



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SOCIOECONÔMICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

Angélica Pott de Medeiros

**Teoria substantiva acerca da implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais
instaladas no Brasil**

Florianópolis

2021

Angélica Pott de Medeiros

Teoria substantiva acerca da implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais instaladas no Brasil

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Título de Doutora em Administração

Orientador: Prof. Rolf Hermann Erdmann, Dr.

Coorientadora: Profa. Gabriela Gonçalves Silveira Fiates, Dra.

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Medeiros, Angélica Pott de
Teoria substantiva acerca da implementação da Indústria
4.0 em empresas industriais instaladas no Brasil /
Angélica Pott de Medeiros ; orientador, Rolf Hermann
Erdmann, coorientadora, Gabriela Gonçalves Silveira
Fiates, 2021.
311 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Sócio-Econômico, Programa de Pós-Graduação em
Administração, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Administração. 2. Implementação da Indústria 4.0. 3.
Empresas industriais. 4. Indústria brasileira. 5. Teoria
Fundamentada nos Dados. I. Erdmann, Rolf Hermann . II.
Fiates, Gabriela Gonçalves Silveira . III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Administração. IV. Título.

Angélica Pott de Medeiros

Teoria substantiva acerca da implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais instaladas no Brasil

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Darlan José Roman, Dr.

Universidade do Oeste de Santa Catarina

Prof. José Luís Guedes dos Santos, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. André Luis da Silva Leite, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de doutora em Administração.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Rolf Hermann Erdmann, Dr.

Orientador

Prof^ª. Gabriela Gonçalves Silveira Fiates, Dra.

Coorientadora

Florianópolis, 2021.

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo apoio e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

A conclusão de um curso de doutorado outorga o título a um indivíduo, evidentemente uma tese de doutorado requer um esforço individual intenso, porém muitas pessoas exercem um papel importante para obtermos êxito nesse processo. Em reconhecimento, agradeço:

Primeiramente a Deus, por ter iluminado meus passos nessa jornada.

Aos meus pais e minha irmã, pelo amor, incentivo e apoio incondicional, para que pudesse estudar e realizar essa conquista que é de todos nós.

Ao meu namorado Marlon. Obrigada por me acompanhar e incentivar, e por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis. Agradeço também os meus sogros por sempre nos incentivar na busca pelos nossos sonhos.

Ao Prof. Rolf pelo suporte, por ter me acompanhado e orientado no início dessa jornada. E, que mesmo tendo passado por percalços, buscou estar a par do desenvolvimento do trabalho.

À Profa. Gabriela pela paciência e empenho, e por ter me acolhido e me conduzido para a conclusão deste trabalho. Obrigada pelo profissionalismo, empatia e pelo incentivo diante das adversidades que permearam o processo de pesquisa.

Aos professores Fred e Beatriz que, devido a mudanças em nossos destinos, garantiram o suporte necessário para o andamento deste trabalho.

Aos professores José Luis, Irineu, Gilson, Darlan e André pelas valiosas contribuições para o desenvolvimento deste.

Aos professores do PPGAdm por terem contribuído com o meu crescimento pessoal e profissional. Em especial aos Profs. Rosália, André, Sílvio, Eloise e Serva.

Aos meus colegas de NIEPC, pela parceria no desenvolvimento das pesquisas. Especialmente o Pedro por ter me recebido e auxiliado nos processos iniciais do doutorado; Emiliana, minha grande parceira de tema, por sempre estar disposta a discutir e me auxiliar com o andamento da pesquisa; Vivian, por sempre estar disposta a compartilhar sua experiência e me ajudar com a TFD. Agradeço aos demais colegas Rosa, Bruno, Germano e Alexandre pelo apoio no decorrer de nossa permanência na UFSC.

Aos meus colegas e amigos do PPGAdm, Vanessa, Larissa, Diego, Juliano, Rodrigo, Daiane, Kamile, Monique e outros, pelo companheirismo naqueles momentos difíceis, pelas palavras de apoio, mas também pelos ótimos momentos vividos durante essa jornada.

Aos gestores que participaram do estudo, pela receptividade e atenção no decorrer da pesquisa. A minha admiração e gratidão por terem acreditado no meu trabalho.

Aos colegas do Departamento de Ciências Administrativas da UFSM pelo apoio.

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao Programa de Pós-Graduação em Administração pela oportunidade.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a concretização desse sonho.

Somente quando temos coragem suficiente para explorar a escuridão, descobrimos o poder infinito de nossa própria luz. (BROWN, 2012).

RESUMO

Nos últimos anos, as principais economias mundiais empreenderam ações voltadas ao desenvolvimento do setor industrial. Especificamente, a Alemanha desenvolveu a iniciativa *Industrie 4.0* (Indústria 4.0). A vista dessa promissora perspectiva, outros países também passaram a desenvolver políticas nesse contexto. Destaca-se que esse cenário configura um desafio para o Brasil, haja vista os baixos níveis de inovação e utilização de tecnologias digitais, além das recentes crises que afetaram o país. Diante desses aspectos, o objetivo deste estudo consiste em desenvolver um modelo teórico explicativo acerca do processo de implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais no Brasil. Adotou-se como estratégia de pesquisa a Teoria Fundamentada nos Dados (TFD) seguindo a vertente straussiana. Desse modo, no período que compreendeu setembro de 2019 a fevereiro de 2021 (dezoito meses) foram realizadas dezoito entrevistas com gestores que participaram e/ou participam do planejamento e implementação de projetos voltados a Indústria 4.0 e com outros agentes como fornecedores de tecnologias, instituições de ciência e tecnologia (ICTs), associações, universidades e outros. Também contou-se com dados de outras fontes, como documentos e vídeos. O processo de codificação desses dados foi desenvolvido por meio de codificação aberta, axial e integração. E, o modelo paradigmático de Corbin e Strauss (2015) corroborou para a análise dos dados, assim como o modelo desenvolvido por Marchi (2014) na perspectiva dos sistemas complexos adaptativos. A partir da análise foram identificadas quinze categorias, as quais representam como o processo ocorre em empresas de médio e grande porte, fabricantes de máquinas, aparelhos e materiais elétricos, e fabricantes de máquinas e equipamentos. Desse modo, as categorias “conjuntura econômica”, “ecossistema de inovação”, “era da complexidade” e “desenvolvimento tecnológico” configuram os condicionantes externos. Enquanto as categorias “cultura e pessoas”, “alta direção”, “propensão à identificação de oportunidades de inovação”, “tecnologias pré-existentes” e “disponibilidade de recursos financeiros” compreendem os condicionantes internos do fenômeno. As categorias que emergiram do conjunto de ações consistem em: “tornando o tema estratégico na empresa”, “buscando parceiros”, “diagnosticando operações”, “desenvolvendo projetos de inovação” e “implementando projetos de inovação”. Adicionalmente, o modelo empírico-conceitual integra quinze proposições que expressam as relações identificadas entre as categorias. Esse conjunto forma uma teoria substantiva, a qual ancora a tese de que a implementação da indústria 4.0, nas empresas analisadas, é iniciada em diferentes níveis organizacionais, a depender das características da organização, e orienta-se para resultados. Adicionalmente, a implementação da indústria 4.0 é permeada pelo sistema de produção e as condições e capacidades técnicas, tecnológicas e comportamentais da empresa; interrelaciona-se com condições externas ao ambiente de produção, como o ecossistema de inovação, consumidores e concorrentes; e, avança a partir de interações com o ambiente, desenvolvimento de soluções, novas tecnologias, experiências prévias, novos conhecimentos, discussão sobre o tema no ambiente de atuação, entre outros. A partir da validação da teoria substantiva e o retorno à literatura, conclui-se que a tese ampliou o entendimento acerca do processo de implementação da Indústria 4.0 ao integrar os condicionantes internos e externos, ações/interações e suas consequências, por meio de um modelo empírico-conceitual.

Palavras-chave: Implementação da Indústria 4.0. Empresas industriais. Indústria brasileira. Teoria Fundamentada nos Dados.

ABSTRACT

In recent years, the world's leading economies have undertaken actions aimed at the development of the industrial sector. Specifically, Germany developed the Industrie 4.0 (Industry 4.0) initiative. Given this promising perspective, other countries have also started to develop policies in this context. A highlight is that this scenario represents a challenge for Brazil, given the low levels of innovation and use of digital technologies, in addition to the recent crises that affected the country. Because of this, the objective of this study is to develop an explanatory theoretical model about the process of implementing Industry 4.0 in industrial companies in Brazil. The Grounded Theory (GT) was adopted as a research strategy, following the Straussian approach. Thus, from September 2019 to February 2021 (eighteen months), eighteen interviews were conducted with managers who participated and/or participate in the planning and implementation of projects aimed at Industry 4.0 and with other agents such as, technology suppliers, science and technology (S&T) institutions, associations, universities, and others. Data from other sources, such as documents and videos were also used. The process of coding all the data was developed through open coding, axial coding, and theoretical integration. Additionally, the paradigmatic model of Corbin and Strauss (2015) and the model developed by Marchi (2014) from the perspective of complex adaptive systems corroborated for the data analysis. From such analysis, fifteen categories were identified, which represent how the process occurs in medium and large companies, manufacturers of machinery, appliances and electrical materials, and manufacturers of machinery and equipment. Thus, the categories "economic situation", "innovation ecosystem", "complexity era" and "technological development" configure the external conditions. While the categories "culture and people", "top management", "propensity to identify innovation opportunities", "pre-existing technologies" and "availability of financial resources" comprise the internal conditions of the phenomenon. The categories that emerged from the set of actions consist of: "making the topic strategic in the company", "looking for partners", "diagnosing operations", "developing innovation projects" and "implementing innovation projects". Additionally, the empirical-conceptual model includes fifteen propositions that express the relationships identified between the categories. This set forms a substantive theory, which anchors the thesis that the implementation of industry 4.0, in the analyzed companies, is initiated at different organizational levels, depending on the characteristics of the organization, and is oriented towards results. Furthermore, the implementation of industry 4.0 is permeated by the production system and the company's technical, technological, and behavioral conditions and capabilities; interrelates with conditions external to the production environment, such as the innovation ecosystem, consumers, and competitors; and, it advances from interactions with the environment, development of solutions, new technologies, previous experiences, new knowledge, discussion on the topic in the operating environment, among others. From the validation of the substantive theory and the return to the literature, it is concluded that the thesis expanded the understanding of the implementation process of Industry 4.0 by integrating the internal and external conditions, actions/interactions, and their consequences, through an empirical-conceptual model.

Keywords: Industry 4.0 implementation. Industrial companies. Brazilian industry. Grounded Theory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistematização da teoria neoschumpeteriana.....	40
Figura 2 - Evolução das taxas de inovação de empresas industriais brasileiras que implementaram inovações de produto ou processo (2001-2017).....	42
Figura 3 - Revoluções Industriais.....	47
Figura 4 - Framework e tecnologias digitais colaborativas na Indústria 4.0.....	49
Figura 5 - Relações entre as dimensões propostas pelo CNI.....	63
Figura 6 - Gerações de tecnologias digitais em 2017 e esperado em 2027.....	67
Figura 7 - Desenvolvimento de atividades para atingir a geração digital no futuro.....	68
Figura 8 - Modelo de maturidade I4.OPME	72
Figura 9 - Delineamento da pesquisa	76
Figura 10 - Inferência abdutiva.	79
Figura 11 - Método de comparação constante.....	85
Figura 12 - Indução, dedução e verificação na TFD	86
Figura 13 - Principais obras no desenvolvimento da Teoria Fundamentada nos Dados.....	88
Figura 14 - Princípios unificadores e diferenciadores da TFD.....	91
Figura 15 - Delimitação da área substantiva	98
Figura 16 - Processo de pesquisa.....	108
Figura 17 - Circularidade na coleta e análise dos dados.....	108
Figura 18 - Representação do processo de codificação do nível de referência até o nível de categoria central.....	110
Figura 19 - Modelo analítico sob a ótica dos sistemas complexos.....	114
Figura 20 - Modelo condicional/consequencial.....	117
Figura 21 - Visão geral do processo de construção da teoria substantiva	125
Figura 22 - Representação esquemática dos elementos centrais da Teoria Fundamentada nos Dados e estratégias usadas para aumentar o rigor	126
Figura 23 - Modelo empírico-conceitual (versão resumida).	131
Figura 24 - Principais evidências da categoria "Ecossistema de inovação"	134
Figura 25 - Interações entre governo e empresas em prol da implementação da Indústria 4.0.	142
Figura 26 - Principais evidências da categoria "Era da complexidade"	147
Figura 27 - Principais evidências da categoria "Conhecimento e experiências prévias"	151

Figura 28 - Dimensões da subcategoria "maturidade de adoção"	153
Figura 29 - Modelo empírico-conceitual (versão expandida).	219

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Panorama dos estudos sobre Indústria 4.0 numa perspectiva brasileira.	23
Quadro 2 - Lacunas teóricas, empíricas e metodológicas no campo de estudo e contribuições pretendidas com a tese	24
Quadro 3 - Outros termos para Indústria 4.0	48
Quadro 4 - Princípios e componentes da Indústria 4.0.....	52
Quadro 5 - Políticas nacionais voltadas à Indústria 4.0.....	54
Quadro 6 - Quadro comparativo das estratégias nacionais para a Indústria 4.0.....	55
Quadro 7 – Iniciativas voltadas a Indústria 4.0 no Brasil	65
Quadro 8 - Características centrais da TFD.....	95
Quadro 9 – Detalhamento das Entrevistas.	101
Quadro 10 - Materiais utilizados para a triangulação de dados.....	103
Quadro 11 - Caracterização da amostragem teórica.	105
Quadro 12 - Exemplo de codificação aberta	109
Quadro 13 - Tarefas básicas da codificação axial	112
Quadro 14 - Modelos paradigmáticos da perspectiva straussiana da TFD.....	113
Quadro 15 - Exemplo de codificação axial e integração.	115
Quadro 16 - Exemplo de memorando.....	116
Quadro 17- Estágios de desenvolvimento da pesquisa.....	119
Quadro 18 - Número de códigos e proposições de cada uma das categorias da teoria substantiva.....	121
Quadro 19 - Códigos integrantes da categoria “Tornando o tema estratégico na empresa”, os quais deram origem às proposições 1 a 3	122
Quadro 20 - As proposições que exprimem as relações identificadas na categoria “tornando o tema estratégico na empresa”	168
Quadro 21 - Efeitos que estão sendo produzidos pela categoria “tornando o tema estratégico na empresa”.....	177
Quadro 22 - As proposições que exprimem as relações identificadas na categoria “buscando parceiros”.....	179
Quadro 23 - Efeitos que estão sendo produzidos pela categoria “buscando parceiros”	183
Quadro 24 - As proposições que exprimem as relações identificadas na categoria “diagnosticando as operações ”	185

Quadro 25 - Efeitos que estão sendo produzidos pela categoria “diagnosticando as operações”.....	191
Quadro 26 - As proposições que exprimem as relações identificadas na categoria “desenvolvendo projetos de inovação”.....	192
Quadro 27 - Efeitos que estão sendo produzidos pela categoria “desenvolvendo projetos de inovação”.....	200
Quadro 28 - As proposições que exprimem as relações identificadas na categoria “implementando projetos de inovação”.....	201
Quadro 29 - Efeitos que estão sendo produzidos pela categoria “implementando projetos de inovação”.....	209
Quadro 30 - Comparação entre as categorias da teoria substantiva com a literatura	220
Quadro 31 - Tipologia da aprendizagem	227

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Empresas da indústria extrativa e de transformação que implementam inovações segundo as Grandes Regiões e Unidades de Federação 2015-2017	44
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ANPAD Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração
ASQ *American Society for Quality*
BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNI Confederação Nacional da Indústria
CPS *Cyber-physical system*
CRM *Customer relationship management*
CT&I Ciência, Tecnologia e Inovação
Embrapii Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
ENCTI Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
Finame Financiamento de máquinas e equipamentos
Finep Financiadora de Estudos e Projetos
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICT Instituição de Ciência e Tecnologia
IDE Investimento direto estrangeiro
IEDI Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial
IEL Instituto Euvaldo Lodi
IA Inteligência Artificial
IoS *Internet of Services*
IoT *Internet of things*
ITBM *Information Technology Business Management*
MCTI Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDIC Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
NFI *La Nouvelle France Industrielle*
OECD *Organisation for Economic Co-operation and Development*
P&D Pesquisa e desenvolvimento
PIB Produto Interno Bruto
PINTEC Pesquisa de Inovação
PrInt Programa Institucional de Internacionalização – CAPES
PWC *PricewaterhouseCoopers*

RFID *Radio Frequency Identification*

SENAI Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

Spell *Scientific Periodicals Electronic Library*

TFD Teoria Fundamentada nos Dados

TRL/MRL *Technology Readiness Levels/Manufacturing Readiness Levels*

UFRJ Universidade Federal do Rio de Janeiro

Unicamp Universidade Estadual de Campinas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	15
1.2	PROBLEMÁTICA	18
1.3	OBJETIVOS	21
1.3.1	Objetivo geral.....	21
1.3.2	Objetivos específicos	21
1.4	JUSTIFICATIVA	22
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	26
2	REFERENCIAL TEÓRICO	28
2.1	A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO À LUZ DAS TEORIAS SCHUMPETERIANA E NEOSCHUMPETERIANA	28
2.1.1	A inovação tecnológica no contexto brasileiro	41
2.2	A INDÚSTRIA 4.0 E O MOVIMENTO EM DIREÇÃO A UM NOVO PARADIGMA TECNOLÓGICO.....	45
2.2.1	Componentes-chave.....	50
2.2.2	Frentes globais	53
2.2.3	Impactos esperados.....	58
2.2.4	O contexto brasileiro e os desafios para o país.....	61
2.2.5	Implementação da Indústria 4.0 no Brasil	70
3	METODOLOGIA.....	75
3.1	PROPOSTA EPISTEMOLÓGICA E METODOLÓGICA DA TESE	75
3.2	A TEORIA FUNDAMENTADA NOS DADOS	82
3.2.1	A Teoria Fundamentada nos Dados na pesquisa em Administração	95
3.3	PROCEDIMENTOS DE OBTENÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS	97
3.3.1	Revisão de literatura e definição da questão de pesquisa	98
3.3.2	Construção do roteiro de entrevista e processos de coleta de dados.....	99
3.3.3	Da coleta e análise da dados à saturação teórica	107
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	129
4.1	MODELO EMPÍRICO-CONCEITUAL PARA EXPLICAÇÃO DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 EM EMPRESAS INDUSTRIAIS NO BRASIL	129

4.2	CONDIÇÕES EXTERNAS	132
4.2.1	Conjuntura econômica	132
4.2.2	Ecosistema de inovação.....	134
4.2.2.1	<i>Associações setoriais e de tecnologias</i>	<i>136</i>
4.2.2.2	<i>ICTs e Centros de ensino</i>	<i>137</i>
4.2.2.3	<i>Fornecedores</i>	<i>139</i>
4.2.2.4	<i>Governo</i>	<i>141</i>
4.2.3	Era da Complexidade.....	147
4.2.3.1	<i>Ambiente competitivo.....</i>	<i>147</i>
4.2.3.2	<i>Constantes mudanças</i>	<i>149</i>
4.2.4	Desenvolvimento tecnológico	150
4.2.4.1	<i>Discussão do tema</i>	<i>151</i>
4.2.4.2	<i>Maturidade de adoção</i>	<i>152</i>
4.2.4.3	<i>Benchmarking com experiências prévias</i>	<i>155</i>
4.3	CONDIÇÕES INTERNAS.....	157
4.3.1	Cultura e pessoas	157
4.3.2	Disponibilidade de recursos financeiros	159
4.3.3	Alta direção (gestores e executivos).....	161
4.3.4	Tecnologias pré-existentes na empresa.....	163
4.3.5	Propensão à identificação de oportunidades de inovação.....	165
4.4	AÇÕES-INTERAÇÕES	167
4.4.1	Tornando o tema estratégico na empresa.....	167
4.4.2	Buscando parceiros.....	179
4.4.3	Diagnosticando as operações	185
4.4.4	Desenvolvendo projetos de inovação.....	192
4.4.5	Implementando projetos de inovação	201
4.5	CONSEQUÊNCIAS/RESULTADOS	210
4.6	MODELO EMPÍRICO-CONCEITUAL	217
4.7	REVISITANDO A LITERATURA	220
4.7.1	Imersão a Teoria Schumpeteriana e Neoschumpeteriana	223
4.7.2	Outras evidências empíricas	232
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	247
5.1	CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS.....	248

5.2	CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS	249
5.3	CONTRIBUIÇÕES METODOLÓGICAS	249
5.4	LIMITAÇÕES E SUGESTÕES FUTURAS.....	250
	REFERÊNCIAS.....	252
	APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido	252
	APÊNDICE B – Carta convite para participação na pesquisa	293
	APÊNDICE C – Roteiro de entrevista inicial – Rodada 1	294
	APÊNDICE D – Roteiro de entrevista – Rodada 2	296
	APÊNDICE E – Roteiro de entrevista – Rodada 3.....	298
	APÊNDICE F – Roteiro de entrevista – Rodada 4.....	300
	APÊNDICE G – Códigos e proposições.....	301

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Ao se tornar um fenômeno sistêmico e global, a crise financeira de 2008 afetou os países de forma generalizada, porém, a velocidade e a força com que cada país foi acometido variou muito, devido à heterogeneidade de suas economias e a articulação de cada país diante da economia internacional (ACIOLY; LEÃO, 2011). Ressalta-se que até os países com bases econômicas mais sólidas foram afetados, diante disso, estabeleceu-se um quadro de significativa incerteza nos mercados financeiros, redução da demanda de bens e serviços em todo o mundo e a retração da economia global (CINTRA; PRATES, 2011). Em vista disso, os mesmos tiveram que reexaminar as suas estratégias econômicas voltadas à política industrial, observando-se ações de países como Estados Unidos, Alemanha, China, França, Japão, Reino Unido, entre outros.

Com medidas já em trânsito, as economias ao redor do mundo apresentavam expectativas positivas em torno do crescimento e da competitividade industrial. Porém, no início de 2020 a COVID-19 se espalhou por todo o mundo. Um problema compartilhado por todos os países, que tem acarretado em impactos devastadores na saúde, economia e na sociedade (KUCKERTZ et al., 2020; OLDEKOP et al., 2020). Visando a contenção do vírus, foram tomadas medidas abruptas, como quarentena e redução das atividades econômicas, atitudes que exerceram grandes pressões na economia dos países (KUCKERTZ et al., 2020). Essa incerteza em relação ao avanço da pandemia, instantaneamente atingiu os mercados financeiros (ZHANG; HU; JI, 2020). Em termos econômicos, a crise causada pela pandemia atingiu até mercados industriais maduros, haja vista que a produção e as atividades econômicas foram parcialmente ou totalmente interrompidas em vários locais simultaneamente (RAPACCINI et al., 2020).

Perez (2009) já alertava há mais de uma década que situações de crise como estas são capazes de modernizar a economia e reestruturar a indústria por meio do investimento em novas infraestruturas. Haja vista que após os colapsos financeiros, as ideologias político-econômicas tendem a serem mais intervencionistas e o crescimento econômico volta-se ao capital produtivo de longo prazo, em detrimento de decisões financeiras de curto prazo (AREND; CARIO; ENDERLE, 2012).

Além do impacto de crises financeiras nos países, outros aspectos são fundamentais no desenvolvimento das políticas industriais, conforme Santos e Belém (2018) evidenciam, elementos como a globalização, progresso técnico, demanda pela personalização, envelhecimento populacional, demais mudanças demográficas, eficiência energética, nível tecnológico, entre outros. Diante dos diferentes objetivos nacionais em prol do desenvolvimento evidenciou-se que comumente alguns países voltaram-se ao desenvolvimento do setor industrial, e aqueles que já possuíam a planta industrial consolidada, a ênfase consiste no aumento da competitividade.

Porém, os processos decisórios envolvidos nesse contexto não são aleatórios, mas moldados por fatores regulamentadores e institucionais. Sobretudo, dependem do curso já trilhado até o momento (*path dependent*), em que o potencial do mercado segue o que já fora estabelecido pelas estratégias prévias, e o progresso técnico depende da base de conhecimento prévio (PÉREZ, 2010). E, sob uma perspectiva a nível de firma, percebe-se que esse contexto requer que as empresas tomem decisões direcionadas e adequadas, com base nas suas características individuais, seus processos e estruturas. Para que tornem-se capazes de explorar oportunidades e benefícios (VEILE et al., 2019).

Ademais, a inovação geralmente é um processo em grupo, que envolve produtores, fornecedores, distribuidores, consumidores, instituições, entre outros. A cooperação e as interações entre esses agentes contribuem para a inovação e para a evolução do sistema tecnológico, o que constitui um Sistema Nacional de Inovação (SNI) (FREEMAN, 1987; PÉREZ, 2010). Santos (2014) evidencia que o SNI de uma nação compreende um conjunto sistêmico de fatores, abrangendo as relações entre as organizações, instituições e estruturas socioeconômicas, as quais, estabelecem as capacidades inovativas dos países. São as atividades dos diferentes agentes que estabelecem condições para o desenvolvimento de ações públicas, a exemplo do estímulo a formação de *clusters*, ações de cooperação público-privadas, incentivo as universidades e centros de pesquisa, políticas industriais, entre outros. Ressalta-se que essa estrutura é distinta entre os países, além destes se transformarem com o passar do tempo, tendo em vista suas características históricas, políticas, culturais, dentre outras (CARIO; LEMOS; BITTENCOURT, 2016).

Nesse contexto, verifica-se que as principais economias mundiais empreenderam nos últimos anos políticas nacionais voltadas à indústria para desenvolver e difundir tecnologias subjacentes. Na Alemanha, o aspecto central esteve na integração das tecnologias digitais na

linha de produção, enquanto o Japão tem buscado a integração da robótica avançada e da inteligência artificial. Dentre os demais países, destaca-se as ações dos Estados Unidos em prol do desenvolvimento de sistemas de informação e de novos materiais, além do Reino Unido que tem priorizado questões relacionadas à mobilidade, crescimento limpo e necessidades da sociedade em envelhecimento (IEDI, 2018d).

Ademais, observa-se que as diferentes abordagens adotadas pelos países vão ao encontro de suas infraestruturas institucionais, políticas de investigação e tecnológicas. Desse modo, conscientes da relevância da indústria no desenvolvimento de inovações e no progresso técnico, os quais se difundem à toda economia. E, levando em consideração as novas tecnologias digitais, as estratégias nacionais foram definidas a partir da identificação de suas prioridades (IEDI, 2018c). Então, essas ações passaram a constituir a disparada dos países em direção à indústria do futuro (IEDI, 2018d).

