4.1.2 Caracterização das empresas e dos entrevistados.....	81
4.1.3 Discussão por categorias de análise.....	82
4.1.3.1 Qualificação/Conhecimento/Treinamento.....	86
4.1.3.2 Tecnologia/Produtividade.....	90
4.1.3.3 Barreiras/Dificuldades.....	94
4.1.3.4 Melhorias.....	97
4.1.3.5 Indicadores.....	100
4.1.3.6 Financeiro/Custos.....	102
4.1.3.7 Sustentabilidade.....	104
4.1.3.8 Segurança.....	106
4.1.3.9 Competitividade.....	108
4.1.3.10 Estratégia/Plano de Ação.....	110
4.1.4 Discussão baseada em <i>Soft Skills</i>.....	111
4.2 APLICABILIDADE DO ESTUDO PARA SUA ÁREA DE CONHECIMENTO, SETOR/SEGMENTO OU REGIÃO.....	117
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
REFERÊNCIAS.....	122
APÊNDICES.....	126
ANEXOS.....	128

1 INTRODUÇÃO

A implantação de conceitos da indústria 4.0 e da indústria 5.0 é considerado um grande desafio, pois se tratam-se de dois conceitos novos para muitas empresas, assim como o alto custo de implementação decorrente do uso de tecnologias avançadas, que pode comprometer a viabilidade de sua implantação e, conseqüentemente, o desenvolvimento tecnológico destas empresas, que correm o risco de se tornarem obsoletas.

A indústria brasileira se encontra nos meandros da segunda e terceira revoluções industriais, o que requer avanços consideráveis para acompanhar as transformações digitais propostas pela Indústria 4.0 (Amorim et al., 2020).

Desta forma, a indústria brasileira necessita de atualização em muitos aspectos tecnológicos e estruturais para acompanhar essa revolução, o que torna necessário realizar um levantamento da situação contemporânea do Brasil perante o que se apresenta no cenário mundial e, assim, possibilitar investimento para efetivação da indústria 4.0 no país (Martins & Yamada, 2018).

As mudanças na relação homem-máquina são ilustradas por sucessivas revoluções industriais, ditadas pelas tecnologias disponíveis em cada época respectiva a cada revolução, bem como nos paradigmas de fabricação, de acordo com os avanços da tecnologia. (Orea-Giner et al., 2022).

A Indústria 5.0 visa fortalecer a interação entre máquinas cada vez mais poderosas e as habilidades produtivas dos seres humanos (Fatima et al., 2022). A quinta revolução industrial está restaurando a importância do aspecto humano na produção, e isso se soma aos desenvolvimentos no campo da tecnologia desenvolvidos na Indústria 4.0 (Orea-Giner et al., 2022).

A Indústria 5.0 é um conceito visionário que visa incluir os aspectos humanos, sociais e de sustentabilidade em meio ao escopo tecnológico atual e focado da Indústria 4.0 (Frederico, 2021).

Enquanto a Indústria 4.0 ainda está voltada principalmente em objetivos econômicos a serem alcançados por meio da transformação digital e automação de processos de trabalho monótonos, a Indústria 5.0 engloba além destes objetivos sociais e ecológicos, assim como a criação de valor holística, sustentável e centrada no ser humano. Assim, a complexidade da

digitalização está aumentando com a implementação da colaboração direta entre humanos e máquinas (Hein-Pensel et al., 2023).

Diante desse contexto, encontra-se a oportunidade de se estudar meios economicamente mais acessíveis, que reflitam a realidade dessas empresas, a fim de minimizar a resistência ao uso deste tipo de ferramenta, deixando de ser considerado algo utópico, mas acessível e viável para empresas em seus diversos portes e ramos de atividade.

Assim sendo, este trabalho tem como finalidade analisar a implantação e aplicação da indústria 4.0 e da indústria 5.0 nas maiores empresas do ramo industrial da cidade de Lages/SC, assim como estudar como ocorre a transição da indústria 4.0 para a 5.0 e quais mudanças ocorrem na força de trabalho, por meio de diagnóstico acerca do posicionamento destas empresas sobre transformações tecnológicas e, assim, permitir encontrar alternativas para a implementação de seus elementos e identificar quais elementos são aplicáveis dentro da realidade dos processos organizacionais das empresas estudadas.

1.1 PROBLEMA

Os estudos a respeito da indústria 4.0 são recentes e a sua aplicação nas organizações brasileiras de forma efetiva ainda é remota, haja vista que o Brasil ainda caminha no desenvolvimento da segunda e terceira revoluções industriais (Amorim et al., 2020).

A indústria 4.0 possui o potencial de gerar grandes mudanças no contexto industrial, no entanto, as empresas precisam se preparar para a adoção das tecnologias e sua transformação digital (Rodrigues, 2021).

Uma pesquisa da Confederação Nacional da Indústria (CNI) apresentada no ano de 2022 constatou que, entre as empresas industriais, 69% já utilizam pelo menos uma tecnologia digital em uma lista com 18 diferentes aplicações. Em 2016, quando essa pesquisa foi realizada pela primeira vez, 48% das empresas faziam uso de alguma tecnologia digital em uma lista com 10 tecnologias selecionadas (CNI, 2022).

De acordo com a CNI (2022), estão entre as tecnologias avaliadas: automação digital com sensores para controle de processo; automação digital sem sensores, uso de Controlador Lógico Programável (CLP) sem sensores; automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis; coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (big data) do processo produtivo; inspeção da qualidade automatizada ou avançada; sistemas integrados de manufatura, como comunicação M2M

(máquina-máquina); monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA; manufatura aditiva, robôs colaborativos (*cobots*); ferramentas digitais que aumentam as capacidades dos trabalhadores (*smart glasses, smart watches, etc.*); aplicações de Inteligência Artificial para soluções na fábrica; sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento e manufatura de produtos; prototipagem rápida, impressão 3D e similares; simulações/análise de modelos virtuais para projeto e comissionamento (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc.); simulação de processos e gêmeos digitais (*Digital Twins*); ferramentas digitais de relacionamento com o cliente (*chatbots, atendimento ao cliente interativo, etc.*); incorporação de serviços digitais nos produtos (Internet das Coisas ou *Product Service Systems*); coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (*big data*) sobre o mercado; monitoramento do uso dos produtos pelos consumidores; design assistido por inteligência artificial.

Entre as empresas industriais, 26% utilizam de 1 a 3 tipos de tecnologias e apenas 7% utilizam 10 ou mais. Mais da metade das empresas industriais não utiliza nenhuma tecnologia digital (31%). As empresas que utilizam 10 ou mais tecnologias digitais são apenas 7% (CNI, 2022).

Os conceitos da indústria 4.0 ainda são recentes e, junto deles, recentemente surge os conceitos da indústria 5.0, a qual potencializa os desafios de implantação das tecnologias da indústria 4.0 adicionando a presença do fator humano nas tecnologias.

A Indústria 5.0 apresenta-se como uma estratégia que coloca o fator humano no centro da produção, em que é priorizado o bem-estar do trabalhador, bem como sistemas de produção mais sustentáveis e resilientes. Assim sendo, é necessário capacitar os seres humanos e, respetivamente, os operadores industriais, para melhorarem suas aptidões e competências individuais em colaboração ou cooperação com o uso de tecnologias digitais (Alves et al., 2023).

Assim sendo, a questão norteadora desde trabalho foi: quais mudanças ocorrem na força de trabalho na transição da indústria 4.0 para a indústria 5.0? Assim, uma das etapas desta dissertação foi a realização de diagnóstico relacionado a este tema, a fim de conhecer e mensurar tal situação e, assim, obter fundamentação para estruturar e propor uma seleção de ferramentas e elementos que sejam viáveis para uso/implantação nas empresas estudadas, considerando suas realidades.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Descrever as competências necessárias às pessoas no processo de transição da indústria 4.0 para a indústria 5.0.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estudar as mudanças tecnológicas e organizacionais na transição da indústria 4.0 para indústria 5.0, na percepção de colaboradores e gestores;
- Descrever as práticas bem-sucedidas e dificuldades no processo de transição da indústria 4.0 para 5.0;
- Identificar as características das *soft skills* necessárias aos colaboradores para adequação aos conceitos das indústrias 4.0 e 5.0.

1.3 JUSTIFICATIVA

A implementação da indústria 4.0, de modo geral, é um desafio, devido ao alto custo de suas tecnologias avançadas, podendo comprometer a viabilidade de sua implantação. De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016), o alto custo necessário para implantação dessas tecnologias foi apontado como a principal barreira para sua utilização, fato ratificado na pesquisa realizada pela CNI em 2022, o alto custo de implantação é percebido como a maior barreira interna à empresa para a adoção de tecnologias digitais, com 66% de respostas como uma das três principais barreiras.

A falta de conhecimento e clareza sobre as possibilidades de retornos e vantagens no uso das tecnologias está entre as barreiras mais assinaladas, assim como a falta de trabalhador qualificado. Em seguida, têm-se a dificuldade para identificar tecnologias e parceiros; bem como o fato de clientes e fornecedores ainda não estarem preparados para este novo cenário (CNI, 2022).

Pode ser observado que o uso de conceitos da Indústria 4.0 em empresas se tornou um objetivo a ser alcançado estrategicamente por aquelas que pretendem permanecer no mercado e para as indústrias que desejam se tornarem competitivas. Além disso, as indústrias devem analisar o alto custo de investimento para a implementação de recursos voltados para a Indústria 4.0 (Basseto, 2019).

A pouca variedade de tecnologias digitais adotadas pelas empresas reforça a necessidade da expansão da adoção e integração das tecnologias para que os benefícios permitidos pela Indústria 4.0 e pela indústria 5.0 – um avanço da indústria 4.0 – sejam alcançados.

O tamanho da empresa influencia o seu nível de adoção das tecnologias digitais.

Quanto maior o porte, maior o uso de pelo menos uma tecnologia digital. Entre as grandes empresas, 86% usam pelo menos uma das 18 tecnologias conhecidas. Entre as médias, o percentual cai para 64% e, entre as pequenas, para 42%. O porte da empresa afeta o número de tecnologias adotadas. Quanto maior a empresa, maior esse número. O percentual de empresas que utilizam até 6 tecnologias entre as empresas de grande porte é cerca de uma 1,5 maior quando comparado com a utilização entre as de pequeno porte. A diferença aumenta para 15 vezes quando observada a utilização de 10 ou mais tecnologias (CNI, 2022).

As tecnologias digitais com foco em melhoria do processo produtivo continuam sendo as mais utilizadas. Porém, desde 2016, houve aumento do uso de tecnologias que permitem maior customização de produtos. Por exemplo, o uso de automação com sensores que permite linhas flexíveis de produção aumentou de 8%, em 2016, para 27% em 2021. No entanto, tecnologias mais complexas, como as que envolvem inteligência artificial, continuam sendo muito pouco utilizadas (CNI, 2022).

Dessa forma, surge a oportunidade de se estudar e encontrar meios que viabilizem a implantação destas tecnologias, que são de fundamental importância para as empresas e, ao mesmo tempo, se enquadrem na realidade dessas organizações. Assim como, a identificação de *soft skills* necessárias às pessoas para a utilização das tecnologias presentes na indústria 4.0 como meio de realizar a sua inserção nesses processos.

1.3.1 Inserção social

O desenvolvimento desta pesquisa tem seus resultados esperados atrelados à busca pelo desenvolvimento regional, que é o reflexo aguardado após a aplicação das atividades propostas neste trabalho, com objetivos de longo prazo para as empresas.

A curto e médio prazo, os resultados esperados focam em inovação de processos, desenvolvimento tecnológico das organizações, com vistas ao aumento de produtividade e otimização de recursos, dadas as proporções de cada empresa, na busca por melhoria contínua.

Desta forma, são pretendidos achados científicos que permitam enriquecer as fundamentações teóricas de futuras pesquisas que tenham foco de trabalho nas indústrias 4.0 e 5.0, assim como permear o trabalho dos modelos de maturidade, que podem ser adaptados a outros ramos de atividade e, assim, disseminar a pesquisa, em busca de inovação e desenvolvimento, bem como facilitar o processo de implantação dos conceitos e novas tecnologias nos processos das empresas.

1.4 CARACTERIZAÇÃO INTERDISCIPLINAR E ADERÊNCIA AO PROGRAMA

O conceito de interdisciplinaridade ganhou projeção nos últimos tempos, o que ratifica a busca por novos paradigmas que respondam às inquietações teóricas e práticas associadas às mutações que o saber e o agir enfrentam atualmente, um caso de necessidade em tempos de transformações aceleradas e há a necessidade de acompanhar novos conhecimentos e saberes (Lima et al., 2000).

A interdisciplinaridade pode integrar-se em outras áreas específicas, com o propósito de promover uma interação entre o aluno, professor e cotidiano. Atualmente, exige-se que o nível de atualização prevaleça em qualquer carga que vai exercer na área de ciências naturais (Lima et al., 2012).

Na interdisciplinaridade, há um envolvimento mais profundo dos participantes e gera consequências mais amplas, por meio da convergência de duas ou mais áreas do conhecimento, pertencentes ou não à mesma classe, que contribua para o avanço das fronteiras da ciência e tecnologia e transfira métodos de uma área para outra, gerando novos conhecimentos ou disciplinas (Phlippi Jr. & Fernandes, 2021).

A interdisciplinaridade pode ser classificada como o encontro de dois fatores separados pela razão: o conhecimento e o corpo ou o conhecimento e a realidade. Sendo assim, consiste no encontro de níveis de saberes diferentes produzidos em resposta a questões emergentes: o saber disciplinar responde às questões históricas enraizadas em instituições, em filosofias, em técnicas (Santos & Ristow, 2019).

O pressuposto fundamental da interdisciplinaridade se baseia no conhecimento disciplinar sólido, sem o qual não há como desenvolver novas tecnologias. Porém, mesmo os impactos de tecnologias resultantes de atuação disciplinar serão objeto de diversas disciplinas e potencialmente interdisciplinares, assim como o processo interdisciplinar pode influenciar os impactos já na origem do desenvolvimento (Phlippi Jr. & Fernandes, 2021).

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) publicou a tabela de áreas do conhecimento, organizada em quatro níveis, sendo: Grande área; Área de avaliação; Subárea; e Especialidade (CAPES, 2020b). O Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos (PPGSP), foi aprovado em 2020 na 198ª reunião do Conselho Técnico-Científico da Educação Superior (CTC-ES) da CAPES (UNIPLAC, 2021). O programa é resultado da associação entre quatro universidades comunitárias sendo elas a UNIPLAC, UNC, UNESC e UNIVILLE e está inserido na área de avaliação interdisciplinar, especialidade Engenharia/Tecnologia/Gestão (CAPES, 2020a).

O Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos (PPGSP) traz duas linhas de pesquisa, sendo elas:

- 1) **Gestão e Conhecimento em Sistemas Produtivos:** essa linha objetiva investigar os sistemas produtivos por meio de conhecimentos científicos e/ou tecnológicos em distintos contextos. Propõe atuar de forma interdisciplinar as temáticas: estratégia e aprendizagem organizacional, gestão do conhecimento, inovação e sustentabilidade; inteligência empresarial; gestão de processos e produção.
- 2) **Sistemas Produtivos e Sustentabilidade:** nessa linha, são estudados temas que promovam o desenvolvimento de produtos, processos ou serviços por meio de conhecimentos científicos e/ou tecnológicos, levando em consideração os aspectos econômicos, ambientais, sociais e os paradigmas da economia circular. Propõe atuar de forma interdisciplinar, com temas inovadores em Reaproveitamento e valorização de resíduos, desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, Tecnologias mais limpas e Otimização das cadeias produtivas.

Esta pesquisa tem aderência com a linha de pesquisa 1, que objetiva investigar os sistemas produtivos por meio de conhecimentos científicos e/ou tecnológicos em distintos contextos. Propõe atuar de forma interdisciplinar as temáticas: estratégia e aprendizagem organizacional, gestão do conhecimento, inovação e sustentabilidade; inteligência empresarial; gestão de processos e produção (PPGSP, 2021).

O tema de pesquisa se alinha com as seguintes áreas de conhecimento do CNPq:

- 3.00.00.00.9 – Engenharias;
- 3.00.00.08-5 – Engenharia de Produção;
- 3.05.04.00-7 – Projetos de máquinas (Engenharia mecânica);

- 6.00.00.00-7 – Ciências Sociais Aplicadas;
- 6.02.00.00-6 – Administração.

O alinhamento e união das áreas de conhecimento que caracterizam a interdisciplinaridade estão ilustrados na Figura 1.

Figura 1

Alinhamento e união das áreas de conhecimento



Fonte: o autor (2023)

O foco interdisciplinar da pesquisa se dá pela aplicação de novos conceitos para a indústria, de modo a serem aplicados em outras áreas de atividade, requerendo princípios de Engenharias e de Administração, de modo a trabalhar as novas tecnologias e avaliar a melhor forma de realizar a sua gestão e aplicação de acordo com a realidade das organizações estudadas.

1.5 ESTRUTURA GERAL DO DOCUMENTO

O primeiro capítulo contempla a introdução da dissertação, onde são descritos os elementos que foram estudados e pesquisados, da contextualização do problema de pesquisa e os objetivos geral e específicos, associados a justificativa e a descrição da caracterização interdisciplinar.

No segundo capítulo, é apresentado o referencial teórico, onde são discutidos os conceitos fundamentais referentes à indústria 4.0, contexto histórico, princípios e pilares, o contexto no mercado brasileiro; indústria 5.0; diferenças entre indústria 4.0 e 5.0; caracterização das *soft skills*, dentre outros.

No terceiro capítulo, é abordada a metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, isto é, especifica detalhadamente como o trabalho foi executado, o tipo de pesquisa e quais ferramentas foram utilizadas para viabilização do trabalho, incluindo *design* de pesquisa, plano de coleta e análise de dados, assim como procedimentos éticos considerados para o desenvolvimento da pesquisa.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da execução do trabalho, de acordo com metodologia descrita, incluindo achados científicos e propostas de melhorias nas organizações estudadas e seus impactos na sociedade.

Por fim, no quinto capítulo são apresentadas as considerações finais, apontando as conquistas, desafios, contribuições e impactos que o trabalho potencialmente trará para a sociedade e para o objeto de estudo, aliados a sugestões para o futuro, seguido das referências do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INDÚSTRIA 4.0

Neste tópico serão abordados os principais aspectos pertinentes à indústria 4.0, que serão abordados nas próximas seções.

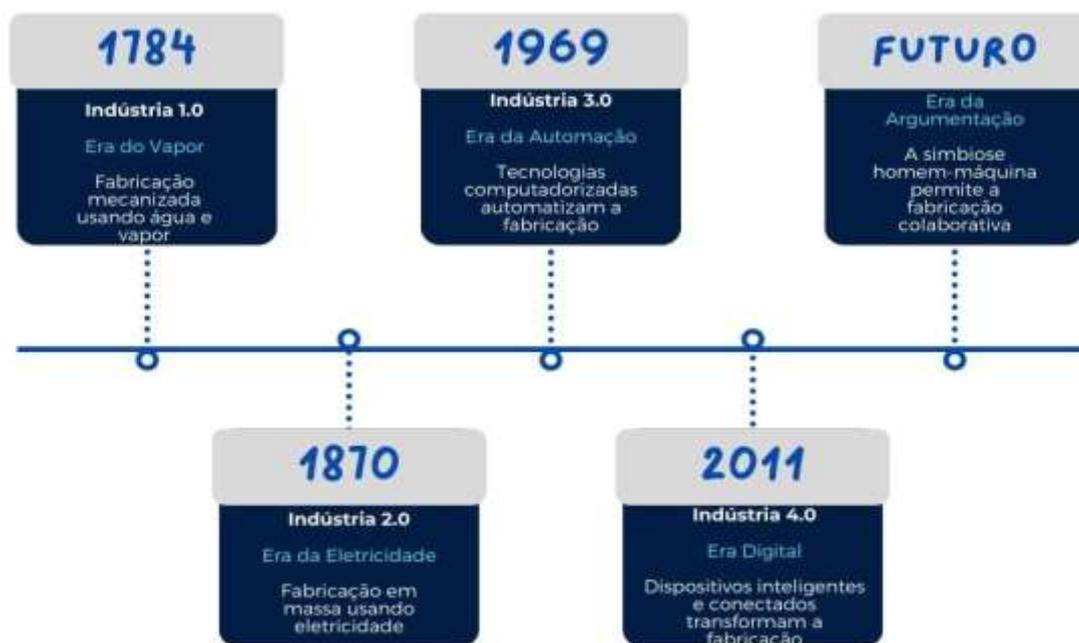
2.1.1 Contexto Histórico das Revoluções Industriais

As revoluções industriais, marcadas pela introdução de novas tecnologias nos sistemas produtivos e na economia, provocam transformações profundas qualitativamente (Lima & Gomes, 2020).

A Figura 2 sintetiza uma linha do tempo das revoluções industriais, segundo Longo et al. (2020).

Figura 2

Linha do tempo das revoluções industriais



Fonte: (Longo et al., 2020)

A Figura 2 sintetiza a evolução das revoluções industriais ao longo do tempo (Longo et al., 2020). Além disso, Sirtori (2019) relaciona essas revoluções com o aumento da complexidade tecnológica, descrevendo cada uma delas em detalhes.

Sirtori (2019) categoriza a 1ª Revolução Industrial como o período de mecanização, destacando a transição nos métodos de produção e o uso de novas fontes de energia. A 2ª Revolução Industrial, centrada na produção em massa, trouxe avanços em tecnologias, êxodo rural, transporte e comunicação. A 3ª Revolução Industrial, da informação e automação, envolveu ferramentas de troca de dados, evolução da internet e robótica. A 4ª Revolução Industrial, de conectividade, destaca inovações tecnológicas como CPS, Internet das Coisas e *Smart Factories*.

Essas revoluções, conforme mencionado anteriormente, evidenciam um aumento constante na complexidade de seus objetivos, contribuindo significativamente para o contexto de suas respectivas épocas (Sirtori, 2019). As três primeiras revoluções industriais, ao introduzirem produção em massa, eletricidade e tecnologia da informação, elevaram a renda dos trabalhadores (Rodrigues et al., 2018).

A Primeira Revolução Industrial, no final do século XVIII, trouxe a máquina a vapor, impulsionando a produção fabril. A Segunda Revolução Industrial, no século XIX, introduziu novas fontes de energia, produção em massa e avanços na comunicação. A Terceira Revolução Industrial, na década de 1970, foi marcada pelo avanço da tecnologia e informática, transformando métodos de produção artesanais em processos mecanizados (Ribeiro et al., 2020).

A segunda revolução industrial, iniciada no final do século XIX, introduziu a energia elétrica e a produção em massa, influenciando tecnologias atuais. A terceira revolução industrial, com ênfase em eletrônica e sistemas de informação, trouxe o sistema Just in Time e a manutenção preditiva (Rachman, 2017).

Nesse período, houve o uso de diferentes fontes de energia, avanços na informática, direitos trabalhistas e consciência ambiental. No Brasil, empresas ainda estão ingressando na Terceira Revolução Industrial (Franzini Filho & Spinelli, 2020).

A época foi marcada pelo uso da tecnologia, internet, energias renováveis e pelo advento do "Capitalismo Distribuído" (Rifkin, 2012). Essa fase viu avanços significativos em diversas áreas, como medicina, robótica, genética e biotecnologia (Santos, 2018).

Na segunda década do século XXI, diante da proliferação da tecnologia e da intensificação da concorrência global, surgiu a Indústria 4.0 (Bongomin et al., 2020). Essa quarta revolução industrial, originada em 2011 na Alemanha, destaca-se pela internet como plataforma central (Ribeiro et al., 2020).

A Indústria 4.0 promove avanços na internet, conectando ambientes digitais e físicos, impulsionando tecnologias como robótica avançada e inteligência artificial cognitiva (M. Rodrigues et al., 2018). Fábricas inteligentes, integradas pela internet, têm capacidade de programar manutenções, antecipar falhas e se adaptar a mudanças no processo produtivo (Martins & Yamada, 2018).

Essas transformações tecnológicas da Indústria 4.0 impactam diretamente o modo como os consumidores adquirem produtos e serviços, levando as indústrias a ajustarem seus processos para atender a novas demandas e exigências (Galera, 2020). A conectividade entre processos, facilitada por sensores inteligentes, é fundamental para o funcionamento da Indústria 4.0 (Alves & Souza, 2022).

Em resumo, as revoluções industriais foram processos longos e graduais, com objetivos de sobrevivência, resolução de problemas e preenchimento de lacunas econômicas, gerando riqueza e sustentabilidade ao longo do tempo (Sirtori, 2019).

2.1.2 Conceitos da Indústria 4.0

Com o crescente aumento da necessidade de conectividade ao redor do mundo, a comunicação clara entre sistemas diversos torna-se cada vez mais comum por intermédio do uso de ferramentas online. Essas ferramentas são amplamente empregadas tanto para fins pessoais quanto comerciais, e na indústria, onde desempenham um papel crucial em tornar os processos fabris mais ágeis, fáceis e confiáveis (Venâncio & Brezinski, 2017).

A ascensão da Indústria 4.0 reflete a interação entre sistemas e máquinas inteligentes, impulsionada por tecnologias habilitadoras nos âmbitos físico, digital e biológico. Seu impacto disruptivo, de alta velocidade, transforma negócios, hábitos de consumo e estilos de vida (Grames, 2020). Essa revolução traz inovações específicas aos sistemas produtivos, caracterizando-a como a Quarta Revolução Industrial (Lima & Gomes, 2020).

Para se manterem competitivas e alinhadas às tendências, as empresas precisam integrar profissionais engajados às tecnologias disponíveis. Isso exige constante atualização e

um método eficaz para o planejamento e controle das ações e resultados (Capa, 2019). A transformação nos meios de produção e nos modos de trabalho requer a conexão de máquinas e sistemas, com a transferência de dados, reforçando a necessidade de profissionais competentes em informação diante da produção massiva de dados e informações da Indústria 4.0 (Ottonicar & Valentim, 2019).

Embora os estudos sobre a Indústria 4.0 sejam recentes e ainda careçam de atenção em pesquisas, especialmente no Brasil, a implementação dessas novas tecnologias, como automação, inteligência artificial e internet das coisas, está moldando todo o sistema econômico. Essas inovações não se limitam à produção e distribuição, estendendo-se por toda a cadeia de valor, desde o desenvolvimento do produto até o pós-venda (Ribeiro et al., 2020).

A indústria 4.0 não apenas integra negócios globalmente, transformando dados em informação e inteligência (Paiva, 2022), mas impacta significativamente a geração de empregos manufatureiros e remodela estruturas produtivas (Lucena et al., 2020). Ao implementar fábricas inteligentes, onde sistemas produtivos são autônomos e versáteis, a Indústria 4.0 se apoia em conceitos como a Internet das Coisas (IoT) para criar sistemas ciberfísicos que processam uma enorme quantidade de dados (Coda, 2021).

Para uma implantação efetiva da Indústria 4.0, é crucial compreendê-la além da dimensão tecnológica. Abordagens que incluem elementos de economia política e geopolítica são essenciais (Lucena et al., 2020). Apesar de sua disseminação restrita no Brasil, a Indústria 4.0 é vista como uma possível alavanca para a competitividade nacional (Oliveira & Simões, 2017).

O conceito da Indústria 4.0 descreve um novo paradigma industrial que engloba futuros desenvolvimentos relacionados às tecnologias de habilitação. Sua adoção é fundamental para o novo processo de manufatura, promovendo a informatização da indústria e baseando-se em inovações tecnológicas. Essa revolução impulsiona a conectividade da automação, controle e tecnologia da informação, criando fábricas inteligentes com processos produtivos totalmente digitalizados e conectados em rede, promovendo a produção autônoma e inteligente (Oliveira & Simões, 2017; Rodrigues, 2021).

De acordo com Schwab (2016), a Quarta Revolução Industrial causará diversos reflexos, elencados na Figura 3.

Figura 3

Reflexos da indústria 4.0

Setor	Reflexo
Economia	Crescimento, emprego e natureza do trabalho.
Negócios	Expectativas dos consumidores, produtos inteligentes, inovação colaborativa e novos modelos operacionais.
Cenário nacional e global	Estrutura e relações de governos, países, regiões e cidades e segurança internacional.
Sociedade	Desigualdade e comunidade.
Indivíduo	Identidade, moralidade e ética, conexão humana e gerenciamento de informações públicas e privadas.

Fonte: Schwab (2016)

As consequências da indústria 4.0 apresentadas ocorrem a partir do momento em que as tecnologias sejam aplicadas de forma mais globalizada e não tão limitada. Vale ressaltar a importância da mão de obra qualificada, que viabiliza a geração de empregos e o consequente desenvolvimento econômico, o que possibilitará a coleta e análise de dados em máquinas, permitindo processos mais rápidos, mais flexíveis e mais eficientes para produzir bens de alta qualidade a custos reduzidos. Isso, por sua vez, aumentará a produtividade da manufatura, economia em termos de turnos de trabalho, fomentará o crescimento industrial e modificará o perfil da força de trabalho - em última instância, alterando a competitividade de empresas e regiões (Schneider, 2018).

Para que ocorram os processos de competitividade pertinentes à aplicação das novas tecnologias e elas ocorram de forma efetiva, é necessário compreender os componentes da indústria 4.0, ilustrados na Figura 4.

Figura 4

Componentes da indústria 4.0



Fonte: Schmidt (2019)

A Figura 4 demonstra o quanto a indústria 4.0 vai afetar toda a gestão *Lean*, suas tendências correspondentes têm um impacto positivo, porém longe de terminar com o movimento *Lean*. Presume-se que o efeito de uma nova revolução industrial no desenvolvimento da economia seria enorme, já que a Indústria 4.0 contribuirá com um aumento significativo na eficiência operacional, bem como o surgimento ou renascimento de tecnologias, modelos de negócios, produtos e serviços (Schmidt, 2019).

A Indústria 4.0 pode ser entendida mais como uma visão do que uma definição, no entanto, pode-se defini-la como uma tendência rumo à automação e a troca de dados ou informações. Fundamenta-se na *Smart Factory*, nos sistemas ciber-físicos (*Cyber-physical Systems*) e na *Internet of Things* (IoT), porém, vai muito além dessas tecnologias, pois o volume de dados em trânsito cresce, graças ao aperfeiçoamento dos computadores, do

aprimoramento da conectividade, das novas redes e do RFID. Logo, a Indústria 4.0 é o resultado dos avanços tecnológicos e os benefícios das aplicações práticas destes permitirão que a customização em massa seja cada vez mais real e ao alcance de todos (Pilgrim, 2015).

As tecnologias propiciam autonomia humana porque muitas coisas são realizadas pelas máquinas, o homem pode priorizar suas atividades e pensar em novos meios de operar. Por esse motivo as competências são desenvolvidas e aperfeiçoadas para cada integrante da equipe, pensando no todo e estrategicamente. Na Indústria 4.0 o líder deve reconhecer e discernir quando liderar e quando delegar (Crawford; Dalton, 2016).

Impactado pela Indústria 4.0, o mercado de trabalho passa por mudanças. As *Soft Skills* são classificadas como habilidades importantes no ambiente de trabalho moderno, pois podem auxiliar no atendimento às demandas apresentadas pela expansão tecnológica, pela mudança organizacional estrutural, pela integração de negócios geograficamente dispersos em redes de produção globais, além da necessidade de acompanhar os avanços tecnológicos e responder aos novos desenvolvimentos do mercado (Penhaki, 2019).

2.1.3 Princípios da Indústria 4.0

São os princípios da indústria 4.0: capacidade de operação em tempo real, virtualização, descentralização, orientação a serviços, modularidade e interoperabilidade (Aires et al., 2017).

Interoperabilidade refere-se à capacidade de sistemas de informação trabalharem de forma conjunta (interoperarem), trocando informações e as usando para realizar ações específicas. Apesar de tratarem-se de sistemas heterogêneos, que realizam funções diferentes, a troca de dados deve ocorrer de forma íntegra e segura. Estes sistemas podem pertencer a uma mesma organização, ou a múltiplas organizações, o que torna a padronização de trocas de dados fundamental para o sucesso da comunicação (Santos, 2018). É a capacidade de um sistema se comunicar de forma clara com outro sistema, sendo eles semelhantes ou não (Venâncio & Brezinski, 2017). Capacidade do CPS, de pessoas e de todos os outros componentes das fábricas inteligentes de se comunicarem usando redes dedicadas (Kaczmarczyk, 2018).

Capacidade de operação em tempo real visa capturar e processar os dados instantaneamente, o que torna a tomada de decisão mais ágil (Almeida, 2019).

Virtualização consiste na realização de simulações e da existência de cópias digitais das fábricas (Almeida, 2019). Substituição de protótipos físicos por designs, meios e processos de produção virtuais, dentro de um único procedimento integrado, envolvendo o fabricante e o fornecedor (Kaczmarczyk, 2018).

Descentralização ocorre por meio da utilização de sistemas ciberfísicos para a tomada de decisão em tempo real, sempre com base nas necessidades produtivas (Almeida, 2019). Sistemas que recebem e confirmam pedidos, com a possibilidade de otimizar processos, até a alocação de recursos (Kaczmarczyk, 2018).

Modularidade consiste no uso de módulos na produção que facilitam a alternância de tarefas entre as máquinas (Almeida, 2019).

Orientação para serviços busca o alinhamento entre o conceito de *Internet of Services* e arquitetura de *softwares*, orientados a serviços. Conexão de humanos e máquinas para a realização de determinadas tarefas. Esses serviços podem ser, por exemplo, a movimentação de um determinado produto de uma localização a outra de forma automatizada, com robôs fazendo a coleta de produtos (Almeida, 2019). Desenvolvimento de softwares customizados direcionados aos serviços da indústria 4.0, utilizando a internet dos serviços, que integra usuários e máquinas com programas adaptáveis a cada necessidade, com maior flexibilidade e usabilidade das soluções integradas (Kaczmarczyk, 2018). Softwares orientados a disponibilizarem soluções como serviços, conectados com toda a indústria (Vello e Volante (2019).

A descrição dos princípios da indústria 4.0 permite identificar seus principais conceitos e associá-los aos pilares, o que permite visualizar que seus conceitos estão interligados.

2.1.4 Pilares da Indústria 4.0

As premissas fundamentais da Indústria 4.0 estão basicamente ligadas ao contínuo melhoria de processos como produtividade, eficiência, segurança, flexibilidade, qualidade de produtos e processos, redução de custos e retorno sobre o capital investido (Rachman, 2018).

A velocidade e o impacto é tal que se fala numa nova revolução industrial, a quarta, a indústria 4.0. Essa transformação é impulsionada por tecnologias facilitadoras, os pilares tecnológicos da indústria 4.0. Tecnologias como manufatura aditiva, realidade aumentada, big data, robótica colaborativa ou autônoma, integração vertical e horizontal, internet das

coisas, segurança digital, computação na nuvem e sistemas ciber físicos, compõem os pilares tecnológicos da indústria 4.0 (Schneider, 2018).

Big Data gera grande quantidade de dados, que podem ser obtidos de diversas fontes e são coletados pelos softwares avançados, e auxiliam na tomada de decisão em tempo real (Pereira & Simonetto, 2018; Teixeira et al, 2019; Franzini Filho & Spinelli, 2020; Carvalho & Ferreira, 2022; Martins & Yamada, 2018; Silveira, 2017; Vello & Volante, 2019; Gobo Junior, 2020). Esses dados são essenciais para a personalização de um pedido (Teixeira et al, 2019), por meio da concepção de uma estrutura racional (Franzini Filho & Spinelli, 2019), em busca da redução de desperdícios, economia de energias e melhora de performance, eficiência e otimização de recursos (Carvalho & Ferreira, 2022; Bittencourt et al, 2021; Raiser & Oliveira, 2020).

Robôs autônomos são equipamentos controlados de forma cada vez mais autônoma (Pereira & Simonetto, 2018; Teixeira et al (2019); Franzini Filho & Spinelli (2020); Carvalho & Ferreira (2022); Martins & Yamada (2018); Rubmann (2015). Podem trabalhar com menor intervenção humana de forma segura (Pereira & Simonetto, 2018; Franzini Filho & Spinelli, 2018); Martins & Yamada (2018); Rubmann (2015); Druczkoski (2020); Bittencourt et al (2021). Dessa forma, busca-se a redução de custos, o aumento de capacidade e a otimização dos processos (Pereira & Simonetto, 2018; Franzini Filho & Spinelli, 2020).

Simulação utiliza informações obtidas em tempo real, com otimização de parâmetros feita a partir de testes de otimização com modelos virtuais (Pereira & Simonetto, 2019). Para isso, é necessário criar o gêmeo digital utilizando softwares voltados para o cenário recriado e aplicar a uma linha de produção (Carvalho & Ferreira, 2022). Os processos são recriados em um ambiente virtual antes de se transformarem em realidade, se tornando possível otimizar o uso de recursos, diminuir o desperdício, desenvolver processos de fabricação mais eficientes e redução de custos (Martins & Yamada, 2019; Bittencourt et al, 2021). Reduz o tempo com falhas e o tempo de projeto (Bittencourt et al, 2021).

Integração de sistemas horizontal e verticalmente traz sistemas mais integrados, em diferentes atividades e até mesmo em redes intercompanhias e/ou diferentes unidades de uma mesma corporação, em qualquer lugar (Pereira & Simonetto, 2018; Teixeira et al, 2019; Franzini Filho & Spinelli, 2020), cuja função é estabelecer a comunicação entre máquinas (Vello & Volante, 2019). Possibilita maior automação e agilidade no processamento de dados (Pereira & Simonetto, 2018). Aumenta a eficiência da gestão da empresa, em diversos

aspectos, como financeira, comercial, produtiva, controle de energia, fluxo de informações em tempo real e maior acessibilidade de informações (Teixeira et al, 2019; Gobo Junior, 2020; Franzini Filho & Spinelli, 2020; Martins & Yamada, 2018; Oliveira & Simões, 2017).

Internet das Coisas Industrial conecta equipamentos diversos com processamento embarcado, auxiliando a obtenção de respostas em tempo real, executando de forma coordenada uma determinada ação, por meio da conexão com a internet (Pereira & Simonetto, 2018; Teixeira et al, 2019; Gobo Junior, 2020; Franzini Filho & Spinelli, 2019; Carvalho & Ferreira, 2022; Martins & Yamada, 2018; Druczkoski, 2020; Bittencourt et al, 2021). Auxilia a obtenção de respostas em tempo real, garantindo a coleta e a troca de dados e informações, com acompanhamento dos processos de maneira mais aprofundada (Pereira & Simonetto, 2018; Gobo Junior, 2020; Carvalho & Ferreira, 2022). Avalia o desempenho de cada etapa do processo em tempo real (Carvalho & Ferreira, 2022) e flexibiliza o acesso e controle em todo o processo produtivo (Bittencourt et al, 2021). Cria uma rede inteligente entre equipamentos, sistemas e indivíduos em toda a empresa, pelo ciclo de vida inteiro do produto (Sanches et al 2018).

Segurança cibernética a maior conectividade demanda maiores proteções contra ataques cibernéticos e impulsiona a construção de novas tecnologias para este fim (Pereira & Simonetto, 2018; Gobo Junior, 2020; Franzini Filho & Spinelli, 2019; Martins & Yamada, 2018; Rubmann, 2015; Druczkoski, 2020; Bittencourt et al, 2021), afinal, é responsabilidade da empresa manter a integridade e a confiabilidade dos dados e informações armazenados (Gobo Junior, 2020), sendo esse esquema de segurança diretamente ligado à confiabilidade e integridade dos dados (Basseto, 2019), de modo a evitar que os mesmos sejam comprometidos, assim como os processos da empresa (Silveira, 2017).

Nuvem é Infraestrutura compartilhada e acessada pela internet, a partir de diversos dispositivos (Teixeira et al, 2019), sendo plataformas colaborativas de informação difundida e de fácil acesso (Druczkoski, 2020), denominado assim por não se saber onde os dados armazenados e processados estão localizados (Franzini Filho & Spinelli, 2020). O cliente pode acessar a plataforma de qualquer lugar, com acesso remoto e em tempo real à informação, além de poder gerenciar todas as etapas do processo (Gobo Junior, 2020; Carvalho & Ferreira, 2022; Bittencourt et al, 2021; Vello & Volante, 2019). Contribui para ganhos em performance das tecnologias envolvidas, com aumento no desempenho, na otimização e na capacidade e velocidade de processamento de dados, com maior virtualização, o que garante mobilidade

e segurança (Pereira & Simonetto, 2018; Carvalho & Ferreira, 2022), assim como melhor fluxo de demanda, otimização de custos e operação dinâmica e ágil (Sanches et al, 2018).

Manufatura aditiva ou impressão 3D é a adição de material para fabricar objetos, formados por várias peças, constituindo uma montagem (Teixeira et al, 2019) e é definida como um grupo de tecnologias que utiliza uma abordagem camada por camada para criar objetos com forma livre, da base ao topo (Gobo Junior, 2020). Possibilitará a construção de produtos customizados, de forma descentralizada, reduzindo despesas com estoque, a partir do uso de tecnologias como as impressoras 3D (Pereira & Simonetto, 2018). Trata-se da adição de camadas de materiais diversos para se obter as formas desejadas. Essa tecnologia entrega praticidade e velocidade na fabricação de peças já onde serão colocadas em uso (Franzini Filho & Spinelli, 2020). Na indústria 4.0, ela é utilizada em grande escala para a produção de menores lotes de peças personalizadas, diminuindo altos custos de personalização e fabricação (Carvalho & Ferreira, 2022). Ela é usada, por exemplo, para facilitar a construção de protótipos, agilizar a realização de modificações e permitir a criação de produtos personalizados (Martins & Yamada, 2018). Sistemas de fabricação aditivos e descentralizados de alto desempenho reduzirão as distâncias de transporte e o estoque (Rubmann, 2015).

Realidade aumentada é definida como um sistema que demonstra três características fundamentais, quais sejam: permitir a combinação do real com o virtual; permitir interatividade em tempo real; permitir o ajuste dos objetos virtuais em um ambiente tridimensional (3D) (Gobo Junior, 2020). Auxilia a tomada de decisão e o desenvolvimento de procedimentos (Pereira & Simonetto, 2018; Rubmann, 2015) e permite a interação do mundo real com o virtual e seus elementos, ampliando a percepção e a extração de informações do ambiente estudado (Franzini Filho & Spinelli, 2019), assim como amplia a interação entre homem e máquina (Druczkoski, 2020). Permite a operação remota de máquinas e a orientação da manutenção e segurança do ambiente fabril (Carvalho & Ferreira, 2022) e auxilia no desenvolvimento sustentável (Bittencourt et al, 2021).

Sistemas Ciber-Físicos (CPS) sintetizam a fusão entre o mundo físico e digital. Dentro desse conceito, todo o objeto físico (seja uma máquina ou uma linha de produção) e os processos físicos que ocorrem, em função desse objeto, são digitalizados. Ou seja, todos os objetos e processos na fábrica tem um irmão gêmeo digital (Teixeira et al 2019). Seu funcionamento permeia a alta capacidade de processamento de dados recebidos por

sensores e, conseqüentemente, transmissão dos dados em forma de comando para os atuadores. (Carvalho & Ferreira, 2022).

A Indústria 4.0 tem uma forte relação com inovação, uma vez que melhora processos, produtos e serviços, escalando a competitividade do setor a um nível que deixará de ser apenas um diferencial, para algo essencial, sendo um fator determinante na sobrevivência da indústria no mercado (Lima & Pinto, 2019).

2.1.5 Maturidade da Indústria 4.0

A transformação e a velocidade das mudanças constantes com o advento da revolução industrial 4.0 ocasionam tensão na indústria e na sociedade, fortemente impactadas pelas novas tecnologias e mudanças no mercado de trabalho. O grau de competição entre empresas, a relação entre governos e empresas, e até mesmo o modo de vida de toda a sociedade ocorre de forma cada vez mais veloz (Souza et al., 2020).

O modelo da Indústria 4.0 será integrado aos poucos na economia brasileira e que embora hoje existem muitos desafios, como por exemplo a própria estrutura econômica brasileira, o pouco conhecimento sobre as tecnologias digitais e a estrutura das empresas na questão de investimentos, os resultados esperados são absolutamente positivos e atrativos no que tange ao aumento de produtividade, redução de custos, desenvolvimento de novos produtos e mercados e muito mais atraentes quando se transporta estes valores para a economia do país (Ribeiro et al., 2020).

Um dos gaps no estudo da Indústria 4.0 no Brasil é a ausência de evidências empíricas sobre os impactos que as tecnologias decorrentes desse novo paradigma podem contribuir para o desempenho operacional das empresas. Diante dessa nova tendência, faz-se necessário analisar seus impactos nas empresas, de forma empírica, ao relacionar os construtos teóricos desenvolvidos e a realidade das empresas (Colenci Neto et al., 2020).

Antes de engajarem-se em projetos ou atividades de transformação, as empresas de manufatura precisam reconhecer o estado atual de aderência aos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0, por intermédio de uma análise sistemática e estratégica, que envolva não somente o desempenho da empresa em si, mas de todas as partes envolvidas no negócio, tais como fornecedores, clientes e investidores (Santos, 2018).

Um sistema para avaliação do atual nível de maturidade tecnológica dessas indústrias, em diferentes dimensões de análise, é importante para direcionar esforços organizacionais e

responsáveis pelas necessárias mudanças. (Venâncio & Brezinski, 2017) Ele pode ser utilizado para medir o estado atual (diagnóstico inicial e avaliações de monitoramento), e para planejar o estado futuro desejado (objetivo) (Santos, 2018).

Modelos de avaliação da maturidade são aplicados nos mais variados processos industriais, tendo a finalidade de avaliar se as organizações têm ou não maturidade para a implementação de novas tecnologias (Gressler et al., 2020).

Um modelo de maturidade pode ser definido como uma estrutura conceitual, constituído por partes que definem a maturidade, ou estado de desenvolvimento, de uma determinada área de interesse, e em alguns casos identifica e descreve processos que uma organização precisa desenvolver para atingir um determinado cenário futuro desejado. Modelos de maturidade são usados normalmente como instrumentos para conceituar e medir o nível de maturidade de uma empresa, ou de um processo relacionado a um estado ou objetivo futuro. São baseados nas premissas de que as pessoas, as organizações, áreas funcionais, e os processos, evoluem por intermédio de um processo de desenvolvimento, ou de crescimento, na direção de uma maturidade mais avançada de um determinado número de níveis (Santos, 2018).

2.1.6 Indústria 4.0 no Brasil

A indústria brasileira se encontra nos meandros da segunda e terceira revoluções industriais, exigindo avanços proeminentes para acompanhar as transformações digitais propostas pela Indústria 4.0 (Amorim et al., 2020) e ainda necessita de atualização de muitos avanços tecnológicos e estruturais para acompanhar essa nova revolução, sendo necessário realizar um levantamento da situação contemporânea do Brasil perante o mundo o investimento da efetivação da indústria 4.0 no país deve ser realizado (Martins & Yamada, 2018).

A inclusão de novas tecnologias como estratégia para o desenvolvimento das indústrias brasileiras é essencial para garantir a competitividade e aumentar a participação do Brasil no mercado mundial, entretanto, o país ainda se encontra em atraso tecnológico em relação a outros países e mediante a indústria 4.0, afinal, em muitos casos, as indústrias locais se encontram até mesmo no patamar da indústria 2.0 (Martins & Yamada, 2018).

Com a implantação e efetivação da indústria 4.0 no Brasil, será possível competir com as grandes potências mundiais, devido a esse conjunto de tecnologias e suas vantagens (Martins & Yamada, 2018).

A caráter mundial, em termos de tecnologia, inovação, automatização de processos e qualidade nos serviços, a indústria brasileira ainda encontra muitos atrasos, estando em um patamar aquém do esperado para alcançar o patamar da Indústria 4.0, sendo ainda necessários bons projetos de inovação tecnológica que permitam maior produtividade a menor custo (Martins & Yamada, 2018).

Desta forma, investir em pesquisa e desenvolvimento é o caminho para alcançar o patamar da Indústria 4.0. Os investimentos são necessários, porém, é preciso um estudo, um planejamento a longo prazo, com metas reais e ações incisivas sobre os problemas e oportunidades de melhorias (Martins & Yamada, 2018).

Esses conceitos mostram que, no atual contexto econômico as organizações necessitam definir e estabelecer estratégias para sobreviver no mercado em que atuam. Isso ocorre especialmente no contexto da indústria 4.0, a qual tem se tornado cenário para uma significativa produção de informação (Ottonicar, 2020).

A indústria 4.0 é uma indústria inteligente, que faz produtos inteligentes, que usa equipamentos inteligentes e necessita de uma cadeia de abastecimento inteligente. Infelizmente, o desempenho do Brasil na transposição do conhecimento teórico para o desenvolvimento prático deixa a desejar o que nos faz reféns da importação de tecnologias (E. Alves & Souza, 2022).

Considerando a adoção de certas tecnologias, é preciso levar em consideração o feedback dessa tecnologia e as consequências de seus usos. Devido às suas diferentes possibilidades de interpretação e usos, isto é, sua dinamicidade (Medeiros et al., 2020).

O desenvolvimento da Indústria 4.0, principalmente no Brasil, envolve desafios diversos, que vão desde investimentos em equipamentos que incorporem essas tecnologias, passando pela adaptação dos layouts das plataformas de informática, de processos e das formas de relacionamento entre as empresas chegando à necessidade de criação de especialidades, desenvolvimento de novas competências e segurança da informação – esse último como um dos aspectos mais importantes (Martin, 2017).

2.1.7 Benefícios e Barreiras da Indústria 4.0

Os benefícios trazidos são inúmeros, dentre eles a flexibilidade dos processos, permitindo assim a produção de produtos customizados, redução de custos, aumento de eficiência, novas opções de negócio e de profissões, ganho de produtividade e controle do processo produtivo (Ribeiro et al., 2020).

O estudo demonstra que não só é importante as organizações implementarem o pacote da Indústria 4.0, mas sim se preocuparem em digitalizar, captarem os dados, organizá-los e extrair valor deles em pequenos processos e rapidamente transportá-los para uma escala maior. Paulatinamente, essas pequenas ações, que geram investimentos menores, trarão ganhos significativos e encorparão os processos que automaticamente já estarão inseridos na manufatura avançada (Ribeiro et al., 2020).

Sendo assim, a indústria 4.0 provavelmente intensificará a interação entre diferentes artefatos tecnológicos e usuários. Esse crescimento na complexidade resultará em um aumento na relevância das características dos usuários para a tecnologia na prática. As experiências, conhecimentos, significados, relações de poder, hábitos, normas, entre outros elementos, serão centrais para que o uso da tecnologia na prática atinja os objetivos estratégicos. Essa perspectiva vem da lente prática da estratégia, devido ao foco no que as pessoas realmente fazem com as tecnologias em suas atividades (Medeiros et al., 2020).

Outra tendência que deve se fortalecer, à medida que a Indústria 4.0 firma-se na rotina industrial, é o aumento do tempo de vida útil dos ativos por meio de uma manutenção preditiva mais eficiente, assim como maior produtividade dos fabricantes de celulose e papel em virtude de um maior sensoriamento (virtual e real) conectado a controles mais robustos (Martin, 2017).

O uso de ferramentas da indústria 4.0 para solução de problemas recorrentes do setor industrial, pode ser considerada fundamental, diante dos atuais paradigmas encontrados no segmento como por exemplo a necessidade de aceleração e customização na entrega dos produtos, além da conscientização quanto a exploração de recursos e o descarte de resíduos, que na realidade contemporânea podem ser favorecidos com soluções da indústria 4.0 (Bittencourt et al., 2021).

A revolução proposta pelo advento da Indústria 4.0 é muito mais complexa e dinâmica do que as três anteriores. Para se beneficiar da evolução da Indústria 4.0 é fundamental se conectar e usar dados de forma correta e contínua para embasar tomadas de decisão, seja

para fazer um diagnóstico de máquina, direcionar a produção e buscar a otimização de custos ou, ainda, de toda a cadeia de valor (Martin, 2017).

Segundo (Bittencourt et al., 2021), os principais benefícios da indústria 4.0 são: redução de custos, economia de energia, aumento da segurança, conservação ambiental, redução de erros, fim do desperdício, transparência nos negócios, aumento da qualidade de vida, customização em escala sem precedentes.

Segundo Grames (2020), o CNI realizou uma pesquisa em 2016 referente à indústria 4.0, onde foram levantadas barreiras internas e externas, conforme descrito na Figura 5.

Figura 5

Barreiras internas e externas da indústria 4.0

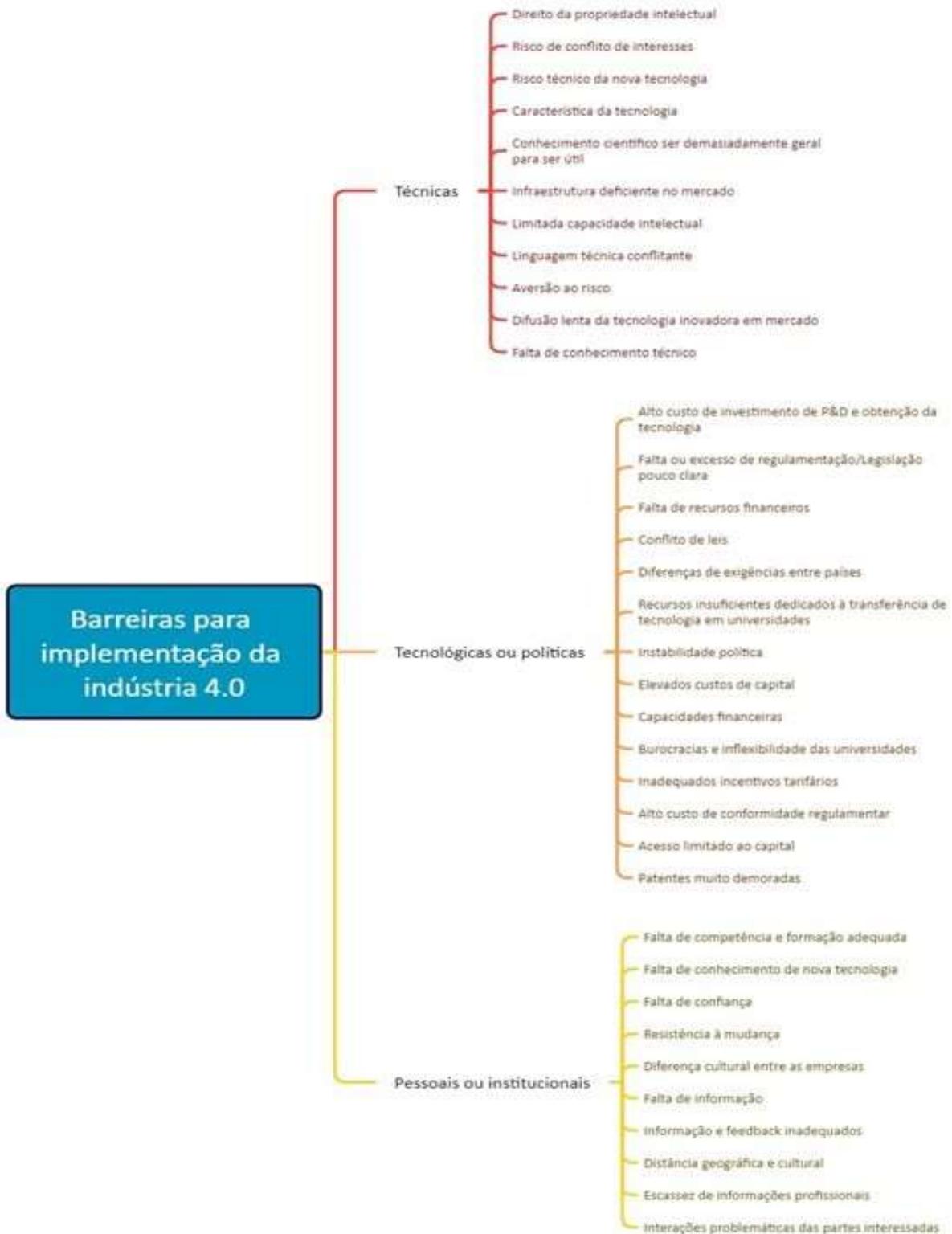


Fonte: CNI (2016)

Mick (2021) enumera barreiras para a implementação da indústria 4.0, distribuídas em barreiras técnicas, barreiras tecnológicas ou políticas e barreiras pessoais ou institucionais, sendo elas enumeradas na Figura 6.

Figura 6

Barreiras para implementação da indústria 4.0



Fonte: Mick (2021)

Segundo Greiner e Franza (2003), as barreiras técnicas são aquelas que estão presentes onde há uma nova tecnologia, mas por falta de conhecimento nunca foram aplicadas anteriormente. As barreiras regulatórias ou políticas envolvem leis e procedimentos governamentais. E por fim, as barreiras pessoais são aquelas que ocorrem quando as pessoas envolvidas não têm conhecimento técnico para com a tecnologia e nem vontade de adquirir esse conhecimento. Segundo o autor, esta última é a mais difícil de ser superada.

Uma maneira que essas barreiras sejam reduzidas e/ou eliminadas, é a utilização dos mecanismos de transferência de tecnologia. Sendo utilizados da maneira mais correta e eficaz possível, muitas dessas barreiras até aqui apresentadas podem ser reduzidas (Mick, 2021).

2.1.8 Caracterização das *Soft Skills* 4.0

Penhaki (2019) enumera algumas *Soft Skills* necessárias às rotinas de trabalho na indústria 4.0, sendo elas: criatividade, motivação, flexibilidade, comunicação, trabalho em equipe e liderança, que serão descritas nos parágrafos a seguir.

A *Soft Skill* **Criatividade**, é considerada a habilidade de produzir ou desenvolver atitudes e ações inovadoras, originais de maneira ampla e avançada a fim de atingir a escala computacional, o mundo digital, a automação e a complexidade das informações. A criatividade é multidisciplinar, holística, é capaz de desenhar o produto e serviço com base em resultados coesos, abrangentes, flexíveis e de baixo custo. Integra homem-máquina, mundo real e mundo virtual, de tal forma que o potencial de cada um seja evidenciado. A criatividade é assertiva no gerenciamento de complexidades e mudanças de última hora tanto na produção quanto nas decisões (Penhaki, 2019).

Já a **Motivação** consiste no motivo que leva o indivíduo à ação devendo ser focada na superação dos níveis estabelecidos em um ambiente predominante digital, intangível. O grande desafio é como manter-se motivado trabalhando em lugares diferentes, à distância, sem necessariamente o contato com as pessoas. Deve envolver forças internas e fatores externos ao indivíduo. A motivação 4.0 é a habilidade mais humana que preserva e mantém as características únicas, como pensar e sentir. O excesso de dados e informação deve ser energia motora para motivar o indivíduo a agir produzindo de forma eficiente e proativa (Penhaki, 2019).

Penhaki (2019) define a **Flexibilidade** como sendo a habilidade de se permitir ser inserido e mantido no cenário da Indústria 4.0. Ela permite, devido a sua amplitude, atender algumas demandas, acatar e/ou manter pensamentos, atitudes, ideias e opiniões. A flexibilidade 4.0 favorece a compreensão dos dados de múltiplas fontes e a identificação de melhor forma de implantá-los. Permite a realização de várias atividades ao mesmo tempo e a mudança, quando necessária, de encaminhamentos. Ela propicia um ambiente mais harmoniosa, considerando que o indivíduo é capaz de se moldar ao contexto. Diante das máquinas, permite decidir rapidamente e lidar com escalas espaciais e temporais tranquilamente.

Ainda de acordo com os conceitos de Penhaki (2019), existe uma *soft skill importante que é a Comunicação*, nada mais é do que a habilidade de transmitir informação verbal ou não verbal, com base na análise e compreensão dos dados originados pelas múltiplas fontes, de origens diferentes. A comunicação 4.0 deve ser de longo alcance para favorecer maior integração horizontal da produção. Deve propiciar a conexão entre homem-homem, homem-máquinas, máquina-máquina, respeitando a aplicação do conhecimento, das atitudes e dos valores e promovendo a leitura das inteligências humanas e de máquina. Para lidar com a interoperabilidade e conectividade, precisa ser objetiva, assertiva e rápida para, inclusive lidar com a alta complexidade em escalas espaciais e temporais.

Para Penhaki (2019), o **Trabalho em equipe** é horizontal a fim de atender as características da Indústria 4.0 como a interoperabilidade, a conexão em rede e a conectividade. É multidisciplinar, com profissionais de diferentes formações trabalhando de forma coesa. É integrado pois todos precisam estar alinhados e pensando holisticamente no processo, sendo capazes de agir a qualquer momento, de qualquer lugar.

Por fim, a última habilidade considerada importante é a **Liderança** que tem por finalidade visualizar a fusão dos mundos real e virtual como oportunidade para mobilizar, criar consciência, mudar paradigmas e formar massa crítica. Ele enfrenta as dificuldades, persegue as alternativas disponíveis para lidar com a complexidade e o excesso de dados e informações. Atua como criador de culturas e facilitador de soluções. Valoriza a ética, os valores, o trabalho em equipe e a manutenção das características humanas. Desempenha a liderança com responsabilidade e não como privilégio. Exige que o excesso de dados e informação seja trabalhado com ética e discernimento. Estimula a equipe a enfrentar e superar grandes desafios, sob riscos calculados. Domina a gestão de riscos.