Partiu da Alemanha a iniciativa pioneira em direção a Indústria 4.0. Especificamente, o movimento foi apresentado em 2011 a partir do termo “*Industrie 4.0*”, compreendendo uma ação participativa entre a academia, as empresas e o governo alemão. Este último integrou a *Industrie 4.0* em sua estratégia de desenvolvimento industrial (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; SCHWAB, 2016). Ao referir-se à Indústria 4.0, Schwab (2016) sustenta que por meio de fábricas inteligentes a quarta revolução industrial possibilita que sistemas físicos e virtuais interajam entre si. Acerca do conceito, Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) apontam que as empresas vão constituir redes globais que serão capazes de incorporar as suas instalações de produção na forma de sistemas ciberfísicos, ou seja, máquinas inteligentes que trocam informações, levando a interações e controle de forma independente. Esses sistemas estarão conectados de forma vertical com os processos dentro da planta fabril da organização, e de forma horizontal com o restante da cadeia de valor.

O objetivo da Alemanha centra-se na liderança em desenvolvimento e utilização das tecnologias em seu parque fabril, e na ampliação de sua competitividade diante dos mercados globais. Tendo em vista que o país já se encontrava a frente em tecnologias relacionadas a sistemas integrados e softwares empresariais. O plano alemão apresenta um horizonte temporal de 15 anos, nos quais o país planeja alcançar a liderança em relação aos sistemas ciberfísicos (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Além da Alemanha, outros países desenvolveram iniciativas em direção à indústria do futuro, dentre eles destacam-se os Estados Unidos, China, França, Itália e Japão. As atividades

são voltadas para a Manufatura Avançada, Internet Industrial, Indústria Integrada, Fábricas Inteligentes, entre outras (IEDI, 2018c). Alguns destes já estão colhendo os resultados dessas políticas públicas (MANCILHA; GOMES, 2018).

Mancilha e Gomes (2018) identificaram aproximadamente quarenta iniciativas oriundas de países como os Estados Unidos (dezesseis programas), Alemanha (dezoito programas) e China (seis programas), ligadas a questões semelhantes a Indústria 4.0. O Brasil também possui diferentes iniciativas nesse sentido. Recentemente o Governo Federal lançou a Seleção Pública MCTI/FINEP/FNDCT 04/2020, visando a subvenção econômica à inovação, recursos que totalizam R\$ 50 milhões voltados a tecnologias 4.0 (BRASIL, 2020a). Independentemente do termo que os países utilizam para caracterizar essa “indústria do futuro”, corrobora-se que o fenômeno tem se tornado um tópico central nas agendas estratégicas de diferentes países (IEDI, 2018c).

1.2 PROBLEMÁTICA

Com o passar do tempo, novas tecnologias e novas formas de perceber o mundo têm impactado os sistemas econômicos e a sociedade. Essas mudanças podem levar anos para ocorrer, e são consideradas como revoluções. Atualmente, devido as sofisticadas e integradas tecnologias digitais alcançou-se a quarta revolução industrial, ou Indústria 4.0 (SCHWAB, 2016). Drath (2014) argumenta que o interesse acerca da Indústria 4.0 refere-se ao fato desta ser uma revolução industrial prevista *a priori*, diferentemente das demais revoluções industriais. Hermann, Pentek e Otto (2016) expõem que este fato possibilitou às empresas, centros de pesquisa e governos a moldarem atividades voltadas a esse escopo. Nesse cenário, espera-se que os impactos econômicos sejam profundos.

Dentre os impactos, prevê-se a integração de diferentes atividades intraorganizacionais, da cadeia produtiva e de fornecedores. Propiciando a otimização de processos, como logística e a personalização de produtos (IEDI, 2017a). Esse processo compreende em integração vertical e horizontal, conforme mencionado anteriormente por Kagermann, Wahlster e Helbig (2013).

Percebe-se o potencial desses impactos, especificamente em relação ao atendimento de demandas individuais dos clientes, flexibilidade nos processos de negócios, otimização na tomada de decisão, eficiência de recursos e produtividade, geração de valor e novos serviços,

respostas às mudanças demográficas por meio da organização do trabalho e de competências, além de equilíbrio pessoal entre o trabalho e a vida pessoal de recursos humanos. Ademais, a Indústria 4.0 visa estimular maiores níveis de qualidade, robustez em processos produtivos, otimização de recursos produtivos, entre outros aspectos, porém, esse processo exige bases legais e incentivos apropriados (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Diante de tamanha perspectiva, observa-se que o tema tem sido priorizado pelos agentes econômicos em diferentes países (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). Dentre os quais pode-se mencionar: China, França, Alemanha, Estados Unidos, Coreia do Sul, Itália, Índia, Reino Unido, Japão e Canadá. Os quais estão em pleno desenvolvimento e aplicação de políticas nacionais de desenvolvimento industrial focados na Indústria 4.0 (DA SILVA; KOVALESKI; PAGANI, 2019; IEDI, 2018c).

Porém, o Brasil ainda apresenta reflexos dos impactos da crise ocorrida entre 2014 e 2016, fato que eleva os desafios para a transformação tecnológica da indústria brasileira, sob perspectiva de que a indústria do futuro já está ocorrendo. E deve-se ter em vista que os países mais desenvolvidos já estão promovendo o seu desenvolvimento industrial e da inovação (IEDI, 2017a). Conforme destaca De Alvarenga (2017), o país apresenta contínuas quedas nos níveis de competitividade, o que se deve em grande medida a deterioração do ambiente econômico e da capacidade inovativa. Corroborando, observa-se que as firmas brasileiras possuem baixa utilização de tecnologias digitais (MANCILHA; GOMES, 2018).

Não obstante, a pandemia da COVID-19 lançou grandes desafios ao sistema socioeconômico em todo o mundo, sobretudo devido ao período de recessão gerado (KATZ; JUNG; CALLORDA, 2020). O Fundo Monetário Internacional estimou uma redução de 4,9% do PIB global durante 2020 (IMF, 2020). Mais especificamente, a indústria mundial apresentou uma redução de 7,4% de sua produção no período entre janeiro e maio, em comparação com o ano anterior. Sob esse aspecto, o Brasil teve uma retração de 10,7% na produção industrial (IEDI, 2020a).

Oldekop *et al.* (2020) destacam que dentre os impactos gerados pela COVID-19, houve uma significativa digitalização nos setores de uma forma geral, haja vista o temor da transmissão do vírus em espaços físicos, acentuando a construção de espaços virtuais. Katz, Jung e Callorda (2020) sugerem que países como maior infraestrutura de conectividade, em parte, conseguiram compensar os efeitos da pandemia, pois foi possível manter a economia em funcionamento. Esses aspectos corroboram com o argumento de que a relevância da indústria

nacional tem se tornado mais evidente no cenário de enfrentamento a pandemia. Haja vista que diante dos obstáculos instaurados ao comércio internacional, algumas cadeias globais de valor acabaram rompendo-se, assim, muitos países tiveram de empregar suas capacidades industriais para suprir a escassez de equipamentos e suprimentos (IEDI, 2020b).

Destaca-se que o país já vinha empreendendo esforços em prol da Indústria 4.0. O passo inicial ocorreu em 2014 com a instauração da Câmara Máquina a Máquina e Internet das Coisas (Câmara IoT) pelo Ministério das Comunicações. Posteriormente, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) criaram um Grupo de Trabalho de Indústria 4.0 (CNI, 2016a). Ademais, em 2017 foi divulgado o Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil. Tem se observado que o país possui diferentes planos nacionais. Roberto Vermulm (IEDI, 2017b) expõe que “quem tem meia dúzia, não tem nenhum”, ao ressaltar a importância do país centrar seus esforços no desenvolvimento de um robusto plano nacional, e da articulação entre os instrumentos de política industrial e os agentes que compõe o sistema de inovação (IEDI, 2020b).

A Confederação Nacional da Indústria argumenta que o planejamento e a adesão de políticas industriais no Brasil são dificultados por entraves associados a burocracia, tributação, infraestrutura, entre outros. Os quais restringem a diversificação e a mudança estrutural da indústria, aumentando a especialização da indústria em mercados tradicionais. A longo prazo compromete-se o ganho de competitividade e a geração de inovações. Além destes, pode-se mencionar a existência de barreiras de entrada que limitam a concepção de novas atividades produtivas, tais como métodos e escalas de produção, adaptação de tecnologias, criação de novos produtos, aperfeiçoamento de processos produtivos, treinamento de pessoal, e a dificuldade em concorrer com outras empresas já estabelecidas; além de falhas de mercado como a assimetria informacional no mercado de crédito, “falhas de coordenação” (disponibilidade de fornecedores, matéria-prima, mão-de-obra especializada, marco regulatório, etc.), e “transbordamentos (*spillovers*) de informação” (complexidade de previsão da viabilidade da atividade) (CNI, 2019).

Diante desse contexto e visando aprofundar-se sobre a implementação da Indústria 4.0 pelas empresas no Brasil, o presente estudo apresenta a seguinte questão de pesquisa:

Como ocorre o processo de implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais no Brasil?

A partir dessa questão de pesquisa busca-se elucidar a forma com que as firmas precursoras na implementação da Indústria 4.0 no país enfrentam as adversidades e aproveitam as oportunidades de aplicação do novo modelo industrial, assim como revelar os principais aspectos envolvidos nesse processo.

Leva-se em consideração que a definição da questão de pesquisa e dos objetivos seguem a abordagem metodológica respaldada pela Teoria Fundamentada nos Dados (TFD). A TDF preconiza que a questão de pesquisa deve ser formulada de forma que seja flexível e que permita explorar com profundidade o fenômeno visado pelo estudo (STRAUSS; CORBIN, 2008).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver um modelo teórico explicativo acerca do processo de implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais no Brasil.

1.3.2 Objetivos específicos

Ao visar atingir o objetivo geral apresentado, formularam-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Descrever os mecanismos, estratégias e elementos que permeiam a implementação do novo modelo industrial pelas firmas;
- b) Revelar as interações e os condicionantes entre os processos e os elementos implícitos ao fenômeno, sob o ponto de vista dos agentes envolvidos;

1.4 JUSTIFICATIVA

Ao ter em vista que o objeto de estudo é centrado na implementação da Indústria 4.0, observa-se a partir de um levantamento bibliométrico na base de dados *Scopus*, um crescimento exponencial de estudos a partir de 2013. Diante dos diferentes conceitos e visões que a literatura apresentava acerca do tema, Hermann, Pentek e Otto (2016) definiram com base em uma revisão de literatura um conceito de Indústria 4.0, identificando seis princípios básicos, visando unificar e capacitar a investigação a respeito do tema.

O tema tem sido amplamente discutido em todo o mundo. Conforme levantamento de Rodrigues, De Jesus e Schützer (2016), o termo consiste em objeto de discussão entre diversos especialistas atualmente. Até 2013 o *Google Acadêmico* havia registrado 1.300 artigos sobre o tema. E, posteriormente, verificou-se na base de dados *Scopus*, que no intervalo entre 2014 e 2015, o volume de publicações aumentou cerca de 210%. Essas evidências demonstram a relevância e o progresso do tema, tanto na academia, quanto na indústria (ANDERL, 2014).

Diante do volume de estudos com o tema Indústria 4.0 (que ultrapassa 18.000 publicações), verifica-se que a maioria dos estudos em nível mundial concentram-se em áreas de engenharias e da ciência da computação, os quais visam prioritariamente, o desenvolvimento de tecnologias digitais para o novo paradigma. Esses achados corroboram com Liere-Netheler (2017), quando evidencia que diferentes áreas de conhecimento precisam se envolver nesse tópico, sendo necessária a cooperação entre as engenharias, administração, ciência da computação, sistemas de informação, entre outras. O tema ainda se mostra significativamente voltado para a tecnologia, com estudos desenvolvidos majoritariamente dentro do campo da engenharia, havendo raros estudos sob a perspectiva sociotécnica.

Evidencia-se nessa pesquisa exploratória que estudos voltados a negócios e administração, apresentam-se em menor volume, aproximadamente 2.500, em todo o mundo e, apenas 115, oriundos do Brasil. Acerca dos estudos desenvolvidos no contexto brasileiro, o Quadro 1 destaca os principais trabalhos (filtrados conforme a relevância, aderência ao tema e disponibilidade). Assinala-se que não se identificou uma análise sistêmica e integrada do processo no país.

Quadro 1 – Panorama dos estudos sobre Indústria 4.0 numa perspectiva brasileira.

Estudo	Ênfase
Dalenogare et al. (2018)	Relação entre a utilização das tecnologias com benefícios esperados
Gomes et al. (2018)	Atributos da cadeia de suprimentos do setor automotivo influenciados pelos elementos da Indústria 4.0
Jabbour et al. (2018)	Sinergia produtiva entre a Indústria 4.0 e a fabricação ambientalmente sustentável
Justus, Ramos e Loures (2018)	Modelo de avaliação de capacidade das tecnologias
Ramos et al. (2018)	Metodologia de avaliação de sistemas para a Indústria 4.0
Tadeu et al. (2018)	Maturidade digital de empresas brasileiras
Tortorella e Fettermann (2018)	Relação entre as práticas de produção enxuta e a implementação da Indústria 4.0
Cezarino et al. (2019)	Limitações na aplicação da Indústria 4.0 e da economia circular em contextos emergentes
Frank, Dalenogare e Ayala (2019)	Níveis da aplicação das tecnologias digitais
Frank et al. (2019)	Impactos no modelo de negócios de servitização
Tortorella et al. (2019)	Comparação do nível de implementação da produção enxuta e Indústria 4.0 em fabricantes localizados em economias emergentes e desenvolvidas
Liboni et al. (2019)	Impactos na gestão de recursos humanos
Nascimento et al. (2019)	Tecnologias aplicáveis à economia circular
Santos e Martinho (2019)	Modelo de maturidade da implementação dos conceitos de Indústria 4.0 em empresas de manufatura
Tortorella, Giglio e Van Dun (2019)	Papel moderador das tecnologias da Indústria 4.0 na relação entre produção enxuta (LP) e melhoria do desempenho operacional no Brasil
Tortorella, Miorando e Mac Cawley (2019)	Efeito moderador de Indústria 4.0 sobre a relação entre o gerenciamento da cadeia de suprimentos <i>lean</i> e a melhoria do desempenho
Rocha, Mamédio e Quandt (2019)	Influência de startups na inovação digital em fabricantes brasileiras
Queiroz et al. (2019)	Estrutura de recursos para a cadeia de suprimentos digital
Kahle et al. (2020)	Criação de valor de produtos inteligentes em ecossistemas de inovação de MPEs
Tortorella et al. (2020a)	Aprendizagem organizacional e tecnologias da Indústria 4.0
Tortorella et al. (2020b)	Integração da Indústria 4.0 com fluxos de valor enxuto
Belinski et al. (2020)	Aprendizagem organizacional e Indústria 4.0
Benitez, Ayala e Frank (2020)	Ecossistemas de inovação da Indústria 4.0
Queiroz et al. (2020)	Interação dos sistemas de produção inteligentes
Jorge, de Oliveira e dos Santos (2020)	Análise de como a universidade está preparando estudantes para a Indústria 4.0
Tortorella et al. (2021)	Impacto do envolvimento dos funcionários sobre a relação entre a Indústria 4.0 e a melhoria de desempenho operacional
Kipper et al. (2021)	Mapeamento de competências requeridas pela Indústria 4.0
Benitez et al. (2021)	Papel moderador dos parceiros da cadeia de suprimentos

Fonte: Elaboração própria.

Vários deles são de natureza bibliográfica ou adotam procedimentos quantitativos de coleta e análise de dados. Acerca disso, Liere-Netheler (2017) considera que tendo em vista que são as pessoas que executam as mudanças requeridas no contexto da Indústria 4.0, é fundamental a realização de pesquisas a partir de uma perspectiva sociotécnica. Sendo necessário um aprofundamento acerca da relação entre os componentes tecnológicos, organizacionais e humanos nesse processo.

Diante disso, justifica-se que a presente tese seja ancorada na utilização da Teoria Fundamentada em Dados (TFD), pois considerou-se que através desse método seria possível compreender qualitativamente o processo de implementação da Indústria 4.0. Ademais, a TFD é considerada como estratégica e inovadora nesse tema, sobretudo sob a intenção de analisar a perspectiva social imbuída nesse fenômeno.

Apesar da literatura apontar para a necessidade de estudos qualitativos acerca do objeto de análise (LIERE-NETHELER, 2017), estes são encontrados em volume reduzido, dentre os quais destaca-se o estudo de Montanus (2016), o qual estabeleceu uma estrutura conceitual para identificar e avaliar os impactos da adoção da Indústria 4.0 em modelos de negócios de petróleo e gás. E, Caldwell (2018) que compôs uma análise teórica e construiu núcleos conceituais acerca da *Lean Manufacturing e Lean Thinking* diante da Indústria 4.0, sob um contexto de indústrias transnacionais na Costa Rica. Além de Radanliev et al. (2019) que compuseram um modelo para a integração da *Industrial Internet of Things* com as demais tecnologias.

Essas evidências corroboram que a aplicação da Teoria Fundamentada nos Dados em pesquisas voltadas a negócios e administração ainda são incipientes¹ (BERTO; ERDMANN, 2017; BIANCHI; IKEDA, 2008; ROMAN; MARCHI; ERDMANN, 2013; UHLMANN; ERDMANN, 2014). Jacobus, De Souza e Bitencourt (2012) evidenciam que a utilização da TFD na administração visa suprir áreas em que a construção de teorias ainda é limitada, ou ainda que o fenômeno social em análise se mostra complexo. Além disso, o uso da TFD mostra-se proveitoso na análise de fenômenos fortemente influenciados pelo contexto organizacional no qual se insere. Adicionalmente o método possibilita uma análise sensível a percepção dos sujeitos que vivenciam o fenômeno. Além disso, a TFD consiste num método qualitativo rigoroso em relação aos procedimentos de coleta, análise e geração de uma teoria substantiva.

O Quadro 2 ilustra uma síntese das lacunas teóricas, empíricas e metodológicas do campo da gestão percebidas na pesquisa exploratória e as respostas pretendidas pela tese.

Quadro 2 - Lacunas teóricas, empíricas e metodológicas no campo de estudo e contribuições pretendidas com a tese

Campo	Lacunas	Contribuição
Teórico	Diante dos impactos esperados pela Indústria 4.0, faz-se necessário investigar os fatores que influenciam o processo de adoção, além de impactos no desempenho organizacional e em nível individual (LIERE-NETHELER, 2017).	Composição de uma teoria substantiva acerca do fenômeno, caracterizando seus processos e elementos, bem como as suas interações e condicionantes.

¹ Discussão aprofundada na seção 3.2.1.

Campo	Lacunas	Contribuição
	Em levantamento na base de dados <i>Scopus</i> a maioria dos estudos concentram-se em áreas de engenharias e da ciência da computação, os quais visam prioritariamente o desenvolvimento das tecnologias digitais do novo paradigma.	A pesquisa visa constituir uma teoria substantiva que represente a percepção dos envolvidos no processo de implementação da Indústria 4.0.
Empírico	A partir da TFD pode-se descrever e explicar a interação de condições contextuais, ações e consequências de fenômenos em administração. Acerca do contexto da gestão no Brasil, vários estudos poderiam ser desenvolvidos abordando o significado do contexto econômico e social na gestão, novas formas organizacionais, importância da gestão do conhecimento, adoção, difusão e transferência de inovação dentro e fora das organizações, entre outros (PREDEBON et al., 2011).	A tese visa elaborar uma teoria substantiva acerca da implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais no Brasil, permeadas de questões acerca da adoção de inovações e desafios na gestão empresarial.
	Tendo em vista que a partir da introdução da Indústria 4.0 os sistemas produtivos se tornarão mais complexos, serão necessários planejamento apropriados e modelos explicativos visando auxiliar na gestão da crescente complexidade (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).	O resultado da pesquisa constitui um modelo teórico explicativo acerca da implementação da Indústria 4.0 no contexto brasileiro.
Metodológico	Os estudos devem utilizar metodologias apropriadas, diante da fraca base empírica disponível acerca do tema, uma abordagem qualitativa mostra-se mais apropriada. Valiosas informações podem ser obtidas com especialistas e com os gerentes das empresas que estão envolvidas na transformação digital, identificando as barreiras e desafios nesse processo. E a Teoria Fundamentada mostra adequada a essas necessidades (LIERE-NETHELER, 2017).	A pesquisa constitui-se a partir de uma metodologia qualitativa, por meio da Teoria Fundamentada nos Dados, visando analisar o significado dos agentes envolvidos no processo, tais como especialistas e gestores das empresas.
	Outro aspecto refere-se a análise em profundidade do processo através do desmembramento em vários níveis, e posteriormente comparar esses achados com as abordagens de adoção popular através das pesquisas (LIERE-NETHELER, 2017).	A Teoria Fundamentada nos Dados apresenta uma etapa que consiste na comparação do modelo conceitual emergido dos dados com a literatura.
	Diferentes estudos já foram desenvolvidos na área de administração, aplicações práticas do método ainda se apresentam em volume reduzido (BIANCHI; IKEDA, 2008; MEDEIROS; SANTOS; ERDMANN, 2019). Ademais, não foram identificados estudos voltados a implementação da Indústria 4.0 pelas firmas, tampouco no contexto de economias emergentes como o Brasil.	O presente estudo visa sanar essa lacuna, através da utilização da TFD e da identificação dos processos e elementos que permeiam a implementação da Indústria 4.0 no contexto brasileiro.
	O uso de novas vertentes da TFD ainda é incipiente no país. Podendo ser consideradas como novas possibilidades de utilização do método, além de contribuir para o desenvolvimento e ampliação da utilização da	Tem-se como base uma versão recente proposta por Corbin e Strauss (2015), conhecida como vertente estruturalista, possui o modelo paradigmático com três componentes, uma inovação do ponto de

Campo	Lacunas	Contribuição
	TFD sob o contexto brasileiro (SANTOS, 2018).	vista da vertente Straussiana da TFD, ainda não utilizado em estudos na área de administração.

Fonte: Elaboração própria.

O trabalho busca minimizar as lacunas identificadas trazendo significativas contribuições conforme quadro 2, adicionalmente evidencia-se ainda que o mesmo se insere num projeto mais amplo denominado “Relações Complexas na Administração da Produção”, vinculado ao Núcleo Interdisciplinar de Estudos em Gestão da Produção e Custos (NIEPC). O referido projeto visa contribuir com o objetivo específico de desenvolver conhecimento de gestão da produção a partir de levantamento em bases secundárias e a geração de teorias substantivas. Ademais, destaca-se que nos últimos anos o grupo de pesquisa tem gerado teorias substantivas acerca de diferentes contextos organizacionais, tais como: implementação de sistemas de melhoria de desempenho (ROMAN, 2014), estratégia de produção (MARCHI, 2014), gestão de operações sustentáveis (UHLMANN, 2017) e acreditação hospitalar (BERTO, 2018).

Essas teses contribuíram para a construção de *know-how* da utilização da TFD em administração, respaldadas nas vertentes Straussiana (STRAUSS; CORBIN, 2008) e construtivista (CHARMAZ, 2009). Evidencia-se que nesse estudo a escolha pela vertente Straussiana (CORBIN; STRAUSS, 2015) deve-se principalmente pelo fato desta apresentar as etapas de análise mais estruturadas, amparando o pesquisador no processo de interpretação e na operacionalização do método.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Afora a introdução apresentada, a tese possui mais quatro capítulos. O Capítulo 2 expõe o referencial teórico do estudo, evidenciando a literatura acerca da inovação tecnológica e desenvolvimento econômico a partir de teorias schumpeterianas e neo-schumpeterianas, também, apresenta-se o contexto brasileiro acerca da inovação tecnológica. Na sequência discorre-se sobre a Indústria 4.0 como um novo paradigma tecnológico, evidenciando seus componentes-chave, frentes globais, impactos esperados, além do contexto brasileiro e seus principais desafios diante dessa transformação em andamento. Destaca-se que este capítulo foi

construído a partir de pesquisa bibliográfica realizada antes e depois da coleta de dados empíricos.

O capítulo 3 apresenta a proposta epistemológica e metodológica que adotada no desenvolvimento da tese, delineando os principais aspectos do método Teoria Fundamentada nos Dados e suas aplicações na área da Administração. Ademais, evidencia-se os procedimentos e técnicas adotados para o cumprimento da proposta apresentada.

No capítulo 4 os resultados e discussões da pesquisa são apresentados a partir da coleta em campo. Inicialmente, apresenta-se o modelo conceitual acerca da implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais no Brasil. Na sequência, a teoria substantiva, suas principais evidências e proposições são comparadas com a literatura.

No capítulo 5 são apresentadas as principais considerações acerca do estudo, bem como as suas contribuições sob o prisma teórico, prático e metodológico; também são apontados as limitações e sugestões para estudos futuros. Por fim, são elencados as referências, apêndices e anexos citados ao longo da tese.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Ao visar contextualizar a investigação proposta, o capítulo referente ao referencial teórico consiste em duas seções. A primeira seção compreende uma revisão das contribuições da literatura para o debate acerca de inovações, evidenciando as principais discussões e contribuições de Joseph A. Schumpeter e dos demais estudiosos que a partir de suas obras ampliaram a discussão para outros aspectos como a geração e difusão de tecnologias e os impactos setoriais e nacionais na capacidade inovativa das firmas. Além disso, contextualiza-se o estágio da inovação tecnológica no Brasil e seus principais fatores determinantes. E, na segunda seção são elencados conceitos, componentes-chave, movimentos globais, impactos, além do contexto e dos desafios ao país diante da Indústria 4.0.

2.1 A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO À LUZ DAS TEORIAS SCHUMPETERIANA E NEOSCHUMPETERIANA

Conforme exposto por Feitosa (2011), a intensificação concorrencial tem compelido as organizações a se adequarem às necessidades do mercado, especificamente a investirem em produtos ou processos inovadores, ao passo que a inovação tem sido considerada um elemento essencial para a manutenção da competitividade e do desenvolvimento econômico. O que reforça os argumentos Schumpeterianos acerca da força com que a inovação é capaz de romper com o equilíbrio e gerar desenvolvimento.

Schumpeter (1961; 1984) analisa o capitalismo como uma forma de transformação econômica. Esse caráter evolutivo se deve muito além de modificações em termos sociais, como o aumento da população, do capital, guerras, entre outras condições. Centralizando esse movimento na introdução de novos bens de consumo, métodos de produção e transporte, novos mercados e formas de organização. Essas mudanças em termos industriais são capazes de mudar a estrutura econômica, destruindo o que é antigo e criando novos elementos, movimento que é caracterizado como o processo de destruição criativa.

Desse modo, o autor já considerava na década de 30 que a inovação é o cerne do capitalismo, devendo as empresas adaptar-se a ele visando a sua sobrevivência no mercado. Assim, configura-se em um estímulo da máquina capitalista, tendo em vista o surgimento de novos bens de consumo, novos métodos produtivos e logísticos, novos mercados e novos

modelos organizacionais. Cabendo ao empreendedor o papel de agente de inovação, capaz de impactar o ambiente econômico por meio da criação de postos de trabalho, geração de renda e de progresso (SCHUMPETER, 1984). Desse modo, tendo como base as descobertas científicas, os empreendedores tomam iniciativas diante de novas oportunidades de investimento, crescimento e de geração de emprego. Os rendimentos gerados a partir das inovações agem como impulso para novas ondas de crescimento, alertando os concorrentes imitadores (FREEMAN, 1982a). Freeman (1982b) já reconhecia o caráter sistêmico da inovação, antecipando a definição de sistema nacional de inovação (FREEMAN, 1987).