É possível inferir que as *Soft Skills* são requisitadas em todos os níveis institucionais, do júnior ao sênior, dos operacionais aos estratégicos. Porém, cada nível e cada setor demanda tipos específicos de habilidades definidas e modeladas de acordo com a complexidade de responsabilidades. Constata-se que tecnologias como, robótica, automação e inteligência artificial provocarão mudanças no trabalho do futuro e serão onipresentes no cotidiano do homem determinando uma nova maneira de operar peculiaridades de comunicação, tempo e complexidade (Penhaki, 2019).

A implantação das práticas tecnológicas exige diversos esforços e mudanças nas práticas organizacionais e gerenciais, pois envolve a adaptação de pessoas a novas atividades e funções, modificando a cultura industrial. Envolve recursos financeiros e a estrutura física para a aquisição das tecnologias. A não adoção das práticas da Indústria 4.0 aumenta a probabilidade de a indústria perder vantagem competitiva e ser fadada ao insucesso (Galera, 2020).

2.2 INDÚSTRIA 5.0

A Quinta Revolução Industrial, conforme previsto por Nahavandi (2019), surgirá quando dispositivos inteligentes, sistemas inteligentes e automação inteligente se fundirem totalmente com o mundo físico, cooperando plenamente com a inteligência humana. Nesse contexto, a Indústria 5.0 estabelece metas educacionais específicas para a engenharia, visando à transdisciplinaridade, praticidade, fluência em dados, foco em gerenciamento e experiências de interação homem-máquina (Gürdür et al., 2022).

Enquanto a Indústria 4.0 prioriza a automação, a Indústria 5.0 propõe uma sinergia entre humanos e máquinas autônomas. A força de trabalho autônoma torna-se perspicaz e informada sobre a intenção e o desejo humano, estabelecendo uma colaboração eficaz. Essa abordagem resulta em processos de produção altamente eficientes, promovendo a autonomia confiável e reduzindo desperdícios e custos associados (Nahavandi, 2019).

Na perspectiva educacional, a próxima geração precisa abordar os pilares fundamentais da Indústria 5.0: sustentabilidade, soluções centradas no ser humano e resiliência. As relações entre homem e máquina impactarão o mundo social de maneiras significativas (Shelzer, 2017).

A transformação proposta pela Indústria 5.0 redefine o conceito de robôs, agora chamados de *cobots*, que atuam como companheiros ideais para os seres humanos. Esses

robôs colaborativos são conscientes da presença humana, cuidam dos critérios de segurança e risco, e podem perceber, entender e sentir tanto os seres humanos quanto seus objetivos. A colaboração entre humanos e cobots resulta em uma experiência de trabalho mais satisfatória (Nahavandi, 2019).

O desenvolvimento contínuo de tecnologias avançadas na Indústria 5.0 exige conhecimento transdisciplinar. As fronteiras entre disciplinas como engenharia mecânica, elétrica e de computação estão se desgastando, levando à necessidade de repensar o ensino de engenharia no futuro (Gürdür et al., 2022).

A interligação dos robôs com o cérebro humano na Indústria 5.0 estabelece uma colaboração, em vez de competição, favorecendo a geração de empregos em vez de redução. Nahavandi (2019) destaca a importância de tecnologias avançadas, como Faixa de Interoperabilidade de Dados, Gêmeos Digitais, Rastreadores de Chão de Fábrica, Treinamento Virtual, Sistemas Autônomos Inteligentes e Avanços em Tecnologias de Detecção e Cognição de Máquinas, para o sucesso dessa relação homem-máquina.

A Indústria 5.0 promete revolucionar sistemas de manufatura globalmente, eliminando tarefas repetitivas de trabalhadores humanos sempre que possível. Esse avanço impulsionará startups na criação de um novo ecossistema de soluções robóticas personalizadas, impulsionando a economia global (Nahavandi, 2019).

A ética desempenha um papel crucial, mantendo o equilíbrio entre os interesses humanos e o bem-estar social na relação simbiótica entre humanos e o mundo ciberfísico na Indústria 5.0 (Longo et al., 2020). Pesquisas buscam compreender a centralização humana na transição da Indústria 4.0 para a Indústria 5.0, avaliando valores éticos como barreiras e preocupações para os trabalhadores (Longo et al., 2020).

A chegada iminente da Indústria 5.0, com seu foco em personalização em massa, destaca a importância da cadeia de valor do cliente no processo de implementação (Durmaz & Kitapci, 2022). Nahavandi (2019) aponta preocupações, como a necessidade de padronização, legalização, adaptação de membros mais idosos da sociedade e a possibilidade de superprodução rápida e eficiente.

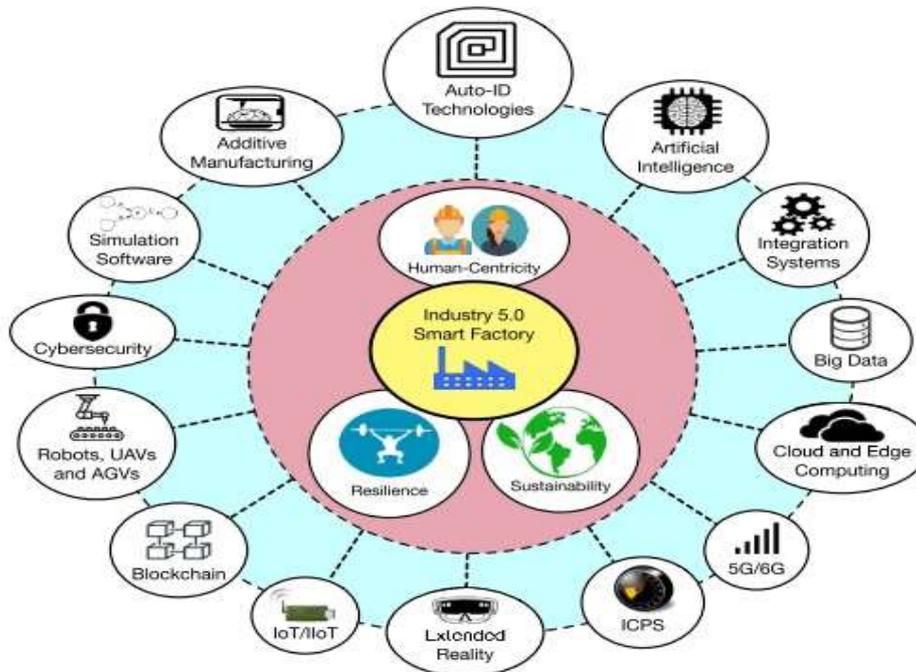
Em conclusão, a Indústria 5.0 representa um avanço contínuo do paradigma da Indústria 4.0, com ênfase na pesquisa, inovação, sustentabilidade e no bem-estar dos trabalhadores. Seus três pilares – centrado no ser humano, sustentabilidade e resiliência – definem o direcionamento da produção industrial. A adoção de tecnologias avançadas e a

atenção às implicações éticas são fundamentais para garantir o sucesso da transição e o benefício global da Indústria 5.0 (Fraga-Lamas et al., 2021; Martinez et al., 2022).

A Figura 7 traz uma série de tecnologias capacitadoras relacionadas à Auto-Identificação (Auto-ID), Sistemas Ciberfísicos Industriais (ICPSs) ou à Internet das Coisas.

Figura 7

Tecnologias capacitadoras



Fonte: Fraga-Lamas et al. (2021)

Os sistemas de identificação automática permitem, em um contexto industrial, conectando o mundo físico com o mundo virtual. Os ICPSs são uma ferramenta útil, pois permitem a integração perfeita de ambientes físicos com sistemas de computação embarcados implantados na infraestrutura de comunicações (Fraga-Lamas et al., 2016).

Como resultado, os pesquisadores detectaram nos últimos anos um aumento no número de tecnologias de Auto-ID disponíveis que podem ser úteis em cenários da Indústria 5.0, portanto, o cenário atual deve ser avaliado para ter uma perspectiva holística e compreensão para escolher a melhor tecnologia (Fraga-Lamas et al., 2021).

Na Indústria 5.0, os problemas de agendamento têm diferentes atributos do que problemas comuns de oficina, em que cada operação é executada por uma única máquina, enquanto em indústria 5.0, um humano deve ser designado para a operação além da

máquina. A maioria dos algoritmos de escalonamento precisa ser modificada para ser capaz de tomar esse tipo de decisão. Além disso, o tratamento de incertezas torna-se mais importante porque as operações humanas não são tão rígidas quanto as operações das máquinas. Por exemplo, o tempo de operação varia para um ser humano, mas é fixo para um robô (Bakon et al., 2022).

Dada a importância do foco humano, da resiliência e da sustentabilidade, o conceito emergente da Indústria 5.0 impulsionou a fronteira de pesquisa da Indústria 4.0 focada em tecnologia para uma transição socioeconômica inteligente e harmoniosa, impulsionada tanto por humanos quanto por tecnologias, onde o papel do humano na transformação tecnológica é predominantemente focado (Jafari et al., 2022).

Desta forma, a integração dos aspectos sociais, econômicos, ecológicos e sociais aumenta ainda mais a necessidade de lidar com a incerteza. Este requisito exige o desenvolvimento de ferramentas aplicáveis para a análise de inter-relações e comunicação de incerteza; métodos que podem ser aplicados para a redução sistemática da incerteza; modelos e simuladores que podem ser usados em gêmeos digitais; preferência por soluções sustentáveis ao modelar problemas de otimização e determinar a melhor solução. (Bakon et al., 2022).

Como a indústria 5.0 coloca os trabalhadores da indústria no centro do sistema de produção, a integração dos modelos e soluções que representam a natureza humana incerta dos trabalhadores define a direção de pesquisa mais importante para o futuro (Bakon et al., 2022) e avançou a fronteira de pesquisa de mudanças de paradigma orientadas para a tecnologia para mudanças de paradigma orientadas para o homem e para a sociedade que influenciarão potencial e drasticamente muitas indústrias. Incorporar o foco no ser humano, a resiliência e a sustentabilidade na logística inteligente requer repensar e reconsiderar as correspondências tecnológicas e, nesse sentido, o papel do ser humano na transição tecnológica precisa ser predominantemente focado para garantir o desenvolvimento sustentável em economia, meio ambiente e dimensões sociais (Jafari et al., 2022).

Esses conceitos giram em torno da disponibilidade de uma enorme quantidade de dados e tecnologias capazes de aprimorá-los que vão forjando progressivamente novos modelos sociais e econômicos: pense-se em particular nas cidades inteligentes - as chamadas *smart cities* - Indústria 4.0 e 5.0, novos paradigmas de desenvolvimento capazes de harmonizar os objetivos da economia de mercado e as ambientais- a chamada economia

circular (Montagnani, 2022). A Indústria 5.0 é a era da fábrica socialmente inteligente, na qual *cobots* conversam com pessoas. As redes sociais corporativas são usadas pela *Social Smart Factory* para facilitar a comunicação contínua entre componentes humanos e CPPS (Koch et al, 2017).

Em outro contexto, Sachsenmeier (2016) relacionou a indústria 5.0 com o desenvolvimento da biônica, como a imitação ou abstração das invenções da natureza e com o conceito de "biotecnologia branca" como o uso de novos processos, novas matérias-primas e uma gestão mais sustentável dos recursos naturais. Por outro lado, Muller (2020) identificou seis tipos de tecnologias disruptivas relacionadas à indústria 5.0:

- 1) Tecnologias centradas no ser humano e interação homem-máquina que se interconectam e combinam seus principais pontos fortes;
- 2) Tecnologias bioinspiradas e materiais inteligentes;
- 3) Tecnologias digitais baseadas em tempo real para simulação e modelagem de sistemas complexos;
- 4) Tecnologias de transmissão, armazenamento e análise de dados cibernéticos;
- 5) Inteligência artificial;
- 6) Tecnologias para eficiência energética e autonomia confiável.

Essas tecnologias buscam capacitar o setor industrial para alcançar objetivos sociais que o tornem um provedor de prosperidade centrado em três valores: o ser humano, colocando suas necessidades e interesses em primeiro lugar, colocando-o como o coração do processo produtivo (Lu et al., 2021).

Com isso, a necessidade de reunir mais conhecimentos e uma melhor compreensão do papel que o fator humano desempenha em conjunto com a tecnologia é essencial. Portanto, preparar o pessoal das empresas e da sociedade em geral por meio de educação, treinamento e motivação adequados em escolas, universidades, empresas, sociedade civil e o próprio governo é o grande desafio que as novas gerações enfrentarão nesta nova era digital (Suárez & Paredes, 2022).

Ainda, a centralização das decisões entre os trabalhadores do chão de fábrica é um passo importante a ser dado, mas eles devem ser auxiliados pelos gestores, que irão acompanhar e participar da implantação das melhorias. Por fim, deve ficar claro que os dados

gerados com as novas tecnologias devem ter um uso claro, caso contrário, serão considerados resíduos (Souza, 2022).

A Indústria 5.0 introduz as alavancas que são as criações exclusivas dos seres humanos, juntamente com a colaboração de máquinas. Aumentará a eficiência da fabricação e monitorará constantemente as máquinas sob a supervisão de seres humanos para melhorar a qualidade da produção. A Quinta Revolução Industrial promove empregos mais qualificados, pois mentes intelectuais e criativas trabalham com máquinas para aumentar a satisfação do cliente (Zhou & Guo, 2018) e protege o ambiente natural por meio de tomadas de decisão mais precisas, usando análises preditivas e inteligência operacional (Fatima et al., 2022).

Diante dos conceitos expostos, é possível perceber que há mudanças a força de trabalho, onde homem e máquina trabalham em interação conjunta para aumentar a eficiência do processo. Isso é feito aproveitando a capacidade intelectual humana e a criatividade dos trabalhadores e integrando fluxos de trabalho com sistemas inteligentes (Maddinkunta et al., 2021).

Jafari et al. (2022) enumera três principais elementos-chave da indústria 5.0, sendo eles conceituados na Figura 8.

Figura 8

Elementos-chave da indústria 5.0

Elemento-chave	Definição
Centricidade Humana	Transmite o fato de que o sistema de produção e logística deve ser aprimorado com atenção sólida aos benefícios e necessidades humanas, pelo que o humano é transformado de 'custo' em 'investimento', assim como a promoção de alternativas híbridas em resposta aos desafios industriais, onde o poder humano e o cérebro humano estão envolvidos não só na manutenção da vigilância, mas na incorporação de mais inteligência e inovação e, em certa medida, tomar decisões. A Indústria 5.0 molda o terreno não apenas para evitar a eliminação do trabalho humano envolvido na indústria de manufatura, mas para criar mais oportunidades de trabalho nas indústrias de apoio, que fornecem soluções tecnológicas. Assim, com base nesses objetivos, a Indústria 5.0 é um paradigma centrado no ser humano que transfere o ser humano de volta para o centro dos ciclos de produção.
Resiliência	Representa a flexibilidade e agilidade que uma planta de produção precisa manter em resposta às mudanças do mercado. Espera-se que os sistemas de manufatura se transformem da customização em massa para a personalização em massa. Para melhorar a flexibilidade operacional a esse respeito, a colaboração humano-robô tem um potencial significativo, o que conduz à versatilidade de fabricação em um tempo mais eficiente.
Sustentabilidade	Embora as questões sociais e humanas sejam parte integrante desse conceito, elas são meramente discutidas dentro do foco no ser humano no contexto da Indústria 5.0. Essa abordagem enfatiza a logística reversa, economia circular, cadeias de valor e assim por diante. O desenvolvimento sustentável busca a proteção do meio ambiente por meio de produtos sustentáveis e sistemas logísticos para atingir o objetivo de desperdício zero. Além da prevenção de desperdício, os processos de fabricação devem ser ecologicamente corretos, por exemplo, usando recursos renováveis e computação verde.

Fonte: Jafari et al. (2012)

Os elementos-chave da indústria 5.0 são fundamentais para compreender as suas principais diferenças em relação à indústria 4.0. Hein-Pensel (2023) ilustra os elementos da indústria 5.0 e suas principais atribuições na Figura 9.

Figura 9

Elementos-chave da indústria 5.0



Fonte: Hein-Pensel (2023)

Os elementos-chave da indústria 5.0 trazem à tona a necessidade da utilização de tecnologias que permitam essa interação. Jafari et al. (2022) enumera algumas tecnologias inteligentes na indústria 5.0, descritas a seguir.

Automação Inteligente é o grande foco da Indústria 5.0 é o ser humano em um sistema. No entanto, existe um compromisso entre integração humana e automação para satisfazer os objetivos da Indústria 5.0, e essa preocupação reside no contexto da automação inteligente. Nesse sentido, os robôs colaborativos (*cobots*) são uma das tecnologias facilitadoras mais discutidas na Indústria 5.0. Como principal alavanca da Indústria 5.0, por meio de treinamento adequado, os humanos devem ser capazes de trabalhar em conjunto com *cobots* (Jafari et. al. 2022).

Dispositivos Inteligentes são máquinas, robôs e outras instalações que são utilizadas na produção e logística, em que os sistemas devem ser aprimorados e equipados com tecnologias inteligentes para maximizar a funcionalidade e o desempenho por meio de

conexões físicas e cibernéticas com altas capacidades de monitoramento e controle. A colaboração entre robô e operador levanta preocupações sobre as restrições humanas em oposição às máquinas, o que requer um esforço extra para resolver seus problemas de integração (Jafari et. al. 2022).

Sistemas Inteligentes consistem na abordagem sistemática da Indústria 5.0 requer transmissão de informações para indivíduos tarefas individualizadas e baseadas em casos no sistema de produção e interação aprimorada com melhores processos de tomada de decisão em toda a cadeia de suprimentos. A tomada de decisões em tempo real e a visualização de alta qualidade formam a base de uma logística inteligente virtual (Jafari et. al. 2022).

Materiais Inteligentes podem impactar significativamente as atividades da cadeia de suprimentos, atendendo a múltiplas funcionalidades e capacidades sob certas condições. A principal implicação está relacionada à manufatura aditiva, onde o método de impressão 4D se beneficia fortemente de materiais inteligentes. Ao usar materiais inteligentes, os produtos podem manter várias formas e funcionalidades de acordo com as condições ambientais para melhorar a durabilidade, adaptabilidade e confiabilidade do produto. Existem vários exemplos na ciência médica, aeroespacial, semicondutores, etc (Jafari et. al. 2022).

Um aspecto proeminente da Indústria 5.0 é criar uma experiência personalizada para atender às demandas personalizadas por meio da força de trabalho humana, aumentando suas capacidades. Como resultado, um produto exclusivo pode ser produzido com o mínimo de esforço e a máxima eficiência (Javaid e Haleem, 2020) e acentua uma mudança de perspectiva lúcida da automação em massa para a colaboração aumentada de trabalhadores humanos e sistemas ciberfísicos para alcançar uma personalização avançada e exclusiva que será intensificada nos próximos anos (Paschek et al., 2019). Ele leva a ideia de envolvimento do cliente ao produtor para o próximo nível e em todas as etapas da cadeia de produção (Mekunnel, 2019).

Segundo Jafari et al. (2022), as seguintes direções são levantadas para inspirar novas pesquisas de logística inteligente em Indústria 5.0.

- Projeto de rede logística inteligente e sustentável;
- Transporte móvel. Intralogística;
- Fabricação aditiva;
- Materiais inteligentes e cadeia de suprimentos;
- Operações de armazém e inventário;

- Manufatura e logística centradas no ser humano;
- Soluções inteligentes de logística para eventos inesperados e desastres.

A Indústria 5.0 permite a fabricação inteligente por meio do uso inteligente de dados, combinando vários dados de fábrica e tecnologias avançadas, produzindo assim produtos mais personalizados (Javaid & Haleem, 2020) e inclui a interoperabilidade dos dados do sensor de rede, uma versão aprimorada da Indústria 4.0 com novos recursos adicionados. Alguns deles são a Manufatura Aditiva Inteligente, a Manutenção Preditiva, a Hiperpersonalização na Indústria, os Sistemas Cognitivos Ciber-Físicos e a introdução de Robôs Colaborativos (Whan, 2023).

A **manufatura aditiva inteligente**, na indústria 4.0, relação dos recursos da indústria 4.0 e da indústria 5.0, é o processo de produção de peças por meio da deposição de materiais (Teixeira et al., 2019). Desta forma, disponibiliza novas funcionalidades para fornecer soluções na fabricação de pequenos lotes de produtos complexos, com alto grau de personalização, mesmo em ambientes de produção em massa. Por ser uma tecnologia insensível a quantidade e a complexidade, melhora a flexibilidade da produção o que traz benefícios em termos de volume, tempo e custos, além de fornecer uma maior liberdade de design, é o design que vai determinar a produção e não o contrário (Santos et al., 2018).

Já na indústria 5.0, devido ao potencial da IA, seu uso foi estendido para a Manufatura Aditiva. A implementação do AM é um processo complexo que envolve o envolvimento do projeto, seleção de parâmetros, planejamento e controle. As tecnologias de informação e comunicação têm impulsionado principalmente a Manufatura Aditiva. O *Smart AM* pode ser entendido em três níveis (Wang et al., 2020).

A **manutenção preditiva**, na indústria 4.0 oferece melhorias em termos de performance dos equipamentos. Acrescentando sensores, um monitoramento constante e registrando diversos valores de grande importância, é possível pensarmos numa assistência remota ao equipamento. Por meio de uma constante e detalhada análise realizada aos valores obtidos dos mais diversos sensores, por intermédio de um algoritmo/programa de análise realizado em detalhe pela empresa em questão, a assistência remota é possível pois uma mínima variação num dos parâmetros do processo produtivo pode ser razão para uma intervenção de manutenção. O autodiagnóstico do estado de “saúde” de cada equipamento possível por meio de melhorias implementadas pela Indústria 4.0. A interconexão das

máquinas, sensores, computadores e outros é essencial para que estas “funções” sejam implementadas com sucesso (Rachman, 2017).

Na indústria 5.0, a manutenção preditiva foca na tomada de decisões operacionais e deve focar nas questões de implementação por intermédio do modelo Work System. A manutenção preditiva possui cinco etapas: processamento de sinal, diagnóstico, prognóstico, manutenção, tomada de decisão e atuação (Oldenhoven et al., 2022).

Os **robôs colaborativos**, na indústria 4.0, são equipamentos de automação industrial controlados automaticamente, podendo ser programados e reprogramados a distância e com maior ou menor grau de autonomia no processo produtivo (Teixeira et al., 2019). Na indústria 5.0, *Cobots* ou robôs colaborativos podem trabalhar com humanos quando houverem trabalhos repetitivos ou perigosos precisam ser feitos, enquanto os humanos podem assumir trabalhos de maior valor. Em vez de substituir os humanos, esses robôs assumem tarefas monótonas e ajudam os fabricantes a aumentar sua produção (Whan et al., 2023).

Os **Sistemas Cyber Físicos** cognitivos, na indústria 4.0, são sistemas que integram computação, redes de comunicação, computadores embutidos e processos físicos interagindo entre si e influenciando-se mutuamente. É o resultado da evolução tecnológica dos computadores, dos sensores e das tecnologias de comunicação que, ao evoluírem no sentido de maior agilidade, capacidade de processamento e preços cada vez mais acessíveis, têm permitido a sua conjugação de forma efetiva e em tempo real (Coelho, 2016). Na indústria 5.0, são sistemas autônomos confiáveis podem ter impactos positivos significativos na sociedade, como prestar ajuda aos idosos e ajudar os robôs, melhorar a forma como eles são confiados pelos humanos. A confiança entre humanos e máquinas pode ajudar a melhorar o desempenho em várias situações complexas (Abbas et al., 2016).

A **Hiper Customização**, na indústria 5.0, é um conceito que utiliza dados em tempo real para preparar produtos mais específicos de acordo com as necessidades do usuário por meio de IA e big data. Essa personalização de integração de robôs com humanos facilita a fabricação de produtos a granel. A hiper customização e a personalização exigem uma mudança para a manufatura ágil (Abbas et al., 2016).

A relação homem-máquina foi ditada pelas necessidades humanas e pela tecnologia disponível na época. As mudanças nessa relação são ilustradas por sucessivas revoluções industriais, bem como mudanças nos paradigmas de fabricação. A mudança na relação ocorreu de acordo com os avanços da tecnologia. As máquinas em cada século sucessivo

ganharam novas funções, capacidades e até habilidades que são apropriadas apenas para humanos – visão, inferência ou classificação. (Pizoñ & Gola, 2023)

Além disso, a Indústria 5.0 é uma mudança motivada na sustentabilidade na área de manufatura relacionada ao uso da criatividade e habilidades humanas em colaboração com máquinas. Ao mesmo tempo, mantendo o critério de custo aliado a um alto volume de produção para atender as necessidades informadas pelo mercado. Como resultado, o cliente não terá que abrir mão de suas preferências individuais em favor da produção otimizada de custos do bem em questão – reduzindo assim as preferências resultantes da produção em massa ou customização em massa. A perspectiva se abre para a customização em massa levando à satisfação das necessidades de ambas as partes, produtor e consumidor (Pizoñ & Gola, 2023)

2.3 DIFERENÇAS ENTRE INDÚSTRIA 4.0 E 5.0

O movimento em direção à Indústria 4.0 desencadeou uma reavaliação profunda na forma como as organizações de manufatura operam, à medida que incorporam uma nova geração de equipamentos de produção digital. Contudo, a ênfase agora se desloca para a inclusão ativa do trabalhador humano em atividades de tomada de decisão ou execução física, inserindo-se em um fluxo de processos automatizado, conceito denominado por alguns como Indústria 5.0 (Turner et al., 2022).

A introdução de tecnologias na Indústria 4.0 propicia autonomia humana, pois a execução de muitas tarefas é assumida pelas máquinas, permitindo que os trabalhadores priorizem atividades e explorem novas formas de operar. Este ambiente requer que as competências de cada membro da equipe sejam desenvolvidas e aperfeiçoadas estrategicamente, demandando do líder habilidades para reconhecer quando liderar e quando delegar (Crawford; Dalton, 2016).

Embora diversas indústrias estejam adotando a Indústria 4.0 por motivos competitivos, algumas já contemplam o impacto potencial da Indústria 5.0 (Shahbakhsh et al., 2022).

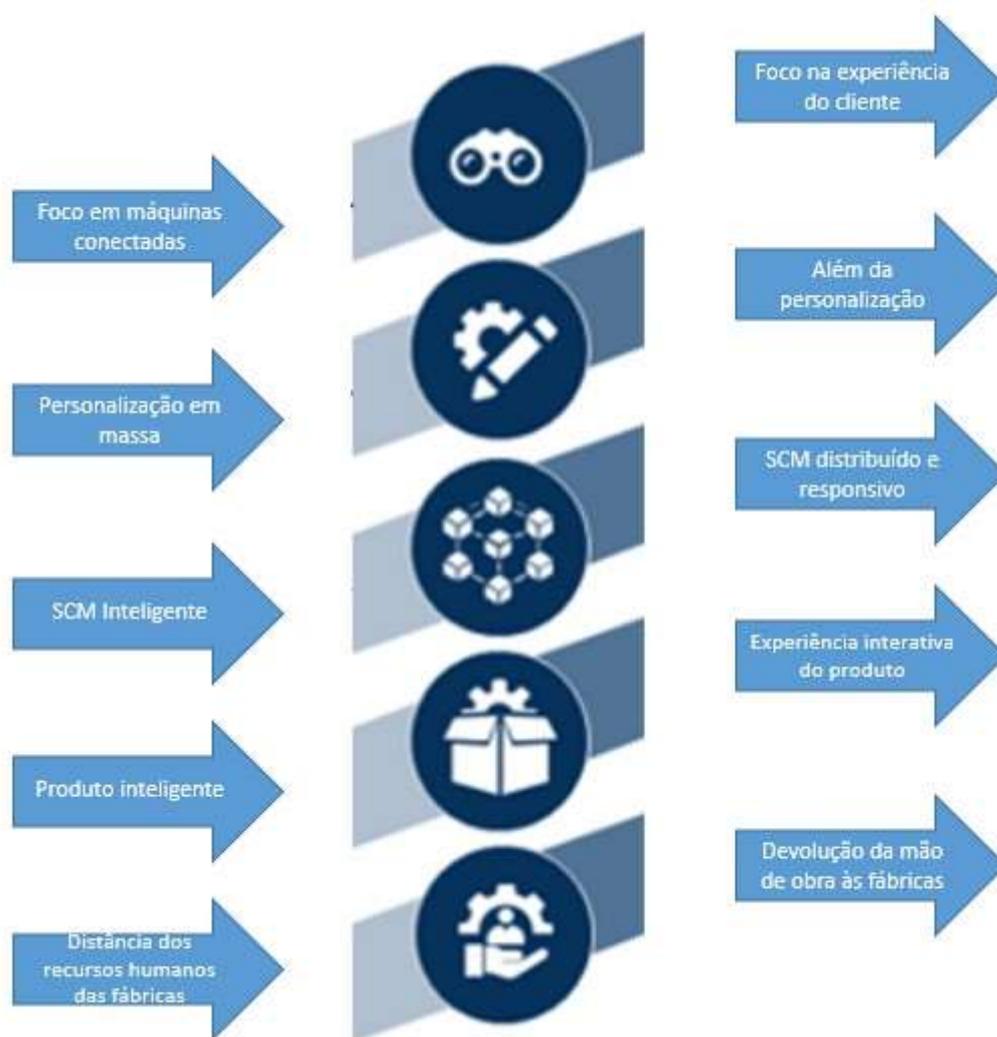
A Indústria 5.0, ao transcender o paradigma da Indústria 4.0, propõe objetivos sociais em conjunto com o crescimento econômico. Busca, assim, alcançar a prosperidade de maneira sustentável, priorizando o aumento da produtividade sem excluir os trabalhadores humanos da indústria de manufatura. Importante destacar que a Indústria 5.0 não deve ser

vista como uma continuação cronológica ou alternativa à Indústria 4.0. Em vez disso, é concebida como uma fusão das atuais tendências industriais e sociais europeias, complementando os principais recursos da Indústria 4.0. Dessa forma, a Indústria 5.0 reorienta os princípios da Indústria 4.0, direcionando a pesquisa industrial e a inovação para um futuro centrado no ser humano e ambientalmente consciente (Fraga-Lamas et al., 2021).

A Figura 10 ilustra a comparação dos principais aspectos da indústria 4.0 e da indústria 5.0.

Figura 10

Comparação entre indústria 4.0 e indústria 5.0



Fonte: Frost et al. (2022)

Em comparação com a Indústria 4.0 (I4.0), a Indústria 5.0 (I5.0) mostra uma transformação mais sistêmica que inclui inovações de negócios que impulsionam a transição

para uma indústria sustentável, centrada no ser humano e resiliente. I5.0 implica em repensar modelos de negócios, ecossistemas, práticas gerenciais, etc. enquanto caminhamos para o desenvolvimento sustentável. Apesar da novidade do I5.0 e do crescente interesse pelo assunto, a literatura ainda é escassa. Assim, este estudo visa analisar o estado da arte e compreender as abordagens que constituem o estudo de I5.0, sob a ótica da gestão de negócios e operações (Borchardt et al., 2022).

Para viabilizar o I5.0, um enorme desafio está em como fazê-lo e entender quais mudanças ele imporá à gestão dos negócios e das operações ao direcionar a transformação tecnológica da produção industrial para o “planeta-pessoas-prosperidade”. O conceito de I5.0 tem sido fortemente vinculado à Sociedade 5.0. O S5.0 avança nas discussões sobre sistemas ciberfísicos ao mesmo tempo em que reforça as relações entre pessoas e tecnologia para melhorar a qualidade de vida e garantir o desenvolvimento sustentável (Roblek et al. Podbregar, 2021).

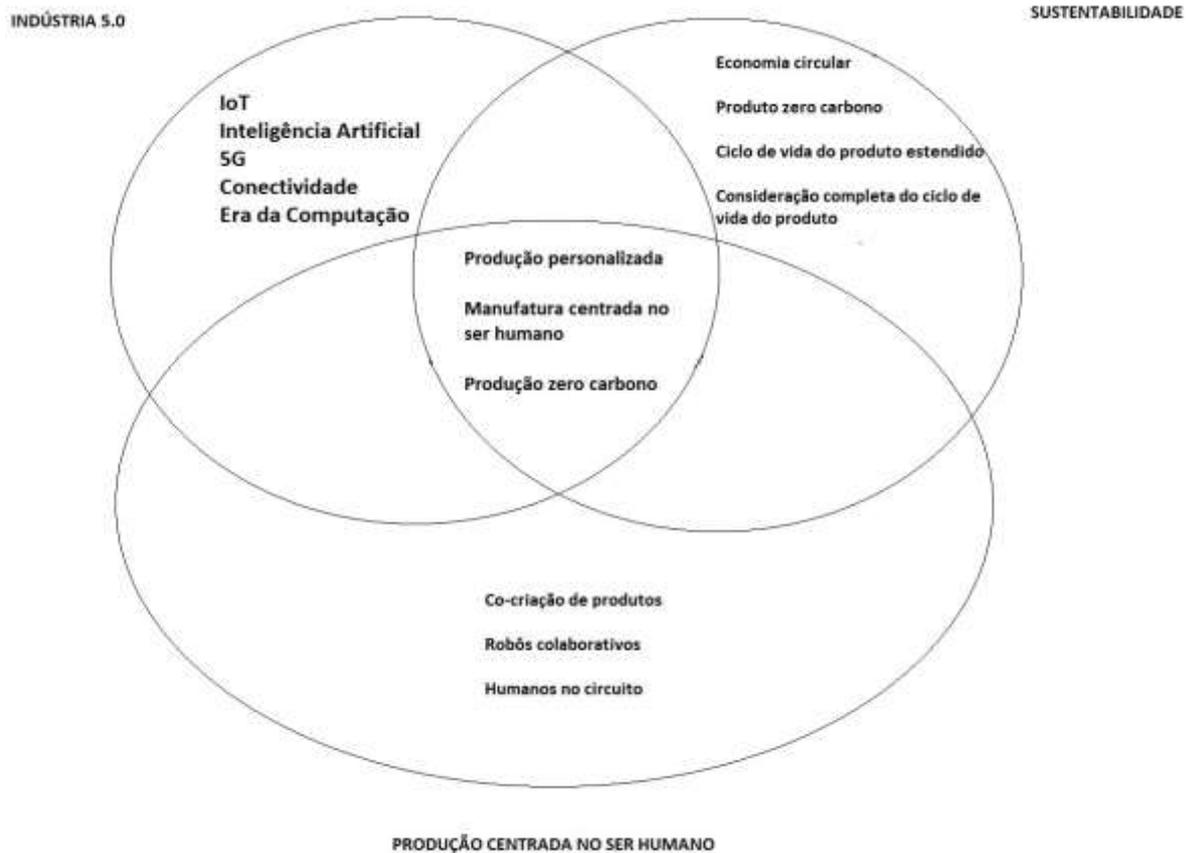
Pode-se considerar a indústria 5.0 uma evolução das tecnologias presentes na indústria 4.0, não sendo considerados um acréscimo aos anteriores, mas personalização ou especificação de peculiaridades em sintonia com a evolução. Segundo Xu et. al (2022), essas tecnologias capacitadoras para a conquista da Educação 5.0 e da Indústria 4.0 evoluída são as seguintes:

1. Tecnologias individualizadas de interação homem-máquina que interconectam e combinam as forças de humanos e máquinas.
2. Tecnologias bioinspiradas e materiais inteligentes que permitem a integração de materiais com sensores e funções melhoradas e que são recicláveis.
3. Gêmeos digitais e simulação para modelar sistemas complexos.
4. Tecnologias de transmissão, armazenamento e análise de dados que possam lidar com a interoperabilidade de dados e sistemas.
5. Inteligência artificial para detectar, por exemplo, causalidade em sistemas dinâmicos complexos, levando a inteligência acionável.
6. Tecnologias de eficiência energética, renováveis, armazenamento e autonomia.

A Figura 11 ilustra os aspectos comuns e diversos da indústria 4.0 e da indústria 5.0, de acordo com Turner et al. (2012).

Figura 11

Intersecção da indústria 5.0



Fonte: Turner et al. (2022)

Há claramente uma necessidade de desenvolver alocação de trabalho e trabalho em equipe em equipes homem-máquina para que os trabalhadores humanos sintam que estão no circuito e que os trabalhos humanos permaneçam significativos e gerenciáveis. Ainda existem muitas tarefas em que os humanos são superiores às máquinas. (Kaasinen et al., 2022).

Com isso, o novo paradigma da Indústria 5.0 complementa a conhecida abordagem da Indústria 4.0, impulsionando especificamente a pesquisa e a inovação para facilitar a transição para uma indústria sustentável, centrada no ser humano e resiliente. No contexto fabril, a diversidade dos trabalhadores em termos de experiência, produtividade e capacidade física representa um grande desafio para as empresas, principalmente aquelas caracterizadas por alta rotatividade de pessoal e processos manuais com alta carga de trabalho e baixa ergonomia (Battini et al., 2022).

Isso mostra que as tarefas são muito desafiadoras para automatizar, e o conhecimento prático e a intuição humanos não podem ser substituídos pelos recursos analíticos da IA. Em comparação com a Indústria 4.0, a pesquisa de logística inteligente na Indústria 5.0 coloca mais foco na interação entre humanos e tecnologia na transição digital, com a adoção crescente de tecnologias colaborativas, por exemplo, sistemas homem-máquina, robôs colaborativos e colaboração humano-robô (Jafari et al., 2022).

Desta forma, os elementos centrais da Indústria 5.0 mostram que após a transição centrada na tecnologia da Indústria 4.0, as perspectivas societária, ambiental e humana requerem maior atenção, o que trará impactos significativos nas operações e na gestão logística. Por exemplo, a personalização de demandas implica em um sistema de entrega personalizado (Kumar et al., 2021) e está ligada à experiência aprimorada do cliente final, aplicando as diferentes ferramentas disponíveis, considerando inteligência artificial (IA) e robótica. A introdução de um novo paradigma eliminando a separação entre humanos e tecnologia é um princípio básico da Indústria 5.0 (Purcarea, 2021).

Esses conceitos reforçam que a relação homem-máquina foi ditada pelas necessidades humanas e pela tecnologia disponível na época. As mudanças nessa relação são ilustradas por sucessivas revoluções industriais, bem como mudanças nos paradigmas de fabricação. A mudança na relação ocorreu de acordo com os avanços da tecnologia. As máquinas em cada século sucessivo ganharam novas funções, capacidades e até habilidades que são apropriadas apenas para humanos – visão, inferência ou classificação. Portanto, a relação homem-máquina está evoluindo, mas a questão é qual é a perspectiva dessas mudanças e qual caminho de desenvolvimento as acompanha (Pizoń & Gola, 2023).

Isso ressalta que a indústria 5.0 segue a indústria 4.0 com a ideologia de colocar o ser humano em o centro dos processos de produção industrial. Assim, ocorrerá a transformação de sistemas de produção voltados para o avanço tecnológico e alta produtividade para sistemas de produção voltados para o ser humano e alta customização (Alves et al., 2023).

Assim, o ser humano deixa de ser comandado pela tecnologia e passa a ser seu controlador, utilizando-a a seu favor. No entanto, o conceito de Indústria 5.0 ainda não é totalmente aceito por empresas e indústrias, mas é impulsionado por pesquisadores porque, hoje em dia, a realidade industrial enfrenta desafios ainda inerentes à Indústria 4.0 e à era da digitalização. Até o momento, a ideia do conceito da Indústria 5.0 é a centralização do ser

humano nos sistemas produtivos, mas os estudos realizados focam muito nos avanços tecnológicos e no desenvolvimento de tecnologias para esse fim (Alves et al., 2023).

Ressalta-se que a indústria 5.0 introduziu várias novas tecnologias, como manutenção preditiva, hiperpersonalização na indústria, sistemas cognitivos ciber-físicos e a introdução de robôs colaborativos. A Indústria 5.0, com sua abordagem centrada no ser humano, ajudou a superar os vários desafios da Indústria 4.0. Na Indústria 4.0, o foco estava na sustentabilidade e no volume de produção, enquanto na Indústria 5.0, o foco principal está no foco humano (Khan et al., 2023).

Segundo Khan et al. (2023), existem diferentes desafios da Indústria 4.0 que a Indústria 5.0 precisa superar para executar de forma eficiente, sendo eles nos parágrafos a seguir.

Na **Cadeia de suprimentos**, a Indústria 5.0 visa manter esses benefícios e, ao mesmo tempo, agregar mais valor por meio da personalização em massa. A cadeia de suprimentos 4.0 usa principalmente IoT, IA e blockchain, enquanto a indústria 5.0 usa essas tecnologias com recursos mais avançados em termos de tecnologia, especialmente em IA e no uso de Cobots. A Indústria 5.0 visa a sustentabilidade em sua gestão da cadeia de suprimentos (Frederico et al., 2021).

Quanto à **Segurança de dados**, a IoT na Indústria 4.0 apresentou muitos desafios, como pirataria de dados, *hacking* e violação de dados. Esses problemas foram resolvidos pela Indústria 5.0. Blockchain Middleware é usado para IoT (*Industrial Internet of Things*). Descentralizado, que integra os dados de vários recursos e serviços usados na Manufatura Inteligente. Esses recursos discretos são então usados para apoiar a cadeia de valor visada. Isso ajuda a mitigar problemas de falhas de rede e problemas de solução de problemas. O uso adequado de *blockchain* em contratos inteligentes pode ajudar a eliminar a necessidade de registros ou documentação de terceiros. Contratos inteligentes implementados por meio da tecnologia *blockchain* podem melhorar a autonomia dos sistemas da Indústria 5.0 e torná-los mais sustentáveis, pois esses contratos podem reduzir a dependência de terceiros e a necessidade de documentação diversa. Estratégias de manufatura resilientes podem ajudar a melhorar a segurança dos dados, pois a IoT contém muitos dados críticos e confidenciais que devem ser protegidos (Whan et al., 2023).

Na **Integração técnica**, um dos desafios significativos da Indústria 4.0 é que as tecnologias precisariam lidar com a crescente digitalização. No entanto, a Indústria 5.0 visa o

foco humano e combina a criatividade humana com a precisão das máquinas para melhorar a produtividade e o desempenho. Pode-se ajudar a melhorar a qualidade do produto; isso pode ser feito usando robôs para realizar tarefas repetitivas (Maddinkunta et al., 2022).

A respeito dos **Recursos Humanos**, a Indústria 4.0 levou à automação das tecnologias de fabricação existentes. Assim, é necessário fornecer treinamento adequado aos trabalhadores. Considerando que a Indústria 5.0 se concentra no foco humano e se baseia na comunicação adequada entre humanos e robôs. Nesse sentido, os Cobots têm contribuído consideravelmente. Esses robôs trabalham em colaboração com humanos para realizar a tarefa definida. Assim, eles ajudam a melhorar a produtividade e eficiência dos trabalhadores. Além disso, os trabalhadores podem se envolver em tarefas de maior valor agregado sem a necessidade de realizar tarefas monótonas ou se envolver em trabalhos perigosos. No entanto, a manutenção preditiva deve ser feita nessas máquinas para protegê-las de possíveis avarias (Adel, 2022).

Com a introdução da Indústria 5.0, uma nova mudança de paradigma está prevista. Enquanto a Indústria 4.0 ainda está focada principalmente em objetivos econômicos a serem alcançados por meio da transformação digital e automação de processos de trabalho monótonos, a Indústria 5.0 trará objetivos sociais e ecológicos. O foco está na criação de valor holística, sustentável e centrada no ser humano. Assim, a complexidade da digitalização está aumentando com a implementação da colaboração direta entre humanos e máquinas (Hein-Pensel et al., 2023).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Nesta seção, são abordados os aspectos metodológicos da dissertação, como classificação da abordagem da pesquisa, delimitação do estudo, processo de coleta e análise de dados, bem como critérios, procedimentos éticos e riscos da pesquisa.

3.1 ABORDAGEM, OBJETIVOS, PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

A abordagem desta pesquisa segue a seguinte classificação: quanto a disciplinaridade é classificada como interdisciplinar; quanto ao tipo, se classifica como aplicada; com relação ao método, como dedutivo; quanto a abordagem, como qualitativa; quanto ao objetivo, é classificada como exploratória; com relação a estratégia, como estudo multicase; e por fim, com relação à técnica, utiliza-se de entrevistas.

A pesquisa qualitativa descreve a complexidade de determinado problema, o que torna necessária a compreensão e classificação dos processos dinâmicos vividos nos grupos, bem como contribuir no processo de mudança, possibilitando o entendimento das mais variadas particularidades dos indivíduos (Diehl, 2004).

Os estudos com abordagem qualitativa não têm um significado preciso em quaisquer das áreas onde sejam utilizados. Para alguns, todos os estudos de campo são necessariamente qualitativos e, mais ainda, como já comentado, identificam-se com a observação participante e parte-se do princípio que trabalha predominantemente com dados qualitativos, isto é, a informação coletada pelo pesquisador não é expressa em números, ou então os números e as conclusões neles baseadas representam um papel menor na análise (Dalfovo et al., 2017).

A coleta de dados, nesses casos, geralmente é realizada por meio de questionários e entrevistas que apresentam variáveis distintas e relevantes para pesquisa, podendo o resultado ser apresentado na forma de tabelas e gráficos (Dalfovo et al., 2017).

A abordagem qualitativa ocorreu por meio da análise dos resultados obtidos nas entrevistas realizadas com os gestores das empresas estudadas e, também, com os grupos focais, isto é, os respectivos colaboradores, com a finalidade de detectar informações que permitiram propor a minimização das dificuldades de transição da indústria 4.0 para a indústria 5.0 nos processos das empresas estudadas.

3.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

3.2.1 Descrição do local e população em estudo

Foram selecionadas para o estudo as seis empresas localizadas na cidade de Lages/SC, utilizando-se como parâmetro para esta seleção as maiores indústrias localizadas no município, de acordo com o faturamento. As seções a seguir descrevem como ocorreu o processo de seleção das empresas que participaram do estudo, a elaboração e aplicação do instrumento de coleta de dados, assim como os procedimentos éticos da pesquisa.

3.2.2 Cálculo do tamanho de amostra e processo de amostragem

Dentre as 50 maiores empresas industriais da cidade, foram priorizadas empresas do setor metal-mecânico e alimentício, disponibilizadas nessa lista, já que as mesmas dispõem de processos produtivos mais arrojados, permitindo melhor visualização dos resultados em acordo com os objetivos deste trabalho.

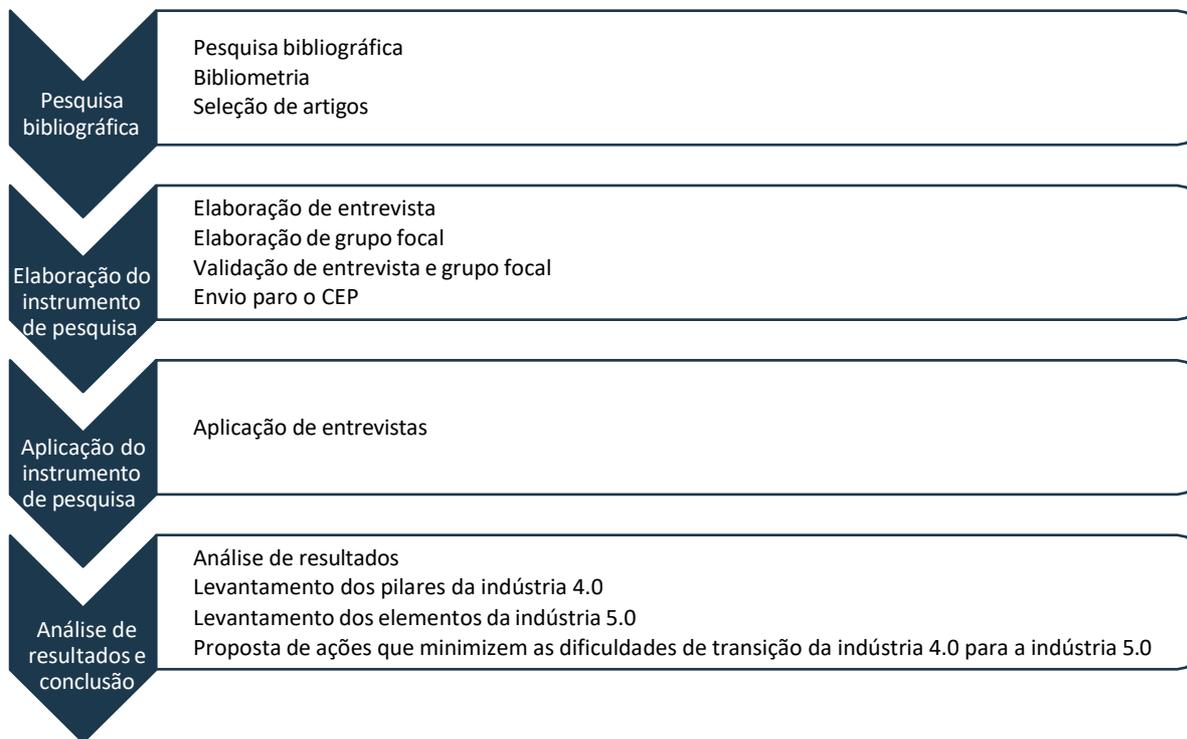
Das empresas listadas, 6 (seis) indústrias entre as maiores da cidade de Lages/SC foram convidadas a participar das entrevistas, por meio da assinatura do termo de ciência e concordância. No entanto, apenas 4 (quatro) delas participaram efetivamente das entrevistas, sendo as duas empresas não participantes foram excluídas por falta de disponibilidade de agenda para a realização das entrevistas dentro do cronograma proposto pela dissertação.

3.2.3 Etapas da pesquisa

A Figura 12 apresenta as atividades que foram realizadas na pesquisa.

Figura 12

Síntese das atividades desenvolvidas no dissertação



Fonte: o autor (2022)

Esta dissertação foi dividida em quatro grandes etapas, sendo a primeira delas a realização de pesquisa na literatura, a fim de se encontrar os conceitos pertinentes à indústria 4.0 e indústria 5.0 em literatura, seus princípios e pilares. Na revisão de literatura foi feito trabalho de bibliometria, com subsequente seleção de publicações pertinentes para o desenvolvimento do trabalho.

A segunda etapa consistiu na elaboração dos questionários para as entrevistas, bem como a devida validação do instrumento.

A terceira etapa ocorreu posteriormente à validação do instrumento, com a aplicação efetiva das entrevistas com os gestores responsáveis pelas empresas ou pelo setor produtivo e, também, com os colaboradores, com a finalidade de identificar a realidade das mesmas referente às tecnologias presentes na indústria 4.0 e à indústria 5.0, levando em conta o contexto brasileiro, assim, identificar oportunidades de melhoria na implantação das novas tecnologias.

Na quarta etapa ocorreu a análise dos resultados obtidos por meio dos instrumentos de coleta de dados, em que há análise da presença da indústria 4.0 e a inserção da indústria

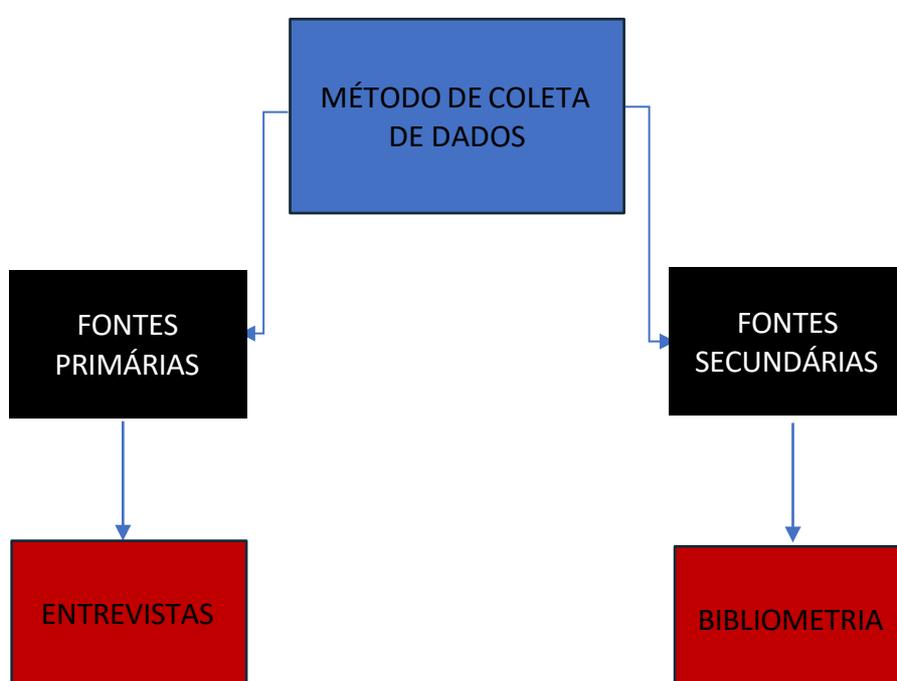
5.0 aliadas à essas tecnologias, de modo a identificar a inserção do ser humano nas tecnologias presentes na indústria.

3.3 PROCESSO DE COLETA DE DADOS

A Figura 13 ilustra o método de coleta de dados utilizado na execução da pesquisa.

Figura 13

Método de coleta de dados



Fonte: o autor (2023)

O método de coleta de dados se distribui em fontes primárias da pesquisa, as quais consistem na elaboração e aplicação das entrevistas, gerando dados a partir desses instrumentos.

Os dados coletados por meio das fontes primárias são essenciais para o desenvolvimento da pesquisa, pois são eles que apresentarão os dados que permitem identificar quais a presença da indústria 4.0 nas empresas, seus pilares, princípios e como ocorre a inserção humana nessas tecnologias, o que identifica a ocorrência da indústria 5.0

nesses processos, são encontrados na rotina das organizações estudadas e quais ações podem ser realizadas para minimizar as dificuldades de transição entre elas.

Desta forma, foi elaborada uma entrevista semiestruturada para aplicação com gestores e colaboradores das empresas selecionadas afim de se extrair dados e sugestões sobre as ações que podem ser propostas. O trabalho segue a resolução 510/2016, e foi submetido para aprovação do CEP da Uniplac, sendo aprovado com parecer de número 6.431.458 - CAAE 74962323.3.0000.5368.

3.3.1 Aplicação de Entrevista

A aplicação das entrevistas ocorreu em duas etapas diferentes, sendo as perguntas realizadas para gestores e colaboradores, com a finalidade de coletar dados para o estudo por meio de diferentes perspectivas e, assim, permitir a realização de um diagnóstico adequado e com maior riqueza de informações.

Foi elaborada uma entrevista semiestruturada, com perguntas pré-definidas separadamente para os gestores e colaboradores. Em caso de respostas evasivas ou que não contemplassem a necessidade da pergunta, foram realizadas perguntas secundárias de acordo com a resposta encontrada, de modo a enriquecer os dados encontrados nas respostas. Essas perguntas não foram de aplicação obrigatória, afinal, as mesmas tinham a finalidade de aprofundar as respostas das perguntas principais, conforme a necessidade.

Para os gestores foram elaboradas perguntas específicas voltadas para a gestão da empresa a respeito da inovação e da implantação das novas tecnologias voltadas para a indústria 4.0 e a sua evolução para a indústria 5.0.

Para os colaboradores foi elaborado um roteiro de entrevista semelhante à estrutura destinada aos gestores, mas com as perguntas voltadas para o processo operacional e buscar a contrapartida das respostas obtidas por meio dos gestores.

A aplicação das entrevistas em quatro indústrias, denominadas no trabalho como empresas A, B, C e D, com a finalidade de preservar a identidade das empresas e das pessoas envolvidas.

A Figura 14 demonstra os critérios de escolha de empresas e pesquisadores, assim como os seus respectivos participantes.

Figura 14

Critérios de escolha de empresas

Aplicação	Critério de escolha	Participantes
Gestores	Maiores empresas do ramo industrial da cidade de Lages/SC.	Um gestor por empresa, totalizando quatro participantes.
Colaboradores	Maiores empresas do ramo industrial da cidade de Lages/SC.	Um colaborador por empresa, totalizando quatro participantes.

Fonte: o autor (2023)

As entrevistas ocorreram de forma presencial e virtual, por meio de uma análise de conteúdo e, em seguida, ocorreu a partir da análise dos dados coletados, oportunidade de propostas/sugestões para aplicação de ferramentas das indústrias 4.0 e 5.0, assim como conhecer nuances da realidade das rotinas das organizações e sua percepção quanto às indústrias 4.0 e 5.0. As entrevistas foram realizadas com um total de oito participantes, sendo quatro gestores (um por empresa) e quatro colaboradores (um por empresa).

3.3.2 Procedimentos Éticos da Pesquisa

3.3.2.1 Critérios de inclusão dos participantes

Como critério de escolha das empresas estabeleceu-se, por meio da plataforma Econodata, que listou as maiores indústrias da cidade de Lages/SC, havendo um filtro para empresas que tenham o seu setor de atividades voltado para o metal mecânico e alimentício, que trazem processos produtivos mais complexos e completos para uma análise de dados.

3.3.2.2 Critérios de exclusão dos participantes

Foram excluídas empresas de menor porte, com a finalidade de obter informações mais aprofundadas sobre a implantação das tecnologias da indústria 4.0 e indústria 5.0 e, assim, poder auxiliar empresas com processos menos arrojados na área a adaptar-se às tecnologias.

3.3.2.3 Procedimentos de contato com os participantes da coleta de dados

A Figura 15 demonstra os procedimentos de contato de cada atividade realizada no desenvolvimento da pesquisa.

Figura 15

Procedimentos para a realização das atividades

Atividade	Procedimento
Bibliometria	Pesquisa nas plataformas de dados EBSCO, Scielo, Periódicos CAPES, Spell e <i>Science Direct</i> e posterior triagem dos artigos.
Entrevistas	Presencialmente ou via chamada de vídeo, com aplicação previamente agendada e eventual solução de dúvidas a respeito do conteúdo entrevistado. Aplicação de entrevista semiestruturada, com perguntas que serão obrigatoriamente questionadas e, em cada questão, foram elaboradas perguntas alternativas a serem utilizadas conforme a necessidade, de acordo com as respostas obtidas.

Fonte: o autor (2022)

3.4 PROCESSO DE ANÁLISE DE DADOS

A Figura 16 sintetiza os métodos aplicados para se atingir cada objetivo específico do trabalho.

Figura 16

Métodos aplicados por objetivo específico

Objetivo Específico	Como serão executados
Estudar as mudanças tecnológicas e organizacionais na transição da indústria 4.0 para indústria 5.0, na percepção de colaboradores, gestores e pesquisadores.	Aplicação de entrevistas. Análise de conteúdo – dados coletados nas entrevistas e grupos focais.
Descrever as práticas bem-sucedidas no processo de transição da indústria 4.0 para 5.0.	Aplicação de entrevistas. Análise de conteúdo – dados coletados nas entrevistas e grupos focais.

<p>Identificar as características das <i>soft skills</i> necessárias aos colaboradores para adequação às indústrias 4.0 e 5.0.</p>	<p>Aplicação de entrevistas. Análise de conteúdo – dados coletados nas entrevistas e grupos focais.</p>
--	---

Fonte: o autor (2023)

Em síntese, os objetivos específicos foram executados por meio de análise de conteúdo, execução das fontes primárias de pesquisa - entrevistas e grupos focais, com a finalidade de identificar as dificuldades de transição da indústria 4.0 para a indústria 5.0 e, assim, diagnosticar as ações necessárias para minimizar as dificuldades.

3.4.1 Análise de Conteúdo

Os dados obtidos por meio das entrevistas passaram por uma análise de conteúdo, sendo esta etapa determinante para averiguação de quais pilares da indústria 4.0 e elementos da indústria 5.0 foram observados nas empresas estudadas; bem como quais seriam as ações a serem propostas a fim de minimizar as dificuldades de transição entre os conceitos das indústrias 4.0 e 5.0. A análise de conteúdo foi realizada por meio da delimitação de categorias de análise, com a divisão das respostas das entrevistas em temas, o que permitiu analisar as entrevistas e realizar a discussão por essas categorias.

A análise de conteúdo auxilia no estudo e conseqüentemente na obtenção de melhores resultados a partir dos dados obtidos na investigação (Mendes et al., 2008).

A análise de conteúdo consiste em uma técnica de pesquisa que trabalha com a palavra, que permite de forma prática e objetiva produzir inferências do conteúdo da comunicação de um texto replicáveis ao seu contexto social. Trata-se de um meio de expressão do sujeito, onde o analista busca categorizar as unidades de texto (palavras ou frases) que se repetem e inferem uma expressão que as representem (Catalina et al., 2006).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção estão disponibilizados os resultados da pesquisa, que foi realizada por meio de entrevistas com os gestores e colaboradores das empresas participantes do projeto.