Conforme OECD/Eurostat/European Union (1997), as empresas inovam visando a melhoria no seu desempenho, diante disso, um novo produto ou novo processo consistem em um diferencial competitivo devido ao impacto em sua demanda, eficiência, custos produtivos, na capacidade de criar novos conhecimentos, entre outros. Laplane (1997) argumenta que as inovações consistem no resultado de iniciativas de agentes econômicos, sejam eles empresas ou indivíduos, de forma que são capazes de reorganizar a atividade econômica. A concorrência propicia a busca por adaptação e iniciativas inovadoras, visando à construção de vantagens em relação aos demais agentes no mercado.

Cabe destacar que ao referir-se à inovação, geralmente leva-se em consideração o fato de que a mesma consiste em uma novidade à empresa, tendo em vista o contexto e o estado da arte do setor ao qual esse pertence. Pois, a organização pode apresentar transações com empresas locais, regionais, nacionais, e até mesmo internacionais. Ou ainda a referida inovação pode criar novos mercados consumidores, beneficiando a empresa com o poder de monopólio enquanto não houver imitadores (OECD/EUROSTAT, 2018).

Freeman (1982c, 1988, 1997) expõe uma classificação da inovação diante do seu grau de novidade. A inovação incremental consiste no desenvolvimento, adaptação ou melhoria de processos ou produtos já existentes, enquanto a inovação radical consiste na introdução de novos produtos e/ou processos nos quais há mudança no paradigma existente. Esta última apresenta maior incerteza, com capacidade de romper com estruturas de mercado, concebendo novos produtos, mercados, modelos, entre outros.

As inovações incrementais compreendem em alterações nos produtos, no *layout da* fábrica, mudanças no processo produtivo, entre outras mudanças que não dependem necessariamente de atividades de P&D. Por outro lado, a inovação radical quebra os pressupostos existentes, fornecendo uma nova trajetória tecnológica. Desse modo, apresenta-se

de forma descontínua e depende de atividades de P&D, e acarreta em mudanças no sistema tecnológico, mudanças organizacionais e em paradigmas técnicos e econômicos, ao passo que não ocorrem com frequência, porém seus impactos são duradouros (DE CARVALHO, 2009). Cabe destacar porém, que embora pareça que seja mais interessante para uma organização investir em inovações radicais ela não pode abrir mão das inovações incrementais, que representam em média cerca de 90% das inovações empreendidas por uma organização e são imprescindíveis para que a organização se mantenha no mercado (TIDD; BESSANT, 2015).

Esse argumento corrobora com a visão de Schumpeter (1961), quando discorre que as combinações que são oriundas do ajuste de antigas inovações não consistem em um fenômeno novo ou em desenvolvimento, o que configura apenas novas combinações aleatórias. De outro modo, o autor indica que o desenvolvimento só ocorre mediante novas combinações, dentre as quais podem ser classificadas em cinco categorias: a) novos produtos ou uma nova qualidade deste; b) novos métodos de produção e de distribuição; c) novos mercados; d) novas fontes de abastecimento e de matéria-prima; e e) novos modelos organizacionais.

Em sua análise, Schumpeter definiu dois padrões básicos de inovação classificados como do tipo Mark I e Mark II. O primeiro consiste na “destruição criativa” propriamente dita, em empresas que não apresentam inovações prévias, com baixas barreiras tecnológicas de entrada e com fundamental papel dos empresários e das novas firmas. Por outro lado, o segundo padrão consiste na “acumulação criadora”, e ocorre em firmas que possuem histórico de inovações, prevalecendo grandes empresas estabelecidas, existindo maiores barreiras à entrada de novas firmas (BRESCHI; MALERBA; ORSENIGO, 2000).

Esses padrões são definidos através da combinação de quatro fatores, conforme defendem Breschi, Malerba e Orsenigo (2000), são eles: altas oportunidades tecnológicas, apropriabilidade, cumulatividade e natureza do conhecimento. As altas oportunidades tecnológicas referem-se a elevada probabilidade de ocorrência de inovações em relação ao montante de recursos aplicados. A apropriabilidade representa a proteção contra a imitação, e por consequência, a captura dos lucros. Enquanto a cumulatividade reside na capacidade das inovações existentes gerarem inovações subsequentes. E por fim, a natureza do conhecimento implícito nas atividades inovativas pode ser mais genérica ou mais específica. Diante disso, os autores supracitados argumentam que um ambiente propício para firmas Schumpeter Mark II consiste em poucas oportunidades tecnológicas, maior apropriabilidade e cumulatividade tecnológica, além da relevância da ciência básica como fonte de inovações. Por outro lado, altas

oportunidades tecnológicas, baixa apropriabilidade e cumulatividade, e maior relevância das ciências aplicadas e de fontes externas de conhecimento, favorecem o padrão inovativo Schumpeter Mark I.

Conforme Cario e Pereira (2002) destacam, o desenvolvimento é impulsionado pelos saltos descontínuos e desequilibrados das mudanças técnicas. Desse modo, o desenvolvimento econômico ocorre a partir de uma ruptura, dando início a um novo ciclo. Esse argumento deriva do pensamento de Schumpeter, que argumenta que o desenvolvimento depende também de condições institucionais adequadas para a disseminação da inovação. É a partir dessas condições que ocorre a destruição criativa, em que um novo ciclo de crescimento inicia, sendo encerrada quando já não são observados mais lucros monopolistas, devido a imitação e a competição (SCHUMPETER, 1961). Esses ciclos afetam a atividade econômica no sentido da evolução capitalista, pois compreendem revoluções industriais e as consequentes absorções de seus efeitos. Haja vista que as revoluções transformam a estrutura industrial por meio da inserção de novos métodos de produção, novas rotas de escoamento, novas formas organizacionais, novos mercados, entre outros. E a medida em que essa novidade se estabelece, observa-se a eliminação dos elementos antigos na estrutura industrial, caracterizando o processo de rejuvenescimento da economia (SCHUMPETER, 1911).

Ao corroborar com estes argumentos, Schumpeter (1939) introduziu o conceito de ciclos econômicos, assinalando que o progresso econômico é um fenômeno próprio do sistema capitalista, que altera toda a estrutura econômica, porém, essas evoluções não ocorrem constantemente, de forma simples e linear. Pois é possível verificar períodos de progresso, e a inexistência desse fator em outros momentos da história. Também, observa-se que nesses períodos de progresso, o empreendedor enquanto criador de um novo bem é imitado pelos demais concorrentes, os quais investem na produção de bens semelhantes, inserindo capital na economia, gerando crescimento.

Porém, ao passo que esses produtos novos e seus similares criados pelos concorrentes são absorvidos pelo mercado, o crescimento econômico é reduzido, iniciando a recessão na economia, com menores investimentos e postos de trabalho. Esses movimentos descritos anteriormente consistem no processo de mudança estrutural, que introduzem novos produtos e novos métodos ao mercado (SCHUMPETER, 1939). Aspectos que evidenciam que o processo inovativo é permeado por grande incerteza, haja vista a imprevisibilidade dos futuros conhecimentos, mercados e tecnologias. Circunstância que pode levar as empresas a não

inovarem diante de um ambiente inconstante (OECD/EUROSTAT/EUROPEAN UNION, 1997).

A partir dos anos de 1980, a obra de Schumpeter tornou-se objeto de releitura, com ênfase nos elementos de ruptura com a ortodoxia dominante, surgindo na literatura referências à construções teóricas neoschumpeterianas. Conforme Figueiredo (2005) menciona, esses estudiosos visaram analisar o papel da mudança tecnológica no desenvolvimento industrial e econômico de países e organizações, enfatizando os impactos gerados no progresso tecnológico de diferentes setores e países a partir da sua capacidade tecnológica.

Os autores neoschumpeterianos dividem-se em dois grupos, o que desenvolve “modelos evolucionistas” como Nelson e Winter, e a corrente oriunda da Universidade de Sussex, na qual evidenciam-se pesquisadores como Freeman, Pavitt e Dosi, entre outros. Em suma, as duas correntes voltaram-se à análise dos processos de geração e difusão de novas tecnologias em sua natureza e impactos, atribuindo à inovação o papel de principal dinamizador da atividade econômica capitalista.

Wersching (2010) argumenta que a teoria neoschumpeteriana (ou evolucionista) consiste num novo corpo teórico para o estudo da firma, com conceitos análogos ao da biologia, para explicar como a estrutura econômica adapta-se ao longo do tempo. Possas (1989, 2008) argumenta que, para os “evolucionistas”, a hipótese de equilíbrio estático é abandonada em direção ao desequilíbrio e às assimetrias como fatores essenciais para a mudança estrutural e para o movimento, além disso, admite-se a presença da incerteza no horizonte do cálculo capitalista. Supõe-se que a geração de inovações seja o resultado de estratégias de P&D, e que o sucesso das inovações depende do ambiente (seleção natural). Ademais, o enfoque edifica que os processos de inovação e de difusão dessas inovações são influenciados pela demanda e pela “trajetória natural” da tecnologia.

A corrente de economistas da mudança tecnológica (Universidade de Sussex) considera que essas assimetrias tecnológicas e produtivas são elementos determinantes na dinâmica industrial. Enfatizando elementos como a geração e difusão de inovações, impactos setoriais e nacionais e a mudança estrutural (POSSAS, 1989). Dentre os autores, destaca-se Dosi, o qual centra-se na análise dos diferentes níveis de inovações setoriais, e em paradigmas tecnológicos.

O argumento central de Dosi (1988) consiste na possibilidade de verificar os diferentes níveis de inovação setorial, e que a inovação tecnológica pode estar relacionada a solução de

problemas, que envolve a “descoberta” e “criação”, a partir de experiências anteriores e do conhecimento formal. Devido às diferenças entre setores, cada paradigma tecnológico envolve uma “tecnologia da mudança tecnológica” específica. Ou seja, cada paradigma envolve modos de busca, bases de conhecimento e combinações entre as formas de conhecimento tecnológicos que são muito específicas. O autor também argumenta que P&D interno é a forma dominante de busca pela inovação, propiciando um melhor fluxo de informação do laboratório para aqueles que de fato implementam a nova tecnologia, havendo bicausalidade entre a ciência e a tecnologia.

Sob o ponto de vista de Dosi (1982), a tecnologia envolve elementos como conhecimentos práticos e teóricos, *know-how*, experiências anteriores, métodos e procedimentos, máquinas, entre outros. Já os novos paradigmas tecnológicos são oriundos de interações entre os avanços tecnológicos, fatores econômicos e institucionais, além dos caminhos tecnológicos já estabelecidos. De outra forma, o progresso técnico consiste na contínua resolução de problemas de um paradigma tecnológico, que contempla a trajetória tecnológica. Assim, o progresso tecnológico é irreversível, e o paradigma tecnológico consiste em um “pacote de informações”, dentre os quais estão balizados os seus problemas, que vão surgindo, e seus padrões de soluções, ou seja, as suas oportunidades tecnológicas, indicando a direção da mudança (DEZA, 1995; DE LIMA, 2009).

Conforme OECD/Eurostat (2018), as teorias inovativas, como de Nelson e Winter (1982) e Dosi (1982), avaliam a inovação como *path-dependent*, ou seja, dependente da trajetória tecnológica (conhecimento, progresso científico, tecnologias, entre outros), além de levarem em consideração os movimentos do mercado. Esses fatores determinam quais produtos serão desenvolvidos e quais deles terão sucesso, construindo a trajetória do desenvolvimento econômico. Sobrepondo assim as teorias da mudança tecnológica baseadas em *demand-pull* e *technology-push*².

A inovação e a mudança são diretamente relacionadas, haja vista que por meio da inovação são inseridos no mercado novos conhecimentos, potencializando o desenvolvimento de novos métodos e produtos, os quais não dependem puramente de conhecimento técnico, como também de outras formas de conhecimento. As diferentes formas de inovação (faz-se saber inovação de produto, de processo, marketing e organizacionais) apresentam impactos

² Dosi (1982) define duas abordagens básicas da mudança tecnológica. A abordagem denominada “*demand-pull*” assume que as forças do mercado determinam a mudança técnica, enquanto a abordagem “*technology-push*” atribui autonomia à tecnologia.

distintos sobre o mercado. De forma que o processo de inovação também difere entre os setores produtivos sob aspectos como o acesso ao conhecimento, nível de mudança tecnológica e questões institucionais (OECD/EUROSTAT/EUROPEAN UNION, 1997).

Os aspectos microeconômicos são evidenciados por Bell e Pavitt (1993) sob o argumento que diferentes organizações seguem caminhos distintos no sentido da acumulação tecnológica, sendo possível distingui-las em cinco categorias:

a) empresas dominadas por fornecedores: dispõem da mudança técnica por meio dos fornecedores de equipamentos e insumos produtivos, dessa mesma forma, a tecnologia é transferida internacionalmente;

b) empresas intensivas em escala: a acumulação tecnológica está no desenvolvimento de projetos, estruturação e operação de produtos e sistemas produtivos complexos, o desenvolvimento é incremental a partir do conhecimento anterior e dos equipamentos disponíveis, diante disso é necessário muito além da comercialização de máquinas para a transferência internacional de tecnologia;

c) empresas intensivas em informação: consistem em uma recente forma de acumulação tecnológica, a qual consiste no desenvolvimento do projeto, concepção e operação de sistemas voltados ao processamento e armazenamento de informações, baseando-se suas melhorias incrementais na experiência;

d) empresas de base científica: desempenham a acumulação tecnológica por meio de atividade de P&D, ressaltando sua relação com habilidades, conhecimentos e técnicas oriundas de atividades de pesquisa, exigindo capacidade de engenharia reversa além de P&D para a transferência da tecnologia;

e) empresas fornecedoras especializadas: centram as suas atividades no fornecimento de insumos de alto desempenho, diante disso, sua acumulação tecnológica ocorre no desenho, elaboração e utilização dos insumos produtivos, obtendo informações por meio da experiência operacional de usuários.

Destaca-se que a classificação proposta por Bell e Pavitt (1993) deriva do contexto de países desenvolvidos, os quais, mesmo assim diferem-se entre si, ou seja, apresentam caminhos de especialização tecnológica distintos. Fato que decorre da intensidade e profundidade da acumulação tecnológica dentro das empresas, níveis de importação de tecnologias, estágio de acumulação tecnológica local, infraestrutura e a base interna das empresas em termos de acumulação tecnológica.

A partir dessas categorias, Castellacci (2008) propôs uma nova taxonomia dos padrões setoriais de inovação. O modelo pressupõe a interação entre a indústria de manufatura e de serviços, sustentando a dinâmica dos sistemas nacionais. O autor divide em quatro categorias os padrões de inovações setoriais: a) provedores de conhecimento avançado; b) serviços de infraestrutura de suporte; c) produtores de bens em massa; e d) produtores de bens e serviços pessoais. Evidencia-se que as categorias (a) e (b) aproximam-se aos paradigmas tecnológicos emergentes, pois aproveitam-se das oportunidades tecnológicas e da trajetória tecnológica voltada para a criação de produtos e serviços avançados e investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Desse modo, fornecem conhecimento, produtos e infraestrutura para o restante do sistema. Ao passo que, para manter a competitividade internacional, o autor indica que os sistemas nacionais devem criar e manter um ramo de atividades classificadas nessas categorias, além de forte base de produção em massa, tornando sua estrutura industrial mais progressista.

Arend, Cario e Enderle (2012) evidenciam que a heterogeneidade de aptidões tecnológicas nas empresas causa assimetrias nos processos inovativos. Em suma, destaca-se que cada empresa possui distintas formas de busca, absorção, aplicação, desenvolvimento e transferência de tecnologias em seu sistema produtivo. Cohen e Levinthal (1990) desenvolveram o conceito de capacidade absorptiva das firmas, que consiste na capacidade de assimilação de novas tecnologias e informações no seu processo inovativo. Sobretudo na capacidade da firma em reconhecer o valor de determinada novidade, além de ser capaz de aplicá-la com fins comerciais, crucial no processo inovativo. Essa dinâmica, muitas vezes está embutida nas rotinas de produção da firma (WERSCHING, 2010).

Fica evidente que o conhecimento é uma variável determinante na capacidade das firmas inovarem. Especificamente, Bell e Pavitt (1993) resguardam a relevância dos recursos intangíveis (por exemplo, conhecimento) na geração e difusão da mudança técnica, pois os investimentos em P&D têm se tornado maiores do que em capital fixo, fato que reflete na intensidade de conhecimento gerado e aplicado.

Cabe destacar que o conhecimento (tácito ou explícito) é muito específico e sua necessidade e valor variam conforme determinados produtos e processos industriais. Ou seja, empresas de setores distintos não são capazes de produzir outros bens com eficiência se não aqueles em que já são especializados. Demonstrando a complexidade que envolve as diferentes tecnologias, além de sua especificidade. Porém, Dosi (1988) evidencia que em todas as

tecnologias há elementos de conhecimento que não podem ser codificados e nem difundidos. Pois, as atividades inovativas são cumulativas, locais e específicas. Lundvall (2006) defende que a economia evolucionária é mais apropriada para analisar a economia na qual o conhecimento é relevante, pois a economia evolucionária centra-se em aspectos como a racionalidade limitada e a inovação, e esta última consiste em um processo não previsível, argumento que vai de encontro a economia neoclássica.

Dosi (1982) destaca que a inovação apresenta quatro aspectos fundamentais: a) incerteza; b) dependência de novas oportunidades tecnológicas e científicas; c) atividades de P&D; e d) aprendizagem por meio da solução de problemas (*learn-by-doing*). Sobre esse último, Dosi (1988) desenvolve que o aprendizado pode ocorrer decorrente de investimentos em P&D, processos informais de acumulação de conhecimento (*learning by doing, learning by using e learning by interacting*), além do desenvolvimento de externalidades setoriais como, a mobilidade da mão-de-obra e a oferta de serviços especializados, e a difusão de informações. Destaca-se que ao longo do tempo, as empresas foram vistas apenas como utilizadores do capital humano. Porém, Bell e Pavitt (1993) apontam que as organizações possuem um importante papel na formação desses recursos ao longo do processo de aprendizado tecnológico. Pressupostos que corroboram com os argumentos que evidenciam '*learning by doing*' como relevante para a formação de capital humano.

Sob a tese de que a empresa consiste no *locus* da inovação, deve-se levar em consideração que as organizações não são isoladas dos demais agentes econômicos. De modo que a acumulação tecnológica e a mudança técnica são derivadas de complexas interações entre os agentes como, por exemplo, fornecedores, clientes, e demais atores da cadeia produtiva. Mas, por outro lado, o processo de aprendizagem tecnológica apesar de contar com a colaboração dos demais agentes é construída na forma de trajetórias, levando em conta a aprendizagem que a empresa dispõe, não havendo a possibilidade de ocorrer aprendizado de dimensões tecnológicas e organizacionais muito diversas daquelas em que a mesma já é especializada (BELL; PAVITT, 1993).

Esse argumento corrobora com o estudo de Dosi (1988), o qual evidencia que os processos de busca, desenvolvimento e a adoção de inovações consistem no produto da interação entre os incentivos e capacitações gerados dentro de cada empresa e de cada indústria, e aspectos externos da firma, como o estado da ciência em outros setores, oferta de mão-de-

obra, conhecimento, concorrência, aspectos financeiros, tendências macroeconômicas, políticas públicas, entre outros.

Diante de especificidade, cumulatividade e tacitividade de parte do conhecimento tecnológico exposto por Dosi (1988), as oportunidades inovativas e as capacitações são em grande parte locais e específicas as firmas, ou seja, havendo assimetrias entre as firmas, sendo possível identificar especificidades em relação as oportunidades tecnológicas entre empresas e setores industriais, além de lacunas tecnológicas entre diferentes países.

No que se refere às empresas localizadas em economias emergentes e em desenvolvimento, Figueiredo (2003; 2004) expõe que um aspecto tecnológico central dessas firmas consiste no início do negócio por meio da aquisição de tecnologia, não dispondo de uma base mínima de capacidade tecnológica. Desse modo, para se tornarem competitivas no futuro, precisam desenvolver a aprendizagem e assim acumular capacidade tecnológica. O mesmo se aplica às economias como um todo nesse contexto, no qual as instituições também são menos desenvolvidas, acarretando num menor desenvolvimento industrial e tecnológico, limitando-se apenas a absorção e desenvolvimento de tecnologias de outros centros. Assim, para contornar esse quadro, é necessário que as empresas se empenhem no sentido da aprendizagem, desenvolvendo capacidades tecnológicas e, por consequência, desenvolvam atividades inovativas (FIGUEIREDO, 2003).

Essa afirmação corrobora com Bell e Pavitt (1993), os quais aduzem que o desenvolvimento da estrutura institucional é relevante no sentido da formação das capacidades tecnológicas das firmas. Ao passo que, é possível verificar tanto aspectos específicos de cada empresa no processo inovativo, quanto aspectos compartilhados entre um grupo de empresas (como, por exemplo, questões políticas), ressaltando os conceitos de sistemas setoriais de inovação, bem como sistemas nacionais de inovação. Conceição (2000) acrescenta que o ambiente institucional por meio de suas condições concebe o paradigma tecnológico e econômico que são distintos entre os países, ressaltando a relevância dos Sistemas Nacionais de Inovação que, sob o ponto de vista neoschumpeteriano, considera os aspectos macroambientais, não deixando de lado as características intraorganizacionais.

Em síntese, o conceito de Sistemas Nacionais de Inovação, desenvolvido por Freeman (1982a) e Lundvall (1985), considera que os diferentes agentes econômicos e sociais que permeiam as firmas, influenciam no nível de aprendizado e na capacidade de inovar na indústria nacional (LUNDVALL, 2007). O que inclui todos os fatores econômicos, sociais, políticos,

organizacionais, institucionais, entre outros aspectos que influenciam no desenvolvimento, difusão e uso das inovações (EDQUIST, 2005).

Basicamente, os principais atores de um Sistema Nacional de Inovação são as firmas, que investem em P&D, fazem o uso e fornecem as tecnologias; o governo, responsável pela formulação e execução de políticas de ciência e tecnologia; e as instituições, tais como universidades e centros de pesquisa. Esses atores constituem a infraestrutura tecnológica de um país, e a sua ação integrativa estrutura o potencial de desenvolvimento (DATHEIN, 2003).

Evidencia-se também, o conceito de Sistema Setorial, que compreende em interações, trocas de informações, cooperação, competição, entre outros. Haja vista que as empresas possuem base de conhecimento, tecnologias e insumos em comum e específicas ao seu setor (MALERBA, 2002). Diante disso, destaca-se a importância de ambientes propícios à inovação para que o desenvolvimento ocorra, ou seja, é necessário um equilíbrio entre os diferentes agentes econômicos (FEITOSA, 2011).

Tanto o Sistema Nacional de Inovação, quanto o Setorial, consistem em uma dimensão institucional relevante no processo de inovação. As instituições possuem um papel fundamental na geração, difusão e exploração do conhecimento tecnológico, e também para a implementação das mudanças organizacionais e estratégicas. Tal processo evolutivo resulta nas distintas trajetórias e padrões de crescimento observados ao redor do mundo. Aquelas nações que forem mais propícias às mudanças pertinentes as novas tecnologias e paradigmas tecnológicos, apresentam maior crescimento e são capazes de ingressar em um processo de *catching up*. Entretanto, aqueles países que mostrarem uma inércia institucional enfrentam a incompatibilidade do seu sistema com o crescimento potencial dessas novas tecnologias, inviabilizando o *catching up* (CONCEIÇÃO, 2014).

Amplamente discutido por Pérez (1992, 2001, 2004, 2010), o conceito de revolução tecnológica pressupõe que os ciclos de crescimento são iniciados a partir de inovações radicais, podendo ser novos insumos, fontes de energia, produtos, processos, entre outros. Os quais, permitem o surgimento de novas indústrias, ou fazem com que as velhas sejam redefinidas, modificando toda a economia, gerando desenvolvimento de longo prazo e ampliando a produtividade, caracterizando o nascimento de um novo paradigma tecnológico, com a disseminação das novas práticas para a sociedade.

Cabe àqueles países que não são precursores da inovação da revolução tecnológica em andamento a busca pela oportunidade de avançar (*forging ahead*) e alcançar os países

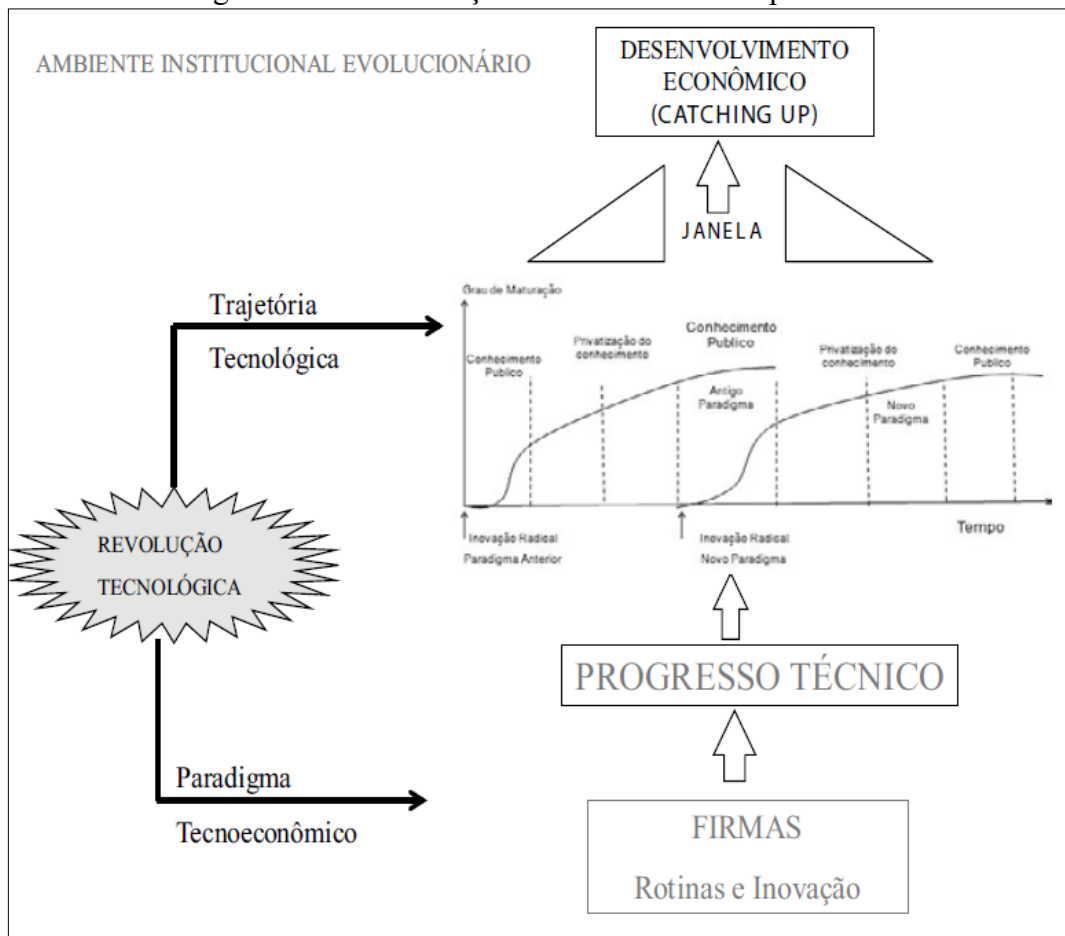
desenvolvidos (*catching up*). Essa possibilidade para o desenvolvimento consiste em janelas de oportunidade abertas a cada revolução tecnológica, assim, caso os países tardem a implementar as novas técnicas de produção, produtos e tecnologias do paradigma, estas entrarão na fase de maturação, reduzindo a contribuição para o desenvolvimento (PÉREZ, 2010).