4.1 ACHADOS CIENTÍFICOS

Os achados científicos encontrados a partir das entrevistas realizadas trazem novos horizontes sobre os estudos da presença da indústria 4.0 nos processos industriais locais, assim como fomenta a pesquisa científica, ainda incipiente em nosso país em relação a este tema, principalmente quando se trata dos conceitos e aplicações da indústria 5.0.

4.1.1 Bibliometria

Utiliza-se de indicadores e dados bibliográficos com o objetivo de traçar a trajetória do desenvolvimento da produção científica, além de realizar análises dos estudos relevantes relacionados aos temas da pesquisa (Ciotti & Favretto, 2017).

Para a realização da bibliometria, inicialmente, foram estabelecidos alguns critérios de busca para que a triagem dos materiais ocorresse de maneira efetiva e eficiente, sendo eles: definição das palavras-chave de pesquisa, definição das bases de dados, filtragem de dados.

As palavras-chave definidas para pesquisa foram utilizadas em todas as bases de dados às quais foram realizadas as buscas, sendo elas: EBSCO, Scielo, Periódicos CAPES, Spell e *Science Direct*. As pesquisas e filtrações foram realizadas nas plataformas no dia 22 de setembro de 2022.

As palavras-chave utilizadas, e os dados iniciais de busca encontrados estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1

Artigos pesquisados sem processo de filtragem – Indústria 4.0

TERMOS DE BUSCA	EBSCO	SciELO	Periódicos CAPES	Spell	Science Direct	TOTAL
“Indústria 4.0” AND pilares	232	0	12	2	0	596
“Indústria 4.0” AND maturidade	106	0	12	2	0	466
“Indústria 4.0” AND “oficinas mecânicas”	1	0	0	0		2566
“Indústria 4.0” AND microempresas	11	1	1	0	0	2578
“Indústria 4.0” AND “pequenas empresas”	108	0	12	3	0	2688
TOTAL	1656	110	664	154	41	11362

Fonte: o autor (2022)

De acordo com os dados disponíveis na Tabela 1, é possível verificar que houve uma grande quantidade de artigos encontrados que se adequavam ao tema, mais especificamente um total de 11362 trabalhos. Assim, se tornou necessário estabelecer alguns critérios de filtragem para tornar possível o desenvolvimento do trabalho utilizando um número menor, e viável, de trabalhos.

Os critérios de filtragem utilizados foram: trabalhos disponíveis gratuitamente, trabalhos revisados por pares, revisão dos resumos dos trabalhos e retirada de trabalhos repetidos entre as plataformas. Dentre estes, o primeiro critério de filtragem utilizado foi a utilização de artigos disponíveis de forma gratuita, observando-se desta forma mudança no número de artigos a serem utilizados no trabalho, conforme dados da Tabela 2.

Tabela 2

Primeira filtragem: trabalhos gratuitos – Indústria 4.0

TERMOS DE BUSCA	EBSCO	Scielo	Periódicos	Spell	Science	TOTAL
	CAPES			Direct		
“Indústria 4.0”	428	109	627	147	41	1693
“Indústria 4.0” AND pilares	70	0	12	2	0	429
“Indústria 4.0” AND maturidade	25	0	12	2	0	378
“Indústria 4.0” AND “oficinas mecânicas”	0	0	0	0	0	2456
“Indústria 4.0” AND microempresas	6	1	1	0	0	2464
“Indústria 4.0” AND “pequenas empresas”	30	0	12	3	0	2501
AL	559	110	664	152	41	9921

Fonte: o autor (2022)

Contudo, a quantidade de artigos foi ainda elevada, requerendo um novo critério de filtragem, sendo utilizado “artigos revisados por pares”, com a finalidade de tornar maior a especificidade dos trabalhos selecionados mais alto. Os valores encontrados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3

Segunda filtragem: artigos revisados por pares – Indústria 4.0

TERMOS DE BUSCA	EBSCO	SciELO	Periódicos CAPES	Spell	Science Direct	TOTAL
“Indústria 4.0”	428	109	244	147	41	1310
“Indústria 4.0” AND pilares	70	0	3	2	0	420
“Indústria 4.0” AND maturidade	25	0	5	2	0	373
“Indústria 4.0” AND “oficinas mecânicas”	0	0	0	0	0	2456
“Indústria 4.0” AND microempres as	4	1	0	0	0	2461
“Indústria 4.0” AND “pequenas empresas”	30	0	1	3	0	2490
TOTAL	557	110	253	154	41	9510

Fonte: o autor (2022)

Assim como na filtragem anterior, houve redução do número de trabalhos encontrados, porém, sendo ainda um número alto, inviabilizando a leitura em sua totalidade. Assim, novo critério de filtragem foi utilizado, que se deu a partir da revisão dos resumos, por meio da leitura individual dos trabalhos, em busca de publicações que realmente se adequem ao tema estudado. Os valores estão disponíveis na Tabela 4.

Tabela 4

Terceira filtragem: revisão por resumos – Indústria 4.0

TERMOS DE BUSCA	EBSCO	Scielo	Periódicos CAPES	Spell	Science Direct	TOTAL
“Indústria 4.0”	25	3	10	10	0	48
“Indústria 4.0” AND pilares	3	0	0	1	0	4
“Indústria 4.0” AND maturidade	3	0	3	2	0	8
“Indústria 4.0” AND “oficinas mecânicas”	0	0	0	0	0	0
“Indústria 4.0” AND microempres as	0	0	0	0	0	0
“Indústria 4.0” AND “pequenas empresas”	1	0	0	0	0	1
TOTAL	32	3	13	14	0	62

Fonte: o autor (2022)

Com a revisão por resumos, alcançou-se um número viável de trabalhos científicos para a realização da pesquisa, isto é, 62 trabalhos. Entretanto, ainda foi necessária a realização de mais uma filtragem, haja vista a repetição de trabalhos entre diferentes plataformas. Com a retirada de trabalhos repetidos, o número final de trabalhos selecionados foi 37, conforme apresentados na tabela 5.

Tabela 5

Artigos utilizados no trabalho – Indústria 4.0

EBSCO	Scielo	Periódicos	Spell	Science Direct	TOTAL
20	2	6	9	0	37

Fonte: o autor (2022)

Posteriormente, realizou-se o mesmo processo no dia 22 de março de 2023 para a seleção de artigos sobre a indústria 5.0, conforme exposto a partir da Tabela 6.

Tabela 6

Artigos pesquisados sem processo de filtragem – Indústria 5.0

TERMOS DE BUSCA	EBSCO	Scielo	Periódicos	Spell	Science Direct	TOTAL
"Industry 5.0"	2584	1	500	0	461	3546
"Indústria 5.0"	4	0	6	0	0	10
"Industry 5.0"	221	0	9	0	96	326
AND pillars						
"Indústria 5.0"	1	0	0	0	0	1
AND pilares"						
"Industry 5.0"	267	0	6	0	66	339
AND maturity						
"Indústria 5.0"	0	0	0	0	0	0
AND						
"maturidade"						
"Industry 5.0"	1	0	0	0	1	2
AND						
"mechanical metal industry"						
"Indústria 5.0"	0	0	0	0	0	0
AND "indústria						

metal						
mecânica”						
“Industry 5.0”	1	0	0	0	1	2
AND						
“agroindustry”						
“Indústria 5.0”	0	0	0	0	0	0
AND						
“agroindústria”						
TOTAL	3193	1	521	0	624	4339

Fonte: o autor (2023)

De acordo com os dados disponíveis na Tabela 6, foram encontrados 4339 trabalhos, tornando necessária a realização do mesmo procedimento de bibliometria utilizado para a seleção dos artigos relacionados ao tema indústria 4.0.

Tabela 7

Primeira filtragem: trabalhos gratuitos – Indústria 5.0

TERMOS DE BUSCA	EBSCO	Scielo	Periódicos CAPES	Spell	Science Direct	TOTAL
“Industry 5.0”	1551	1	346	0	461	2359
“Indústria 5.0”	2	0	6	0	0	8
“Industry 5.0”	182	0	5	0	96	283
AND pillars						
“Indústria 5.0”	0	0	0	0	0	0
AND pilares”						
“Industry 5.0”	197	0	4	0	66	267
AND maturity						
“Indústria 5.0”	0	0	0	0	0	0
AND						
“maturidade”						

<i>"Industry 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
AND						
<i>"mechanical metal industry"</i>						
<i>"Indústria 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
AND <i>"indústria metal mecânica"</i>						
<i>"Industry 5.0"</i>	1	0	0	0	0	1
AND <i>"agroindustry"</i>						
<i>"Indústria 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
AND <i>"agroindústria"</i>						
TOTAL	1933	1	361	0	623	2918

Fonte: o autor (2023)

Os dados apresentados na Tabela 7 mostram um número ainda elevado de artigos, assim realizou-se nova filtragem de artigos de acordo com o critério: revisados por pares, conforme descrito na Tabela 8.

Tabela 8

Segunda filtragem: artigos revisados por pares – Indústria 5.0

TERMOS DE BUSCA	EBSCO	Scielo	Periódicos CAPES	Spell	Science Direct	TOTAL
<i>"Industry 5.0"</i>	285	1	346	0	274	906
<i>"Indústria 5.0"</i>	0	0	3	0	0	3
<i>"Industry 5.0"</i> AND <i>pillars</i>	25	0	3	0	61	89
<i>"Indústria 5.0"</i> AND <i>pilares</i>	0	0	0	0	0	0

<i>"Industry 5.0"</i>	17	0	3	0	38	58
<i>AND maturity</i>						
<i>"Indústria 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
<i>AND</i>						
<i>"maturidade"</i>						
<i>"Industry 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
<i>AND</i>						
<i>"mechanical metal industry"</i>						
<i>"Indústria 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
<i>AND "indústria metal mecânica"</i>						
<i>"Industry 5.0"</i>	1	0	0	0	0	1
<i>AND</i>						
<i>"agroindustry"</i>						
<i>"Indústria 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
<i>AND</i>						
<i>"agroindústria"</i>						
TOTAL	328	1	355	0	373	1057

Fonte: o autor (2023)

Houve redução do número de trabalhos encontrados, porém, ainda um número alto, inviabilizando a leitura em sua totalidade. Desta forma, realizou-se nova filtragem utilizando o filtro: revisão por resumos, conforme a Tabela 9.

Tabela 9

Terceira filtragem: revisão por resumos – Indústria 5.0

TERMOS DE BUSCA	EBSCO	Scielo	Periódicos CAPES	Spell	Science Direct	TOTAL
<i>"Industry 5.0"</i>	34	1	42	0	11	88
<i>"Indústria 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
<i>"Industry 5.0"</i>	2	0	1	0	3	6
<i>AND pillars</i>						
<i>"Indústria 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
<i>AND pilares"</i>						
<i>"Industry 5.0"</i>	0	0	2	0	2	4
<i>AND maturity</i>						
<i>"Indústria 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
<i>AND</i>						
<i>"maturidade"</i>						
<i>"Industry 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
<i>AND</i>						
<i>"mechanical metal industry"</i>						
<i>"Indústria 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
<i>AND "indústria metal mecânica"</i>						
<i>"Industry 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
<i>AND</i>						
<i>"agroindustry"</i>						
<i>"Indústria 5.0"</i>	0	0	0	0	0	0
<i>AND</i>						
<i>"agroindústria"</i>						
TOTAL	36	1	45	0	16	98

Fonte: o autor (2023)

Foi necessária a realização de mais uma filtragem, haja vista a repetição de trabalhos entre diferentes plataformas. Com a retirada de trabalhos repetidos, o número de artigos foi 52, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10

Artigos utilizados no trabalho – Indústria 5.0

EBSCO	SciELO	Periódicos CAPES	Spell	Science Direct	TOTAL
26	1	18	0	7	52

Fonte: o autor (2023)

Após todos os critérios de filtragem aplicados, restaram 52 artigos para a utilização na revisão bibliográfica do trabalho, relacionados ao tema indústria 5.0. Somados com os 37 artigos relacionados ao tema da indústria 4.0, totalizou-se 89 os artigos utilizados para confecção deste trabalho.

A tabela 11 detalha a origem geográfica dos artigos, detalhadas por país.

Tabela 11

Origem geográfica dos artigos

País	Quantidade	Proporção
Brasil	37	41,57%
Suíça	22	24,72%
Austrália	5	5,62%
Estados Unidos	3	3,37%
Espanha	3	3,37%
Alemanha	3	3,37%
Inglaterra	2	2,24%
Itália	2	2,24%
Suécia	2	2,24%
Arábia Saudita	1	1,12%
Cuba	1	1,12%
Países Baixos	1	1,12%
Polônia	1	1,12%
Indonésia	1	1,12%
Rússia	1	1,12%
Hungria	1	1,12%
Eslovênia	1	1,12%
Total	89	100%

Fonte: o autor (2024)

De acordo com os dados disponíveis na tabela 11, foram utilizados trabalhos publicados em diversos países, sendo predominantes revistas brasileiras e publicações na Suíça, que trouxeram diversos conceitos a respeito da indústria 5.0.

A tabela 12 traz os dados dos artigos separados por data de publicação, baseadas no ano.

Tabela 12

Data de publicação dos artigos

Ano	Quantidade	Proporção
2015	3	3,37%
2016	1	1,12%
2017	2	2,24%
2018	2	2,24%
2019	9	10,11%
2020	19	21,35%
2021	10	11,24%
2022	33	37,08%
2023	10	11,24%
Total	89	100%

Fonte: o autor (2024)

De acordo com os dados disponíveis na tabela 12, foram priorizados artigos dos últimos dez anos para a execução deste trabalho, predominando publicações do ano de 2020 até o ano de 2023, sendo o ano de 2022 o que traz maior número de publicações sobre este tema de pesquisa.

A tabela 13 traz a distribuição dos artigos utilizados baseados nos periódicos em que foram publicados.

Tabela 13

Periódicos em que se encontram os artigos

Revista	Quantidade	Proporção
Revista Gestão & Tecnologia	8	8,99%
<i>Sustainability</i>	5	5,62%
<i>Future Studies Researches</i>	5	5,62%
<i>Journal</i>		
<i>Scientia cum Industria</i>	4	4,49%
O Papel	4	4,49%
	76	

<i>IEEE Access</i>	4	4,49%
<i>Applied Sciences</i>	3	3,37%
Administração de Empresas em Revista	2	2,24%
<i>Energies</i>	2	2,24%
<i>Advances in Science and Technology Research Journal</i>	2	2,24%
<i>Applied System Innovation</i>	2	2,24%
<i>Machines</i>	2	2,24%
<i>Journal of Manufacturing Systems</i>	2	2,24%
<i>Sensors</i>	2	2,24%
<i>Manufacturing Letters</i>	1	1,12%
Revista Brasileira de Inovação	1	1,12%
Revista Produção e Desenvolvimento	1	1,12%
<i>International Journal of Professional Business Review</i>	1	1,12%
Revista FSA	1	1,12%
Revista Controle	1	1,12%
<i>Interciencia</i>	1	1,12%
<i>Acta Scientiarum</i>	1	1,12%
Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação	1	1,12%
FGV EBAPE	1	1,12%
<i>International Journal of Inovation</i>	1	1,12%
<i>Nova Scientia</i>	1	1,12%

DA Pesquisa	1	1,12%
<i>Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications</i>	1	1,12%
ISSN		
Revista ENIAC Pesquisa	1	1,12%
Revista Eletrônica do Mestrado Profissional em Administração da UnP	1	1,12%
<i>Journal of Engineering</i>	1	1,12%
<i>Geosul</i>	1	1,12%
<i>Green Technologies and Sustainability</i>	1	1,12%
<i>International Journal of Production Economics</i>	1	1,12%
<i>International Journal of Management, Knowledge and Learning</i>	1	1,12%
<i>Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences</i>	1	1,12%
<i>E3S Web of Conferences</i>	1	1,12%
<i>Symphonya. Emerging Issues in Management</i>	1	1,12%
<i>The Asian Journal of Shipping and Logistics</i>	1	1,12%
<i>IFAC-PapersOnLine</i>	1	1,12%
<i>Research</i>	1	1,12%
<i>Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity</i>	1	1,12%

<i>Logistics</i>	1	1,12%
<i>MATEC Web of Conferences</i>	1	1,12%
<i>Journal of Cloud Computing</i>	1	1,12%
<i>Metathesis: Journal of English Language, Literature, and Teaching</i>	1	1,12%
<i>Anais da Academia Brasileira de Ciências</i>	1	1,12%
<i>Rivista Italiana di Informatica e Diritto</i>	1	1,12%
<i>Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento</i>	1	1,12%
<i>Organizacija</i>	1	1,12%
<i>Sustainable Production and Consumption</i>	1	1,12%
<i>Proceedings on Engineering Sciences</i>	1	1,12%
<i>Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents</i>	1	1,12%
<i>Processes</i>	1	1,12%
<i>Tourism Management</i>	1	1,12%
<i>Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial</i>	1	1,12%
Total	89	100%

Fonte: o autor (2024)

De acordo com os dados disponíveis na tabela 13, diversos periódicos foram utilizados para compor a pesquisa, predominando os seguintes: *Revista Gestão & Tecnologia*, *Sustainability e Future Studies Researches Journal* entre os periódicos utilizados com mais frequência.

4.1.2 Caracterização das empresas e dos entrevistados

As entrevistas foram realizadas em quatro empresas, denominadas A, B, C e D, realizadas com os gestores – denominados GA, GB, GC e GD – e os colaboradores – denominados CA, CB, CC e CD. A Figura 17 detalha as empresas participantes do projeto. A informação quanto ao porte e ramo das empresas foi extraído da plataforma Econodata.

Figura 17

Empresas participantes da pesquisa

Empresa	Porte	Ramo
A	Grande	Indústria alimentícia – fabricação de bebidas
B	Médio	Indústria alimentícia – foco em logística
C	Grande	Indústria metal mecânica – fabricação de máquinas e equipamentos agrícolas
D	Médio	Indústria metal mecânica – fabricação de embreagens e amortecedores

Fonte: o autor (2023)

As entrevistas foram divididas em dois roteiros diferentes, sendo um para os gestores e outro para os colaboradores, conforme descrito na Figura 18, com as respectivas codificações de identificação utilizada ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Figura 18

Data de realização das entrevistas

Gestor participante	Data da entrevista	Colaborador participante	Data da entrevista
GA	26/10/2023	CA	26/10/2023
GB	31/10/2023	CB	31/10/2023
GC	07/11/2023	CC	07/11/2023
GD	08/11/2023	CD	08/11/2023

Fonte: o autor (2023)

4.1.3 Discussão por categorias de análise

Nesta seção iniciam-se as discussões por categorias de análise, distribuídas entre os principais temas abordados nas entrevistas e encontrados nas respostas de suas perguntas, por meio de uma análise de conteúdo.

As categorias delimitadas são as seguintes:

- Qualificação/Conhecimento/Treinamento
- Tecnologia/Produtividade
- Barreiras/Dificuldades
- Melhorias
- Indicadores
- Financeiro/Custos
- Sustentabilidade
- Segurança
- Competitividade
- Estratégia/Plano de ação

Para a realização das entrevistas baseadas em diferentes pontos de vista de gestores e colaboradores, foram elaborados dois roteiros de entrevistas, respectivamente para cada grupo. Os roteiros de entrevistas foram divididos nos três principais conceitos-chave da indústria 5.0: Centricidade Humana, Resiliência e Sustentabilidade.

A análise dos temas foi realizada por meio de uma correlação entre citações encontradas na literatura e as respostas das perguntas realizadas nas entrevistas e, assim, realizou-se a análise de conteúdo delas a fim de possibilitar a melhor interpretação.

As Figuras 19 e 20 ilustram o roteiro de entrevista semiestruturada utilizado para a coleta de dados.

Figura 19

Roteiro de entrevistas para gestores

Número	Pergunta
Centricidade Humana	
1	Qual sua percepção sobre a qualificação de seus colaboradores para a utilização de tecnologias e serviços online?
2	Há rotina de treinamentos e capacitações para qualificar os colaboradores para o uso dessas tecnologias?
3	Como são realizados e monitorados os aspectos motivacionais para os trabalhadores executarem os novos processos?
4	Como ocorre o estudo para atualização de tecnologias?
5	Foi necessário realizar remanejamento e/ou de pessoal para implantação de tecnologias e conceitos das indústrias 4.0 e 5.0?
6	Houve mudanças no organograma após a aplicação das indústrias 4.0 e 5.0?
7	Como foi realizada a sensibilização dos colaboradores às indústrias 4.0 e 5.0?
8	Os colaboradores estão familiarizados com a utilização das tecnologias 4.0 e 5.0?
9	Houve comunicação que desse a entender que os colaboradores não seriam substituídos pela tecnologia?
10	Quais as ações realizadas e/ou previstas para reduzir as barreiras entre os colaboradores e as novas tecnologias?
11	Há um plano de treinamento visando as constantes e futuras mudanças tecnológicas?
Resiliência	
1	Quais dificuldades foram encontradas no processo de implantação das tecnologias da indústria 4.0 e 5.0?
2	Quais mudanças no processo são consideradas criativas por meio das tecnologias?
3	Houve ganhos de produtividade com as indústrias 4.0 e 5.0 no processo produtivo da empresa?
4	Na sua opinião, quão avançada está a implantação dos pilares da indústria 4.0 nos processos da empresa?
5	Há indícios de melhorias econômicas da empresa após a implantação das novas tecnologias?
6	Como a empresa mantém a segurança da informação?
7	Na sua opinião, quão avançada está a implantação dos elementos-chave da indústria 5.0 nos processos da empresa?
8	Quais ações já foram realizadas para a implantação das indústrias 4.0 e 5.0 na empresa?
9	Quais as principais barreiras para a implantação das indústrias 4.0 e 5.0 nos processos da empresa?
10	Foi necessário trocar máquinas e equipamentos para a implantação dos pilares da indústria 4.0?

11	Houve extinção de processos e atividades dentro da empresa após a implantação da indústria 4.0?
12	Quais estratégias financeiras a empresa adotou para implantar a indústria 4.0?
13	Quais estratégias financeiras estão previstas para a evolução da indústria 4.0 para a indústria 5.0?
14	Alguma tecnologia foi inviável financeiramente de aplicação?
15	Os custos de implantação das tecnologias 4.0 e 5.0 ainda são fatores que impedem a evolução desses processos dentro da empresa?
16	Há um plano de ação programado como política para estabilização da implantação das tecnologias da indústria 4.0 e indústria 5.0?
17	A implantação das tecnologias 4.0 e 5.0 propôs maior grau de competitividade para a empresa?
18	Há um plano de ação para manter as constantes evoluções tecnológicas?
19	Houve ganhos de produtividade com a indústria 4.0 no processo produtivo da empresa?
20	Há planejamento e definição de indicadores sobre a indústria 5.0 nos processos da empresa?
21	Quais indicadores foram implantados para o controle da implantação da indústria 5.0?
Sustentabilidade	
1	Foi necessário alterar o <i>layout</i> da empresa para a implantação da indústria 4.0?
2	Há planejamento e definição de indicadores sobre a indústria 4.0 nos processos da empresa?
3	Quais indicadores foram implantados para o controle da implantação da indústria 4.0?
4	Quais ferramentas são utilizadas para realizar e manter o planejamento para implantar e manter a indústria 4.0?
5	Houve extinção de processos e atividades dentro da empresa após a implantação da indústria 5.0?
6	Há um plano de ações ambientais voltadas para a sustentabilidade utilizando as tecnologias 4.0 e 5.0?
7	As tecnologias trouxeram melhorias para a sua empresa?

Fonte: o autor (2023)

Figura 20

Roteiro de entrevistas para colaboradores

Número	Pergunta
Centricidade Humana	
1	Quais as principais dificuldades encontradas para a implantação da indústria 4.0 e da indústria 5.0 nos seus processos?
2	Na sua opinião, o foco no ser humano que a indústria 5.0 traz em relação às tecnologias da indústria 4.0 proporciona melhoria nos custos da empresa?
3	Você acredita que a implantação de novas tecnologias afeta financeiramente a sua questão salarial?
4	O que você conhece sobre as indústrias 4.0 e 5.0?
5	Quais tecnologias as empresas passaram a ter acesso com a implantação da indústria 4.0?
6	Quais os desafios para execução das tarefas com a implantação das novas tecnologias?
7	A implantação de novas tecnologias melhorou suas condições de trabalho?
8	A implantação da indústria 4.0 trouxe inseguranças quanto ao seu emprego?
9	A implantação da indústria 5.0 diminuiu inseguranças quanto ao seu emprego?
10	Antes da implantação, você já tinha algum conhecimento ou domínio das tecnologias que foram implantadas?
11	Como foi a comunicação da empresa a respeito da implantação das tecnologias da indústria 4.0?
12	A empresa demonstrou preocupação com os colaboradores no processo de implantação da indústria 4.0?
13	Foram realizados treinamentos para a implantação das tecnologias da indústria 4.0?
14	A empresa tem inserido as pessoas nos processos de execução das tecnologias?
15	A implantação das novas tecnologias ocasionou perda de colaboradores?
16	Vocês se sentem excluídos dos processos da empresa com a implantação das novas tecnologias?
17	Como você avalia o seu aprendizado com a inserção de novas tecnologias?
Resiliência	
1	Qual a situação atual a respeito do financeiro para as pesquisas da implantação das tecnologias 4.0 e 5.0 nas empresas?
2	Na sua opinião, o foco no ser humano que a indústria 5.0 traz em relação às tecnologias da indústria 4.0 proporciona melhoria nos custos?

3	Você tem sugestões de estratégias financeiras para a implantação da indústria 4.0?
4	Você tem sugestões de estratégias financeiras para a evolução da indústria 4.0 para a indústria 5.0?
5	Você acredita que a empresa ganhou competitividade em relação à concorrência com a implantação das novas tecnologias?
6	Há competitividade entre os colaboradores?
7	Há um plano de ação para manter a implantação das novas tecnologias e promover melhorias e atualizações contínuas?
8	Quais são as sugestões de boas práticas para as empresas quanto à implantação das tecnologias 4.0 e 5.0?
9	Há indicadores para controle dos processos com a indústria 4.0?
Sustentabilidade	
1	Existe plano de ação para a inserção das novas tecnologias e adesão dos colaboradores a elas?
2	Houve avanços em processos sustentáveis após a implantação das novas tecnologias?
3	Existe plano de ação para ações sustentáveis voltadas às novas tecnologias?

Fonte: o autor (2023)

Os roteiros de entrevista semiestruturada foram utilizados como base para a execução delas com os gestores e os colaboradores. A elaboração do roteiro foi de autoria própria, separando as perguntas entre os três conceitos-chave da indústria 5.0 (Centricidade Humana, Resiliência e Sustentabilidade). Outras perguntas foram realizadas e algumas suprimidas de acordo com as respostas dos entrevistados, com a finalidade de coletar o maior número de dados possível. Antes da aplicação das entrevistas, foi realizado um teste dos roteiros com gestores e colaboradores das empresas participantes, mas que não participaram da aplicação efetiva das entrevistas que serviram para a coleta de dados.

4.1.3.1 Qualificação/Conhecimento/Treinamento

O primeiro tema delimitado foi a junção das afirmações que trataram de qualificação, conhecimento e treinamento, haja vista que suas perguntas e respostas são relacionadas entre si.

Treinamento técnico e experiência adquirida ao longo do tempo pelos empregados em determinado campo do conhecimento, quanto maior, mais aptos estarão para assimilar

e transformar o novo conhecimento, gerando a necessidade de aquisição de novos conhecimentos a partir do conhecimento prévio em determinado campo (Ciotti & Favretto, 2017).

Mas quando a gente fala, por exemplo, de linha de produção, de processo, quanto mais tecnológico for, maior precisa ser o conhecimento técnico. Então, hoje, por exemplo, para a linha de produção, para a questão de processos, a gente não consegue contratar uma pessoa que não tenha um técnico nessa área, ou não tenha um conhecimento breve nessa área. Então a questão do conhecimento impacta diretamente. (GA)

Nos treinamentos de operação e manutenção, o fornecimento de material totalmente digital e compatível com simuladores e ferramentas de medição de performance já é uma realidade (Capa, 2019).

“Hoje, por exemplo, quem trabalha nas linhas do *tech* tem muita questão de ter eletromecânicos, eletrotécnicos, que precisa ter um conhecimento técnico um pouco mais arrojado para conseguir estar fazendo essa função” (GA).

O crescimento basicamente nos é indicado como um fator que visa sumariamente o aumento de receita na empresa e que basicamente explica a importância de treinamento de pessoal na parte de liderança de operações e a prática da empresa mudar constantemente, se aperfeiçoando (Venâncio & Brezinski, 2017).

A aquisição de habilidades pode se dar a partir de treinamentos dos empregados ou da contratação de serviços externos especializados. Cada qual possui vantagens e desvantagens que precisam ser analisadas (Santos, 2018).

“Costumamos conversar com os colaboradores a respeito da nova tecnologia inserida, a sua importância e estimulando-os a participar do treinamento e, assim, aderirem melhor às suas práticas” (GD).

“Quando a gente passa algum treinamento, já pega um feedback na hora, perguntando como foi, o que conseguiu distrair daquele treinamento, mas não é nada muito formal” (GA).

Aumentar o nível de serviços orientados por dados; e, incrementar os programas de treinamento e desenvolvimento profissional por meio de uma avaliação sistemática das

necessidades, com a utilização de tecnologias como realidade virtual aumentada para o treinamento dos funcionários (Colenci Neto et al., 2020).

Pode-se afirmar que o expressivo aumento no número de informações e a demanda pela entrega produtos e serviços de forma cada vez mais eficiente tornou imperativo o uso de tecnologias nas organizações. Consonantemente, surgem a cada dia novas ferramentas e técnicas que facilitam o emprego da Gestão do Conhecimento e viabilizam o desenvolvimento de ações nas instituições (Domenico et al., 2020).

“Todo novo processo, são realizados treinamentos sob demanda para que as pessoas possam ser inseridas, conforme a demanda daquele processo” (GB). Essa constatação foi identificada com as pessoas GC, GD, CB, CC e CD, o que evidencia a falta de uma rotina de treinamentos pré-determinada nas empresas algo comum.

Em um ponto diferenciado das demais, a pessoa GA afirmou:

Quanto à questão de qualificação a gente tem uma rotina de treinamento, a gente costuma fazer um dia de treinamento, a gente chama aqui na empresa como o dia D, que é justamente um dia D treinamento, onde os colaboradores vêm no seu dia de folga, vêm treinados em muitos dos aspectos e alguns pilares de gente, segurança, qualidade, produtividade e aí andam vários tipos de treinamento. [...]Então, existe um treinamento um pouco mais organizado, mas na rotina do dia a dia, não. Eu acho que tendo cronogramas mais claros e um método formal, seria muito mais fácil ter nas pessoas. Haveria um padrão (GA).

Fica evidente que além do conhecimento técnico o profissional precisa saber colocar seu conhecimento em prática, solucionando problemas com criatividade e inovação, gerando valor para a organização em que está atuando, contribuindo para a construção da vantagem competitiva necessária para as organizações da quarta revolução industrial (Aires et al., 2017).

A respeito de ações que visem melhorar as questões a respeito de treinamento e qualificação:

A gente estava tendo com o SONARES, agora é uma parceria para realizar alguns cursos de forma gratuita, para tentar aumentar essa questão do conhecimento. E

temos os próprios treinamentos feitos na Ambev. Então, alguns treinamentos de segurança, alguns treinamentos mais voltados para o conhecimento técnico, para tecnologias (GA).

Ainda sobre as ações: “Começou com controle de produção via processos produtivos, até de ter a pessoa que vai dar treinamento, a pessoa que vai cuidar desse tema, vai olhar para isso. Então, abri um setor novo, foram feitas contratações, para viabilizar a implantação [...] Procuramos coletar a opinião dos colaboradores para perceber a efetividade do treinamento.” (GB). “Procuramos trazer ciência aos colaboradores de que é necessário para a execução dos processos, assim como para a sua qualificação [...] Por meio de conversas com os colaboradores, foi possível avaliar como eles absorvem a questão dos treinamentos.” (GC). Afirmação confirmada pela pessoa CC, que reafirmou a existência de diálogo entre gestores e colaboradores como meio de melhor qualificar a mão de obra, mesmo com o aprendizado constante, que traz o desafio de manter constante a qualificação e atualização das tecnologias e da qualificação. CD afirma que “A empresa demonstra interesse em conversar com os colaboradores e mapear como melhorar a situação da qualificação da mão de obra” (CD).

A respeito das ações necessárias em busca de uma melhor qualificação da mão de obra: “Diretamente para treinamentos e tecnologias não, mas as tecnologias são utilizadas para dar esse acesso aos colaboradores verem seus resultados.” (GB). No entanto, ainda são encontrados obstáculos: “e, também, a mão de obra qualificada ainda é escassa no mercado, e isso complica bastante na hora de repassar o funcionamento delas e capacitar os colaboradores.” (GD). “A maior dificuldade, na verdade, foi a parte de capacitação dos colaboradores e a disseminação dessa informação para a operação como um todo.” (CA). A pessoa CD identifica a qualificação da mão de obra como uma dificuldade, aliada ao alto custo de implantação das tecnologias.

Essas afirmativas se complementam com algumas sugestões:

Realizar um plano de treinamento claro, com uma comunicação adequada aos colaboradores, de forma com que haja metas e objetivos para a qualificação de mão de obra, como meio para estimular que isso ocorra, e inserir mais os colaboradores nos processos de mudança tecnológica desde a sua concepção (CC).

Encontram-se as seguintes afirmativas: “Falta uma rotina de treinamento mais adequada” (CA). “Manter uma rotina de treinamentos e tornar mais claro aos colaboradores as metas e objetivos, inclusive quando falamos de novas tecnologias.” (CD).

Quanto aos ganhos em capacitação, “ainda tem muito conhecimento para dar eficiência à operação.” (GA). “Não foi necessário remanejar pessoal, apenas adequá-los, com treinamentos e capacitações para as novas tarefas [...] Há ganho de produtividade, com maior tempo e capacidade produtiva, melhor qualidade e maior possibilidade de realização de outras atividades.” (GB). “melhor qualificação da mão de obra e isso trará retornos futuros para a empresa” (CC). “Positivamente, o aprendizado com as atualizações tecnológicas nos permite maior praticidade” (CD).

A gente tem competências bem específicas, que às vezes a gente traz uma máquina, enfim, uma tecnologia mais apurada e você não tem profissionais no mercado, que você tem que buscar esse profissional fora de larga ou promover o desenvolvimento e o crescimento desse movimento dessa pessoa aqui dentro da empresa mesmo buscando qualificação fora se for necessário (CB).

Diante das afirmações realizadas nas entrevistas pelos colaboradores e gestores, é possível identificar dificuldades com relação a obtenção de mão de obra qualificada e adequada aos processos tecnológicos que se encontram em constante atualização. Sendo assim, é um desafio capacitar os gestores e colaboradores para adequarem seus processos às novas tecnologias, de modo a maximizar a utilização de seus recursos e, assim, aumentar a produtividade de seus processos.

Os dados coletados abordam a relevância da qualificação, conhecimento e treinamento no contexto da evolução tecnológica e do ambiente de trabalho. Destaca-se a relação entre treinamento técnico, experiência e a capacidade de assimilar novos conhecimentos. A necessidade de profissionais com conhecimento técnico, principalmente em ambientes tecnológicos, é ressaltada, indicando uma demanda crescente por habilidades específicas.

As empresas estão adotando práticas de treinamento mais digitalizadas, utilizando simuladores e ferramentas de medição de desempenho. Além disso, ressalta a importância

do crescimento para a empresa, evidenciando a necessidade de treinamento constante, especialmente para liderança de operações.

Destaca-se a aquisição de habilidades por meio de treinamentos ou contratação de serviços externos especializados. A interação entre colaboradores e novas tecnologias é enfatizada, destacando a importância de manter uma força de trabalho atualizada e apta a lidar com inovações.

É identificada a falta de uma rotina de treinamentos pré-determinada nas empresas, indicando a necessidade de uma abordagem mais sistemática e formal para garantir a constante qualificação da mão de obra. São apresentadas ações específicas, como o "dia D" de treinamento, cursos gratuitos em parceria e a coleta de opiniões dos colaboradores para avaliar a efetividade dos treinamentos.

Sendo assim, enfatiza-se a importância não apenas do conhecimento técnico, mas da capacidade de aplicar esse conhecimento na prática, solucionando problemas com criatividade e inovação. Além disso, são apresentadas sugestões para melhorar a qualificação da mão de obra, incluindo a implementação de planos de treinamento claros, comunicação adequada, metas e objetivos para estimular a qualificação.

Por fim, a complexidade da gestão de conhecimento e treinamento em um ambiente de constante evolução tecnológica, destacando a importância de estratégias eficazes para manter uma força de trabalho qualificada e alinhada com as demandas da Indústria 4.0.

4.1.3.2 Tecnologia/Produtividade

As tecnologias digitais estão cada vez mais inseridas no cotidiano das pessoas, trazendo modificações nas formas de ser e de estar na sociedade, em especial, fazendo surgir o conceito da indústria 4.0, que se apresenta como uma demanda real, nova e urgente. As tecnologias digitais, em suas diferentes formas, podem atuar como mediadoras dos processos educativos em vários contextos, mas para que isso aconteça é necessário um redimensionamento das práticas vigentes a fim de que elas favoreçam a formação humana e tecnológica. (Rosito et al., 2020).

A tecnologia, como segundo fator-chave da gestão eficaz no cenário atual, exige que as empresas avancem rumo a uma transformação digital. Esse caminho não é tão simples como parece. O processo de transformação digital é antes de tudo um processo de transformação cultural (Capa, 2019).

Sobre questão de produtividade em antes e após a implantação nada dessas tecnologias muito que foi sobre confiabilidade da informação. Onde existem informação num tempo muito mais ágil e confiável do que, antes mas os estudos de produtividade em si como por exemplo de comparação entre uma empilhadeira combustão e uma empilhadeira elétrica, elas acabam sendo semelhantes, até porque de velocidade elas são bem parecidas o que vai mais impactar mesmo é realmente a questão de emissão de gases e meio ambiente (GC).

Houve ganhos consideráveis de produtividade, afinal, uma tecnologia bem implementada, com os colaboradores inseridos dentro dela e, ainda, conhecendo melhor seus detalhes, permite uma melhor realização das tarefas, em menor tempo, permitindo realizar outros processos, ganhar tempo, capacidade produtiva e um melhor atendimento aos nossos clientes internos e externos (GD).

A manufatura avançada, ou Indústria 4.0, suportada pelas tecnologias emergentes e novos conceitos de gestão, trarão ganhos de produtividade, qualidade e redução de custos e prazos, aumentando a eficiência na utilização dos recursos e maximizando os resultados das empresas. A demanda dos consumidores por produtos e serviços customizados e inovadores, traz como consequência a redução dos prazos ao longo de toda a cadeia de valor, desde a concepção, passando pelo projeto e fabricação, até a entrega dos produtos e serviços. As tecnologias da Indústria 4.0, têm potencial de interferir significativamente em todos os processos de negócio, estreitando a relação com os consumidores e propiciando novos modelos de negócio (Santos, 2018).

Há um tempo atrás, antes da tecnologia, você não tinha tantas vezes, digamos assim, para conseguir ver qualquer informação, como que está a curva de fermentação ou qualquer coisa assim. Nesse caso, o próprio sistema reconhece uma falha ou uma falha potencial. Se tiver, tipo, lá, teve um aumento de uma temperatura que não era para ser avançado daquela forma. O sistema já vai tirar um alerta e, a partir desse alerta, você vai descobrir (GA).

As novas tecnologias não são introduzidas no sistema ao mesmo tempo e nem na sua

melhor ou mais apropriada versão, mas, ao contrário, carecem de diferentes e variados aperfeiçoamentos. Mesmo que relevantes individualmente, as complementariedades e sinergias entre as tecnologias inovadoras são vitais às transformações estruturais que estão por vir. Assim, (Lima & Gomes, 2020).

Segundo CD, as condições de trabalho melhoraram, pois foi possível produzir mais, em menos tempo e com melhor qualidade. Afirmção complementada por CC, “Traz mais praticidade e rapidez para a execução das tarefas. Uma vez que se aprende a mexer bem com a tecnologia, ela acaba se tornando algo indispensável na rotina”. GA reafirma o que foi dito, complementando a redução de falhas nos processos.

Principalmente hoje em dia, quando a gente fala de inteligência artificial as possibilidades são infinitas. A gente pode ir desde uma otimização de programação até uma inteligência artificial sendo utilizada para o conhecimento de imagens, para animais, etc [...] então, com certeza, tem um grande aumento de preço de investimento. E, na casa, a gente já viu que uma casa fica a outra, com indícios de melhorias econômicas, fazendo sentido de serviços e de falhas. E você consegue produzir mais. Então, imagina, você tem um sistema em uma pessoa, visualizando as falhas de uma embalagem, com barato, muito lentamente. Você vai conseguir mandar os maquinários até o ponto que a observação humana consiga detectar falhas. Mas, quando a gente fala de aumentar a velocidade, porque você tem uma tecnologia envolvida naquilo, a tua capacidade produtiva, por horas, aumenta drasticamente. Ela é em um processo de dados. E tira parte manual e torna as pessoas mais pensadoras, não tanto executoras (GA).

GA afirma que as pessoas se mostram bastante entrosadas com as tecnologias, de modo geral, mesmo havendo carência de um programa adequado de treinamentos, afirmativa reforçada por GB, que percebeu melhores condições de trabalho e maior produtividade em situações que já houve a implantação tecnológica do processo, que ainda está em andamento na empresa. CC identifica a otimização como meio para melhor aproveitar os recursos do processo e melhorar custos, reafirmado por CD, que complementa que os processos trabalham de forma conectada e automatizada, elevando a produtividade.

Qualificação, conhecimento e treinamento, no contexto das mudanças tecnológicas e no ambiente de trabalho, trazem uma ênfase particular dada à interação entre treinamento técnico, experiência e a capacidade de assimilar novos conhecimentos. A demanda por profissionais com conhecimentos técnicos é destacada, especialmente em ambientes tecnológicos, indicando a crescente necessidade de habilidades específicas.

As empresas estão se adaptando a práticas de treinamento mais digitalizadas, incorporando simuladores e ferramentas de medição de desempenho e se ressalta a importância do crescimento para as empresas, enfatizando a necessidade de treinamento contínuo, especialmente para cargos de liderança em operações.

A aquisição de habilidades é discutida, tanto por meio de treinamentos internos quanto pela contratação de serviços externos especializados. Destaca-se a interação entre os colaboradores e as novas tecnologias, sublinhando a importância de manter uma força de trabalho atualizada e preparada para lidar com inovações.

Identificou-se a ausência de uma rotina de treinamentos definida nas empresas, sugerindo a necessidade de uma abordagem mais sistemática e formal para garantir a constante qualificação da mão de obra. São apresentadas ações específicas, como o "dia D" de treinamento, cursos gratuitos em parceria e a coleta de opiniões dos colaboradores para avaliar a eficácia dos treinamentos.

Além do conhecimento técnico, enfatiza-se a importância da aplicação prática desses conhecimentos, resolvendo problemas com criatividade e inovação. Sugestões são oferecidas para aprimorar a qualificação da mão de obra, incluindo a implementação de planos de treinamento claros, comunicação adequada, metas e objetivos para estimular a qualificação.

Em resumo, o texto explora a complexidade da gestão do conhecimento e treinamento em um ambiente de constante evolução tecnológica, enfatizando a necessidade de estratégias eficazes para manter uma força de trabalho qualificada e alinhada com as demandas da Indústria 4.0.

Diante das afirmativas, é possível perceber que a implantação da tecnologia, mesmo que parcialmente, permite melhoria na produtividade dos processos, afinal, de forma conectada e automatizada, permite às pessoas realizarem uma melhor gestão de seus processos, com melhor visualização dos indicadores, produzir mais, em menos tempo e com melhor qualidade, o que permite a execução de outras tarefas nesse tempo ganho, de modo a promover uma melhoria contínua na organização.

4.1.3.3 Barreiras/Dificuldades

Para o sucesso da implementação dos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 nas empresas de manufatura, e para as fabricantes de soluções tecnológicas industriais, existem algumas barreiras a serem ultrapassadas (Santos, 2018).

“Nem todas as pessoas que trabalham com essa parte de mão de obra mais manual tem tanto conhecimento técnico para, por exemplo, trabalhar com um sistema, com uma tecnologia muito alta” (GA).

A gente tem barreiras porque temos colaboradores que nem celular têm. Temos ainda essa realidade embora o público seja muito jovem, mas tem pessoas que não sabem manusear e nem possuem um aparelho de telefone, celular. Então essa é uma barreira, sem dúvida nenhuma, a gente tem que adaptar, a gente traz para dentro da sala, a gente orienta e faz por ali, justamente para que as pessoas estejam a se entes e aparem e possam utilizar de alguma forma sensibilizando com a nova tecnologia (GB).

A literatura aponta que as maiores barreiras para a adoção dessas tecnologias em empresas são a falta de orientação estratégica e conhecimento sobre o conceito de Indústria 4.0, a incerteza sobre os resultados obtidos, no requisito custo/benefícios e a falha na determinação da capacidade da empresa adotar tais tecnologias. Dentre as diversas ferramentas usadas para a avaliação da capacidade de adaptação da empresa frente a Indústria 4.0 estão os modelos de maturidade tecnológicos (Carlos & Druczkoski, 2020).

Eu acho que, querendo ou não, ainda tem uma parte de custo, como a leva é muito grande, todos os projetos acabam sendo muito caros. Então, ainda tem uma parte de custo bem elevada para a gente evoluir com a aplicação de tecnologia. É, isso é realmente uma barreira muito grande. E eu acho que, até algumas coisas, a gente está com falta de obra tão qualificada no nosso país. O custo ainda é uma barreira. Tem algumas coisas que a gente sabe, por exemplo, que poderia ser feita em diferentes países, mas que ainda entra nessa trava de crédito (GA).

“A maior dificuldade é a capacitação dos colaboradores, afinal, a mão de obra em geral não tem uma qualificação muito alta, o que complica um pouco na hora de repassar o aprendizado. Falta um melhor planejamento a respeito dos treinamentos” (CC).

“As dificuldades são mais de aprender a utilizar as novas máquinas, reaprender a fazer as atividades que já eram feitas, agora de outra forma, mas ao mesmo tempo isso traz facilidades depois que é feito” (CD).

Eu posso dizer, talvez assim que a gente tem tecnologia, mas não é estabelecida, eu vou falar da dor que a gente tem por conta da nossa realidade. Então assim, hoje nós somos uma empresa do agronegócio, uma indústria, mas nós temos a necessidade dos profissionais conhecerem não só a questão industrial, digamos assim, de chegar e conhecer um pouco mais da expertise, de uma montagem, de uma mecânica, de uma própria conhecimento do campo. Essa é a nossa cultura, digamos assim, de fazer com que as pessoas conheçam um pouco mais... sobre o campo e a gente não tem essa realidade em fábricas (GC).

A pouca comunicação entre os departamentos e a falta de flexibilidade na hora da produção são duas das grandes dificuldades do setor automível. Comunicação entre qualidade e produção ou até mesmo entre as necessidades logísticas e a real produção, comentadas nas reuniões diárias ou no *Production Control Center (PCC)*, terminando no planejamento da produção, seria bem mais eficaz se existisse um elo entre todos interligando-se de modo fácil e mais produtivo (Rachman, 2018).

Quanto à resistência às mudanças tecnológicas, GA afirma que isso pode tornar as pessoas um pouco reativas, no entanto, acabam aderindo às tecnologias, fato em concordância com as afirmativas de GC. Em contraponto, GC e GD negam a existência de resistência em sua cultura interna.

GB identifica a cultura local como uma forte barreira para o desenvolvimento tecnológico e organizacional, assim como a falta de mão de obra qualificada no mercado, fato ratificado por GA, GC e GD, que identificaram os altos custos de implantação como uma barreira considerável para maior efetividade dessas tecnologias na indústria brasileira.

As barreiras enfrentadas pelas empresas de manufatura e pelos fabricantes de soluções tecnológicas ao implementar os conceitos e tecnologias da Indústria 4.0. Diversos

desafios são destacados, revelando a complexidade da transição para uma abordagem mais tecnológica e conectada.

Uma das barreiras mencionadas é a falta de conhecimento técnico em determinadas funções, destacando a necessidade de adaptar os colaboradores, especialmente aqueles que não estão familiarizados com tecnologias avançadas. A resistência à mudança é apontada como um obstáculo, embora seja observado que, com o tempo, as pessoas tendem a se adaptar às novas tecnologias.

Outras barreiras incluem a falta de orientação estratégica e conhecimento sobre a Indústria 4.0, incerteza sobre custos/benefícios, e a necessidade de avaliação da capacidade da empresa em adotar tais tecnologias. Aspectos econômicos, como os altos custos de implementação e a falta de mão de obra qualificada, são destacados como desafios significativos.

A necessidade de treinamento e capacitação dos colaboradores é uma preocupação recorrente, especialmente devido à falta de qualificação em geral. A comunicação entre departamentos e a inflexibilidade na produção são apontadas como dificuldades no setor automotivo.

A cultura local e a falta de flexibilidade são consideradas barreiras, enquanto a resistência às mudanças tecnológicas é reconhecida, mas não é universal em todas as organizações. A conclusão é que as barreiras identificadas pelos entrevistados estão alinhadas com o que a literatura já apontava, reforçando a necessidade de superar esses desafios para uma implementação eficaz da Indústria 4.0 no contexto brasileiro.

As barreiras identificadas pelos entrevistados ressaltam o que foi afirmado em literatura, haja vista que para a realidade brasileira, os altos custos de implantação das tecnologias ainda são um empecilho considerável para uma efetiva aplicação das mesmas. Vale ressaltar que a carência de mão de obra qualificada gera problemas para os processos, afinal, é uma situação crônica no país e gera lacunas nos processos produtivos.

4.1.3.4 Melhorias

A Indústria 4.0 pode ser definida como um conjunto de avanços tecnológicos que, integrados ao processo produtivo, confere agilidade à linha de produção, aumento da eficiência dos processos, redução de custos e personalização em massa, melhorias estas fundamentais para organizações que visam sobreviver e prosperar no cenário atual e futuro

(Bataglini, 2021).

Com certeza, trouxeram melhorias, trouxeram facilidades no trabalho, trouxeram muito mais economia. Então, muitas vezes uma atividade que é 30% manual, hoje em dia é feita com tecnologia. Então, isso acaba que você desgasta muito menos as pessoas. E, além disso, aumenta a trajetória da atividade [...] existe um plano de desenvolvimento para as pessoas, por exemplo, a partir de um vaso de cerveja. O operador que vai utilizar a enchedora, que é um equipamento com uma tecnologia X, uma das partes da sua carreira é, por exemplo, pode operar no escritor, que é um outro equipamento, uma outra tecnologia. Então, o desenvolvimento está integrado e é muito esperado. A construção é muito esperada. Conhecimento técnico, dependendo do desenvolvimento, as atividades que ele já fez, os treinamentos que ele participou, então acho que é tudo para o próximo ano (GA).

Não que a gente tenha sido autuado alguma coisa assim, mas por reconhecimento de processos que não estavam bem adequados internamente, a gente teve passado uma questão de um tanque de lavagem que a gente tinha um produto que era agressivo, e a gente acabou mudando esse processo, eliminou esse produto de dentro. A gente tem agora uma empresa de consultoria, são terceiros, que pontuaram muita coisa para a gente, que nem imaginava, a gente tem algum processo ali que oferece em riscos, mas que não tinha nem ideia (GB).

GC afirma que foram realizadas melhorias tecnológicas diversas, se destacando a utilização de empilhadeiras elétricas, que contribui para a sustentabilidade da empresa, diminuindo consideravelmente a utilização de combustíveis fósseis nas operações. CC complementa a afirmativa de melhorias sustentáveis na empresa, afirmado por CD, que identificou processos mais limpos e eficientes.

CA afirma que as tecnologias permitem redução de falhas nos processos, devido a sua melhor visualização, assim como uma melhor dinâmica de execução, que coincide com afirmações de CB, que complementa que as máquinas computadorizadas reduzem o trabalho manual. GB ainda não identifica melhorias expressivas em seus processos devido a implantação das tecnologias estar em fase de execução e ainda não ter um parâmetro exato de como ele se desenvolve.

As afirmativas de GB permitem visualizar uma realidade das empresas de modo geral, afinal, as tecnologias em grande parte delas ainda estão em andamento e as melhorias ainda são, em grande parte, projetadas. No entanto, pode-se identificar melhorias nos processos, como produtividade, agilidade e qualidade, além da sustentabilidade.

Ainda se almejam melhorias mais expressivas nas questões citadas, assim como o desenvolvimento de um plano de ação adequado, que permita realizar uma qualificação efetiva da mão de obra, assim como desenvolva os projetos da organização.

A transformação proporcionada pela Indústria 4.0, descrevendo-a como um conjunto de avanços tecnológicos que, quando integrados ao processo produtivo, resultam em benefícios significativos. Essas inovações visam conferir agilidade à linha de produção, aumentar a eficiência dos processos, reduzir custos e possibilitar a personalização em massa. Tais melhorias são consideradas essenciais para a sobrevivência e prosperidade de organizações no cenário atual e futuro.

Essas mudanças são destacadas por meio de exemplos práticos. A automação e a tecnologia reduziram a dependência de atividades manuais, resultando em maior eficiência e economia. Além disso, ressalta-se a integração do desenvolvimento profissional dos colaboradores com a evolução tecnológica. Um exemplo citado é o plano de desenvolvimento que permite aos operadores, com base em sua experiência e treinamento, avançar para operar equipamentos mais avançados.

Há menção de situações específicas em que processos foram otimizados e ajustados em resposta a consultorias externas, evidenciando uma abordagem proativa na busca por melhorias. A sustentabilidade é mencionada, destacando a transição para empilhadeiras elétricas e processos mais limpos como parte das melhorias tecnológicas.

Embora algumas empresas ainda estejam no processo de implementação das tecnologias da Indústria 4.0, já se observam melhorias perceptíveis, como a redução de falhas nos processos, melhor visualização e dinâmica aprimorada na execução de tarefas. No entanto, o texto aponta que muitas melhorias ainda são projetadas, indicando que o potencial total da Indústria 4.0 está em desenvolvimento.

Finalmente, destaca-se a aspiração por melhorias contínuas, tanto na eficiência dos processos quanto no desenvolvimento da força de trabalho. O texto aponta para a necessidade de um plano de ação adequado, visando qualificar efetivamente a mão de obra

e impulsionar os projetos organizacionais, refletindo o compromisso com a inovação e o progresso.

4.1.3.5 Indicadores

As ferramentas de BI utilizam os dados disponíveis nos sistemas ERP realizando seu processamento e análise *online*, proporcionando como principal benefício para as empresas têxteis a construção dos chamados “painéis de bordo”, que referem-se a relatórios de rápido acesso com indicadores para avaliação do desempenho da operação em apenas uma tela (Bataglioni, 2021).

Faz das tecnologias de informação e operação suas principais forças de competição, e percebe grandes benefícios econômicos desta estratégia. Disponibiliza os recursos humanos, materiais, e financeiros necessários para a operacionalização da estratégia, e monitora indicadores adequados para medir a eficácia das ações (Santos, 2018).

Eu acho que o planejamento está muito relacionado de novo a parte de custos, o governo, melhoria tecnológica, ainda tem como primeiro passo esse planejamento, esse orçamento. E, para a parte, eu acredito que a manutenção é o que mais é fundamental. Porque na agenda, a gente tem as tecnologias mais recentes no mercado e a gente não tem o cuidado com elas e não tem o que é necessário para conseguir manter (GA).

Faturamento é um indicador que a gente enxerga muito e todo mundo tem acesso a esse indicador. Deixa eu ver o que mais segurança a gente tem, tem algum indicador de segurança também? Temos indicadores de segurança, mas é como tu diz, não é nada do sistema, é tudo manual, mas o BI existe, né, para que tenham acesso e tudo mais (GB).

Os principais indicadores utilizados nesse projeto para avaliar a qualidade do equipamento foi a autonomia de bateria, estabilidade, visibilidade, ergonomia e robustez, tendo em vista que uma máquina a combustão é muito mais robusta do que uma máquina elétrica e acaba sendo mais pesada e barulhenta. O que acaba interferindo diretamente em segurança, porque uma máquina silenciosa é uma máquina que não tem tanta percepção de presença. O colaborador que está

trabalhando perto facilmente consegue se distrair e há necessidades que podem ocorrer atropelamentos (GC).

Há diversos tipos de indicadores, que vão desde o financeiro, até a produtividade, assim como desperdício de materiais, entre outros. Não há um indicador específico voltado diretamente para a tecnologia, mas por meio dela conseguimos controlá-los melhor (GD).

Os colaboradores reafirmam a existência dos indicadores citados pelos gestores nas respostas acima. Importante salientar que em todas as entrevistas realizadas com gestores e colaboradores, foi identificada a utilização de indicadores nos processos, de diversos tipos, que trabalham questões diversas como redução de desperdícios, sustentabilidade, faturamento, custos, entre outros. No entanto, identificou-se que a tecnologia auxilia na utilização dos indicadores, mas a questão tecnológica propriamente dita não é trabalhada como um indicador nas empresas, como meio de mensurar o seu desenvolvimento nessa questão. Desta forma, não se identificaram indicadores que trabalhem diretamente com as atualizações tecnológicas e as indústrias 4.0 e 5.0, o que reforça a questão de grande parte das empresas não ter um plano de ação específico, sendo levadas pela demanda.

A aplicação de ferramentas de *Business Intelligence* (BI), utilizando dados provenientes de sistemas ERP para processamento e análise online. O principal benefício destacado é a construção de "painéis de bordo", que consistem em relatórios de rápido acesso apresentando indicadores cruciais para avaliar o desempenho operacional, proporcionando uma visão abrangente em uma única tela.

A estratégia competitiva dessas empresas é fortemente impulsionada pelas tecnologias de informação e operação, resultando em benefícios econômicos significativos. Elas investem recursos humanos, materiais e financeiros para operacionalizar essa estratégia, monitorando indicadores apropriados para medir a eficácia de suas ações.

Os gestores enfatizam a importância do planejamento, especialmente em relação a custos, melhorias tecnológicas e manutenção. A manutenção é destacada como fundamental, pois, mesmo com acesso a tecnologias avançadas, a falta de cuidado e suporte adequados pode comprometer a eficácia desses recursos.

Diversos indicadores são mencionados nas entrevistas, desde financeiros até produtividade e desperdício de materiais. O faturamento é destacado como um indicador

crucial, e a segurança é abordada, embora muitas vezes os indicadores relacionados à segurança ainda sejam gerenciados manualmente. O texto destaca a importância de indicadores na avaliação da qualidade dos equipamentos, considerando aspectos como autonomia de bateria, estabilidade, visibilidade, ergonomia e robustez.

Os colaboradores reafirmam a existência desses indicadores e ressaltam a variedade de métricas utilizadas, embora observem que não há indicadores específicos voltados para a tecnologia em si. Além disso, aponta-se que, nas entrevistas, não foram identificados indicadores diretos relacionados às atualizações tecnológicas, indicando uma possível falta de um plano de ação específico e uma reação mais direta às demandas do mercado do que uma estratégia proativa em relação à tecnologia, especialmente no contexto das Indústrias 4.0 e 5.0.

4.1.3.6 Financeiro/Custos

Aumento da eficiência e redução de custos nos processos de planejamento, desenvolvimento, produção, vendas e distribuição. Na transição para a Indústria 4.0, as indústrias têm investido principalmente na implementação de tecnologias voltadas a aumentar a eficiência do processo de produção, redução de custos operacionais e melhoria na gestão dos negócios. (Patel, 2021).

Quanto a questão financeira do projeto é mais uma vez se torna a falar que a troca da frota foi uma solicitação do cliente que entende ser mais necessário extinguir a frota a combustão, né? Entretanto geraria um valor mais alto, pois as máquinas elétricas tendem a custar mais caro do que as máquinas à combustão não se tem ainda um projeto a longo prazo sobre qualidade de peças sobre a durabilidade das peças de manutenção. Então é um projeto. Ainda bem legal que a gente não tem não se fala muito no Brasil, mas financeiramente uma máquina da mesma marca, né? E ali para uma máquina combustão para máquina elétrica custa geralmente até o dobro do valor podendo chegar a um milhão de reais (GC).

Pode ser. Ah, isso sim. O foco do ser humano das tecnologias é melhor os custos. Acredito que são duas vertentes. Acredito que para a indústria o melhor, na verdade, é a robotização. Claro que o custo é muito menor, tenho certeza. Só que, acho que como um todo, a inserção de pessoas na operação é benéfico para... Acaba

sendo benéfico para a empresa também. Então, ela pode custar mais caro, mas surgir economia de uma forma global (CA).

A perspectiva é de que haja melhora nos custos no futuro, mas ainda é um processo que está em andamento, novas tecnologias estão sendo implantadas e ainda não temos um controle exato. Não consideramos como custo, mas como investimento. É um processo que ainda estamos nos inserindo (CB).