Freeman e Soete (1997) evidenciam que essas inovações radicais também exigem mudanças nas sociedades, instituições e organizações. Ao passo que, os paradigmas tecnológicos transformam-se em paradigmas tecnoeconômicos (PÉREZ, 2002). Cabe destacar que com o passar do tempo, houveram sucessivas revoluções tecnológicas diante do surgimento de tecnologias que modernizaram a estrutura econômica dos países (intervalo de cerca de 40 a 60 anos) (PÉREZ, 2002, 2007). Assim, a difusão das sucessivas revoluções tecnológicas e seus respectivos paradigmas tecnoeconômicos constituem ondas do desenvolvimento capitalista ao longo da história, tornando as ideias antigas em obsoletas, enquanto as novas ideias são compartilhadas na economia, aceitas na tomada de decisão, rotinas e métodos das firmas. A mudança de paradigma incide na mudança de hábitos e de instituições, viabilizando a utilização das novas tecnologias (PÉREZ, 2010).

Apesar da demanda por novos produtos e a pressão da concorrência, as mudanças possibilitadas pela revolução tecnológica e o seu paradigma tecnoeconômico não são facilmente absorvidas, haja vista a resistência a essas mudanças. Pérez (2010) acredita que é a geração mais jovem, que nunca aprendeu as práticas do paradigma anterior, que aplica mais facilmente os princípios do paradigma atual. Esse turbulento processo de difusão e de assimilação ocorre em cada revolução, pois as tecnologias estabelecidas tornam-se obsoletas e são substituídas pelas novas, assim como as habilidades de trabalho e de gerenciamento, exigindo processos de desaprendizagem, aprendizagem e reaprendizagem. Conforme argumenta Nelson (2006), a força motriz para a realização do *catching up* é a assimilação, aprender a fazer de fato o que os países que estão na fronteira tecnológica estão fazendo.

Sob esses aspectos, Lopes (2014) buscou sistematizar a teoria neoschumpeteriana do desenvolvimento. Conforme exposto na Figura 1, o desenvolvimento advém das oportunidades abertas pela nova revolução tecnológica, a qual é responsável pela redefinição do paradigma tecnoeconômico.

Figura 1 - Sistematização da teoria neoschumpeteriana.



Fonte: Lopes (2014).

As capacidades da firma, rotinas e inovações, dependem de um processo histórico (*path dependence*) e evolucionário (através da experimentação, erros e acertos em prol da sobrevivência da organização). A evolução das rotinas e da inovação se relaciona com as revoluções tecnológicas através da conduta das empresas, que juntamente com o paradigma tecnoeconômico emergente, definem a evolução tecnológica de um determinado país, ou seja, o progresso técnico, que pode ser considerado o elemento chave para o desenvolvimento. Pois este, deve estar alinhado com as oportunidades da revolução em curso, de modo a aproveitar a janela aberta na trajetória tecnológica. Inovações que não condizem com o paradigma não serão capazes de promover o desenvolvimento (LOPES, 2014).

Porém, há de se ter em vista que a literatura aponta alguns aspectos sobre o convergência tecnológica e produtiva dos países em desenvolvimento em comparação com os países avançados: a) o aprendizado é local, e as firmas aprendem com base nas suas competências e capacidades tecnológicas; b) o aprendizado tem um forte aspecto tácito, ou seja,

na maioria dos casos, a tecnologia não pode ser copiada ou transferida; c) a inovação e a difusão de tecnologia são ligados, pois não há difusão de tecnologia sem que as empresas imitadoras se esforcem na adaptação e melhoria da tecnologia (CONCEIÇÃO, 2014).

Em face aos diferentes aspectos que permeiam o processo de inovação tecnológica, os quais, determinam as trajetórias tecnológicas das nações, discorre-se na próxima subseção sobre a inovação no contexto brasileiro.

2.1.1 A inovação tecnológica no contexto brasileiro

Conforme discutido anteriormente e destacado por Vieira e Albuquerque (2007), no cenário econômico atual, as inovações possuem um importante papel para as empresas manterem-se competitivas. Porém, sob o contexto brasileiro observa-se que a atividade inovativa não é suficiente para impulsionar o crescimento econômico do país, uma vez que o indicador nacional de investimento em P&D não passa de 1% do PIB (TIRONI, 2005). Conjuntura que se agrava tendo em vista que o desenvolvimento econômico não consiste apenas no crescimento econômico, e tem sido cada vez mais associado à capacidade inovativa e de aproveitamento das oportunidades tecnológicas (ALBUQUERQUE, 2007).

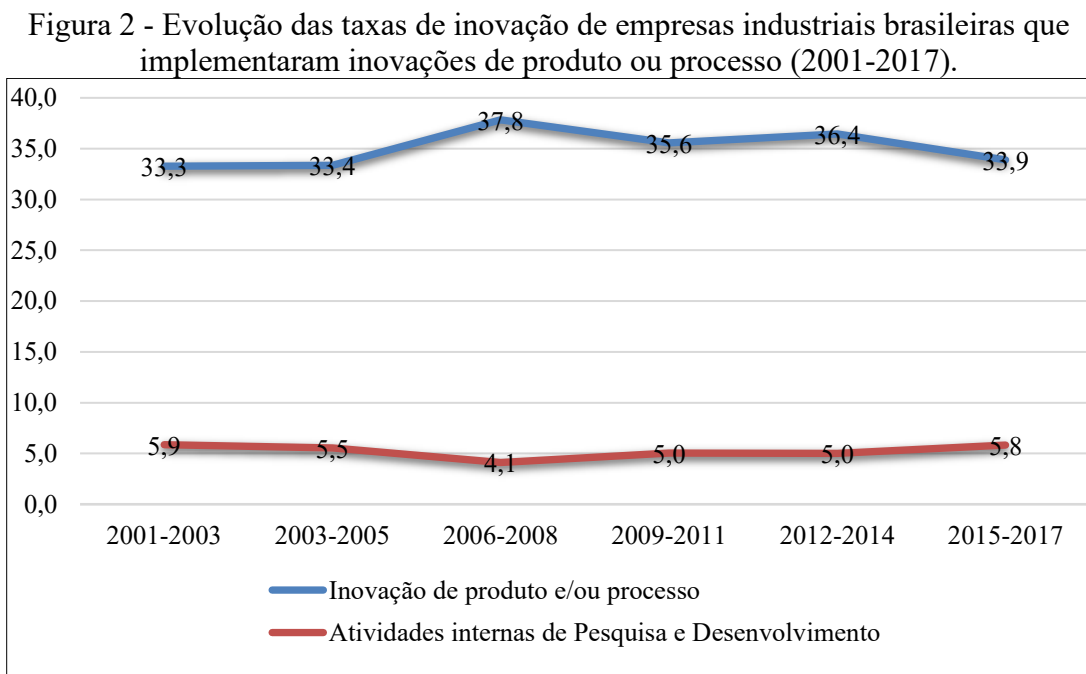
Em estudos prévios, Albuquerque (1996, 1999) já havia classificado o Sistema Nacional de Inovação do Brasil como um sistema de inovação imaturo, ou seja, apesar de apresentar infraestrutura básica de ciência e tecnologia, ainda não possui a capacidade de inovar de forma frequente e de atingir a fronteira do conhecimento técnico e científico. Apresentando dificuldades em absorver conhecimentos e em aproveitar as oportunidades. Num período mais recente, Lemos e Cario (2017) expõem que o sistema de inovação do país encontra-se em estágio de consolidação, em que os agentes ainda estão reconhecendo os seus papéis e definindo estratégias.

A análise da inovação em empresas brasileiras parte do relatório da Pesquisa de Inovação (PINTEC), elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que consiste no mais completo retrato da inovação na economia brasileira (DE NEGRI; CAVALCANTE, 2013). De acordo com dados do último levantamento (PINTEC, 2017), a maioria das inovações são oriundas de processos adaptativos e incrementais, ao passo que as atividades ligadas a P&D são eventuais, ou seja, estão em 5,8% das empresas inovadoras. No

período entre 2015 e 2017 cerca de 34% das empresas brasileiras inovaram em produtos ou processos significativamente melhorados.

No segmento industrial, as taxas mais expressivas acerca da inovação concentram-se em atividades de maior conteúdo tecnológico, como o segmento automobilístico (69%), fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos, e equipamentos de irradiação (60%), equipamentos eletrônicos (59%) e equipamentos de comunicação (57%), (PINTEC, 2017).

Por meio de uma análise temporal (Figura 2) das taxas de inovação e de atividades de P&D, observa-se que as empresas inovadoras centram seus esforços em inovação de produto e/ou processo, enquanto as atividades internas de P&D representam apenas 5%. De maneira geral, observa-se uma estagnação nas taxas de inovação. Acerca disso, De Negri e Cavalcante (2013) já haviam discutido que diversos fatores contribuem para um cenário como esse, os quais destaca-se a especialização produtiva do país em segmentos com menor intensidade tecnológica e a representatividade da internacionalização da estrutura produtiva, o qual concentra a geração de conhecimento no exterior.



Fonte: PINTEC (2017).

A própria pesquisa destaca que dentre as dificuldades apresentadas pelas empresas no processo inovativo estão os obstáculos de natureza econômica, como por exemplo os riscos

econômicos excessivos (81,8%), os elevados custos para inovar (79,7%), a falta de pessoal qualificado (65,5%), e a escassez de fontes apropriadas de financiamento (63,9%).

Apesar das adversidades, as empresas que inovam apresentam maior produtividade e maior participação de mercado. Além disso, o faturamento médio dessas é significativamente maior das que produzem apenas produtos padronizados. Já aquelas empresas que não diferenciam produtos, apresentam baixa produtividade e faturamento médio. Esses resultados também são observados sobre os salários, condições de trabalho e escolaridade média do trabalhador (DE NEGRI; SALERNO; DE CASTRO, 2005; ARBIX; DE NEGRI, 2012).

As empresas brasileiras que inovam e diferenciam produtos geram postos de trabalho para mão-de-obra mais qualificada e, por consequência, melhor remunerada. A inovação também permite que as empresas exportem os seus produtos com maior valor agregado e a preço melhor. Outro aspecto verificado é de que as empresas nacionais gastam mais com P&D do que as filiais de empresas estrangeiras. Diante dessas evidências, ainda há muito a ser feito pois o país concentra suas exportações em produtos de baixo conteúdo tecnológico, intensivos em mão-de-obra e em recursos naturais, caso das *commodities*. Assinala-se que as pequenas e médias empresas possuem poucos recursos e incentivos para inovar e diferenciar os seus produtos (DE NEGRI; SALERNO, 2005).

Ademais, os estudos de De Negri e Cavalcante (2014) e Cavalcante, Jacinto e De Negri (2015) apontam que os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e em inovação impulsionam a produtividade do trabalho. Haja vista o impacto gerado desses investimentos na elevação do capital humano e escolaridade.

Sob uma perspectiva regional, o estudo de Mendes (2017) evidencia que a região sudeste possui salários, em empresas das diferentes intensidades tecnológicas, superiores à média nacional. Além disso, também constata que as diferenças salariais regionais aumentam à medida que cresce a hierarquia tecnológica setorial, com salários médios mais heterogêneos, em termos regionais, em setores de maior intensidade tecnológica. Além disso, Lemos et al. (2005) argumentam que as empresas mais inovadoras estão concentradas nos grandes centros, enquanto que as mais tradicionais estão espalhadas nas demais regiões, a PINTEC (2017) identificou que as empresas inovativas estão localizadas em grande parte na região Sudeste (São Paulo e Minas Gerais) e na região Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), conforme exposto na Tabela 1.

Tabela 1 - Empresas da indústria extrativa e de transformação que implementam inovações³ segundo as Grandes Regiões e Unidades de Federação 2015-2017

Empresas que implementaram inovações 2015-2017				
	Total	De produto	De processo	De produto e de processo
Brasil	102.514	34.732	29.482	13.500
Norte	2.989	1.043	1.003	546
Amazonas	906	417	395	273
Pará	702	279	265	149
Nordeste	12.654	4.278	3.964	1.354
Ceará	3.037	594	565	234
Pernambuco	2.027	729	665	226
Bahia	3.102	1.048	879	372
Sudeste	51.706	15.957	13.141	6.246
Minas Gerais	11.784	3.807	3.405	1.379
Espírito Santo	2.817	807	728	376
Rio de Janeiro	3.838	945	676	430
São Paulo	33.267	10.398	8.331	4.060
Sul	29.078	11.029	9.546	4.403
Paraná	8.735	3.544	3.023	1.517
Santa Catarina	9.747	3.536	3.100	1.176
Rio Grande do Sul	10.595	3.948	3.423	1.710
Centro-Oeste	6.087	2.426	1.829	951
Mato Grosso	1.377	463	450	209
Mato Grosso do Sul	913	376	368	50
Goiás	3.364	1.411	858	568

Fonte: PINTEC (2017).

Diante da constante estagnação dos processos inovativos, é necessário apoio à inovação de produto, além da modernização dos parques fabris. Cassiolato e Lastres (2015) refletem acerca das possibilidades futuras para o desenvolvimento produtivo e inovativo do país, destacando a necessidade de algumas atitudes como a definição de uma visão estratégica de longo prazo, apropriada e coesa; priorização na recuperação das capacidades perdidas e no desenvolvimento de novas capacidades produtivas e inovativas; e a adequação das políticas às especificidades da economia brasileira. Figueiredo Junior e Da Costa (2019) acrescentam que deve haver uma mudança da atuação do Estado em prol ao desenvolvimento do SNI, e a ênfase em ações voltadas a longo prazo.

Ao findar a contextualização da inovação tecnológica no Brasil, a próxima subseção aborda o direcionamento do novo paradigma tecnológico e o surgimento do conceito de Indústria 4.0.

³ Foram consideradas as empresas que implementaram produto e/ou processo novo ou substancialmente aprimorado.

2.2 A INDÚSTRIA 4.0 E O MOVIMENTO EM DIREÇÃO A UM NOVO PARADIGMA TECNOLÓGICO

Atualmente, verifica-se que as empresas têm sido desafiadas pelas rápidas mudanças em termos tecnológicos, sociais, econômicos e ambientais, ao passo que esse contexto ressalta a necessidade de estruturas que contribuam com a cooperação e a rápida adaptação do seu ciclo de vida, desde o processo de inovação até a produção e distribuição dos seus produtos (GLIGOR; HOLCOMB, 2012). Dentre esses desafios, destaca-se o surgimento do conceito da Indústria 4.0, o qual compõe-se dos recentes conceitos de Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT), Internet industrial, Manufatura baseada em nuvem (*Cloud-based Manufacturing*) e Fabricação inteligente (*Smart Manufacturing*) (SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016).

Essencialmente, a Indústria 4.0 constitui-se de avanços tecnológicos modernos em que a internet e as demais tecnologias possibilitam a integração dos indivíduos, objetos físicos, máquinas inteligentes, processos e linhas de produção. O que tem impactado diretamente nos limites organizacionais, criando uma cadeia de valor em rede ágil, além de aumentar a complexidade dos processos fabris (SCHUH et al., 2014).

Essa iniciativa congrega técnicas avançadas para a solução de problemas de fabricação, bem como suporte de novas formas de fabricação. A qual pode-se destacar que o presente nível de desenvolvimento técnico na indústria em termos de digitalização e manipulação de informações, tem proporcionado novas formas de produção, exigindo flexibilidade e segurança, haja vista que os processos estão se tornando mais automatizados, dinâmicos e complexos (KANS; INGWALD, 2016).

O tema tem sido bastante discutido entre as empresas, especialmente os aspectos relacionados às dificuldades das mesmas na compreensão da ideia central da Indústria 4.0 (EROL; SCHUMACHER; SIHN, 2016). Essa dificuldade impede as empresas de relacionar esse domínio com sua estratégia de negócio, além dos problemas em determinar o nível de desenvolvimento em termos da Indústria 4.0. Assim, observa-se que essas organizações se embarçam na determinação de ações, programas e projetos que são orientados à essa visão (SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016).

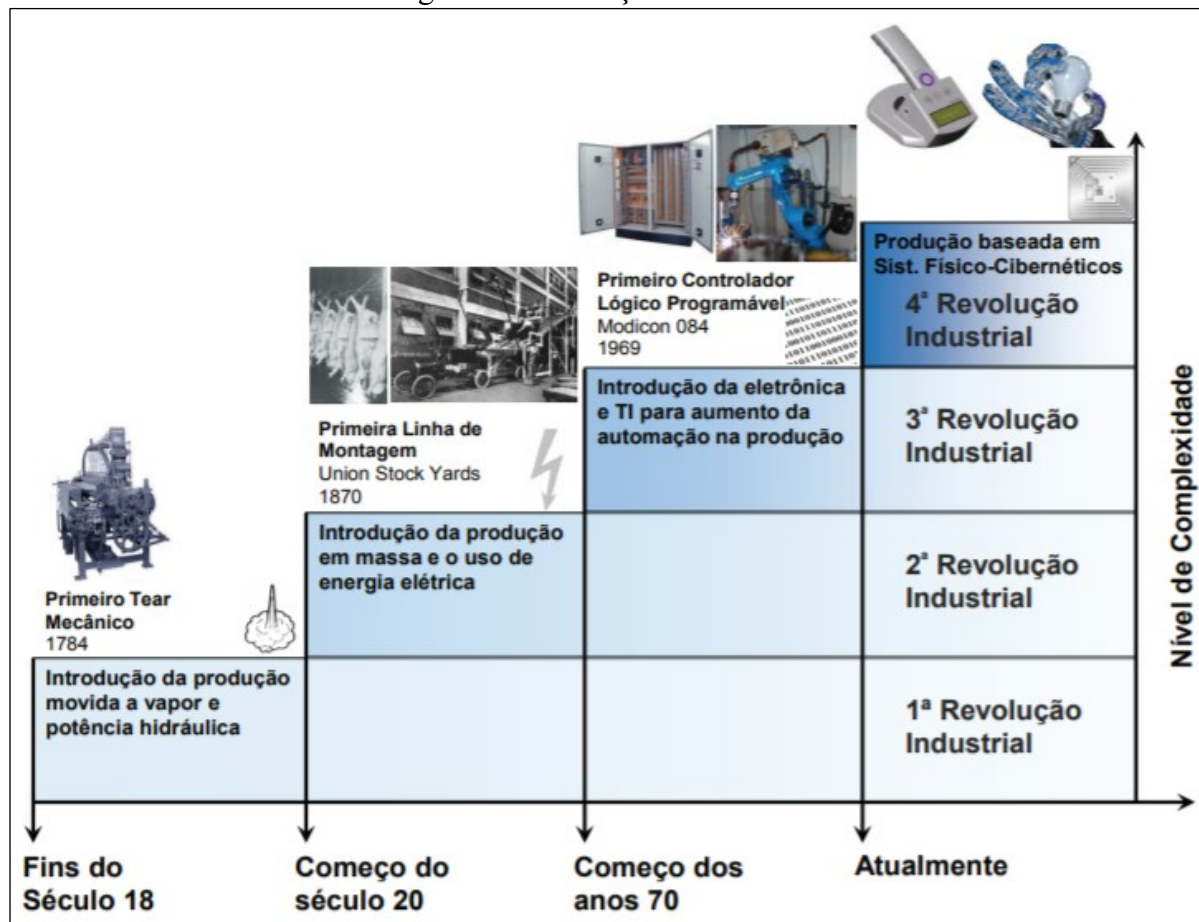
Os princípios da Indústria 4.0 foram disseminados inicialmente por Kagermann, Lukas e Wahlster (2011), os quais corroboraram com os planos voltados à essa iniciativa na Alemanha, publicados pela *Deutsche Akademie der Technikwissenschaften* (acatech). O termo “*Industrie*

4.0” foi disseminado a partir dessa iniciativa alemã que reúne empresas, políticos e a academia, os quais formaram essa abordagem para reforçar a competitividade da sua indústria de transformação. Dessa forma, esse grupo conhecido como “*working group*” identificou seus três componentes chave: Internet das Coisas, Sistemas ciberfísicos e Fábricas inteligentes.

O cenário de utilização de Internet das Coisas nos processos de fabricação consiste na integração de objetos como sensores, telefones e identificadores que interagem entre si e cooperam para alcançar determinados objetivos. Por outro lado, os sistemas ciberfísicos compreendem a integração da computação com processos físicos. Conjuntamente com as operações de Internet das Coisas, as fábricas inteligentes constituem fábricas que identificam o contexto e cooperam com os indivíduos e máquinas na execução de tarefas, tendo como base informações do mundo físico e do mundo virtual (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Destaca-se que ao longo do tempo a economia como um todo passou por rupturas, possibilitadas pelo desenvolvimento de novas tecnologias de produção, conhecidas como revoluções industriais (RODRIGUES; DE JESUS; SCHÜTZER, 2016). Conforme a Figura 3 ilustra, a Primeira Revolução Industrial ocorreu no século XVIII, se deu com a invenção da máquina a vapor e, por consequência, a introdução de equipamentos de fabricação mecânicas. Na sequência, a Segunda Revolução Industrial compreendeu a inserção da produção em massa movida à eletricidade no início do século XX, além da divisão do trabalho e da exploração de novos materiais. Já a Terceira Revolução Industrial ocorreu nos anos 1970, conhecida como “revolução digital” consistiu na introdução de equipamentos eletrônicos e da tecnologia da informação, permitindo a automação dos processos de fabricação. Atualmente, a introdução do conceito de Indústria 4.0 é caracterizado como a Quarta Revolução Industrial, e compreende a inserção de máquinas e componentes inteligentes na produção (ver Figura 3) (CAVALCANTE; DE ALMEIDA, 2018; DRATH; HORCH, 2014; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2012, 2013; LU, 2017; PWC, 2016; RODRIGUES; DE JESUS; SCHÜTZER, 2016; SCHLAEPFER; KOCH; MERKOFER, 2015; SHROUF; ORDIERES; MIRAGLIOTTA, 2014).

Figura 3 - Revoluções Industriais



Fonte: Rodrigues, De Jesus e Schützer (2016).

Essas diferentes rupturas também são mencionadas por Heindl et al. (2016); Drath e Horch (2014), como Indústria 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0. A Indústria 4.0 retrata uma mudança de paradigma econômico, impactando diretamente nas formas de fornecimento, fabricação, manutenção, entrega e relacionamento com o cliente. As cadeias de valor rígidas estão se transformando em flexíveis. Diante disso, novos modelos de negócios estão surgindo, inserindo novos atores econômicos no mercado (HEINDL et al., 2016).

Diferentes termos são utilizados em referência ao tema, conforme observa-se no Quadro 3. Dentre os quais destaca-se Manufatura Avançada (*Advanced Manufacturing*) (BRASIL, 2017; LEE; BAGHERI; KAO, 2015), *Industrie 4.0* (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016), *Smart Industry* ou *Smart Factories* (SHROUF; ORDIERES; MIRAGLIOTTA, 2014), *Industrial Internet of Things* (LEE; BAGHERI; KAO, 2015), dentre outros. No contexto brasileiro, os estudos acerca do tema ainda são incipientes e observa-se que os termos Indústria

4.0 (CNI, 2016a) e Manufatura Avançada (BRASIL, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, 2017) são utilizados aleatoriamente, não havendo uma padronização.

Quadro 3 - Outros termos para Indústria 4.0

Termo	Autor
Manufatura Avançada (<i>Advanced Manufacturing</i>)	Davis et al. (2012) Tjahjono et al. (2017)
Manufatura Digital (<i>Digital Manufacturing</i>)	Byrne et al. (2016)
Era Digital (<i>Digital Age</i>)	Küsters, Prass e Gloy (2017) Bliznets, Kartskhiya e Smirnov (2018)
Quarta Revolução Industrial (<i>Fourth Industrial Revolution</i>)	Park et al. (2017)
“Industrie 4.0”	Anderl (2014) Drath e Horch (2014) Kagermann et al. (2016) Neugebauer et al. (2016) Thoben, Wiesner e Wuest (2017) Wang et al. (2016)
Indústria 4.0 (<i>Industry 4.0</i>)	Gorecky, Khamis e Mura (2017) Lorenz et al. (2015) Ivanov et al. (2016) Sanders, Elangeswaran e Wulfsberg (2016) Majeed e Rupasinghe (2017) Tortorella e Fettermann (2018)
Manufatura Inteligente (<i>Intelligent Manufacturing</i>)	Bogle (2017) Zhong et al. (2017)
Indústria Inteligente (<i>Smart Industry</i>)	Tjahjono et al. (2017)
Fabricação Inteligente (<i>Smart Manufacturing</i>)	Davis et al. (2012) Bogle (2017) Feng et al. (2017) Kusiak (2018) Sharp, Ak e Hedberg Jr. (2018)

Fonte: Adaptado de Da Silva, Kovaleski e Pagani (2019).