Em grande parte das entrevistas, foi possível perceber que, por serem empresas bastante setorizadas, os dados financeiros não são acessíveis aos entrevistados de forma com que se saiba exatamente o impacto que a implantação das tecnologias gerou ou qual o impacto projetado para o futuro em um planejamento financeiro. GD afirmou que a estratégia para a busca de novo maquinário, voltado para o desenvolvimento tecnológico, se dá por busca de financiamentos e incentivos a menores juros.

Na transição para a Indústria 4.0, destacam-se as estratégias adotadas pelas empresas para alcançar maior eficiência e redução de custos nos processos de planejamento, desenvolvimento, produção, vendas e distribuição. Há uma ênfase na implementação de tecnologias que visam otimizar a produção, cortar custos operacionais e aprimorar a gestão dos negócios.

Um ponto específico discutido no texto é a substituição de frotas de veículos a combustão por veículos elétricos, uma iniciativa solicitada por clientes preocupados com questões ambientais. No entanto, destaca-se que essa mudança pode acarretar custos mais elevados, pois as máquinas elétricas tendem a ser mais caras e não há, no momento, um plano de longo prazo sobre a qualidade e durabilidade das peças de manutenção.

A discussão sobre custos e benefícios se estende à perspectiva geral da implementação de tecnologias na indústria. Enquanto a robotização é vista como uma opção mais econômica, há uma consideração de que a inserção de pessoas nas operações pode trazer benefícios globais à empresa, apesar dos custos adicionais. Além disso, destaca-se que muitas empresas consideram a introdução de tecnologias não como custos, mas como investimentos.

Entretanto, o texto ressalta uma lacuna significativa nas entrevistas, onde os dados financeiros não são acessíveis aos entrevistados, dificultando a compreensão precisa do

impacto financeiro da implantação das tecnologias e seu planejamento futuro. A conclusão aponta para a necessidade urgente de um plano de ação detalhado, com metas claras, para facilitar tanto o planejamento financeiro quanto operacional na transição para a Indústria 4.0 e 5.0 nas empresas industriais locais.

Sendo assim, vem à tona a necessidade da realização de um plano de ação detalhado, com metas e objetivos bem definidos e claros para gestores e colaboradores, para haver um planejamento financeiro e operacional da implantação das indústrias 4.0 e 5.0 e, torná-las de fato realidade nos processos industriais locais.

4.1.3.7 Sustentabilidade

A sociedade em geral preocupa-se com questões relacionadas à sustentabilidade. As novas tecnologias da I.4.0 ajudam a otimizar o uso de recursos naturais e diminuir o impacto da sua atividade no meio ambiente. Nesse ambiente, as empresas precisam mostrar-se preocupadas e mostrar esses valores em ações de sustentabilidade que contribuam na preservação do meio ambiente. Muitos consumidores procuram adquirir produtos sustentáveis (Bittencourt et al., 2021).

Recursos se encontram cada vez mais escassos e de maior custo, e as mudanças nos fatores sociais e ambientais procuram um foco na sustentabilidade no contexto industrial, que se dá, em grande parte, pelo aumento da eficiência na utilização de tais recursos (Carlos & Druczkoski, 2020).

Então, pega assim para a saúde do colaborador, de questão ambiental, sempre que executa um projeto novo, ou vai fazer uma unidade nova, a gente nunca deixou de lado, né? Sempre atendê-la em legislações normas, mas que tem que ter sido mudado assim por uma questão, quando fala ambiente é geral, né? Então, interno quanto na pureza, né? Eu lembro que havia essa questão do tanque, e tem vários agora que a gente está aí voltados assim para a sustentabilidade. Não, acho que não tem nada (GB).

Há diversos programas de ações voltadas para a sustentabilidade, que visam o engajamento do colaborador e o desenvolvimento sustentável da empresa, com diversas ações como o controle de indicadores de carbono, redução do consumo de água, menor poluição, entre outros. Porém, apesar de haver essas ações, não há um

plano de ação bem claro e definido para as operações, de forma com que os colaboradores de fato saibam quais são as metas e objetivos que pretende alcançar e qual o plano para que elas ocorram. Basicamente existem os programas, ações e a inserção de colaboradores, mas falta uma definição ou então uma comunicação melhor com os colaboradores a respeito desse tema (CA).

As afirmativas de GB e CA sintetizam a realidade de todas as empresas entrevistadas, onde não há um planejamento específico voltado para tecnologia e sustentabilidade. A empresa A ainda demonstra um plano de sustentabilidade mais arrojado, mas ainda assim pouco claro para os colaboradores e até mesmo para gestores. As demais empresas cumprem normas, mas não tem um planejamento específico para a sustentabilidade e busca por sua melhoria contínua.

Tal situação reforça a já citada importância de um plano de ação que seja claro para colaboradores e gestores, de modo que metas e objetivos sejam claros e bem definidos, assim como estipular meios para que a empresa se torne mais tecnológica e sustentável. É preciso ir além da demanda e buscar um planejamento para que a execução das tarefas e implantação das tecnologias ocorra de forma mais efetiva e com menor custo.

A crescente preocupação da sociedade com a sustentabilidade e como as novas tecnologias da Indústria 4.0 podem desempenhar um papel importante na otimização do uso de recursos naturais e na redução do impacto ambiental das atividades industriais. Isso reflete uma demanda crescente por práticas mais sustentáveis, com muitos consumidores buscando produtos que tenham menor impacto ambiental.

No contexto industrial, a eficiência na utilização de recursos é apontada como uma prioridade, considerando a escassez crescente e os custos associados aos recursos naturais. O texto destaca a importância das empresas adotarem práticas sustentáveis não apenas para atender às normas e regulamentações, mas como uma iniciativa genuína de preservação ambiental.

Apesar de algumas empresas implementarem programas e ações voltados para a sustentabilidade, o texto ressalta a falta de um plano de ação claro e definido, tanto para os colaboradores quanto para os gestores. Isso implica que, embora existam iniciativas isoladas, falta uma visão estratégica e uma comunicação efetiva sobre metas e objetivos sustentáveis.

Ainda assim, destaca-se que há um reconhecimento geral da importância da sustentabilidade nas empresas entrevistadas.

A conclusão aponta para a necessidade urgente de um plano de ação mais específico e claro, que integre tecnologia e sustentabilidade de maneira efetiva. Essa abordagem permitiria não apenas atender à demanda atual por práticas mais sustentáveis, mas, estabelecer metas e estratégias claras para a implementação eficaz de tecnologias e práticas sustentáveis nas operações das empresas.

4.1.3.8 Segurança

O setor industrial, como a fabricação, é uma das áreas notáveis onde as ameaças cibernéticas estão crescendo devido à crescente resposta global à convergência tecnológica. A segurança digital não era um problema, as questões eram de desempenho, segurança e confiabilidade. No entanto, com as tendências tecnológicas que possibilitam o monitoramento em um sistema conectado aberto e com compartilhamento de informações em tempo real, a segurança digital passa a ser um problema para o setor industrial (Schneider, 2018).

A interação entre humanos e máquinas necessita de políticas e mecanismos que garantam a integridade física dos mesmos, e de práticas que busquem a proteção e privacidade dos dados a fim de não serem usados de forma prejudicial aos interesses da empresa (Santos, 2018).

A seguir, as afirmativas dos gestores sobre os procedimentos de segurança da informação nas empresas. Eu acho que a quantidade de dados que eu meto em tecnologia é bem significativa. Mas eu acredito que, em outros pontos, a gente ainda falha. Vou te dar um exemplo bem simples. A gente tem os notebooks corporativos, a gente está no gestor. E esses notebooks corporativos, se eles já são todos protegidos, então, você não consegue acessar coisas independentes, não consegue, de alguma forma, se não consegue, de alguma forma, de comunicar os dados. E nem corporativas, a gente não consegue, por exemplo, mudar eles para fora com a informação. Isso é bem grande (GA).

A gente tem, sim, vamos pensar ali códigos e políticas que a gente segue dentro da reserva e da proteção das informações, justamente para que todos sigam essa

condição para ter essa segurança realmente, né, a gente tem um de Bio inclusive que nos atende nessa questão da LGPD e de outras tantas... informações que a gente armazena para ter essa condição. Não consigo te responder o que exatamente a gente tem. Talvez o menino do TI possa nos responder com mais convicção e assim poder dizer exatamente quais ferramentas a gente tem para garantir isso. Mas a gente se cerca sempre de várias situações de mais no servidor, o armazenamento em nuvem separado para não perder informações. Então a gente tem uma série de cuidados aí, a nossa veria te responder especificamente (GB).

Falando um pouquinho sobre LGPD, as leis de proteção de dados. Todo colaborador precisa assinar um termo de confidencialidade, até porque, como nós trabalhamos dentro de uma empresa, dentro do nosso cliente, que trabalha com produtos muito visados nas prateleiras do mercado, quando a gente tem, por exemplo, uma empresa, o cliente tem um produto novo que vai ser lançado no mercado e já está começando a ser produzido, a gente não pode divulgar essas informações e a gente tem esse termo, esse contrato onde o colaborador assina assim que ele entra na empresa (GC).

Por meio de backups, proteção do servidor, dados do sistema criptografados, com cópias de emergência armazenadas e com acesso restrito (GD).

Nota-se uma preocupação com a segurança da informação nas empresas, haja vista que há uma expressiva quantidade de dados armazenados em sistemas por meio da internet, que pode ser suscetível a invasões, o que leva as empresas a buscar meio para proteger seus dados, evitar vazamento de informações, manter seus processos rodando em sua plenitude e evitar atrasos e transtornos que a perda de dados traria, inclusive com prejuízos financeiros. Os meios para proteger as informações estão cada vez mais arrojados e em constante atualização, tendência que parece estar em andamento nas empresas, dadas as suas proporções.

A crescente preocupação com a segurança cibernética no setor industrial é um tema em destaque, especialmente na fabricação, devido à resposta global à convergência tecnológica. Anteriormente, as preocupações eram relacionadas ao desempenho, segurança e confiabilidade, mas com as tendências tecnológicas, como o monitoramento em sistemas

conectados e o compartilhamento de informações em tempo real, a segurança digital tornou-se uma questão crucial para o setor.

A interação entre humanos e máquinas requer políticas e mecanismos para garantir a integridade física e proteger a privacidade dos dados, evitando seu uso prejudicial aos interesses da empresa.

O relato dos gestores destaca procedimentos específicos adotados pelas empresas para garantir a segurança da informação. Um exemplo mencionado é o uso de notebooks corporativos protegidos para evitar acessos não autorizados e a comunicação não segura de dados corporativos. Além disso, são mencionados códigos, políticas e ferramentas específicas para proteger as informações, incluindo conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

Os gestores enfatizam a importância de medidas como backups, proteção do servidor, criptografia de dados e restrições de acesso para garantir a segurança das informações. A LGPD é mencionada como uma legislação específica que orienta a proteção de dados e exige a assinatura de termos de confidencialidade pelos colaboradores.

A conclusão destaca a preocupação e as medidas efetivas tomadas pelas empresas para protegerem seus dados diante da quantidade significativa de informações armazenadas online. Essas precauções visam evitar invasões, vazamentos de informações e prejuízos financeiros associados à perda de dados. A constante atualização dessas medidas indica uma abordagem proativa das empresas para enfrentar os desafios da segurança cibernética.

4.1.3.9 Competitividade

A organização terá um avanço na I4.0, quando de posse deste diagnóstico obtido após a realização da medição de maturidade, montar um *road map* para o desenvolvimento dos pilares tecnológicos da indústria 4.0. Esse *road map* deve estar alinhado com a estratégia da organização. Por sua vez, a empresa deve contemplar em seus planos, o uso da tecnologia industrial como sendo um dos meios para melhorar sua competitividade e assegurar seu crescimento (Schneider, 2018).

O plano para a I4.0 deve ser para aumentar a competitividade da empresa, e não a automação pela automação. Para isso ser possível, o nível de maturidade proposto nesse trabalho é fundamental para que a organização saiba claramente onde se encontra e quais são os próximos passos para a melhoria de sua produtividade e por consequência a melhora

na competitividade (Schneider, 2018).

Não necessariamente competitividade é ruim, mas, tem a competitividade que engrena o processo. Eu posso assim dizer o seguinte, nós temos um relacionamento muito amistoso, muito companheiros, muito empáticos, sabe assim, de uma forma geral. Nós temos uma competitividade sadia e muito colaborativa, sabe, de um âmbito geral, assim. Nós não temos assim aquela, uma coisa que a gente recebe às vezes de outras pessoas assim que já passaram aqui e que foram para outras ou que vieram de outras e vieram para GPS, no sentido de uma expressão bem chula até. A gente não tem aqui puxar a tapete de ninguém, entende? A gente é muito colaborativo realmente, de saber e de entender, de ser empático com a área do outro. Então, talvez isso pela própria cultura da organização, sabe?

De cima pra baixo, assim, se pensa muito nisso e se repete muito isso. Desde a direção e de os gerentes, essa participação, essa oportunidade, nós temos muita abertura para dar opinião, entende? Então, não existe assim, eu roubar a ideia do Barco e o Barco roubar a minha ideia. A gente diz, junto, não eu ser a dona da ideia, eu querer ser a dona da ideia, sabe? Então, a gente tem muito isso, isso é o que pra nós é bem natural, acho até, né Não é difícil, hoje eu tenho um problema agora mesmo, mas pra eu ligar pra alguém me ajude aqui, preciso, eu lido com colaborador assim, ou assim, ou a sabe. Então, a gente tem muita essa colaboração realmente em relação às áreas, e existe uma competitividade. A melhora do processo, né? Não é aquela competitividade, ah, eu vou, né? Para derrubar alguém, tem que derrubar. Exato, é nesse sentido de sugerir para melhorar o processo, dessa a gente entende que aquilo é para colaborar (CB).

A afirmativa de CB sintetiza as respostas encontradas nas demais empresas, onde há competitividade entre os colaboradores, mas de forma saudável, em busca de um trabalho em equipe para atingir metas e objetivos individuais e coletivos. Tal competitividade pode ganhar melhorias com um plano de ação com metas e objetivos bem definidos, em busca de mão de obra tecnologicamente qualificada.

A importância da organização avançar na Indústria 4.0, especialmente ao realizar um diagnóstico da maturidade tecnológica e desenvolver um roteiro (*road map*) alinhado com a

estratégia da empresa. O objetivo é utilizar a tecnologia industrial como meio para aprimorar a competitividade e garantir o crescimento da organização.

O plano para a Indústria 4.0 não deve se limitar à automação apenas por automação, mas sim ser direcionado para aumentar a competitividade da empresa. O nível de maturidade proposto é considerado fundamental para que a organização compreenda claramente sua posição atual e defina os próximos passos para aprimorar a produtividade, visando à melhoria da competitividade.

A ideia central é que a busca pela competitividade não seja apenas uma competição negativa, mas sim um impulso para o progresso. A competitividade deve ser vista como um estímulo ao processo, promovendo uma cultura interna amistosa, colaborativa e empática entre os colaboradores. A narrativa destaca que a competitividade saudável se manifesta como um processo engajado, onde os colaboradores colaboram entre si e compartilham ideias para melhorar os processos, em vez de buscar derrubar uns aos outros.

Por fim, a fala de um dos entrevistados, CB, reflete a experiência vivenciada nas empresas, indicando que há uma competitividade natural, porém, ela se direciona para a colaboração e a melhoria contínua dos processos. Destaca-se a abertura para a troca de ideias e a ausência de uma competição prejudicial, sugerindo que a cultura organizacional favorece uma abordagem mais construtiva da competitividade, com foco no aprimoramento coletivo.

4.1.3.10 Estratégia/Plano de Ação

Conforme identificado nas entrevistas com gestores e colaboradores, não há estratégias e plano de ação definidos a respeito da implantação de novas tecnologias, ao menos não de forma clara para os colaboradores, com metas e objetivos bem definidos e claros, sendo realizadas as ações, em grande parte, conforme a demanda.

A realização das tarefas e aquisição de novas tecnologias sob demanda não permite um plano de ação bem estruturado e definido, afinal, não se há um norte a seguir, assim como os colaboradores não aproveitam o seu potencial como mão de obra sem uma definição de suas metas e objetivos individuais e coletivos.

Desta forma, o estabelecimento de estratégias e um plano de ação são fundamentais para que a implantação de novas tecnologias ocorra de forma efetiva, assim como permite o planejamento da qualificação da mão de obra para sua utilização, havendo ganhos tanto para a empresa, quanto para os colaboradores.

Destaca-se uma lacuna significativa nas empresas relacionada à implantação de novas tecnologias. Conforme revelado nas entrevistas com gestores e colaboradores, a ausência de estratégias e de um plano de ação bem definido para a adoção de tecnologias é evidente. Isso se reflete na falta de clareza e na ausência de metas e objetivos definidos para os colaboradores, levando a ações que, em sua maioria, respondem à demanda imediata.

A abordagem de realizar tarefas e incorporar novas tecnologias de acordo com a demanda emergente é identificada como um obstáculo para um plano de ação estruturado. Isso porque a ausência de uma orientação clara dificulta o estabelecimento de um direcionamento consistente, resultando em uma abordagem mais reativa do que proativa. Além disso, a falta de um norte a seguir compromete o potencial dos colaboradores, que não têm metas e objetivos individuais e coletivos bem definidos.

Conclui-se que a formulação e implementação de estratégias e um plano de ação são elementos fundamentais para garantir a efetividade da incorporação de novas tecnologias nas empresas. Essa abordagem permitiria não apenas a condução mais planejada e eficiente do processo de implantação, mas, proporcionaria um meio para o desenvolvimento da qualificação da mão de obra necessária para utilizar essas tecnologias. A perspectiva é de que essa abordagem estratégica traria benefícios tanto para a empresa quanto para os colaboradores, promovendo uma integração mais harmoniosa e produtiva das novas tecnologias no ambiente de trabalho.

4.1.4 Discussão baseada nas *Soft Skills*

A seguir, é realizada uma discussão com base nas *soft skills*, como meio de discussão das competências necessárias às pessoas envolvidas no processo de implantação de novas tecnologias, relacionadas aos dados coletados nas entrevistas.

Na *soft skill criatividade*, evidencia-se que além do conhecimento técnico o profissional precisa saber colocar seu conhecimento em prática, solucionando problemas com criatividade e inovação, gerando valor para a organização em que está atuando, contribuindo para a construção da vantagem competitiva necessária para as organizações da quarta revolução industrial (Aires et al., 2017). O conceito de criatividade foi bastante atrelado à implantação das novas tecnologias e seus impactos positivos nos processos, com otimização de recursos e produtividade, permitindo a realização de novas tarefas, com maior qualidade. A criatividade é voltada para o aprendizado dos colaboradores e gestores quanto

à utilização desses recursos.

A respeito das tecnologias da indústria 4.0, percebe-se a necessidade de criatividade na implementação dos conceitos e tecnologias dessa indústria. A busca por soluções inovadoras para ultrapassar as barreiras identificadas nas empresas é crucial. A capacidade de pensar de forma criativa é essencial para superar desafios, especialmente quando se trata da introdução de novas tecnologias e processos.

Ainda, sobre a otimização tecnológica de recursos naturais, destaca a importância da sustentabilidade. Aqui, a criatividade se torna crucial para desenvolver e implementar práticas sustentáveis, aproveitando ao máximo as tecnologias disponíveis para otimizar o uso de recursos naturais.

Discute-se sobre segurança da informação nas empresas, setor em que a criatividade é fundamental para elaborar políticas e mecanismos que protejam a integridade física dos colaboradores e garantam a privacidade dos dados. A adaptação constante a ameaças cibernéticas requer soluções criativas e inovadoras.

Na *soft skill* **motivação**, a Indústria 4.0 pode viabilizar um ambiente de trabalho com tarefas menos repetitivas e mais desafiadoras e que esses fatos podem aumentar a motivação e a satisfação no trabalho. Contudo, surgem novas demandas em relação a competências dos trabalhadores e é imprescindível que sistemas educacionais preparem a força de trabalho do futuro (Souza & Santos, 2020). São realizados alguns testes em relação a isso, para ver como está a motivação do *time* e realiza-se pesquisas de engajamento anual, que é voltado para essa questão de como estão as ferramentas de trabalho. Temos uma ferramenta chamada PURSES, que avalia, por exemplo, se tem algumas perguntas voltadas para as condições de trabalho, condições tecnológicas, de equipamento etc. (G1, 2023). As pessoas aqui na empresa são muito parceiras e empáticas, existe a vontade de aprender e a liberdade para que eles possam atingir isso (G2, 2023). Procuramos trazer ciência aos colaboradores de que é necessário para a execução dos processos, assim como para a sua qualificação (G3, 2023). Por meio de conversas com os colaboradores, para avaliar como eles absorvem a questão dos treinamentos (G4, 2023). Os aspectos motivacionais estão ligados diretamente à comunicação entre gestores e colaboradores, assim como as diretrizes da empresa com metas e objetivos claros e bem definidos, para maior orientação do que deve ser feito e a sua busca por melhores resultados.

A ausência de um plano de ação claro para a implantação de novas tecnologias, destaca a importância da motivação. Um plano estruturado e metas claras podem motivar colaboradores, fornecendo direcionamento e propósito em suas atividades.

A competitividade saudável entre colaboradores sugere que uma atmosfera de motivação e cooperação está presente. A motivação para melhorar processos e alcançar metas é vital para o sucesso, e a colaboração entre membros da equipe pode ser um grande impulsionador desse esforço.

Na *soft skill* **flexibilidade**, as novas tecnologias permitem maior flexibilidade na execução de tarefas, haja vista que permite maior produtividade, com melhor qualidade e permite a execução e planejamento de novas tarefas, assim como o dinamismo e a agilidade das tecnologias permite diversas possibilidades de alterações nos processos produtivos, conforme demanda, assim como o desenvolvimento de novos produtos e serviços.

Nas tecnologias da indústria 4.0 a flexibilidade é crucial. As organizações precisam ser flexíveis para se adaptarem rapidamente às mudanças tecnológicas. Além disso, os colaboradores devem ser flexíveis para aprender e se ajustar a novas tecnologias e processos.

No contexto das tecnologias da I.4.0 e a otimização de recursos naturais, a flexibilidade é necessária para se ajustar a práticas mais sustentáveis. A capacidade de adaptar processos e estratégias para otimizar o uso de recursos naturais é uma demonstração de flexibilidade.

Ainda, a segurança da informação nas empresas destaca a necessidade de ser flexível na abordagem de políticas e mecanismos de segurança. Dada a natureza em constante evolução das ameaças cibernéticas, a flexibilidade é vital para ajustar as estratégias de segurança.

Desta forma, a competitividade saudável entre colaboradores sugere que um ambiente flexível pode ser propício ao compartilhamento de ideias e à colaboração. A flexibilidade no estilo de liderança e na abordagem às interações entre colegas pode incentivar uma competição construtiva.

A falta de um plano de ação claro para a implantação de novas tecnologias, conforme discutido na interpretação sobre a implantação de novas tecnologias, destaca a necessidade de flexibilidade. Um plano estruturado pode precisar ser ajustado com base nas circunstâncias em constante mudança.

Em resumo, a flexibilidade é uma *soft skill* essencial em todas as áreas discutidas. Ela se torna crucial para lidar com a natureza dinâmica da Indústria 4.0, seja na adaptação a novas

tecnologias, na busca de práticas mais sustentáveis ou na resposta a ameaças cibernéticas em evolução. A capacidade de ser flexível contribui significativamente para o sucesso na implementação dessas inovações.

Na *soft skill comunicação*, é evidenciado que a comunicação interna é fundamental para que as metas, objetivos e planos de ação sejam claros, bem definidos e com seu real propósito disseminado na cultura interna da empresa. Nas entrevistas foram identificadas falhas de comunicação interna nas empresas, que muitas vezes não tornava esses parâmetros claros para os colaboradores e, em alguns casos, para os gestores. A clareza das informações, das metas e objetivos é fundamental para um melhor desenvolvimento da empresa, assim como a efetividade da implantação das novas tecnologias, aliado à qualificação da mão de obra voltada para essas atividades.

A comunicação é destacada nas interpretações sobre barreiras para a adoção de tecnologias. A falta de conhecimento técnico em certos setores da empresa destaca a necessidade de comunicação eficaz para superar essas barreiras. A comunicação é crucial na orientação e treinamento dos colaboradores sobre novas tecnologias.

O trecho sobre segurança da informação destaca a importância de políticas e práticas claras. Aqui, a comunicação eficaz é essencial para garantir que todos os membros da organização compreendam e adiram às práticas de segurança cibernética.

Na *soft skill liderança*, o trabalho em equipe é fundamental para que as metas individuais e coletivas sejam atingidas, assim como a qualificação da mão de obra voltada para as tecnologias, de modo com que se trabalhe com parceria entre os colaboradores, esta identificada nas entrevistas em todas as empresas, havendo uma boa relação interpessoal e disponibilidade ao aprendizado das novas tarefas. Para que o trabalho em equipe seja efetivo, é fundamental que o plano de ação e as estratégias da empresa para que o mesmo seja executado sejam claros e objetivos a todos, como meio para auxiliar o caminho a ser percorrido.

A competitividade entre colaboradores revela uma liderança que promove uma cultura colaborativa e empática. Isso sugere que a liderança na empresa valoriza a cooperação e cria um ambiente onde as ideias podem ser compartilhadas sem medo de competição prejudicial.

As tecnologias da I.4.0 e a otimização de recursos naturais destacam a importância de estratégias alinhadas com a visão da organização. Aqui, a liderança é essencial para orientar a empresa na adoção de tecnologias que promovam a eficiência e a sustentabilidade.

A transição para a Indústria 4.0 e a perspectiva futura da Indústria 5.0 exigem mais do que apenas conhecimentos técnicos. O sucesso nesse ambiente em constante evolução requer uma gama de habilidades interpessoais e cognitivas, conhecidas como *soft skills*. Estas habilidades desempenham um papel crucial na implementação eficaz e na gestão bem-sucedida dos processos associados a essas revoluções industriais. Aqui estão algumas das *soft skills* mais importantes para enfrentar os desafios da Indústria 4.0 e 5.0.

Adaptabilidade e Resiliência: a rápida evolução da tecnologia na Indústria 4.0 e além exige que os profissionais se adaptem rapidamente a novas ferramentas e processos. A resiliência é essencial para superar obstáculos e aprender com as falhas, transformando desafios em oportunidades de crescimento.

Habilidade de Aprendizagem Contínuo: com as constantes inovações, a capacidade de aprendizado contínuo é vital. Profissionais devem estar dispostos a adquirir novos conhecimentos e habilidades regularmente, acompanhando as mudanças tecnológicas e as demandas do setor.

Pensamento Crítico e Resolução de Problemas: a complexidade dos sistemas na Indústria 4.0 e 5.0 exige habilidades de pensamento crítico para analisar dados, identificar problemas e encontrar soluções eficazes. A capacidade de resolver problemas de maneira inovadora é um diferencial valioso.

Colaboração e Comunicação Eficaz: a integração de diferentes tecnologias e equipes multidisciplinares é comum nessas indústrias. Habilidades de comunicação e colaboração são essenciais para facilitar a cooperação entre profissionais de diversas áreas, promovendo um ambiente de trabalho eficiente.

Empatia e Inteligência Emocional: em ambientes de rápida mudança, é crucial entender as necessidades e preocupações dos colegas e clientes. A empatia e a inteligência emocional contribuem para relacionamentos interpessoais sólidos, promovendo um ambiente de trabalho saudável.

Liderança Transformacional: líderes capazes de inspirar e motivar suas equipes são essenciais. A liderança transformacional é crucial para orientar as organizações por mudanças significativas, incentivando a inovação e a adaptação contínua.

Pensamento Estratégico: profissionais devem ser capazes de ver além das mudanças imediatas e entender o impacto a longo prazo das decisões. O pensamento estratégico ajuda a posicionar as organizações de maneira competitiva em um cenário em constante evolução.

Em resumo, as *soft skills* desempenham um papel fundamental na preparação e implementação bem-sucedida da Indústria 4.0 e na transição para a Indústria 5.0. Além das habilidades técnicas, a capacidade de se adaptar, aprender continuamente e interagir eficazmente com colegas é crucial para prosperar nesse ambiente dinâmico e altamente tecnológico.

4.2 APLICABILIDADE DO ESTUDO PARA SUA ÁREA DE CONHECIMENTO, SETOR/SEGMENTO OU REGIÃO

O estudo realizado, baseado na teoria da indústria 4.0, 5.0 e nas interpretações de entrevistas, abordam diferentes aspectos da Indústria 4.0 e seu impacto nas organizações, destaca a relevância das *soft skills* no setor industrial. As informações coletadas junto as empresas proporcionam *insights* valiosos sobre a aplicabilidade prática dessas habilidades em um cenário em constante evolução.

As *soft skills* identificadas, no contexto da Indústria 4.0, são caracterizadas por avanços tecnológicos e mudanças rápidas, essas habilidades desempenham papéis cruciais para o sucesso das organizações. A criatividade, por exemplo, é essencial para a inovação e a resolução de problemas. As empresas que buscam implementar tecnologias avançadas precisam de colaboradores que possam pensar “fora da caixa”, propondo soluções inovadoras para desafios complexos.

Neste contexto, a motivação surge como fator determinante, especialmente quando se considera a adaptação a novas tecnologias. Colaboradores motivados são mais propensos a abraçar mudanças, participar de programas de treinamento e buscar aprimoramento contínuo, elementos cruciais para a transição bem-sucedida para a Indústria 5.0.

Outro ponto a se destacar está relacionado a comunicação eficaz, a qual tem sua importância tanto nas interações cotidianas quanto na implementação de novas tecnologias. Colaboradores e gestores que conseguem se comunicar claramente facilitam a transmissão de conhecimento, ideias e *feedback*, essenciais para o entendimento e aceitação de novas práticas.

A liderança, por sua vez, é essencial para orientar as equipes durante a transição para a Indústria 5.0. Líderes que promovem uma cultura de colaboração, incentivam a inovação e oferecem suporte durante períodos de mudança, contribuindo significativamente para o sucesso organizacional.

Por fim, a flexibilidade destaca-se como uma *soft skill* crítica em um ambiente industrial dinâmico. A capacidade de se adaptar a mudanças nas tecnologias, processos e demandas do mercado é vital para o progresso contínuo. As empresas que promovem e valorizam a flexibilidade têm maior probabilidade de se destacar em um cenário industrial em constante evolução.

Assim, o estudo destaca que as *soft skills* desempenham papel fundamental no sucesso da implementação da indústria 4.0, e transição para a 5.0. As empresas que reconhecem e cultivam essas habilidades estarão mais preparadas para enfrentar os desafios e, conseqüentemente, colher os devidos benefícios. Fica, portanto, para as empresas que tem a expectativa de upgrade da Indústria 4.0 para Indústria 5.0, a necessidade fundamental de incorporar processos robustos na gestão de pessoas, no desenvolvimento de competências com abrangência maior da simples especialização no ambiente de trabalho, mas o comprometimento com o raciocínio rápido, analítico e bem estar dos colaboradores.