Diante da diversidade de termos empregados, Cavalcante e De Almeida (2018) buscaram categorizar as tecnologias da Indústria 4.0 a partir de suas funcionalidades, o que resultou em sete categorias distintas:

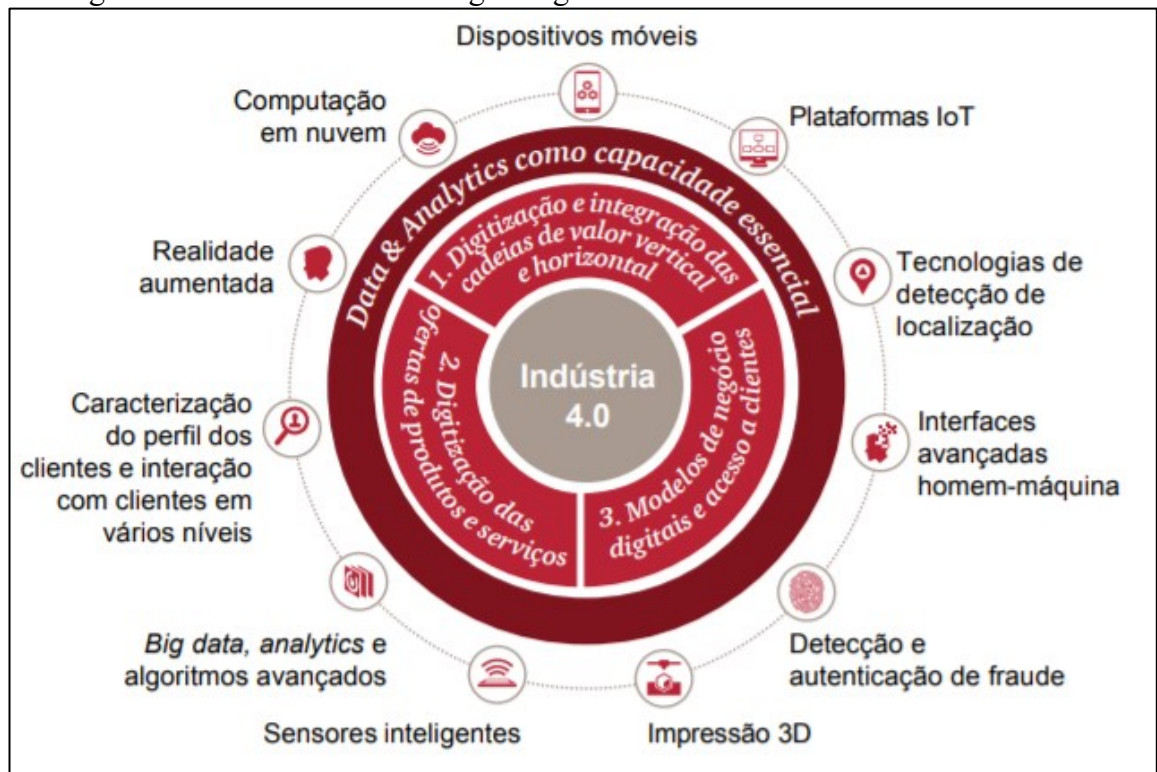
- a) Análise e processamento de dados: tecnologias como *big data* e *machine learning*;
- b) Realidade aumentada: incorporação em tempo real de objetos virtuais no ambiente físico;
- c) Computação em nuvem: processamento remoto de dados;
- d) Dispositivos móveis e portabilidade: artefatos móveis para acesso de informações;
- e) Internet das coisas: utilização de sensores, aplicativos e demais tecnologias visando à comunicação e apresentação de informações;

- f) Manufatura aditiva: utilização de diferentes materiais em impressoras 3D;
- g) Sistemas Ciberfísicos: automação dos sistemas produtivos e avançada interação entre as máquinas e os indivíduos.

De acordo com o PWC (2016), a Indústria 4.0 além de contar com essas diferentes tecnologias, é impulsionada com três fatores, conforme a Figura 4 ilustra:

- a) Digitalização e integração das cadeias de valor vertical e horizontal: os processos são integrados de maneira vertical nas organizações, ou seja, do desenvolvimento do produto até o pós-vendas, todas as informações são disponíveis em tempo real. Enquanto a integração horizontal compreende desde operações internas até os clientes e a cadeia de valor, mediante o controle, rastreamento, planejamento e execução em tempo real;
- b) Digitalização de bens e ofertas de serviços: transformação da oferta de bens e serviços existentes por meio das ferramentas digitais;
- c) Modelos de negócios digitais e acesso ao cliente: criação de novos modelos de negócios e soluções inovadoras voltadas ao acesso e interação com o cliente.

Figura 4 - Framework e tecnologias digitais colaborativas na Indústria 4.0



Fonte: PWC (2016).

O processo de transformação das empresas em direção a esse novo paradigma compreende as áreas centrais da organização, como decisões estratégicas e administrativas. Inicia-se com mudanças na infraestrutura inteligente, plataformas digitais e no modelo de negócios baseado em dados. Visando proporcionar que as máquinas coletem dados e compartilhem com as demais, além de fornecer ecossistemas baseados em plataformas digitais e, por consequência, conexão entre a cadeia e intercâmbio de informações (HEINDL et al., 2016).

Hermann, Pentek e Otto (2016) defendem que são quatro os componentes essenciais da Indústria 4.0: Internet das Coisas, Internet de Serviços, Fábricas Inteligentes e Sistemas Ciberfísicos. Corroborando com este entendimento, a CNI (2016a) expõe que as principais tecnologias habilitadoras da atual revolução incluem a Internet das Coisas, Big Data, computação em nuvem, inteligência artificial, manufatura aditiva (impressão 3D), novos materiais e manufatura híbrida. Essas tecnologias conhecidas como componentes-chave da Indústria 4.0 são discutidos em maior profundidade na subseção seguinte.

Em suma, considera-se que a Indústria 4.0 compreende em uma manufatura que: a) apresenta um produto individualizado, de acordo com as características manifestadas pelos clientes, por meio de comunicação com máquinas; b) o que acontece no mundo real ocorre no mundo virtual; c) há intensa comunicação entre máquinas decidindo o que será feito, ou seja, projetando e programando o processo produtivo; d) toda a cadeia de valor é integrada; e) tudo está conectado e gerando *big data*, enquanto o *analytics* identifica e antecipa ações; f) os indivíduos consistem nos elementos criativos e gestores dos recursos. Aspectos que se devem ao avanço da capacidade dos computadores, e do volume de informações digitais, além das novas estratégias de inovação (AZEVEDO, 2017).

2.2.1 Componentes-chave

Conforme evidenciado anteriormente, Hermann, Pentek e Otto (2016) em seu estudo a partir de uma revisão na produção científica acerca de Indústria 4.0, definiram quatro elementos-chave da Indústria 4.0: os Sistemas Ciberfísicos, Internet das Coisas, Internet dos Serviços e Fábricas inteligentes.

a) Sistemas Ciberfísicos (CPS)

Consistem em componentes que possibilitam a interação do mundo real com o virtual, por meio de sensores e computadores que monitoram processos, sendo possível ações mais precisas (LEE, 2008; LIMA, 2018). Incluindo tecnologias que vão desde etiquetas de identificação por radiofrequência (RFID) e sensores, até um *bin* inteligente (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

b) Internet das Coisas (IoT)

Tem por objetivo a conectividade e integração de diferentes dispositivos eletrônicos e tecnologias de informação (MAJEED; RUPASINGHE, 2017). É a tecnologia que possibilita que sensores, RFID e celulares interajam visando um objetivo comum. Em termos mais práticos, Hermann, Pentek e Otto (2016) argumentam que os sistemas ciberfísicos consistem nas “coisas e objetos”, enquanto a internet das coisas contempla a rede em que os CPS cooperam entre si.

c) Internet dos Serviços (IoS)

Com o pleno funcionamento da IoT, a Internet dos Serviços constitui uma nova lógica de oferta e novos modelos de negócios, aumentando o valor agregado dos serviços, com ênfase nos clientes (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

d) Fábricas Inteligentes

Constitui uma fábrica que baseando-se no contexto, assessora os indivíduos e as máquinas no desenvolvimento do processo produtivo, levando em consideração as informações do mundo físico como posição de ferramenta, e do mundo virtual, caso de projetos e simulações. Desse modo, conjuntamente com os conceitos de CPS e IoT, a Fábrica Inteligente consiste em uma planta em que os CPS se comunicam por meio da IoT e auxilia os recursos na execução das tarefas (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Conforme Mittal, Khan e Wuest (2016) evidenciam, é possível identificar diferentes tecnologias que são relacionadas a esses componentes-chave da Indústria 4.0. Afora esses componentes evidenciados, menciona-se que as tecnologias como *big data* e *analytics*, robôs autônomos, simulação, ciber segurança, armazenamento em nuvem, fabricação aditiva, realidade aumentada e *Machine to Machine* (M2M) são consideradas como base da Indústria 4.0 (LORENZ et al., 2015; OZTEMEL; GURSEV, 2020).

Não há consenso a respeito dessas tecnologias, porém a aplicação destas na manufatura é uma condição essencial para a Indústria 4.0. Apesar disso, o seu conceito não está limitado à aplicação combinada das tecnologias habilitadoras, pois deve-se levar em consideração que são

criadas fábricas inteligentes com sistemas produtivos e de comercialização substancialmente diferentes. Ademais, o nível de maturidade das diferentes tecnologias que a Indústria 4.0 envolve apresentam diferentes estágios, ou seja, algumas tecnologias já estão bem evoluídas, caso da impressão 3D, enquanto outras ainda estão em processo de maturação, como a Internet das Coisas (IEDI, 2017c).

Em suma, considera-se que a Indústria 4.0 é o resultado da utilização de diferentes tecnologias de forma integrada. Porém, as tecnologias utilizadas e a intensidade do emprego destas varia conforme as especificidades das empresas, assim como as soluções geradas. Diante disso, infere-se que as possibilidades de combinações dessas diferentes tecnologias são infinitas, uma vez que nem todas as tecnologias utilizadas na Indústria 4.0 são novidades, pois muitas apenas não haviam sido utilizadas de forma integrada pela indústria (IEDI, 2018a).

Ao levar em consideração os quatro elementos chave expostos anteriormente, Hermann, Pentek e Otto (2016) delinearão os princípios da Indústria 4.0, a saber: interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade em tempo real, orientação a serviços e modularidade, conforme exposto no Quadro 4.

Quadro 4 - Princípios e componentes da Indústria 4.0

	Sistemas Ciberfísicos	Internet das Coisas	Internet dos Serviços	Fábricas inteligentes
Interoperabilidade	X	X	X	X
Virtualização	X	-	-	X
Descentralização	X	-	-	X
Capacidade em tempo real	-	-	-	X
Orientação a serviços	-	-	X	-
Modularidade	-	-	X	-

Fonte: Adaptado de Hermann, Pentek e Otto (2016).

A interoperabilidade é um facilitador no contexto da Indústria 4.0, consiste em CPS e os indivíduos conectados por meio de tecnologias como a IoT e IoS, enquanto na virtualização os CPS são capazes de monitorar os processos físicos, por meio de uma cópia virtual do mundo físico e de sensores. A descentralização é evidenciada na necessidade da divisão do controle dos sistemas, por meio de computadores integrados que auxiliam a tomada de decisões pelo CPS. Já a capacidade em tempo real refere-se à possibilidade de coleta e análise de dados em tempo real, dessa forma a fábrica pode reagir rapidamente às adversidades no processo produtivo. A orientação a serviços consiste na disponibilidade de serviços pelos indivíduos,

empresas e CPS por meio da IoS, e por fim, a modularidade permite a flexibilidade e a adaptação das fábricas a requisitos como, por exemplo, alterações sazonais e características do produto, substituindo, expandindo ou alterando módulos individuais (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Apesar da complexidade, Moeuf *et al.* (2018) evidenciam que a implementação desses componentes também se estende às pequenas e médias empresas (PMEs), nas quais a Internet das Coisas e a computação em nuvem compreendem as tecnologias mais utilizadas para a implementação da Indústria 4.0 em empresas dessa natureza.

2.2.2 Frentes globais

Conforme Hermann, Pentek e Otto (2016) argumentam, o conceito de Indústria 4.0 surgiu do termo “*Industrie 4.0*”, oriundo da estratégia alemã de alta tecnologia. A qual objetiva garantir à Alemanha a liderança em termos de inovação tecnológica. Diante disso, há uma corrida entre as empresas do país para a adequação e realização dos objetivos do programa. Existem iniciativas nesse sentido com investimentos que se aproximam de 200 milhões de euros no país (DRATH; HORCH, 2014).

Rodrigues, De Jesus e Schützer (2016) evidenciam que outros países do mundo também têm adotado estratégias semelhantes, caso da Internet Industrial nos Estados Unidos e da Internet+ na China. Drath e Horch (2014) evidenciam que nos Estados Unidos a General Electric tem iniciativas semelhantes, sob o nome de “*Industrial Internet*”, a base técnica é parecida com a da Indústria 4.0, mas dentre outros elementos, inclui redes elétricas inteligentes. Além disso, o governo tem apoiado as atividades e pesquisa da “*Advanced Manufacturing*”. Também há estímulos do país no desenvolvimento da “*integrated industry*”, “*smart industry*” e “*smart manufacturing*” (CNI, 2016a; HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

A CNI (2016a) acrescenta que a Indústria 4.0 tem ganhado espaço na agenda de desenvolvimento industrial, além dos países já elencados, o Japão e a Coreia do Sul também possuem iniciativas nesse sentido. Nos Estados Unidos, o relatório “*Report to the President. Accelerating U.S. Advanced Manufacturing*” propõe medidas para o desenvolvimento de tecnologias ligadas à Indústria 4.0, além de um plano estratégico nacional nesse sentido. Já na China, o Plano Quinquenal (2011-2015) apontou esse novo modo de produção como um tema

emergente apoiado pelo governo. Dentro disso, cinco setores são prioritários: equipamentos modernos, automotivo, petroquímico, siderúrgico e construção naval.

Em 2008 foi constituído no Japão o *Advanced Manufacturing Research Institute (AMRI)*, grupos de pesquisa voltados para a troca de conhecimentos e desenvolvimento de projetos colaborativos. Enquanto isso, a Coreia do Sul criou o *Korea Advanced Manufacturing System (KAMS)* visando o desenvolvimento de processos e tecnologias aos sistemas manufatureiros (CNI, 2016a).

Da Silva, Kovaleski e Pagani (2019) corroboram aduzindo que dentre os principais países interessados na Indústria 4.0 destacam-se a China, França, Itália, Alemanha, Japão, Coreia do Sul, Estados Unidos e Reino Unido, ao passo que estes países possuem propostas e políticas nacionais com o foco no desenvolvimento industrial em médio e longo prazo, conforme exposto no Quadro 5.

Quadro 5 - Políticas nacionais voltadas à Indústria 4.0

País	Programa Nacional
China	<i>Made in China 2025</i>
França	<i>Aliance Industrie du Futur</i>
Alemanha	<i>Plattform Industrie 4.0</i>
Itália	<i>Piano Industria 4.0</i>
Japão	<i>Connected Industries</i>
Estados Unidos	<i>Advanced Manufacturing USA</i>

Fonte: Adaptado de Da Silva, Kovaleski e Pagani (2019).

Também são observadas iniciativas semelhantes no Brasil, que por meio do Ministério das Comunicações, em 2014, foram criadas a Câmara Máquina a Máquina (M2M) e Internet das Coisas. Especificamente, a câmara possui diferentes atores, associações e ministérios, ao qual o CNI faz parte do subgrupo voltado à produtividade industrial e a Indústria 4.0. O Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) juntamente com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) criaram o Grupo de Trabalho de Indústria 4.0, objetivando a criação de um plano de ação para a Indústria 4.0 (CNI, 2016a).

Em dezembro de 2017 foi lançado o Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil – ProFuturo, fundamentado na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação - ENCTI 2016-2022 (BRASIL, 2016) e em trabalhos realizados por especialistas. Houve também a contribuição de outros órgãos para a iniciativa, como por exemplo a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016a) e a *Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Acatech)* que, em cooperação com a Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha realizaram

levantamento em empresas brasileiras. Ao passo que, o ProFuturo contou com a colaboração de agentes do governo, do meio empresarial e universidades (BRASIL, 2017).

De maneira geral, o que se observa nas diferentes iniciativas em direção à Indústria 4.0, é que algumas áreas são essenciais e comuns nas políticas, como os sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas, inteligência artificial, *big data*, sensores, robótica e interoperabilidade de sistemas. Outras áreas são selecionadas em virtude das prioridades e estratégias do país. Além disso, o conceito de Indústria 4.0 adotado por esses países compreende todo o ciclo de vida dos produtos, adaptando seus produtos às necessidades e expectativas dos consumidores, visando aumentar sua produtividade e competitividade no mercado (BRASIL, 2017).

Conforme estudo realizado pelo IEDI (2018b) (ver Quadro 6) os diferentes países vêm adotando diferentes políticas rumo à Indústria 4.0, as diferenças consistem basicamente em elementos relacionados à infraestrutura institucional, tradições políticas, áreas de intervenções, e às tecnologias priorizadas.

Quadro 6 - Quadro comparativo das estratégias nacionais para a Indústria 4.0

Data	País	Nome do Programa	Principais Objetivos
2011	Alemanha	Indústria 4.0	Assegurar liderança no desenvolvimento de uma oferta tecnológica de máquinas e equipamentos de alta gama; Difusão das tecnologias no tecido industrial;
2011	Reino Unido	Rede Catapulta	Criação de uma rede de centros tecnológicos e de inovação para acelerar a comercialização dos resultados das pesquisas e revitalizar a indústria;
2013	Estados Unidos	Parceria para Manufatura Avançada	Revitalização industrial e digitalização das relações com as cadeias de fornecimento; Criação de uma rede nacional de centros de inovação industrial;
2013	França	Indústria do Futuro	Revitalização e digitalização do aparelho produtivo; Desenvolvimento de uma oferta tecnológica;
2014	Coreia do Sul	Inovação Industrial 3.0	Estabelecer um ecossistema industrial avançado; Digitalização do aparelho produtivo;
2015	China	<i>Made in China 2025</i>	Modernização do aparelho produtivo para preservar o status de fábrica do mundo; Desenvolvimento de um setor produtor de máquinas e equipamentos industriais;
2015	Índia	<i>Make in Índia</i>	Modernização da indústria indiana e transformação do país em um centro de produção para a indústria mundial;
2015 2017	Japão	Estratégia Robôs Indústrias Conectadas	Modernização e digitalização do aparelho produtivo para preservar a competitividade internacional;

Fonte: IEDI (2018b).

Dentre os demais países, a iniciativa pioneira para o novo paradigma industrial foi a da Alemanha, tornando-se referência aos demais. A plataforma desenvolvida no país combina o desenvolvimento de tecnologias disruptivas, automação, robotização e novos equipamentos por meio da ampla integração de diferentes atores, como a iniciativa privada (ao qual deu início a esse esforço), a academia, sindicatos e demais instituições, visando a concentração de esforços para a proteção da competitividade do país e a manutenção do nível de emprego, assim, garantindo ganhos a todos os envolvidos. Nesse modelo, o Estado atua no sentido de facilitar o diálogo entre os atores envolvidos, haja vista que as ações são tomadas no sentido *bottom-up* (ARBIX et al., 2017, 2018).

O Reino Unido não desenvolveu um plano nacional específico para a Indústria 4.0, porém algumas medidas voltadas para o desenvolvimento tecnológico da indústria contribuem indiretamente para isso. O plano em vigor envolve desde a descoberta de novos medicamentos, energia renovável, genética, cidades do futuro e semicondutores até a automação, simulação, realidade virtual e a manufatura aditiva (IEDI, 2018c).

Os Estados Unidos, mediante iniciativas anteriores como o programa *National Network of Manufacturing Innovation*, já havia enfatizado aspectos similares à Manufatura Avançada como, por exemplo, o desenvolvimento de impressão 3D, integração digital das empresas, eletrônica, semicondutores, entre outros. A atual estratégia americana para a manufatura avançada é bastante ampla, e envolve áreas como a biotecnologia, novos materiais e energia (ARBIX et al., 2017).

A iniciativa Nova França Industrial (NFI) visa a oferta de tecnologias e a sua disseminação para as empresas, modernizando o parque industrial do país e o desenvolvimento de recursos humanos. Estão envolvidos nesse plano diferentes agentes públicos e privados, tais como a indústria, a academia e o governo (IEDI, 2018c). Ao ter como inspiração a Alemanha, a estratégia da Coreia do Sul visa manter o país como um dos polos industriais mais importantes no mundo. Objetivo que pretende atingir por meio da inovação na produção industrial do país, incluindo a disseminação de tecnologias como a Internet das Coisas, Fábrica Inteligentes, Big Data e Impressoras 3D (IEDI, 2018c).

Especificamente acerca da China, observa-se a preocupação do governo a longo prazo, no esforço pelo *catching up* tecnológico por meio de estratégias *top down*, ou seja, disseminadas a partir de cima, pelas instituições de Estado. Devido a programas passados, a China garantiu a competitividade no mercado internacional, tornando-se um dos países que mais investem em

P&D no mundo. Atualmente, o foco chinês consiste em inovação e no desenvolvimento da manufatura avançada, com objetivos voltados ao investimento de P&D e na produção científica, bem como, o desenvolvimento de patentes e a independência de tecnologias importadas (ARBIX et al., 2018). Apesar dos esforços, é improvável que o país tenha a mesma facilidade que a Alemanha, Estados Unidos e Japão na mudança para o novo paradigma industrial, uma vez que o modelo industrial chinês escala-volume-custos ainda orienta as decisões empresariais, sendo difícil imaginar que decisões industriais emergentes sejam tomadas (IEDI, 2017c).

Na Índia, por meio do Programa *Make in India*, o país visa fortalecer as ações da *National Manufacturing Policy* de 2011, para o desenvolvimento industrial, o crescimento de sua indústria de manufatura e o progresso tecnológico. O plano tem como principais ações: a) atração de investimentos estrangeiros; b) desenvolvimento de corredores industriais e *smart cities*; c) aprimoramento do ambiente de negócios; e, d) integração entre o Estado e a indústria (IEDI, 2015).

O Japão visa o fortalecimento da sua competitividade, especialmente em setores como a medicina, indústria de transformação e a agricultura. Sua estratégia baseia-se na cooperação público-privado no desenvolvimento de tecnologias como a robótica, inteligência artificial e tecnologias de informação e comunicação. O foco central consiste na manutenção da posição de destaque do Japão frente ao mercado de robótica (IEDI, 2018c). Cabe destacar que o país tem estabelecido medidas que integram o governo, indústrias, pesquisadores e estudantes, tornando as medidas adotadas mais efetivas (RODRIGUES et al., 2018).

Em suma, observa-se que os países apresentam prioridades políticas diferentes. Na Alemanha o foco consiste na integração das tecnologias digitais, em sistemas ciberfísicos e internet das coisas (IEDI, 2018c). Corroborando ao argumento de Arbix et al. (2017) que afirmam que o conceito alemão de Indústria 4.0 enfatiza a integração produtiva, enquanto a visão americana mostra-se mais ampla, envolvendo a integração universidade-empresa no desenvolvimento de tecnologias emergentes. Ademais, observa-se que o país também enfatiza as tecnologias de informação e a engenharia de materiais voltados à manufatura. Além dessas tecnologias, o Reino Unido voltou seus esforços no desenvolvimento de mobilidade e inovações ligadas ao atendimento do envelhecimento da sociedade. Enquanto isso, o Japão centra-se na liderança da robótica diante da eclosão de tecnologias como a internet das coisas, integrando a inteligência artificial (IEDI, 2018c).

A estratégia Indiana enfatiza a atração de investimento direto estrangeiro (IDE) para a modernização da indústria. Enquanto na Coreia do Sul tem-se como objetivo central o desenvolvimento de um ecossistema industrial avançado com o uso de fábricas inteligentes, *big data*, entre outras tecnologias, assim como a França. E, a política chinesa visa a autonomia tecnológica e o desenvolvimento de setores de equipamentos industriais com alto valor agregado (IEDI, 2018c).

Conforme observado, diferentes nações possuem iniciativas em prol da Indústria 4.0, cada uma enfatizando as áreas que consideram estratégicas. Na seção seguinte apresenta-se os principais impactos esperados a partir do desenvolvimento de estratégias e a implementação da Indústria 4.0.

2.2.3 Impactos esperados

O processo de implementação da Indústria 4.0 garante melhorias fundamentais nos processos de fabricação, materiais, engenharia, cadeia de suprimento e ciclo de vida dos produtos. Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) evidenciam alguns aspectos centrais que sofrerão impactos, dentre os quais destacam-se:

- a) Atendimento aos requisitos específicos do cliente: possibilidade de que aspectos individuais do cliente sejam incluídos desde o projeto de produto até as fases finais de fabricação, mesmo em lotes de produção unitários;
- b) Flexibilidade: dinamismo e agilidade em termos de configuração de diferentes elementos do processo produtivo como, o tempo, risco, qualidade, preço e robustez;
- c) Otimização na tomada de decisões: a transparência nos processos produtivos permite a verificação das informações e a tomada de decisão mais flexível e otimizada;
- d) Produtividade e eficiência na alocação dos recursos: os processos de fabricação permitem produção maior para determinado volume de recursos;
- e) Oportunidades de criação de valor por meio de novos serviços: criação de novos serviços através de *big data*, por exemplo;

- f) Mudanças demográficas no trabalho: desenvolvimento de competências, organização do trabalho, colaboração interativa entre os indivíduos e sistemas, diversificação e flexibilização da carreira e maior tempo de produtividade; e
- g) Equilíbrio entre o trabalho e a vida: sistemas ciberfísicos e sistemas de assistência inteligentes visando melhorar a relação trabalho-vida pessoal dos indivíduos, além do contínuo desenvolvimento pessoal e profissional.

A economia alemã acredita que a implantação da “*Industrie 4.0*” fortalecerá sua posição competitiva, além de impulsionar solução para os desafios contemporâneos (caso da escassez de recursos). Mas, deve-se ter em vista as relações socioculturais devido ao potencial de transformação das formas de aprendizagem, natureza do trabalho, infraestrutura e saúde. Diante disso, ao otimizar a relação entre a tecnologia e aspectos sociais haverá significativa contribuição para a produtividade e competitividade do país (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Sob o contexto suíço, Schlaepfer, Koch e Merkofer (2015) destacam que a transformação digital tem feito um progresso parcial, mas os seus impactos ultrapassam o nível de competitividade das empresas, abrindo novas oportunidades, riscos, segmentos de negócios e tecnologias de fabricação. Observa-se que as grandes empresas e os grupos multinacionais consideram a temática importante, dessa forma, provavelmente são estas as impulsionadoras das mudanças. Apesar disso, acredita-se que as empresas de menor porte são capazes de implementar as novas estruturas de forma mais rápida, haja vista que empresas maiores apresentam maior complexidade em sua estrutura. Destaca-se que essa transformação digital possui importância para as empresas de todos os portes e setores. Mas, os setores de indústria mecânica, elétrica e química apresentam maior potencial, em contraste com o setor de construção, o qual considera essa transformação menos relevante.

Dentre os impactos obtidos, conforme levantamento da *American Society for Quality* (ASQ), 82% das organizações afirmam ter experimentado impactos em níveis de eficiência, enquanto 49% reduziram os defeitos nos produtos e 45% verificaram maior satisfação dos clientes, benefícios oriundos da implementação da fabricação inteligente em seus processos (ASQ, 2013).

Conforme argumenta Azevedo (2017), os principais benefícios da Indústria 4.0 na manufatura consistem em: a) redução de custos; b) economia de recursos como a energia; c) conservação ambiental; d) aumento dos níveis de segurança; e) redução de erros; f) fim do

desperdício; g) transparência nos negócios; h) melhoria na qualidade de vida, personalização e escala. Esses benefícios também são apontados por Heindl et al. (2016) que destacam que a utilização de soluções de automação garantirá maior competitividade às empresas diante das demais.

Ainda, a Indústria 4.0 promoverá a flexibilidade e a robustez nos processos produtivos, além de padrões mais altos de qualidade e de engenharia, acarretando no valor dinâmico e na otimização do tempo de processo, bem como na criação de cadeias de valor auto organizáveis que podem ser otimizadas em relação a custos e disponibilidade de recursos. Mas, isso exige um *framework* legal apropriado, além de interfaces e processos harmonizados (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Cavalcante e De Almeida (2018) expõem que ocorrerá encurtamento dos prazos de lançamento de novos produtos, eficiência no uso de recursos e integração em cadeias de valor. Os autores destacam que a flexibilização das linhas de produção permite a customização em massa, pois a facilidade de comunicação e a automação viabilizam a produção de bens, conforme as preferências dos consumidores. Assim, observa-se que a customização em massa consiste em uma das características da manufatura moderna.

Entre as ações que Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) consideram prioritárias destacam-se o gerenciamento de sistemas complexos, haja vista o aumento de funcionalidades, personalização de produtos, integração de disciplinas técnicas, mutação constante, entre outros aspectos. Diante disso, tornam-se necessárias políticas industriais concretas para que isso seja implementado. Assinala-se também que para facilitar o gerenciamento dessa crescente complexidade, a modelagem deve ser utilizada, uma vez que os modelos constituem estratégias importantes no modelo digital, representando situações reais. Destaca-se o esforço financeiro que é necessário, basicamente, a propensão ao dispêndio financeiro depende do tipo do negócio que a organização exerce, pois, empresas com volumes mais altos de produção são mais propensas a aceitar altos volumes de investimento, enquanto as que produzem menos são menos propensas.

Ademais, cabe mencionar que acerca dos impactos esperados na implementação da Indústria 4.0 discute-se sobre os efeitos emergentes nos níveis de emprego diante da substituição do trabalho humano na introdução de novas tecnologias, mudanças no perfil do trabalho e desigualdades entre as economias, conforme evidenciado por Silva (2018). Também, Graglia e Lazzareschi (2018) demonstram as tensões resultantes da transformação gerada pela

Indústria 4.0, especialmente em termos da modificação da natureza do trabalho humano e o risco de substituição do trabalho humano pelas máquinas. Essa interação entre pessoas e máquinas, pode empobrecer (execução de tarefas complementares) ou enriquecer o trabalho, deixando as atividades mais significativas, potencializando as habilidades humanas, como a inteligência, espírito crítico e a criatividade, a depender do modelo adotado pela organização.

2.2.4 O contexto brasileiro e os desafios para o país

Esse contexto configura um desafio ao Brasil, conforme argumentam Heindl et al. (2016), dentre os principais aspectos requeridos destaca-se a utilização de sistemas integrados, máquinas inteligentes e a infraestrutura de internet. Além da formação profissional especializada, modelos de negócios baseados em tecnologias digitais e de dados e apoio político, no qual refere-se basicamente na regulamentação para o direito de dados, propriedades e patentes. A burocracia e morosidade no ambiente legislativo às empresas também representam dificuldades a serem superadas. Ao passo que a Indústria 4.0 terá uma forte influência na economia brasileira, concebendo novas demandas em termos de infraestrutura, pesquisa e desenvolvimento, além de exigências legais e regulatórias.

Observa-se que a inserção de novas tecnologias na manufatura é imprescindível para a sobrevivência das empresas brasileiras frente ao mercado mundial, garantindo não apenas a competitividade, mas também a participação em cadeias globais de valor (BRASIL, 2017). Diante disso, evidencia-se a necessidade da incorporação de novas tecnologias dentro de uma estratégia que vise o desenvolvimento industrial brasileiro. Apesar disso, o país enfrenta diversos obstáculos para o desenvolvimento da Indústria 4.0, os desafios vão desde investimentos em equipamentos até o desenvolvimento de competências. Mas, se por um lado poucas empresas estarão preparadas a esses desafios, de outro, muitas participarão da disseminação dessas novas tecnologias de forma gradual, conforme suas estratégias e trajetórias (CNI, 2016a).

Destaca-se que o país ainda não possui uma iniciativa efetiva em direção a Indústria 4.0 como nos demais países, os quais visam o compartilhamento de riscos e de esforços para o desenvolvimento tecnológico (IEL, 2018a). Segundo o IEL (2018b) o país ainda não alcançou um consenso acerca de uma perspectiva e de uma estratégia a longo prazo. Ao passo que ao proporcionar informações globais, permite-se ao país a adoção de uma abordagem visando

alavancar as oportunidades dos diferentes setores. Tarefa que se mostra desafiadora, haja vista as diversidades, contextos e regulamentações brasileiras. Esta última ainda precisa ser adaptada ao novo contexto industrial, levando em consideração as heterogeneidades setoriais, as quais não se encaixam em simples replicação de estruturas já definidas nos demais países. Além disso, é necessária a articulação entre planos em nível federal, estadual e municipal, dentre os quais devem mostrar-se alinhados (IEL, 2018c).

Assim como nos demais países, no Brasil a difusão e a utilização das tecnologias da Indústria 4.0 não está ocorrendo de maneira uniforme em todos os setores. Desse modo, deve-se focar no desenvolvimento da Indústria 4.0 naquelas empresas pioneiras no ingresso ao novo paradigma, ao passo que estas venham estimular as demais a ingressarem também, arriscando não sobreviverem a esse ambiente competitivo. Pois, verifica-se que há forte assimetria no nível de utilização dessas tecnologias pelas empresas. Dentre os que mais utilizam destacam-se os setores de equipamentos e informática, produtos eletrônicos e ópticos (61%), máquinas, aparelhos e materiais elétricos (60%) e derivados de petróleo e biocombustíveis, e máquinas e equipamentos (53%, ambos). E, por outro lado, setores como outros equipamentos de transporte (23%), manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos (25%), farmacêuticos (27%), minerais não metálicos (28%), além de vestuário (29%) e calçados (29%) possuem baixa utilização de tecnologias digitais (CNI, 2016a).

Observa-se que o país apresenta ilhas com setores altamente desenvolvidos, especialmente em regiões metropolitanas. Essas ilhas possuem instalações avançadas e liderança em termos de pesquisa e desenvolvimento. Por outro lado, há a predominância nas demais regiões de instalações obsoletas, em grande parte nas micro e pequenas empresas (HEINDL et al., 2016). Essas evidências reforçam o baixo nível de difusão das tecnologias digitais na indústria brasileira, bem como sua pouca utilização na produção, pré-requisito para a Indústria 4.0. Cerca de 42% das empresas analisadas não reconhecem a importância da utilização das tecnologias digitais visando maior competitividade, sendo que 52% destas sequer utiliza alguma tecnologia digital (CNI, 2016a).

Com base nessas evidências a CNI (2016a) desenvolveu algumas propostas acerca da temática e a sua agenda refere-se a sete aspectos prioritários para o desenvolvimento da indústria brasileira. Faz-se saber: a) aplicações em cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores; b) mecanismos de adoção de novas tecnologias; c) desenvolvimento tecnológico;

d) aspectos regulatórios; e) formação de recursos humanos; f) ampliação e melhoria da infraestrutura de banda larga; e g) articulação institucional.

As dimensões definidas pela CNI (2016a) são complementares, conforme a Figura 5. O aspecto “aplicações nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores” consiste no elemento chave para o desenvolvimento das outras dimensões, haja vista que os diferentes setores apresentam características distintas em relação aos mecanismos. Afora isso, a dimensão “articulação institucional” consiste no elemento básico para concretizar as propostas, ressaltando a atuação concomitante de diferentes agentes para que se incorpore e desenvolva essas soluções no país.

Figura 5 - Relações entre as dimensões propostas pelo CNI



Fonte: CNI (2016a).

A Indústria 4.0 já é realidade em alguns países que possuem apoio governamental por meio do desenvolvimento de estratégias de política industrial. Esses fatores lançam sobre o Brasil um desafio duplo, haja vista que além de incorporar e desenvolver essas tecnologias digitais, o país terá de fazê-lo de forma ágil, evitando o *gap* de competitividade com os demais países (CNI, 2016a).

No levantamento realizado por Azevedo (2017) acerca de programas que incentivam a implementação dessas tecnologias digitais no contexto brasileiro, verificou-se que o MDIC constituiu juntamente com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), uma linha de crédito visando a disponibilidade de recursos voltadas às mais variadas indústrias. O BNDES possui dois programas voltados para a Manufatura Avançada, o Programa de apoio ao desenvolvimento do setor de bens de capital – ProBK, o qual incentiva a modernização da planta fabril, além de fusões e aquisições, e o BNDES Fundo Tecnológico – Funtec, voltado a projetos de desenvolvimento tecnológico e inovação.

Mais recentemente, o BNDES lançou novos programas voltados à Indústria 4.0, a linha Finame Máquinas 4.0 e a linha Crédito e Serviços 4.0. A primeira é voltada para a aquisição de máquinas e equipamentos com tecnologia 4.0 que tenham características de serviços de manufatura avançada e de Internet das coisas (IoT), enquanto a segunda direciona-se à aquisição de serviços voltados a modernização tecnológica, digitalização e adoção de tecnologias 4.0 (BRASIL, 2020b). Além do BNDES, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) desenvolveu o programa “Rumo à Indústria 4.0”, visando a transição do estágio atual para um estágio superior da manufatura (ABDI, 2017).

Da Silva, Kovaleski e Pagani (2019) assinalam que as empresas não começam apresentando todas as características da Indústria 4.0, portanto, torna-se necessário percorrer um processo evolutivo, que compreende a adoção de novas tecnologias a partir de suas sedes, subsidiárias e fornecedores, ou ainda, por meio de modelos de transferência tecnológica.

Tanto os programas de países desenvolvidos, quanto os de países emergentes visam disseminar as tecnologias da Indústria 4.0 em suas organizações. Mas, o que se observa é que os emergentes têm focado sua produção e comercialização em *commodities*. Diante disso possuem uma menor adoção de tecnologias se comparados com os países desenvolvidos (CASTELLACCI, 2008). Ademais, outros aspectos como cultura, economia, política e infraestrutura interferem nos níveis de investimentos em tecnologias, conforme destacam Frank et al. (2016).

Conforme evidenciado na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022 (BRASIL, 2016), o desenvolvimento do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação visa equiparar o país com os sistemas de países mais avançados, mediante investimentos para o desenvolvimento científico e tecnológico nacional, envolvimento de instituições de ciência, tecnologia e inovação, gestão pública e iniciativa privada, desenvolvimento de ecossistemas de inovação, e aperfeiçoamento de recursos humanos.

Dentre os temas estratégicos do referido plano destacam-se ações voltadas à economia e sociedade digital, as quais compreendem temas como o desenvolvimento científico e inovação de tecnologias de informação e comunicação, tais como Internet das Coisas, Big Data, conectividade, supercomputação, cibersegurança, além do incentivo às *startups* no setor de tecnologia digital (BRASIL, 2016).

Em paralelo a esta iniciativa, o MDIC elaborou a Agenda Brasileira para a Indústria 4.0 (2017-2019) apresentada em 2018 no Fórum Econômico Mundial. O plano consistia em

cinco fases para a inserção do país nesse novo contexto industrial. Dentre as fases elencadas, destacam-se a divulgação dos conceitos, a mensuração do grau de maturidade das empresas por meio da plataforma disponibilizada pela ABDI, definições de regulamentações, estabelecimento de políticas e parcerias para o desenvolvimento tecnológico e inovação, redução de alíquotas de importação em áreas estratégicas para a indústria, como robótica e impressoras 3D. Também, evidencia-se a disponibilização de linha de crédito para investimento em projetos de inovação fomentados pelo BNDES (FEOP, 2018).

Além dessas iniciativas, o Governo Federal tem empreendido diferentes planos em prol da Indústria 4.0, conforme exposto no Quadro 7. Em janeiro de 2020 o Governo anunciou no Fórum Econômico Mundial (FEM), a instalação do primeiro centro afiliado ao FEM focado na indústria 4.0 (C4IR) do Brasil. O qual, fora lançado em dezembro de 2020.

Quadro 7 – Iniciativas voltadas a Indústria 4.0 no Brasil

Ano	Iniciativas	Instituição
2016	Desafios para indústria 4.0 no Brasil	CNI
	Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre a Manufatura Avançada no Brasil	MCTIC e MICES
2017	Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil	MCTIC
	Inovação, manufatura avançada e o futuro da indústria	ABDI
	Oportunidades para a Indústria 4.0 – Aspectos da demanda e da oferta no Brasil	CNI
	Centro de Pesquisa em Engenharia em Manufatura Avançada	FAPESP
	Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades para o Brasil	IEDI
2018	Agenda Brasileira para a Indústria 4.0	MDIC e ABDI
	Indústria 2027	CNI, IEL, UNICAMP, UFRJ,
2019	Câmara Brasileira da Indústria 4.0	MCTIC
	Câmara Agro 4.0	MAPA e MCTIC
2020	Câmara da Saúde 4.0	MCTIC e MS
	C4IR - Centro Afiliado para 4ª Revolução Industrial	ME

Fonte: elaboração própria.

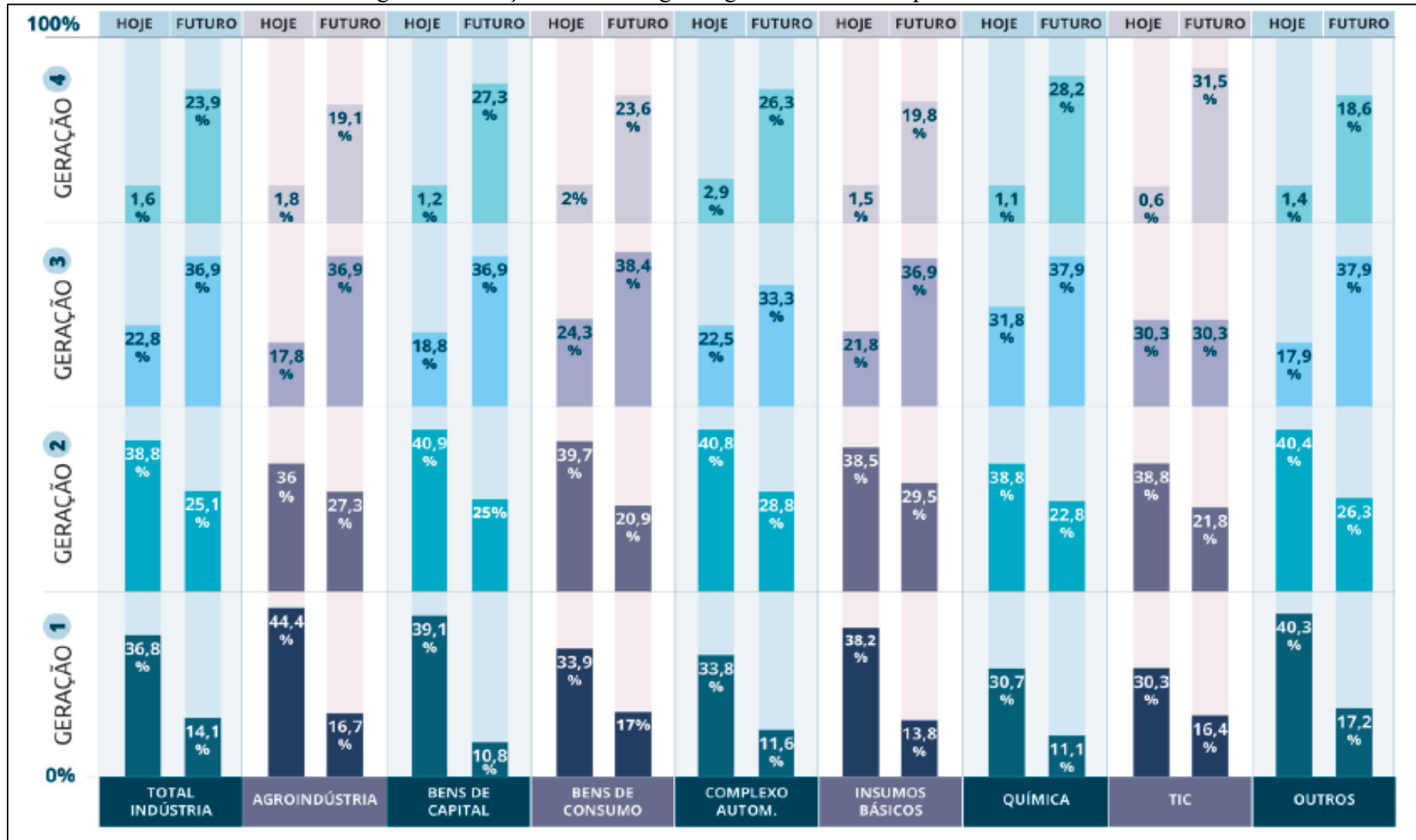
Dentre essas iniciativas, destaca-se também a ação da Confederação Nacional da Indústria com o apoio da Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), sob a coordenação do Instituto Euvaldo Lodi (IEL) e com execução técnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que resultou no projeto Indústria 2027. O objetivo desse projeto é estipular um marco de análise para a inserção da Indústria 4.0 no país, em um horizonte temporal de 10 anos (2017-2027). O projeto definiu oito *clusters* tecnológicos (internet das coisas, inteligência artificial, nanotecnologia, materiais avançados, entre outros), verificando os níveis de relevância dessas tecnologias em diferentes setores

industriais brasileiros, tais como tecnologias de informação e comunicação (IEL, 2018d); químicos (IEL, 2018e); petróleo e gás (IEL, 2018f); insumos básicos (IEL, 2018g); farmacêutico (IEL, 2018h); bens de capital (IEL, 2018i); automotivo (IEL, 2018j); agroindústria (IEL, 2018k); aeroespacial e defesa (IEL, 2018b); e bens de consumo (IEL, 2018l).

O projeto também abrange uma pesquisa acerca da adoção de tecnologias pelas empresas brasileiras, classificando-as em quatro gerações digitais distintas: geração 1 – produção rígida, geração 2 - produção enxuta, geração 3 – produção integrada, e geração 4 – produção conectada e inteligente (IEL, 2017). As empresas de geração 4 ou 4.0 são aquelas que possuem acompanhamento em tempo real de pedidos e da logística dos fornecedores, sistemas de modelagem virtual no desenvolvimento de produtos e processos, comunicação máquina-máquina no processo produtivo, além de ferramentas de apoio a gestão através de inteligência artificial (IEDI, 2017b; IEL, 2017).

Segundo exposto em IEL (2018k), tendo como base levantamento em 753 empresas, observa-se que a maioria dos executivos consideram como alta ou muito alta a probabilidade de as tecnologias da geração 4 serem as dominantes sob um prisma de 10 anos, considerando que esta transformação proporcionará maior eficiência produtiva e ganhos de competitividade. Por outro lado, em análise da situação atual e das projeções, observa-se que cerca de 76% das empresas ajustam-se nas gerações 1 e 2, 23% na geração 3, e menos de 2% na geração 4, conforme exposto na Figura 6.

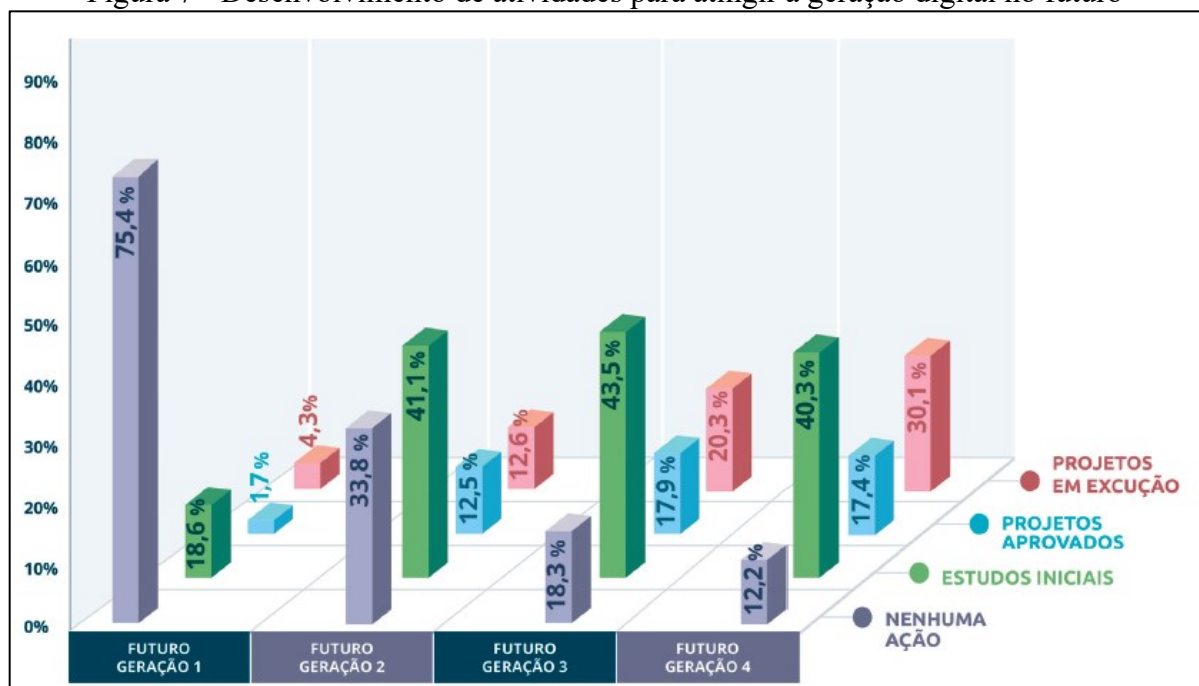
Figura 6 - Gerações de tecnologias digitais em 2017 e esperado em 2027



Fonte: IEL (2018k).

Apesar desse cenário, há de se considerar que aproximadamente 24% das empresas visam alcançar a geração 4 até 2027. Destaca-se que os setores que apresentam maior parcela de empresas em gerações 3 ou 4 são aqueles de maior intensidade tecnológica como a indústria química (32,9%) e tecnologias de informação e comunicação (30,9%). Ademais, observa-se que dentre as empresas que visam alcançar a geração 4 até 2027 cerca de 48% já desenvolvem projetos nesse sentido, conforme exposto na Figura 7 (IEL, 2018a).

Figura 7 - Desenvolvimento de atividades para atingir a geração digital no futuro



Fonte: IEL (2018k).

Deve-se levar em consideração que o processo de transformação da indústria é gradual a medida em que as tecnologias vão sendo difundidas e absorvidas pela indústria, por meio da incorporação em máquinas e equipamentos, ou ainda na customização de soluções para as organizações. O que destaca o papel das empresas integradoras, ou seja, empresas de engenharia que desenvolvem os projetos de solução para a indústria de forma a integrar diferentes tecnologias para a solução de problemas, pois estas agem no sentido de facilitador a incorporação das tecnologias. Além do Finep, que pode atuar para o fomento do desenvolvimento e da implementação desses projetos por meio da disponibilidade de crédito as empresas (IEDI, 2017b).

Há de se considerar também que as políticas públicas possuem forte influência na inovação, assim, é possível que o Estado fomenta a inovação por meio de financiamento e

incentivos fiscais, criando um ambiente favorável para o investimento e o desenvolvimento do capital humano (IEDI, 2018b). Arbix et al. (2018) apontam que o desenvolvimento de políticas públicas voltadas a Indústria 4.0 não concerne na reprodução das políticas desenvolvidas pelos outros países, haja vista as especificidades do país diante dos demais. E assim, indicam direcionadores para o debate acerca dos obstáculos que o Brasil enfrenta nesse tema, os quais consistem em: a) tornar a manufatura avançada assunto estratégico do governo, de médio e de longo prazo; b) definição de metas em áreas prioritárias do governo; c) políticas de ciência, tecnologia e inovação vinculadas com as políticas de educação, meio ambiente e de comércio exterior; d) participação do setor privado e da sociedade na construção da agenda; e) ampliação da qualidade e do fluxo de conhecimento através de parcerias internacionais e da aquisição de ativos estratégicos; e, f) expansão de atividades de P&D nas empresas.

Esse modelo industrial emergente requer a difusão de tecnologias modernas, o que figura o desafio principal para o Brasil, devido aos efeitos negativos de anos de instabilidade e subinvestimento no setor industrial. Apesar disso, considera-se que várias empresas industriais estrangeiras possuem a capacidade de internalizar para as suas filiais no país as tecnologias concebidas nos centros industriais, assim como as empresas nacionais de grande porte, que se tornarão clientes de provedores das soluções 4.0 (IEDI, 2017c).

Considera-se que não havendo um retrocesso industrial, é provável que as empresas industriais ligadas aos principais segmentos sejam capazes de acompanhar o processo de transição para a Indústria 4.0. Porém, destaca-se que a perspectiva industrial brasileira diante desse novo modelo industrial é de potencial como um mercado para essas soluções e não do desenvolvimento dessas. O que se manterá caso não sejam aproveitadas essas oportunidades. Mas, por um lado a opção da indústria por soluções prontas possibilita ao país a adoção de adaptações das configurações industriais já testadas anteriormente, além do benefício dos preços dos componentes já estarem regulados internacionalmente. Por outro lado, o desenvolvimento local dessas soluções favorece o desenvolvimento de competências tecnológicas e industriais, além da geração de conhecimento. Em suma, as opções consistem basicamente em prazo e custo, ou aprendizado e novas competências (IEDI, 2017c).

Cabe destacar que o país tem a capacidade de desenvolver uma estratégia em direção à Indústria 4.0. No contexto industrial brasileiro, observa-se que diferentes atores, tanto públicos quanto privados estão engajados com a inovação, além disso, os mesmos têm se envolvido em processos de aprendizado para possibilitar o desenvolvimento de projetos e ações. Em destaque a Confederação Nacional da Indústria que com apoio do BNDES criaram os Institutos SENAI de Inovação espalhados no território nacional. Destaca-se também a atuação

da Embrapii nos esforços para o aumento do volume e da qualidade de projetos de desenvolvimento industrial (IEDI, 2017c).

Em suma, evidencia-se que diferentes países já projetam inúmeros benefícios diante da adoção e desenvolvimento de estratégias voltadas a Indústria 4.0. Especificamente, o Brasil vem desenvolvendo diferentes iniciativas em prol do desenvolvimento da Indústria 4.0 no país, apesar de ainda não apresentar um plano estratégico de nível nacional. Ressalta-se que o atual cenário é desafiador ao país, haja vista os baixos níveis de adoção de tecnologias, baixo nível de difusão de tecnologias, entre outros aspectos. Ademais, o desenvolvimento de estratégias depende da integração de diferentes agentes, sincronizados, em prol do progresso da indústria nacional, entre outros fatores.

2.2.5 Implementação da Indústria 4.0 no Brasil

Conforme evidenciado na seção anterior, o Brasil apresenta uma série de obstáculos ao que se refere a implementação de tecnológicas na indústria. Sobretudo, observa-se a baixa adesão de tecnologias, especialmente tecnologias digitais nos diferentes setores. Conforme destacam Veile et al. (2019), o processo de implementação vai além dos desafios técnicos, e abrange aspectos organizacionais e sociais. Ao passo que, essas três dimensões devem ser consideradas ao se implementar a Indústria 4.0, bem como suas inter-relações.