Os conceitos abordados trouxeram contribuições relevantes para os processos industriais das empresas estudadas, e pode ser aplicado, com adaptações, em outras empresas com realidades diferentes. É possível ainda ampliar o estudo, abordando e estudando tecnologias presentes em diferentes indústrias, de diferentes setores, que consideram os conceitos das indústrias 4.0 e 5.0 em seus sistemas produtivos, incluindo elementos da *soft skills*.

A aplicabilidade do estudo reside em propor ações que possam considerar o melhoramento das competências dos colaboradores, mesmo sabendo que exigem investimentos financeiros:

- Política de cargos, salários e carreira, que estimule a inovação e meritocracia nos processos, produtos e serviços da empresa;
- Política de desenvolvimento de pessoas 360º, que contemple o colaborador no ambiente profissional, pessoal, enquanto técnico-operacional, mas, como gestor do seu ambiente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho abriu espaço para a discussão de um tema inovador na realidade brasileira, especialmente na região de Lages/SC, foco deste estudo. O contexto da Indústria 4.0 ainda está em estágio inicial, devido ao atraso tecnológico persistente no país. A transição para a Indústria 5.0, que envolve a integração humana nas tecnologias, acompanha essa realidade.

O problema de pesquisa deste trabalho questionou: quais mudanças ocorrem na força de trabalho na transição da indústria 4.0 para a indústria 5.0? Esta pergunta foi respondida por meio do detalhamento das *soft skills* identificadas nas entrevistas coletadas com gestores e colaboradores das empresas participantes, haja vista que elas são fator fundamental para os processos de mudança na força de trabalho.

Para atingir a resposta do problema de pesquisa, foi delineado o objetivo geral do trabalho: Analisar as competências necessárias às pessoas no processo de transição da indústria 4.0 para a indústria 5.0. Para atender ao objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: 1) estudar as mudanças tecnológicas e organizacionais na transição da indústria 4.0 para indústria 5.0, na percepção de colaboradores e gestores; 2) descrever as práticas bem-sucedidas e dificuldades no processo de transição da indústria 4.0 para 5.0; 3) identificar as características das *soft skills* necessárias aos colaboradores para adequação aos conceitos das indústrias 4.0 e 5.0.

A resposta dos três objetivos específicos foi atendida por meio da aplicação de entrevistas com gestores e colaboradores das empresas participantes, com vistas à identificação das mudanças nas tecnologias e no comportamento das pessoas, por meio das competências necessárias para a execução e implementação desse processo, assim como identificar as facilidades e dificuldades. Com as respostas obtidas nas entrevistas, os objetivos específicos foram atendidos, o que conseqüentemente ao objetivo geral e o problema de pesquisa.

As barreiras evidenciadas, como a carência de mão de obra qualificada e o atraso tecnológico, impactam o avanço tecnológico na indústria brasileira. O estudo revela a preocupação em integrar os trabalhadores nas novas tecnologias, embora, muitas vezes, essa integração ocorra de maneira reativa, sem um planejamento de longo prazo e sem metas e objetivos definidos.

Nesse cenário, a pesquisa não apenas contribui para as empresas estudadas, mas oferece um panorama relevante para outras indústrias e a sociedade em geral. Identificar as competências necessárias para um planejamento eficaz na adoção de novas tecnologias é crucial. O desafio futuro reside na realização de estudos mais aprofundados para desenvolver estratégias mais robustas e detalhadas, visando uma implementação mais sólida e aprimoramento da força de trabalho.

A inovação presente no estudo decorre da escassez de discussões sobre o tema na indústria brasileira. Nas empresas analisadas, observa-se elementos relacionados à Indústria 4.0 e à transição para a Indústria 5.0, porém, de forma pouco disseminada e com planejamento superficial na maioria dos casos. Este estudo serve como ponto de partida para discussões mais profundas e futuras ramificações.

O desenvolvimento continuado deste estudo, com análises mais aprofundadas em seus conceitos, por meio de aplicações de maior número de tecnologias, de forma efetiva, promete trazer impactos econômicos positivos para as organizações. O foco está na construção de planejamentos eficazes, na qualificação da mão de obra e na transformação da cultura organizacional e regional. Essas mudanças refletem não apenas em processos mais eficientes, mas em uma transformação de comportamentos e conhecimentos.

Ao abordar os diversos estudos e interpretações sobre a Indústria 4.0 e a inserção humana nesse contexto, torna-se evidente a relevância das *soft skills* como fatores fundamentais para o sucesso na transição tecnológica. A compreensão dessas habilidades interpessoais, como criatividade, motivação, comunicação, liderança e flexibilidade, emerge como um aspecto crucial para enfrentar os desafios apresentados.

A criatividade desponta como uma ferramenta essencial na resolução de problemas complexos e na adaptação às rápidas mudanças tecnológicas. A motivação, por sua vez, impulsiona a busca constante por aprimoramento e a disposição para enfrentar os obstáculos inerentes à transformação digital, enquanto a comunicação eficaz se revela como a ponte que conecta os elementos técnicos às necessidades e aspirações humanas. A liderança, em todos os níveis organizacionais, torna-se crucial para direcionar equipes em meio a cenários dinâmicos e incertos e a flexibilidade, por fim, surge como uma qualidade que permeia todas as demais, permitindo a adaptação rápida a novas circunstâncias e a incorporação efetiva das inovações tecnológicas.

Em síntese, as *soft skills* não apenas complementam, mas sustentam a eficácia da Indústria 4.0, proporcionando uma base sólida para a interação bem-sucedida entre humanos e tecnologia. O desenvolvimento dessas competências revela-se crucial para o êxito da transição para ambientes industriais mais tecnológicos e complexos, impactando não apenas nos resultados organizacionais, mas promovendo um ambiente de trabalho mais colaborativo, adaptável e orientado para o futuro.

As limitações identificadas, como a restrição de acesso em algumas empresas devido a culturas organizacionais mais fechadas, indicam áreas que requerem mais atenção. Destaca a incipiência dos temas Indústria 4.0 e 5.0 no Brasil, especialmente em processos organizacionais, onde a falta de planos de ação com metas claras representa um desafio. Estas limitações sugerem direções para estudos futuros, enfatizando a importância do desenvolvimento de planos de ação detalhados, estabelecimento de metas e uma efetiva inclusão das pessoas nos processos de implementação tecnológica, elementos cruciais para o progresso dos processos organizacionais e o avanço tecnológico e pessoal.

REFERÊNCIAS

- A. Adel, Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas, *J. Cloud Comput.* 11 (1) (2022) 1–15
- Aires, R. W. do A., Moreira, F. K., & Freire, P. de S. (2017). Indústria 4.0: Competências requeridas aos profissionais da quarta revolução industrial. *VII Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação*, 1–15.
- Alves, E., & Souza, D. E. (2022). *a Quarta Revolução Industrial: a Indústria 4.0 Redefinindo Padrões Produtivos E Comportamentais Da Sociedade Contemporânea the Fourth Industrial Revolution: the New Industry Redefining the Productive and Behavioral Patterns of Contemporary Society. 2.*
- Alves, J., Lima, T. M., & Gaspar, P. D. (2023). Is Industry 5.0 a Human-Centred Approach? A Systematic Review. *Processes*, 11(1), 193. <https://doi.org/10.3390/pr11010193>
- Amorim, R. M., Conceição, M., & Silva, M. (2020). *Centro Unversitário Santo Agostinho*. 20–47.
- Bakon, K., Holczinger, T., Sule, Z., Jasko, S., & Abonyi, J. (2022). Scheduling Under Uncertainty for Industry 4.0 and 5.0. *IEEE Access*, 10(July), 74977–75017. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3191426>
- Basseto, A. L. C. (2019). Modelo de Maturidade para a Análise das Indústrias no Contexto da Indústria 4.0. In *Dissertação de Mestrado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná*. <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4335>
- Battini, D., Berti, N., Finco, S., Zennaro, I., & Das, A. (2022). Towards industry 5.0: A multi-objective job rotation model for an inclusive workforce. *International Journal of Production Economics*, 250(August), 108619. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108619>
- Bittencourt, L. L., Silveira, I., Rosa, L. da, & Novelli, D. (2021). Utilização das ferramentas da indústria 4.0 para a prototipagem no setor de vestuário. *DAPesquisa*, 16, 01–25. <https://doi.org/10.5965/18083129152021e0023>
- Bongomin, O., Nganyi, E. O., Abswaidi, M. R., Hitiyise, E., & Tumusiime, G. (2020). Sustainable and Dynamic Competitiveness towards Technological Leadership of Industry 4.0: Implications for East African Community. *Journal of Engineering*, 2020, 1–22. <https://doi.org/10.1155/2020/8545281>
- Borchardt, M., Pereira, G. M., Milan, G. S., Scavarda, A. R., Nogueira, E. O., & Poltosi, L. C. (2022). Industry 5.0 Beyond Technology: An Analysis Through the Lens of Business and Operations Management Literature. *Organizacija*, 55(4), 305–321. <https://doi.org/10.2478/orga-2022-0020>
- Capa, R. D. E. (2019). *Pessoas e tecnologia formam pilares da gestão eficaz na indústria 4.0. December.*
- Carro Suárez, J., & Sarmiento Paredes, S. (2022). El factor humano y su rol en la transición a Industria 5.0: una revisión sistemática y perspectivas futuras. *Entreciencias: Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento*, 10(24), 1–18. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.81727>
- Catalina, R., Caregnato, A., & Mutti, R. (2006). *Pesquisa qualitativa: análise de discurso*. 15(4), 679–684.
- Ciotti, R., & Favretto, J. (2017). Capacidade absorptiva em instituições de ensino superior: uma sistematização da literatura. *Contextus – Revista Contemporânea de Economia e Gestão*, 15(3), 203–229. <https://doi.org/10.19094/contextus.v15i3.898>
- CNI. (2022). *Indústria 4.0 Cinco Anos Depois*. 4–24.

- Coda, F. A. (2021). Arquitetura para aquisição de big data voltada para indústria 4.0. *Teses.Usp.Br*, 191. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3152/tde-10092021-095931/en.php>
- Colenci Neto, A., TERESA COLENCI TREVILIN, A., & Giuseppe Higino Camargo Moraes Costa, V. (2020). Avaliação Do Nível De Maturidade Da Indústria 4.0: O Caso De Uma Indústria Metalúrgica. *Anais Do Simpósio de Engenharia, Gestão e Inovação*, 1, 31–59. <https://doi.org/10.29327/sengi2020.270743>
- DALFOVO, M. S., LANA, R. A., & SILVEIRA, A. (2017). *MÉTODOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS: UM RESGATE TEÓRICO Related papers INT RODUÇÃO À HALLYU: O MOVIMENTO DA ONDA COREANA ENT RE BRASIL E HUNGRIA Virgine B O R G E S de Cast ilho EDUCAÇÃO EMPREENDEDORA: UM EST UDO DE CASO SOBRE AS AÇÕES E MÉT ODOS UT ILI.*
- de Souza, S. S., Santiago, S. B., de Amorim Francisco Soares Filho, A., de Mendonça, M. B., & Oliveira, F. L. (2020). Metanalysis of industry 4.0 maturity models. *Interciencia*, 45(8), 397–401.
- Drath, R., & Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or hype? [Industry Forum]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56–58. <https://doi.org/10.1109/MIE.2014.2312079>
- Durmaz, A., & Kitapci, H. (2022). REVISITING CUSTOMER INVOLVED VALUE CHAINS UNDER THE CONCEPTUAL LIGHT OF INDUSTRY 5.0. *Proceedings on Engineering Sciences*, 3(2), 207–216. <https://doi.org/10.24874/PES03.02.008>
- Emmett Grames. (2020). *Interações entre Indústria 4.0 e Lean Manufacturing: Estudo de Caso em Empresas*. 14. <https://all3dp.com/2/fused-deposition-modeling-fdm-3d-printing-simply-explained/>
- Fatima, Z., Tanveer, M. H., Waseemullah, Zardari, S., Naz, L. F., Khadim, H., Ahmed, N., & Tahir, M. (2022). Production Plant and Warehouse Automation with IoT and Industry 5.0. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/app12042053>
- Fraga-Lamas, P., Varela-Barbeito, J., & Fernandez-Carames, T. M. (2021). Next Generation Auto-Identification and Traceability Technologies for Industry 5.0: A Methodology and Practical Use Case for the Shipbuilding Industry. *IEEE Access*, 9, 140700–140730. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3119775>
- Frederico, G.F., 2021. From supply chain 4.0 to supply chain 5.0: findings from a systematic literature review and research directions. *Logistics* 5 (3), 49. <https://doi.org/10.3390/logistics5030049>.
- Galera, N. M. (2020). *Método para Identificar e Analisar as Práticas da Indústria 4.0 no Setor Moveleiro*.
- Gressler, F., Seleme, R., Silva, W. de A., & Marques, M. A. M. (2020). Diagnóstico do grau de maturidade do sistema de gestão orientado para a manutenção 4.0. *Brazilian Journal of Development*, 6(3), 14951–14978. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-392>
- Hein-Pensel, F., Winkler, H., Brückner, A., Wölke, M., Jabs, I., Mayan, I. J., Kirschenbaum, A., Friedrich, J., & Zinke-Wehlmann, C. (2023). Maturity assessment for Industry 5.0: A review of existing maturity models. *Journal of Manufacturing Systems*, 66(August 2022), 200–210. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.12.009>
- Jafari, N., Azarian, M., & Yu, H. (2022). Moving from Industry 4.0 to Industry 5.0: What Are the Implications for Smart Logistics? *Logistics*, 6(2), 26. <https://doi.org/10.3390/logistics6020026>
- Junior, P. G. (2020). *Um modelo de maturidade da indústria 4.0 aplicado na cadeia de suprimentos* (Vol. 2507, Issue February).

- Kaasinen, E., Anttila, A. H., Heikkilä, P., Laarni, J., Koskinen, H., & Väättänen, A. (2022). Smooth and Resilient Human–Machine Teamwork as an Industry 5.0 Design Challenge. *Sustainability (Switzerland)*, 14(5), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su14052773>
- Khan, M., Haleem, A., & Javaid, M. (2023). Green Technologies and Sustainability Changes and improvements in Industry 5.0: A strategic approach to overcome the challenges of Industry 4.0. *Green Technologies and Sustainability*, 1(2), 100020. <https://doi.org/10.1016/j.grets.2023.100020>
- Lima, A. G. de, & Pinto, G. S. (2019). INDÚSTRIA 4.0. *Revista Interface Tecnológica*, 16(2), 299–311. <https://doi.org/10.31510/infa.v16i2.642>
- Lima, E. D. O., Amaral, M. P., & Chaves, R. (2000). *Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais*.
- Lima, F. R., & Gomes, R. (2020). Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0. *Revista Brasileira de Inovação*, 19, e0200023. <https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8658766>
- Longo, F., Padovano, A., & Umbrello, S. (2020). Value-Oriented and Ethical Technology Engineering in Industry 5.0: A Human-Centric Perspective for the Design of the Factory of the Future. *Applied Sciences*, 10(12), 4182. <https://doi.org/10.3390/app10124182>
- Lucena, F. A., Roselino, J. E., & Diegues, A. C. (2020). A indústria 4.0: uma análise comparativa entre as experiências da Alemanha, EUA, China, Coreia do Sul e Japão. *Geosul*, 35(75), 113–138. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n75p113>
- M.M.A.P., M. (2021). *Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Programa De Pós-Graduação Em Engenharia De Produção Mestrado Em Engenharia De Produção Ana Laura Canassa Basseto Modelo De Maturidade Para a Análise Das Indústrias No Contexto Da Indústria 4.0*.
- Maddikunta, P.K.R., Pham, Q.V., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T.R., BP, Liyanage, M., 2022. Industry 5.0: a survey on enabling technologies and potential applications. *Journal of Industrial Information Integration* 26. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257>
- Martin, C. (2017). Indústria para chegar à fábrica do futuro. *O Papel: Revista Mensal de Tecnologia Em Celulose e Papel*, 78(April), 54–63.
- Martinez, I.L; Santos, A.C; Alonso, J.V; Triana, M.S.F; Fernández, T.D; Neumann, G; Ruiz, A. C. (2022). *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial DE INGENIEROS INDUSTRIALES CREATING CAPACITIES : TOWARDS INDUSTRY 5.0 IN THE TRAINING OF*. 6.
- Martins, V; Yamada, L. (2018). R t c e p. *Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa*, 34, 1–15. <http://periodicos.unifil.br/index.php/Revistateste/article/view/1011>
- Medeiros, A. P., Lavarda, R. A. B., & Erdmann, R. H. (2020). Strategy Materiality and Technology Implementation. *Revista Gestão & Tecnologia*, 20(2), 304–326.
- Mendes, R. M., Giaretta, R., & Miskulin, S. (2008). *A ANÁLISE DE CONTEÚDO COMO UMA METODOLOGIA*. 1977.
- Montagnani, E. (2022). *Le pubbliche amministrazioni nell'era delle tecnologie cloud ed edge computing tra opportunità e rischi : il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza e le comunità digitali*. <https://doi.org/10.32091/RIID0070>
- Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0. *Sustainability*, 11, 43–71.
- Oliveira, F., & Simões, W. (2017). A Indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da Engenharia. *SIENPRO - Simpósio de Engenharia de Produção*, 1, 0–6. http://sienpro.catalao.ufg.br/up/1012/o/Fernanda_Thaís_de_Oliveira.pdf
- Orea-Giner, A., Fuentes-Moraleda, L., Villacé-Molinero, T., Muñoz-Mazón, A., & Calero-Sanz,

- J. (2022). Does the Implementation of Robots in Hotels Influence the Overall TripAdvisor Rating? A Text Mining Analysis from the Industry 5.0 Approach. *Tourism Management*, 93(December 2021), 104586. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2022.104586>
- OTTONICAR, S. L. C. (2020). *Inteligência Competitiva E Competência Em Informação No Contexto Da Indústria 4.0 De Startups: Possibilidades Interdisciplinares Para a Gestão Empresarial E a Ciência Da Informação*.
- Ottonicar, S. L. C., & Valentim, M. L. P. (2019). A competência em informação no contexto do trabalho: uma revisão sistemática da literatura voltada para indústria 4.0. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência Da Informação*, 24(56), 01–21. <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2019.e65145>
- Paiva, D. C. (2022). *Roject capabilities in industry 4.0: future research opportunities in project management*. 1–34.
- Penhaki, J. de R. (2019). *Soft Skills Na Indústria 4.0*. 116. <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/4275>
- Phlippi Jr., A., & Fernandes, V. (2021). Ciência e tecnologia à luz da interdisciplinaridade. *Ciência, Inovação e Ética, May*, 189–200.
- Pizoń, J., & Gola, A. (2023). Human–Machine Relationship—Perspective and Future Roadmap for Industry 5.0 Solutions. *Machines*, 11(2), 203. <https://doi.org/10.3390/machines11020203>
- Rachman, T. (2017). Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 4(1), 10–27.
- Rachman, T. (2018). *An industry 4.0 maturity model applied to the automotive supply chain*. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 10–27.
- Ribeiro, J. E., Rodrigues Vitoriano, S., Lopes Fernandes, J. C., & De Brito Sanchez, R. (2020). Indústria 4.0: implementação em uma indústria de rodas. *Revista Eniac Pesquisa*, 9(1), 4–14. <https://doi.org/10.22567/rep.v9i1.588>
- Roberto Franzini Filho, C., & Santana Spinelli, L. (2020). ANÁLISE DA ADERÊNCIA DOS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0 PARA OS PROFISSIONAIS DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. *Proceedings of the XLVIII Brazilian Congress of Engineering Education*, 1–10. <https://doi.org/10.37702/COBENGE.2020.3264>
- Rodrigues, M., Santos, A. M., & Rodrigues, A. (2018). Indústria 4.0: desafios e oportunidades para o Brasil. *Simpósio De Engenharia De Produção De Sergipe*, 10(2018), 317–329.
- Rodrigues, T. V. (2021). *Proposição de um modelo para mensurar o nível de prontidão de uma indústria para a implementação da indústria 4.0*. <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25657>
- Rosito, F. C., Soares, E. M. do S., & Webber, C. G. (2020). Tecnologias emergentes da indústria 4.0: considerações para o redimensionamento dos currículos de engenharia. *Acta Scientiarum. Education*, 42, e52864. <https://doi.org/10.4025/actascieduc.v42i1.52864>
- Santos, B. P., Alberto, A., Lima, T. D. F. M., & Santos, F. M. . (2018). Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. *Revista Produção e Desenvolvimento*, 4(1), 13. <http://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento%0ARPD>
- Santos, R. C. (2018). Proposta de modelo de avaliação de maturidade da Indústria 4.0. In *Instituto Superior de Engenharia de Coimbra*. <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/25346/1/Reginaldo-Carreiro-Santos.pdf>
- Schmidt, F. C. (2019). Sistema de Produção para Indústria de Autopeças com Elementos da

Indústria 4.0. *Açaf, 8(5)*, 55.

Schneider, J. (2018). *Medição do nível de maturidade do uso de tecnologia em um ambiente da indústria 4.0* (Vol. 2, Issue 2).

<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00539><https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.06.029>http://www.cpsg.org/sites/cbsg.org/files/documents/Sunda_Pangolin_National_Conservation_Strategy_and_Action_Plan%28LoRes%29.pdf<https://doi.org/10.1016/j.forec>

Shahbakhsh, M., Emad, G. R., & Cahoon, S. (2022). Industrial revolutions and transition of the maritime industry: The case of Seafarer's role in autonomous shipping. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 38(1), 10–18.

<https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2021.11.004>

Sirtori, G. (2019). Compras 4.0: um Estudo de Caso Múltiplo da Indústria 4.0 no Processo de Compras Industriais. *Açaf, 8(5)*, 55.

Souza, R. O. De. (2022). *from the Lean Perspective*. 11, 145–155.

Teixeira de Souza, M., & Almada Santos, F. C. (2020). Competências Operacionais e Industria 4.0: Revisão Sistemática da Literatura. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, 12(2), 264–288. <https://doi.org/10.24023/futurejournal/2175-5825/2020.v12i2.499>

Teixeira, R. L. P., Teixeira, C. H. S. B., Brito, M. L. de A., & Silva, P. C. D. (2019). Os discursos acerca dos desafios da siderurgia na indústria 4.0 no Brasil. *Brazilian Journal of Development*, 5(12), 28290–28309. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n12-016>

Turner, C., Oyekan, J., Garn, W., Duggan, C., & Abdou, K. (2022). Industry 5.0 and the Circular Economy: Utilizing LCA with Intelligent Products. *Sustainability (Switzerland)*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/su142214847>

Venâncio, A. L. A. C., & Brezinski, G. L. (2017). *Sistema de avaliação de maturidade industrial baseando-se nos conceitos de Indústria 4.0*.

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/10110>

APÊNDICES

APÊNDICE – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Você está sendo convidado (a) a participar do projeto de pesquisa intitulado “Da Indústria 4.0 à Indústria 5.0: As Pessoas no Contexto da Manufatura Inteligente”. O objetivo deste trabalho é analisar as mudanças necessárias na força de trabalho no processo de transição da indústria 4.0 para indústria 5.0. Para realizar o estudo será necessário que se disponibilize a participar de uma entrevista semiestruturada, previamente agendada a sua conveniência. Para a instituição e para sociedade, esta pesquisa servirá como parâmetro para avaliar e estudar as mudanças tecnológicas e organizacionais na transição da indústria 4.0 para a indústria 5.0, assim como identificar as competências necessárias aos colaboradores, analisar as práticas bem sucedidas e dificuldades encontradas, de modo a permitir a proposta de um conjunto de ações que minimizem as dificuldades de transição da indústria 4.0 para a indústria 5.0. De acordo com a resolução 510/2016, “Toda pesquisa com seres humanos envolve risco em tipos e gradações variados”. A sua participação terá risco mínimo, podendo ocorrer exposição da situação das empresas perante a implementação das indústrias 4.0 e 5.0, atrelados a constrangimento dos entrevistados por questões relacionadas ao tema, e se estes ocorrerem serão solucionados/minimizados com orientações acerca do tema, por meio de explicações sobre os conceitos e o seu funcionamento na prática de forma gratuita, assim como a garantia do anonimato perante as respostas. Em virtude de as informações coletadas serem utilizadas unicamente com fins científicos, sendo garantidos o total sigilo e confidencialidade, através da assinatura deste termo, o qual receberá uma cópia. Mesmo após assinar este documento o participante tem o direito de pleitear indenização por reparação de danos que apresente nexos causal com a pesquisa.

Os benefícios da pesquisa são ligados aos resultados esperados, em busca de inovação de processos das organizações, cada qual dentro de suas possibilidades, mesmo critério estabelecido para a implantação de novas tecnologias, em busca do desenvolvimento regional.

Você terá o direito e a liberdade de negar-se a participar desta pesquisa total ou parcialmente ou dela retirar-se a qualquer momento, sem que isto lhe traga qualquer prejuízo com relação ao seu atendimento nesta instituição, de acordo com a Resolução CNS nº510/2016 e complementares.

Para qualquer esclarecimento no decorrer da sua participação, estarei disponível no telefone: (49) 991702468, ou pelo endereço Rua Aline Giovana Schmidt, 33, Coral, Lages/SC. Se necessário também poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Planalto Catarinense UNIPLAC, Av. Castelo Branco, 170, bloco 1, sala 1226, Lages SC, (49) 32511086, email: cep@uniplaclages.edu.br. Desde já agradecemos!

Eu _____, CPF _____ declaro que após ter sido esclarecido (a) pelo(a) pesquisador(a), lido o presente termo, e entendido tudo o que me foi explicado, concordo em participar da Pesquisa.

Lages, 26 de outubro de 2023.

Responsável pelo projeto: Clovis Antunes de Avila Neto

Endereço para contato: Rua Aline Giovana Schmidt, 33, Coral, Lages/SC

Telefone para contato: (49) 991702468

E-mail: clovis_nt91@uniplaclages.edu.br

ANEXOS

ANEXO I – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE DO PLANALTO CATARINENSE - UNIPLAC

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Da Indústria 4.0 à Indústria 5.0: As Pessoas no Contexto da Manufatura Inteligente

Pesquisador: CLOVIS ANTUNES DE AVILA NETO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 74962323.3.0000.5368

Instituição Proponente: Universidade do Planalto Catarinense - UNIPLAC

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.431.458

Apresentação do Projeto:

Projeto com título: Da Indústria 4.0 à Indústria 5.0: As Pessoas no Contexto da Manufatura Inteligente

Objetivo da Pesquisa:

Analisar o processo de transição da indústria 4.0 para indústria 5.0 e a mudanças necessárias na força de trabalho.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos da pesquisa estão relacionados à exposição da situação das empresas perante a implementação das indústrias 4.0 e 5.0, atrelados a constrangimento dos entrevistados por questões relacionadas ao tema, como a falta de conhecimento a respeito do mesmo, por exemplo. Os riscos também estão atrelados ao direito dos participantes das entrevistas de pleitearem indenização, caso se sentirem prejudicados com pela forma que as mesmas foram conduzidas, assim como os dados levantados por elas. Benefícios:

Os benefícios da pesquisa se ligam diretamente aos resultados esperados, citados na seção 4 deste projeto, em busca de inovação de processos das organizações, cada qual dentro de suas possibilidades, mesmo critério estabelecido para a implantação de novas tecnologias, em busca do desenvolvimento regional.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa está de acordo com a Resolução CNS Nº 510/2016

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide conclusões ou pendências e lista de inadequações.

Recomendações:

Vide conclusões ou pendências e lista de inadequações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendência.

Considerações Finais a critério do CEP:

O desenvolvimento da pesquisa, deve seguir os fundamentos, metodologia e preposições, do modo em que foram apresentados e avaliados por este CEP, qualquer alteração, deve ser imediatamente informada ao CEP-UNIPLAC, acompanhada de justificativa.

O pesquisador deverá observar e cumprir os itens relacionados abaixo, conforme descrito na Resolução nº 466/2012.

- a) Desenvolver o projeto conforme delineado;
- b) Elaborar e anexar na Plataforma Brasil os relatórios parcial e final;
- c) Apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento;
- d) Manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa;
- e) Encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico integrante do projeto; e
- f) Justificar fundamentalmente, perante o CEP ou a CONEP. Interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_2178693.pdf	10/10/2023 18:01:22		Aceito

Endereço: Av. Castelo Branco, 170 - Prédio da Reitoria - 2º andar, sala 10

Bairro: Universitário

CEP: 88.509-900

UF: SC

Município: LAGES

Telefone: (49)3251-1086

E-mail: cep@uniplaclages.edu.br

**UNIVERSIDADE DO PLANALTO
 CATARINENSE - UNIPLAC**



Continuação do Parecer: 6.431.458

Outros	ROTEIRO_DE_ENTREVISTA.docx	10/10/2023 17:56:11	CLOVIS ANTUNES DE AVILA NETO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEClovis.docx	10/10/2023 17:11:05	CLOVIS ANTUNES DE AVILA NETO	Aceito
Declaração de concordância	Declaracao_de_ciencia_e_concordancia_das_instituicoes_envolvidas_UNIPLAC_assinadas.pdf	10/10/2023 16:16:54	CLOVIS ANTUNES DE AVILA NETO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	15092023ProjetoClovis.docx	10/10/2023 16:16:08	CLOVIS ANTUNES DE AVILA NETO	Aceito
Cronograma	CronogramaClovis.pdf	10/10/2023 16:15:46	CLOVIS ANTUNES DE AVILA NETO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_de_Compromisso_do_Pesquisador_Responsavel_UNIPLAC_assinado.pdf	04/10/2023 12:02:45	CLOVIS ANTUNES DE AVILA NETO	Aceito
Parecer Anterior	Carta_Resposta.docx	28/09/2023 14:46:07	CLOVIS ANTUNES DE AVILA NETO	Aceito
Orçamento	OrcamentoClovis.pdf	15/09/2023 10:30:47	CLOVIS ANTUNES DE AVILA NETO	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRostoClovis.pdf	19/07/2023 18:28:12	CLOVIS ANTUNES DE AVILA NETO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

LAGES, 17 de Outubro de 2023

Assinado por:

**Elisa Maria Rodriguez Pazinato Telli
 (Coordenador(a))**

Endereço: Av. Castelo Branco, 170 - Prédio da Reitoria - 2º andar, sala 10

Bairro: Universitário

CEP: 88.509-900

UF: SC

Município: LAGES

Telefone: (49)3251-1086

E-mail: cep@uniplaclages.edu.br