Bücker et al. (2016) evidenciam a natureza da interação Humano-Tecnologia-Organização:

- a) Interação entre humano e tecnologia: o sistema é definido pela diferenciação entre o trabalho humano e das máquinas, diretamente relacionado ao grau de automação e na forma com que os humanos e as máquinas precisam interagir;
- b) Interação entre humano e organização: o nível de automação especifica as tarefas desenvolvidas pelos indivíduos, as quais, definem o papel deste dentro da organização;
- c) Interação entre organização e tecnologia: a adoção da tecnologia é voltada à requisitos e objetivos da organização.

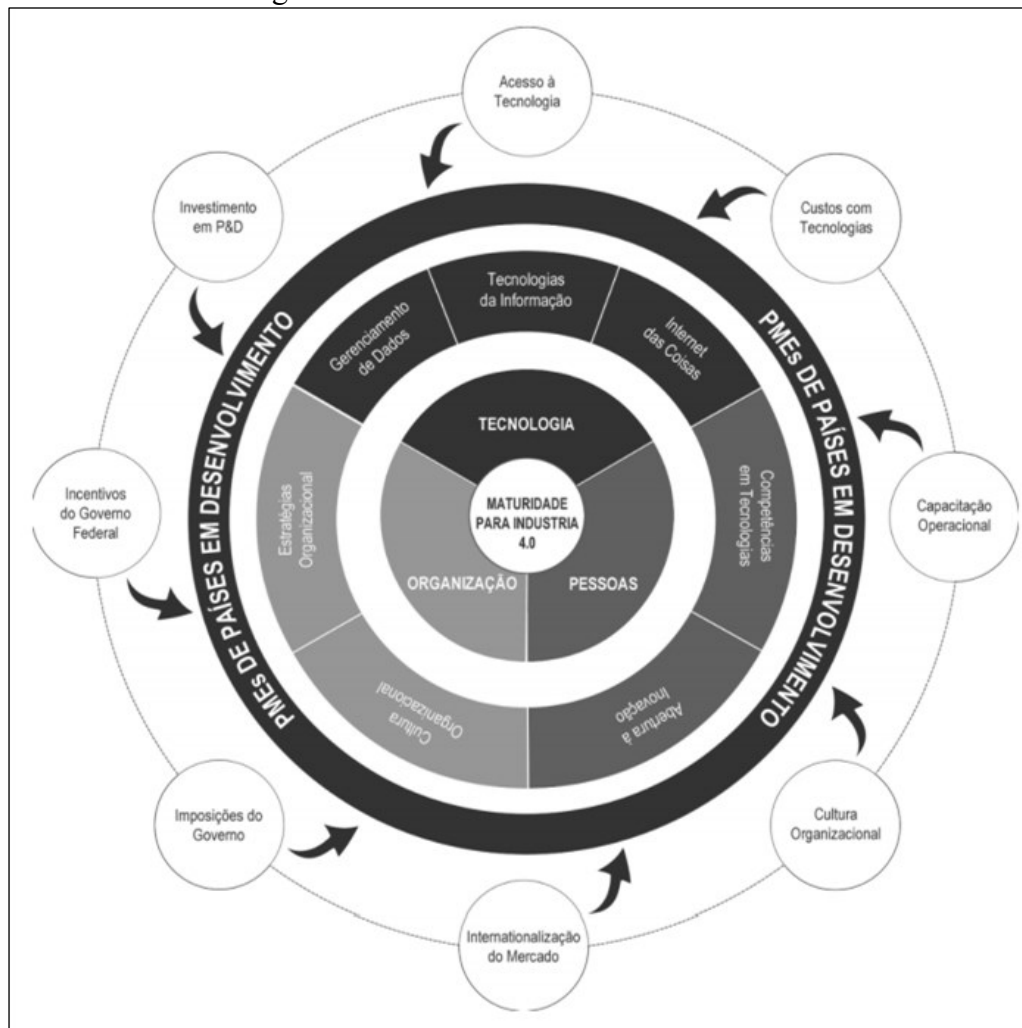
Em consonância a esses aspectos, diferentes modelos de maturidade voltados a Indústria 4.0 foram desenvolvidos com o passar dos anos. Esses modelos visam auxiliar o processo através da mensuração da maturidade, sob diferentes aspectos, da organização diante de determinado objetivo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2018). Ao passo que, identificado o nível de

maturidade, é possível o planejamento e a implementação de ações para o amadurecimento desta organização.

Esses modelos corroboram no processo de diagnóstico e tomada de decisão por parte das organizações no sentido da implementação da Indústria 4.0. De um modo geral, Oliveira Júnior (2018) constatou que os modelos de maturidade disponíveis na literatura compreendem quatro ações de avaliação: a) identificação de oportunidade de negócio; b) definição das tecnologias que devem ser adotadas; c) proposição de melhorias para a empresa ingressar na Indústria 4.0; e d) identificação do nível de maturidade da empresa.

Sob o contexto de países em desenvolvimento, especificamente o Brasil, Oliveira Júnior (2018) desenvolveu um modelo de maturidade, construído a partir de uma revisão sistemática da literatura, para avaliar o nível de maturidade para a Indústria 4.0. O *framework* figura dimensões relacionadas a tecnologia (gerenciamento de dados, tecnologias da informação e internet das coisas), pessoas (competências em tecnologias e abertura à inovação), e organização (cultura organizacional e estratégia organizacional). Ademais, o autor reconhece que estas dimensões recebem influências externas diferentes em cada país, tais como: o acesso à tecnologia, custo com tecnologia, capacitação operacional, imposições e/ou incentivos do governo, investimento em P&D e a internacionalização do mercado. Conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Modelo de maturidade I4.0PME



Fonte: Oliveira Júnior (2018).

O modelo proposto por Tadeu et al. (2018), sob uma perspectiva brasileira da Indústria 4.0, sugere dez dimensões analíticas que permeiam o processo, a saber: a) estratégia digital; b) tecnologias digitais; c) habilidade analíticas e preditivas; d) relacionamento com o cliente; e) relacionamento em rede; f) estrutura organizacional de processos digitais; g) pessoas e cultura; h) riscos e investimentos; i) aspectos legais e éticos; e j) novos modelos de negócios digitais.

De modo similar, Santos e Martinho (2019) e Gobo Júnior (2020) inferem que a maturidade para a Indústria 4.0 baseia-se nas seguintes dimensões: a) estratégia organizacional, estrutura e cultura (por exemplo: gestão estratégica, investimentos em tecnologias, gestão da inovação, colaboração com outras empresas); b) trabalhadores e força de trabalho (relacionada as habilidades existentes e requeridas, modo de aquisição de novas habilidades, criatividade, entre outros); c) fábricas inteligentes (relacionada as operações, instalações e equipamentos, sistemas de informação, adoção de equipamentos autônomos, sensores e outros); d) processos

inteligentes (tecnologias utilizadas no processo de transformação e integração dos processos); e) produtos e serviços inteligentes (tecnologias agregadas ao produto e/ou serviço); e f) tecnologia (relacionada a digitalização das informações).

Esses modelos de maturidade ilustram em grande medida os efeitos da Indústria 4.0 na organização, bem como o processo e os aspectos que correspondem a decisões gerenciais tomadas no dia a dia de cada organização. Fica evidente que não são apenas os elementos tecnológicos que sofrem impactos com a implementação, mas também as pessoas e a organização de um modo geral. Desse modo, a transformação da empresa para 4.0 não é momentânea, mas um processo evolutivo que envolve mudanças tecnológicas e organizacionais (OLIVEIRA JÚNIOR, 2018).

Reconhecendo a complexidade que permeia esse fenômeno, a proposta deste trabalho reside em desenvolver um modelo teórico explicativo acerca do processo de implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais no Brasil que despontam com projetos sob esse prisma. Assim como, descrever seus processos e elementos, condicionantes e interações que compreendem esse fenômeno. O método e os procedimentos adotados para a consecução destes objetivos são delineados no capítulo seguinte.

3 METODOLOGIA

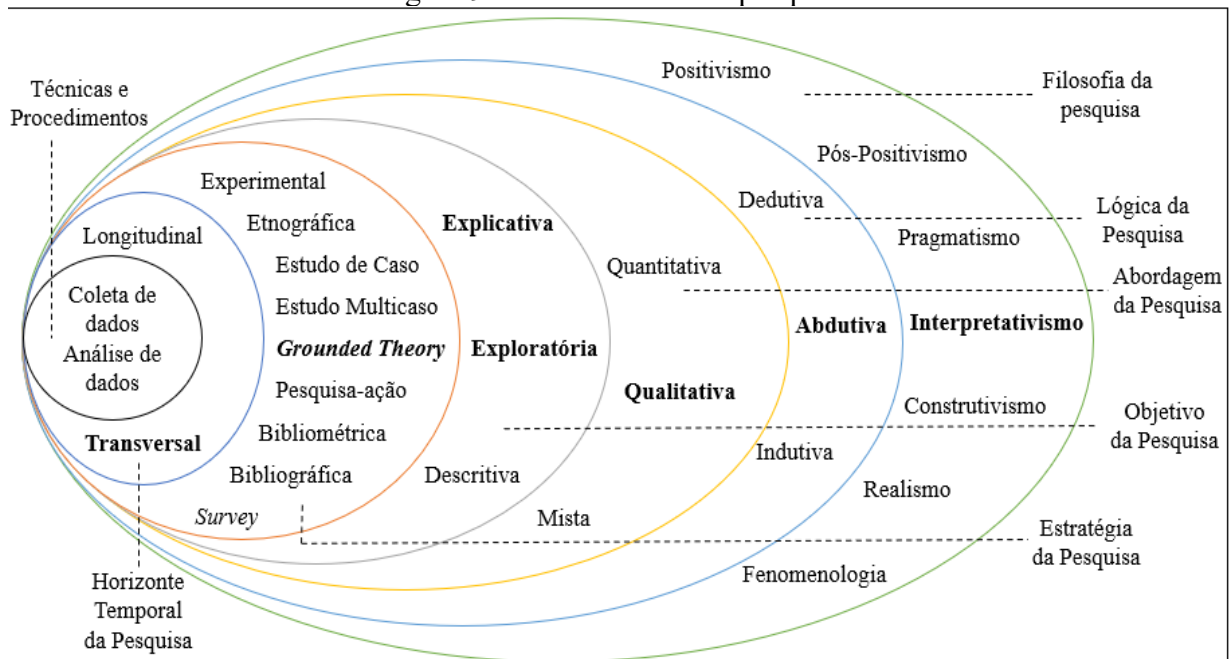
Este capítulo tem como objetivo apresentar o encaminhamento metodológico da pesquisa. Diante disso, está dividido em três seções. Inicialmente expõe-se acerca da proposta epistemológica e metodológica da pesquisa. Assim, discorre-se sobre o delineamento adotado pela pesquisa, evidenciando a filosofia, abordagem, lógica, objetivos, estratégia, horizonte de tempo e técnicas e procedimentos.

Na seção seguinte, apresenta-se a Teoria Fundamentada nos Dados como a estratégia da pesquisa, delineando a sua origem, conceitos, principais características e diferentes vertentes. Ainda, discorre-se sobre a aplicação da TFD na área da Administração. Posteriormente, na terceira seção apresenta-se os procedimentos de obtenção e tratamento dos dados que a pesquisa adotou, evidenciando os procedimentos de revisão de literatura e a definição da questão de pesquisa, além do processo de construção dos roteiros de entrevista e o trajeto percorrido para o levantamento, análise e validação dos dados por meio da TFD.

3.1 PROPOSTA EPISTEMOLÓGICA E METODOLÓGICA DA TESE

A presente pesquisa objetiva a compreensão do processo de implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais no Brasil por meio da utilização da Teoria Fundamentada nos Dados (TFD) em sua vertente Straussiana (CORBIN; STRAUSS, 2015). A escolha por essa vertente deve-se à concepção epistemológica do pesquisador e do propósito da pesquisa, alinhados aos aspectos fundamentais para a determinação de qual vertente da TFD seguir (MARCHI, 2014). Além disso, essa vertente apresenta etapas de análise dos dados mais estruturadas, conferindo maior segurança ao pesquisador na operacionalização do método (BIANCHI; IKEDA, 2008). Diante disso, evidencia-se inicialmente o delineamento epistemológico e metodológico da pesquisa, baseando-se em Saunders, Lewis e Thornhill (2016), as quais encontram-se destacadas na Figura 9.

Figura 9 - Delineamento da pesquisa



Fonte: Saunders, Lewis e Thornhill (2016), adaptação própria.

Com base na ilustração da Figura 9, o delineamento da pesquisa é dividido em sete tópicos, que consistem em: i) filosofia da pesquisa; ii) lógica da pesquisa; iii) abordagem da pesquisa; iv) objetivo da pesquisa; v) estratégia da pesquisa; vi) horizonte temporal da pesquisa; e vii) técnicas e procedimentos.

i) Filosofia de pesquisa

Atualmente, ainda se observa que o funcionalismo tem mantido a sua hegemonia no campo de estudos organizacionais, sendo retratado em diversos estudos (BERTERO; CALDAS; WOOD JR., 2005; BURREL; MORGAN, 1979; DA COSTA; BARROS; MARTINS, 2010; FERREIRA, 2010; SERVA; DIAS; ALPERSTEDT, 2010; entre outros). Apesar do forte apego ao funcionalismo como alicerce epistemológico, percebe-se movimentos de resistência à dominação desse paradigma, o primeiro consiste no interpretacionismo, que tem avançado desde o final dos anos 1970, e o segundo movimento refere-se aos críticos e pós-modernos, movimento que se expandiu a partir dos anos de 1980 (VERGARA; CALDAS, 2005).

O principal argumento da crítica interpretacionista ao funcionalismo é o objetivismo exacerbado, e até limitante. Haja vista que para os funcionalistas, as organizações são objetos tangíveis, concretos e objetivos (VERGARA; CALDAS, 2005). De Paula (2016) argumenta

que a preocupação central do funcionalismo consiste na explicação racional do *status quo*, à ordem social, ao consenso, à integração social, à solidariedade e à satisfação das necessidades, a partir de uma abordagem realista, positivista, determinista e nomotética, em busca de soluções para problemas práticos.

Por outro lado, para os interpretacionistas, as organizações são processos que surgem das ações individuais e/ou coletivas, na tentativa de interpretar e dar significado ao mundo (VERGARA; CALDAS, 2005). Os pesquisadores visam compreender o mundo como ele é, sua natureza fundamental no nível da experiência subjetiva por meio de uma abordagem nominalista, antipositivista, voluntarista e idiográfica, que vê o mundo como um processo emergente que é criado pelos indivíduos (DE PAULA, 2016).

Denzin e Lincoln (2006) argumentam que, historicamente, a pesquisa qualitativa foi definida dentro do paradigma positivista. Em 1998, Strauss e Corbin, por meio da sua vertente da TFD, buscaram modificar os cânones usuais do positivismo, para adequá-los à sua concepção pós-positivista do rigor da pesquisa. E, nessa linha alguns pesquisadores que alegavam ser ateóricos, encaixavam-se automaticamente como positivistas ou pós-positivistas.

Devido ao constante movimento da pesquisa qualitativa, defendido por Denzin e Lincoln (2006), observa-se um afastamento do paradigma pós-positivista e um direcionamento ao paradigma interpretativista, evidente na obra de Strauss e Corbin (2008). Essa situação é relevante ao campo, ao passo que anteriormente a publicação dessa obra, o pós-positivismo esteve fortemente relacionado com a TFD (CHARMAZ, 2000; LEVERS, 2013).

Originalmente, a posição adotada por Strauss e Corbin (1990) foi do pesquisador objetivo, o qual representa a realidade alheia de maneira precisa. Diante disso, as publicações iniciais se enquadravam no paradigma pós-positivista (CHARMAZ, 2000). Porém, na terceira edição de sua obra, os autores explicam suas suposições ontológicas e epistemológicas que encaixam a TFD ao paradigma interpretativista. Em suma, admite-se que a realidade sob nenhuma circunstância é totalmente compreendida pelo pesquisador, e ainda, não é possível separar o pesquisador (indivíduo) da sua análise. Ademais, o significado de uma interação entre o sujeito e o objeto é imposto pelo sujeito. Esses fundamentos indicam a subjetividade (LEVERS, 2013).

Strauss e Corbin (2008) defendem a busca do equilíbrio entre a objetividade e a sensibilidade. No processo de pesquisa há interação e imersão entre o pesquisador e o ato de pesquisa, o pesquisador é moldado pelos dados, e os dados são moldados pelo pesquisador. Essa imersão não deve chegar ao ponto de o pesquisador tornar-se um nativo, mas apenas sensível aos problemas do contexto em que está inserido. A objetividade é importante para uma

interpretação imparcial e acurada dos dados. Assim, tanto a sensibilidade quanto a objetividade são essenciais no processo de descoberta.

Goulding (2002) aduz que é possível entender a TFD como uma metodologia interpretativista de pesquisa, haja vista a busca pela compreensão da realidade a partir dos significados que são atribuídos pelos indivíduos. E, Charmaz (2009) incrementa que na TFD o papel do pesquisador é central, pois ele não é inerte, pois interage com o contexto analisado

Torres et al. (2015) corroboram com este entendimento, argumentando que no desenvolvimento da TFD, busca-se evidenciar a complexidade e o movimento do mundo real, reconhecendo a incapacidade de visualizá-lo completamente. Apontando que essa forte ligação com os eventos e os indivíduos consiste em uma das grandes contribuições do interpretativismo para a pesquisa social.

ii) Lógica da pesquisa

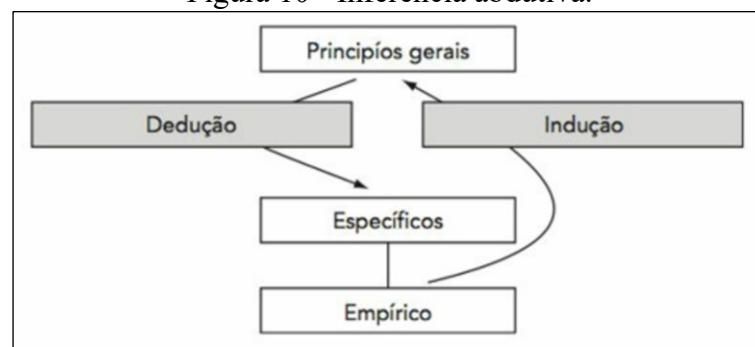
A lógica de pesquisa determina os procedimentos lógicos seguidos pela investigação científica. Proporciona ao investigador decidir sobre o alcance da sua investigação, formas de explicação e a validade de suas generalizações. A escolha de um ou de outro método depende de diferentes fatores, tais como a natureza do objeto a ser pesquisado, o nível de abrangência do estudo, e principalmente da inspiração filosófica (GIL, 2012).

Enquanto o método dedutivo parte do geral ao particular, levando em consideração princípios tidos como verdadeiros para chegar a conclusões por meio de sua lógica, unicamente. O método indutivo opera inversamente, pois parte do particular para o geral. Generalização que deve ser o produto de uma coleta de dados particulares, ou seja, leva-se em consideração a observação dos fatos do fenômeno que se deseja conhecer (GIL, 2012).

Considera-se que essa discussão é importante, tendo em vista que consiste no diferencial dessa metodologia com as demais, que consiste na presença de elementos dedutivos e abduativos. Conforme exposto por Suddaby (2006), genericamente a abordagem abduativa apresenta movimentos para frente e para trás, ou seja, da teoria para os dados (dedução) e dos dados para a teoria (indução). Ao fazer-se o uso da TFD com sua lógica abduativa, os dados coletados no campo de estudo são organizados de forma indutiva, na sequência e relações para inferir no primeiro esboço da teoria substantiva que se pretende gerar. A partir desse primeiro esboço, retorna-se ao campo para verificar como ele se comporta diante dos novos dados coletados, os quais, possibilitarão, ou não, novas deduções até chegar do modelo teórico final (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2006).

A TFD apresenta a técnica de comparação constante (indução, dedução e verificação), possibilitando a identificação e especificação das categorias de análise. Fundamentadas a partir das evidências reveladas nos dados coletados e nas comparações com as teorias existentes (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2010). Mesmo que surjam relações ou hipóteses a partir dos dados (do específico para o geral), ao se conceitualizar esses dados, interpreta-se até certo ponto. A interpretação é uma maneira de dedução, desse modo, há uma interação entre a dedução e indução (STRAUSS; CORBIN, 2008).

Figura 10 - Inferência abdutiva.



Fonte: Bandeira-De-Mello e Cunha (2010).

Conforme exposto na Figura 10, a inferência abdutiva parte dos dados empíricos coletados na indução de princípios gerais. A partir desses princípios, as categorias e os relacionamentos são deduzidos, os quais serão checados por meio de novos dados empíricos coletados. Constituindo-se como uma lógica inversa ao método hipotético-dedutivo, permitindo a descoberta e a validação das causas levando em consideração os seus efeitos. Possibilitando a geração e validação da teoria substantiva (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2010).

iii) Abordagem da pesquisa

Em relação à abordagem, a presente pesquisa classifica-se como qualitativa. Segundo Denzin e Lincoln (2010), a pesquisa qualitativa apresenta ênfase nas qualidades das entidades e nos processos e significados que não são passíveis de mensuração em termos de quantidade, volume e intensidade. Ressalta-se a natureza socialmente construída da realidade e a intensa relação entre o pesquisador e o objeto em análise. Por outro lado, os estudos quantitativos buscam medir ou analisar as relações causais entre variáveis.

Por meio da pesquisa qualitativa obtém-se resultados não alcançados com procedimentos estatísticos. De forma que se pode pesquisar sobre a vida das pessoas,

experiências, emoções, comportamentos, além do funcionamento organizacional, fenômenos sociais e culturais. Diante disso, os métodos qualitativos podem ser utilizados para investigar áreas substanciais, visando novos entendimentos acerca de um determinado tema. Também podem ser utilizados para o aprofundamento em fenômenos como o pensamento e os sentimentos, que são difíceis de extrair e analisar por meio de métodos convencionais (STRAUSS; CORBIN, 2008).

A pesquisa qualitativa enfatiza o significado das pessoas em relação às condições em que vivem. Representando as visões e perspectivas desses atores, ou seja, as ideias originárias da pesquisa qualitativa representam os significados dado ao cotidiano pelos indivíduos que o vivenciaram, e, não os valores e suposições dos pesquisadores. Ademais, abrange-se condições sociais, institucionais e ambientais que influenciam no contexto dos indivíduos, e por consequência os eventos sociais. Aspectos que os demais métodos possuem dificuldade em observar (YIN, 2016).

iv) Objetivo da pesquisa

A presente pesquisa apresenta características explicativas e exploratórias, haja vista que não se dispõe de informações prévias sobre o processo de implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais no Brasil. A pesquisa exploratória destina-se para objetos que possuem poucas informações. Assim, são orientados para a descoberta, sem a intenção de testar hipóteses específicas de pesquisa (HAIR JR. et al., 2005). Saunders, Lewis e Thornhill (2016) complementam que as principais vantagens da pesquisa exploratória consistem em sua flexibilidade e adaptabilidade, pois, a medida em que novos dados e percepções surgem, a pesquisa muda de direção. Desse modo, essas pesquisas geralmente apresentam inicialmente focos amplos, os quais estreitam-se durante o processo de investigação.

De acordo com Gasque (2007), a TFD pode ser utilizada para estudos de diferentes fenômenos, especialmente de natureza exploratória, para o desenvolvimento de teorias que apresentam diversas relações conceituais. Essencialmente, sua natureza exploratória consiste na geração e no desenvolvimento de teorias que especifiquem determinado fenômeno, bem como as condições da sua manifestação.

Ademais, a pesquisa também buscou explicar um processo, ação ou interação (GASQUE, 2007). Diante disso, caracteriza-se também como explicativa, a qual centra-se na identificação dos fatores que determinam ou contribuem para determinado fenômeno (GIL, 2007).

A TFD visa essencialmente a identificação de um modelo explicativo da realidade, esse modelo caracteriza-se tipicamente como um procedimento de ação exploratória, a qual é empreendida quando o pesquisador não conhece a dinâmica das relações entre os indivíduos e o contexto analisado (BALASSIANO, 2006).

v) Estratégia da pesquisa

Como estratégia de pesquisa, foi adotada a Teoria Fundamentada nos Dados (*Grounded Theory*), pois essa metodologia dispõe de um conjunto de técnicas e procedimentos para a compreensão de fenômenos sociais. A TFD consiste em um método sistemático para a análise da experiência dos indivíduos, possibilitando a explicação de fenômenos complexos (STRAUSS, 1987). Ou seja, sua ênfase está na compreensão, através de procedimentos e técnicas sistemáticos de coleta e análise de dados, de como os indivíduos vivem determinadas experiências, nos mais variados contextos. Cujo produto consiste em uma teoria emergente, que expõe as relações entre os conceitos descobertos (STRAUSS; CORBIN, 2008).

vi) Horizonte temporal da pesquisa

O horizonte temporal da pesquisa caracteriza-se como transversal, haja vista que os dados foram coletados durante um único período em diferentes organizações. Ou seja, os dados cobrem um determinado momento no tempo, não levando em consideração a evolução do fenômeno ao longo do tempo.

vii) Técnicas e procedimentos

Tendo em vista que o presente estudo utilizou a TFD como estratégia de pesquisa, a seção 3.2 apresenta questões relativas à sua origem, conceitos, principais características, diferentes vertentes, bem como as técnicas e procedimentos de coleta e análise de dados.

Inicialmente, realizou-se levantamentos para a revisão de literatura, por meio de duas pesquisas bibliográficas. Acerca da temática Indústria 4.0, realizou-se um levantamento na base de dados *Scopus* utilizando os descritores “*industry 4.0*”, “*industrie 4.0*” e “*advanced manufacturing*”. Foram localizados aproximadamente 8.611 resultados, evidenciando a relevância da temática. A partir disso, os trabalhos foram filtrados por área de conhecimento, sendo mantidos trabalhos ligados à administração, negócios e economia, perfazendo um total

de 1.750 trabalhos. Desse levantamento, foi possível identificar os principais pesquisadores do tema e os trabalhos mais relevantes visando compor o referencial teórico, além da identificação de lacunas de pesquisa.

Também se realizou um levantamento buscando analisar as publicações brasileiras na área de administração que utilizaram a TFD como método, por meio de uma revisão integrativa, possibilitando a síntese de múltiplos estudos publicados, fornecendo conclusões gerais acerca de uma área específica. Os dados foram coletados na base de dados de anais dos congressos da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (ANPAD), assim como na plataforma de dados Spell (*Scientific Periodicals Electronic Library*), desenvolvida pela ANPAD, onde encontra-se a produção científica das áreas de Administração Pública e de Empresas, Contabilidade e Turismo.

Para a localização dos artigos, realizou-se uma busca com as palavras-chave “*grounded theory*”, “teoria fundamentada” e “teoria substantiva”. Diante disso, na plataforma dos eventos da ANPAD, foram localizados 30 artigos, já na base de dados Spell, localizou-se 33 artigos. Então, seguiu-se para a seleção conforme os critérios de inclusão: artigos com acesso ao texto completo e em qualquer idioma. Destaca-se que não foi determinado um período, para que a evolução ao longo do tempo pudesse ser observada. Os dados foram coletados em setembro de 2018, assim o intervalo temporal se limita até agosto de 2018. Ademais, foram eliminados os artigos que não compreendiam relatos empíricos da utilização da TFD, e que apenas apresentavam o método teoricamente. As informações extraídas dos estudos selecionados permitiram a elaboração de uma síntese acerca do conhecimento que tem sido produzido na área de administração por meio da TFD, resultando em um panorama acerca da utilização do método no país, identificando suas principais características, o qual encontra-se na Seção 3.2.1, e que podem ser utilizadas em estudos futuros acerca do método. Além disso, esse levantamento contribuiu para o desenvolvimento e embasamento da metodologia da presente tese, bem como o direcionamento da pesquisa para outras fontes. Ainda, destaca-se que o estudo fora ampliado e publicado posteriormente (MEDEIROS; SANTOS; ERDMANN, 2019).

3.2 A TEORIA FUNDAMENTADA NOS DADOS

A Teoria Fundamentada nos Dados (*Grounded Theory*) consiste em uma metodologia que busca desenvolver teoria a partir dos dados coletados pelo pesquisador, sem levar em consideração hipóteses preconcebidas (VERGARA, 2015). Originária na sociologia, consiste

em uma possibilidade de pesquisa qualitativa sobre fenômenos organizacionais (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2006).

A metodologia foi elaborada nos anos de 1960 por Barney Glaser e Anselm Strauss, durante a realização da pesquisa que resultou na publicação de “*Awareness of dying*” em 1965 (ver Figura 12). Os fundamentos utilizados no estudo foram publicados em “*Discovery of grounded theory: strategies for qualitative studies*”. Em que, propuseram um método de pesquisa que auxilia na descoberta de condições estruturais, processos, normas, padrões e consequências para explicar a interação social (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2006; VERGARA, 2015; WELLS, 1995).

Os autores seguiam tradições filosóficas e de pesquisa distintas, Strauss tinha formação na *University of Chicago*, tradicionalmente qualitativa. Por outro lado, Glaser se formou na *Columbia University*, de forte tradição quantitativa (STRAUSS; CORBIN, 2008). Por meio do desenvolvimento colaborativo de sua pesquisa, Glaser e Strauss criticaram a ênfase excessiva da verificação de teorias no lugar da própria geração da teoria, argumentando que o processo de geração e de verificação de uma teoria deve receber tratamento igual na pesquisa social. Ademais, criticou-se a escassez de teoria social advinda realmente de pesquisas empíricas, ou seja, enfatizou-se a importância da geração de teoria a partir de dados precisos, e não apenas a partir de deduções lógicas. Diante disso, os pesquisadores criaram uma metodologia pioneira para abordar essas questões, a qual preencheu a lacuna existente entre a teoria e a pesquisa empírica (GLASER; STRAUSS, 1967).

Glaser e Strauss opuseram-se aos pressupostos metodológicos dominantes de sua época, ao oferecer estratégias sistemáticas para a pesquisa qualitativa, e que esta pudesse gerar novas teorias. Diante disso, os autores determinaram os seguintes componentes da TFD: a) envolvimento simultâneo de coleta e análise de dados; b) criação de códigos e categorias analíticas com base nos dados empíricos; c) utilização do método de comparação constante, ou seja, realização de comparações durante todas as etapas de análise; d) redação e utilização de memorandos para auxiliar na elaboração das categorias, bem como suas relações; e) amostragem voltada a construção da teoria, e não a representatividade; e f) revisão bibliográfica após o desenvolvimento da análise (CHARMAZ, 2009).

Prega-se que no início do desenvolvimento do estudo, o pesquisador só deve ter clareza acerca das questões referentes à coleta de dados inicial, ao invés da definição desse procedimento como um todo, tendo em vista a concepção de que os dados revelarão a demanda de novos procedimentos de coleta de dados. Destaca-se que a demanda por mais dados se dá em diferentes estágios da pesquisa. Inicialmente, como os dados passam por um processo de

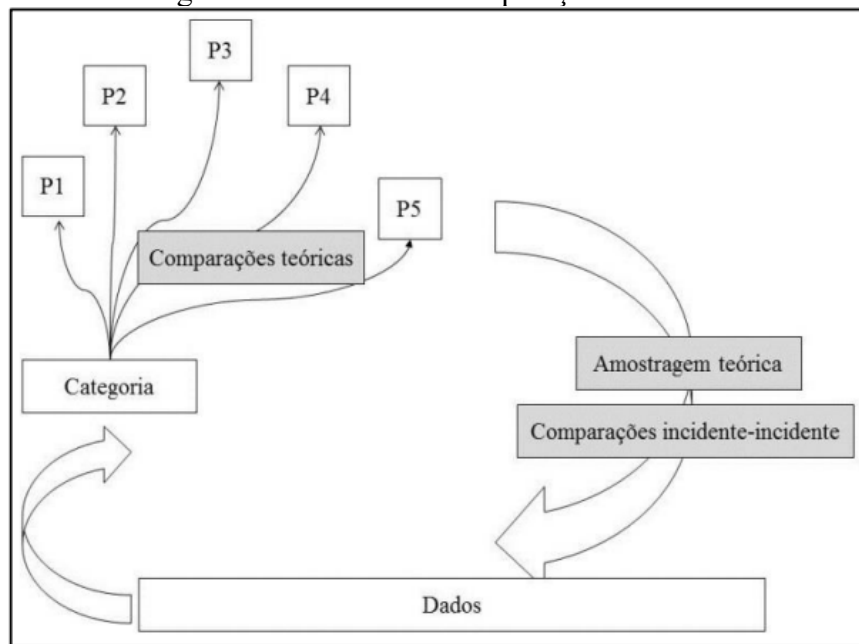
codificação e categorização, é possível identificar as lacunas, indicando a necessidade de novas evidências (GLASER; STRAUSS, 1967).

A partir disso, com o processo de coleta de dados, codificação e análise simultânea, conceitos inesperados podem surgir, redirecionando o estudo e, por consequência, exigindo novos dados. Ademais, a medida em que a teoria emerge, o pesquisador pode identificar novas lacunas. Assim, a amostra da pesquisa será guiada a partir dessas identificações, ao invés de predeterminada no início. Esse fenômeno é conhecido como processo evolutivo da amostragem teórica. Procedimento que se perpetua até a saturação, momento em que nenhum novo dado surge (GLASER; STRAUSS, 1967).

Diante disso, não tem como o pesquisador planejar antecipadamente o local e os indivíduos junto aos quais vai coletar dados, pois, ao utilizar a amostragem teórica, os conceitos e as categorias emergentes direcionam a nova coleta de dados (GLASER; STRAUSS, 1967). Alammar et al. (2019) corroboram evidenciando que em seu estudo os primeiros participantes basearam-se na relevância e na conformidade com o objetivo da pesquisa, e a partir da análise desses dados, os conceitos e os códigos informaram a direção da coleta de dados.

Ademais, destaca-se que Glaser e Strauss (1967) forjaram o método de comparação constante, particular da TFD, essa abordagem específica de comparação de dados consiste na análise de forma meticulosa, linha-a-linha, onde cada incidente é categorizado com um código conceitual. Posteriormente, esses códigos são agrupados em categorias, que consistirão em conceitos. Ademais, o pesquisador constantemente coleta, codifica, categoriza e analisa os dados. De modo que o processo de comparação constante consiste em três diferentes níveis: a) comparação dos códigos com os códigos; b) comparação dos códigos com as categorias emergentes; e c) comparação das categorias entre si (HOLTON, 2010). Bandeira-De-Mello e Cunha (2006) demonstram o método de comparação constante por meio da Figura 11.

Figura 11 - Método de comparação constante

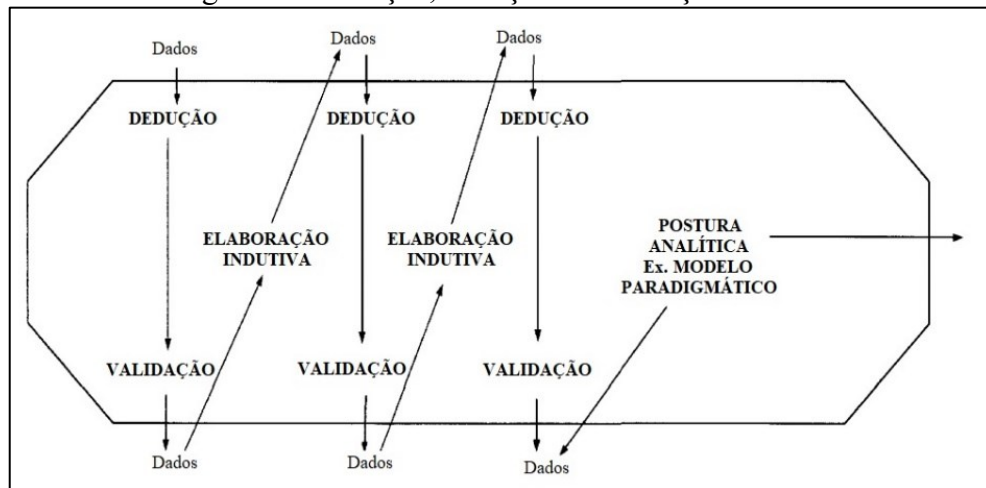


Fonte: Bandeira-De-Mello e Cunha (2006, p. 251).

O modelo ilustrado na Figura 11, evidencia a ênfase na circularidade entre as coletas e análise de dados. As siglas P1, P2, P3, P4 e P5 referem-se às propriedades provisórias, oriundas das comparações teóricas e da introspecção do pesquisador, as quais devem ser validadas nos dados (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2006).

Essa discussão é importante, tendo em vista que reside no diferencial dessa metodologia com as demais, que envolve a presença de elementos dedutivos e abduativos. Por meio da lógica abduativa, os dados coletados no campo de estudo são organizados de forma indutiva. Após são determinadas categorias específicas e relações para inferir no primeiro esboço da teoria substantiva que se pretende gerar. Strauss e Corbin (1998) defendem que a essência do processo de teorizar da TFD está a constante interação entre a indução, dedução e verificação. Ou seja, o pesquisador movimenta-se entre a indução e a dedução enquanto pratica o método de comparação constante (SUDDABY, 2006). É um contínuo fluxo de extrair conceitos, propriedades e dimensões dos dados (indução), construir proposições (deduções) e aferir se os novos dados são explicados pelo modelo teórico constituído (verificações) (SCHWANDT, 2006). Conforme ilustrado na Figura 12, a partir de um primeiro esboço retorna-se ao campo para verificar como ele se comporta diante dos novos dados coletados, os quais, possibilitarão, ou não, novas deduções até chegar do modelo teórico final (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2006).

Figura 12 - Indução, dedução e verificação na TFD



Fonte: Adaptado de Strauss e Corbin (1998).

Ainda, Holton (2010) destaca que a análise comparativa possui um quarto nível, a comparação da teoria emergente com a literatura. O processo de comparação constante continua sendo uma característica distintiva do método, além de ser um preceito comum as suas três versões (KENNY; FOURIE, 2015).

Outro aspecto relevante é a utilização de memorandos, os quais consistem em uma ferramenta de apoio ao pesquisador, na medida em que a codificação e a comparação constante ocorre e os conceitos começam a emergir dos dados, o memorando possibilita que o pesquisador registre suas reflexões, fornecendo acesso àquela ideia posteriormente, resgatada no momento de esboçar a teoria (GLASER; STRAUSS, 1967).

Gomes et al. (2015) argumentam que a TFD introduziu a utilização do memorando escrito, e que além deste, os diagramas facilitam o processo de teorização, independente da vertente seguida. Santos *et al.* (2016) corroboram afirmando que os diagramas consistem em recursos visuais, facilitando a integração das diferentes etapas da pesquisa, assim como as conexões entre as categorias da teoria emergente. Dessa forma, a escrita de memorandos é intrínseca à TFD (KENNY; FOURIE, 2015).

Ainda, Glaser e Strauss (1967) distinguiram os conceitos de teoria substantiva e teoria formal. A TFD corrobora com a geração de teoria de uma área bastante específica, ou seja, gera-se uma teoria substantiva aplicada somente àquele campo específico. Ao passo que, verificar se essa teoria gerada possui aplicação mais ampla consiste em aferir se a teoria passou de local para formal, o que representa um salto significativo, requerendo de estudos mais aprofundados.

Bandeira-De-Mello e Cunha (2010) complementam esse entendimento, afirmando que enquanto a teoria formal positivista possui abrangência mais geral, e é de grande espectro, a

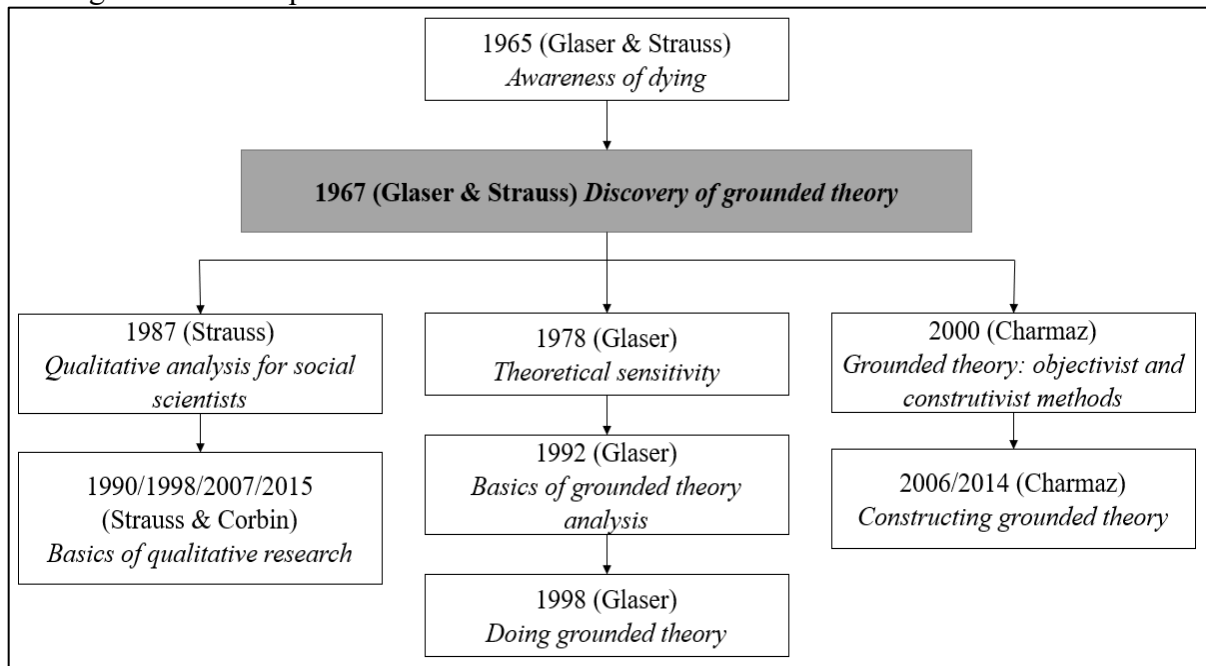
teoria substantiva gerada pela TFD é mais simples e específica, pois visa explicar a realidade observada pelos sujeitos, não consistindo numa verdade absoluta. Contribuem para a geração de novas teorias formais e na reformulação de teorias já estabelecidas (GLASER; STRAUSS, 1967). Para que uma teoria substantiva avance para uma teoria formal, generalizável à um número significativo de contextos, é necessário que os pesquisadores considerem propositalmente variação às teorias substantivas, visando descobrir as situações com que as teorias requeiram a adição de categorias conceituais (ROSENBAUM; RUSSELL-BENNETT, 2019).

Por se tratar de um método interpretativista, na TFD o pesquisador possui papel central na produção da teoria substantiva (CHARMAZ, 2000). Diante disso, Strauss e Corbin (2008) elencam as características essenciais do pesquisador em TFD, evidenciando a relevância de que o pesquisador seja fiel a realidade observada: a) habilidade de distanciar-se dos dados e analisar criticamente a situação; b) habilidade de reconhecer tendências de viés de suas interpretações; c) habilidade de pensar abstratamente; d) habilidade de ser flexível e aberto às críticas construtivas; e) sensibilidade às palavras e ações dos participantes; e f) possuir lógica de absorção e de dedicação ao processo de pesquisa.

Além das características pessoais do pesquisador, para garantir uma boa prática da pesquisa, é necessário utilizar as seguintes técnicas: a) triangulação: utilização de múltiplas fontes de dados; b) ataque à teoria: análise sistemática das proposições geradas; c) checagem dos dados a cada rodada de coleta e análise com os sujeitos da pesquisa; d) permanência longa no campo para observar o comportamento dos indivíduos em seu contexto; e) amostragem em diferentes contextos; e f) auditorias: registros de coleta e análise de dados que permita à auditoria do processo de interpretação do pesquisador (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2006; STRAUSS; CORBIN, 1998).

Diante de algumas divergências, os autores seguiram caminhos distintos, ou seja, o desenvolvimento da TFD seguiu por duas linhas diferentes, uma seguida por Glaser (glaseriana ou clássica), e outra por Strauss juntamente com Juliet Corbin (straussiana)(Figura 13) (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2006; VERGARA, 2015).

Figura 13 - Principais obras no desenvolvimento da Teoria Fundamentada nos Dados



Fonte: Adaptado de Santos et al. (2016) e Bandeira-De-Mello e Cunha (2006).

Glaser permaneceu com sua posição inicial do método, que compreende na teoria fundamentada como um processo de descoberta, em que as categorias surgem a partir dos dados, pensamento advindo do empirismo objetivo (CHARMAZ, 2009). A versão de Strauss e Corbin respeita a visão de Glaser, porém apresenta particularidades como, por exemplo, é mais prescritiva, pois sugere uma série de técnicas e procedimentos para a geração da teoria (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2006). Kenny e Fourie (2014) corroboram este entendimento afirmando que os autores reformularam a visão original da descoberta natural de teoria a partir dos dados, defendendo que a teoria era desenvolvida pelo pesquisador por meio de uma abordagem altamente analítica e de um modelo analítico para a codificação, voltado para o processo de dedução sistemática dos dados. Além disso, a vertente apresenta mudanças acerca da abstenção da literatura.

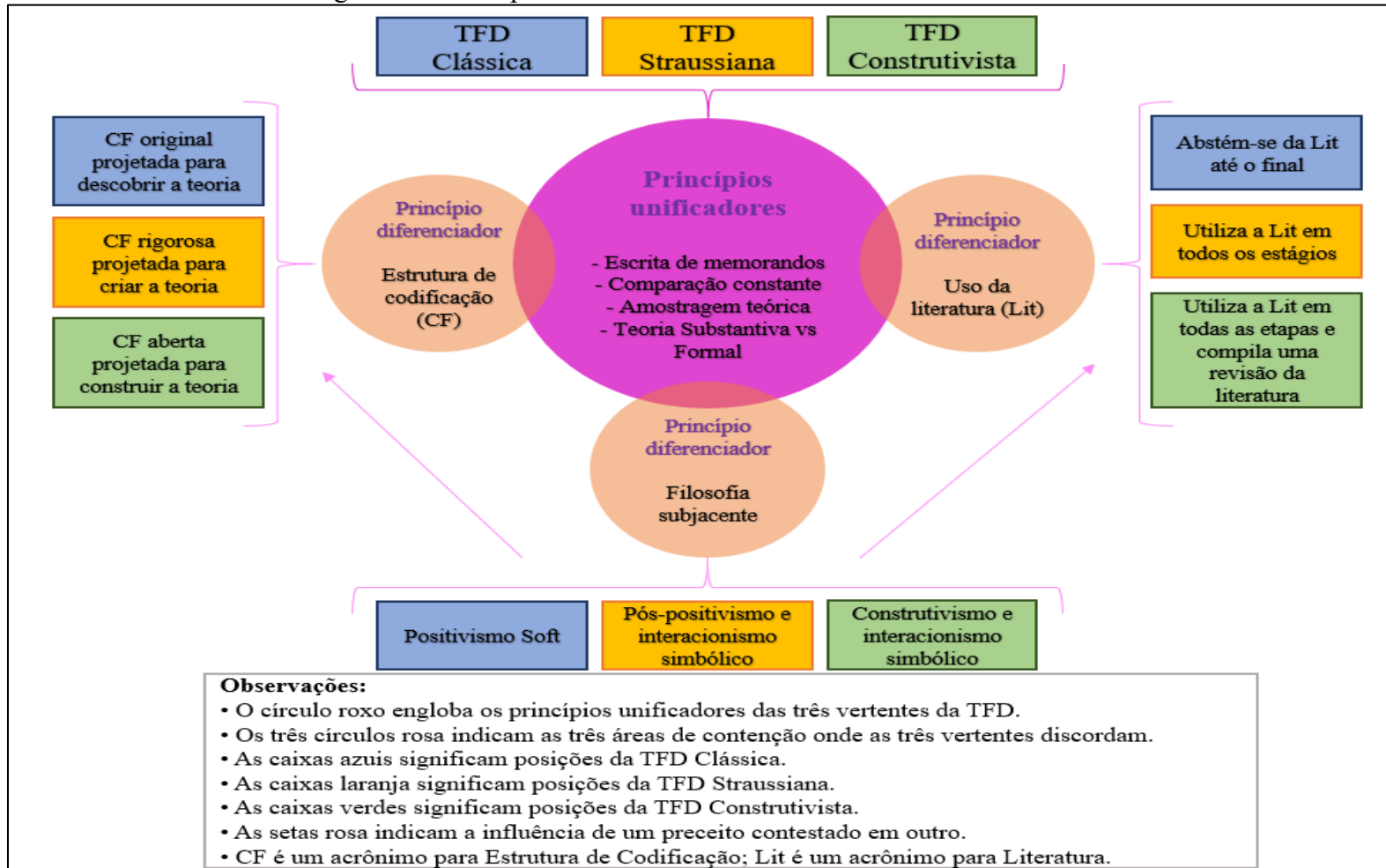
Além disso, a vertente Straussiana enfatiza os seus novos procedimentos técnicos, no lugar de enfatizar os métodos comparativos da teoria fundamentada, os quais inicialmente distinguem o método com os demais (CHARMAZ, 2009). Contudo, a transformação da TFD não se limitou a Strauss e Corbin, pois Kathy Charmaz, ex-aluna de doutorado da *University of California*, envolveu-se no debate acerca do método, ao qual havia aprendido pessoalmente com Glaser e Strauss, formando uma terceira vertente. A partir dos princípios originais da TFD e tendo como base os paradigmas contemporâneos de pesquisa, Charmaz forjou a TFD dentro de um paradigma construtivista. A vertente construtivista refutou a visão clássica de descobrir

uma teoria, ao invés disso, instituiu-se que a teoria era construída por meio das experiências passadas e do envolvimento do pesquisador com os indivíduos, contextos e práticas. Sugerindo a adoção de diretrizes mais flexíveis que indiquem o caminho a se seguir (KENNY; FOURIE, 2014).

Evidencia-se que com sua obra seminal, Glaser e Strauss defrontaram a perspectiva dominante na época, ou seja, a da pesquisa quantitativa positivista. Posteriormente, a teoria fundamentada foi disseminada entre os pesquisadores quantitativos justamente pelo fato de o método apresentar pressupostos positivistas. Haja vista a flexibilidade e a legitimidade do método, a TFD tem atraído diferentes pesquisadores, ao passo que diferentes estudiosos têm afastado o método do positivismo (CHARMAZ, 2009). Diante disso, a evolução da TFD não está cessada, pois, pesquisadores como Corbin, Glaser e Bryant, continuam publicando seus materiais (KENNY; FOURIE, 2014).

Santos (2018) evidencia que se tem observado novos direcionamentos da TFD. O primeiro direcionamento refere-se à análise situacional de Clarke (2005), comumente utilizada em estudos sobre gênero e sexualidade. Além da análise dimensional, originária nos estudos de Schatzman e Strauss (1973), que difere-se devido a prévia identificação das dimensões e características do campo pelo pesquisador. Além destes, destaca-se o modelo paradigmático com três componentes, que compreende na inovação da vertente Straussiana, e traz a utilização de um modelo paradigmático com três componentes (condições, ação-interação e consequência). O qual contribui para a definição das relações entre as categorias, bem como no reconhecimento da categoria central da pesquisa.

Charmaz (2009) argumenta que os pesquisadores podem empregar os elementos básicos da TFD, que consistem na codificação, redação de memorandos e amostragem, os quais orientam o processo de pesquisa, e estes podem ser adaptados de acordo com os pressupostos seguidos pelos pesquisadores. Embora historicamente a TFD apresente conflitos entre as suas vertentes, é importante reconhecer que elas possuem algumas semelhanças (KENNY; FOURIE, 2014). Ou seja, as três vertentes apresentam a mesma origem, e ainda abarcam algumas técnicas metodológicas originais, as quais concentram-se na utilização de memorandos pelo pesquisador, método de comparação constante, amostragem teórica, e a distinção entre teoria formal e a teoria substantiva, conforme exposto na Figura 14 (HUSSEIN; KENNEDY; OLIVER, 2017; KENNY; FOURIE, 2015; MURPHY; KLOTZ; KREINER, 2017; O'REILLY; PAPER; MARX, 2012; SMITH, 2015).

Figura 14 - Princípios unificadores e diferenciadores da TFD⁴

Fonte: Adaptado de Kenny e Fourie (2015).

⁴ Na presente tese, leva-se em consideração o argumento de Lowenberg (1993), que defende que a pesquisa interpretativa reúne os estudos que utilizam a fenomenologia e o interacionismo simbólico. Ao passo que, a Teoria Fundamentada nos Dados localiza-se como uma variante dentro do interacionismo simbólico (CASSIANI; CALIRI; PELÁ, 1996).

Mesmo que as principais vertentes da TFD compartilhem alguns princípios, as suas versões não são homogêneas e intercambiáveis. Diante disso, seus pontos de divergência centram-se em três aspectos: procedimentos de codificação; posições filosóficas; e utilização da literatura (KENNY; FOURIE, 2015).

Conforme destacam Kenny e Fourie (2015), o processo de codificação da vertente clássica consiste em etapas que visam à descoberta da teoria emergente por meio da análise sistemática dos dados. As etapas consistem em: codificação substantiva (aberta e seletiva) e codificação teórica (GLASER; HOLTON, 2004). Por outro lado, a vertente Straussiana apresenta uma estrutura mais robusta de codificação dos dados, voltada para a criação da teoria. Suas etapas compreendem: codificação aberta, axial e seletiva, além da construção da matriz condicional, que resume os três níveis anteriores de codificação e auxilia o pesquisador a determinar a amplitude do fenômeno (STRAUSS; CORBIN, 1990).

Ademais, a versão de Charmaz (2006) agrega as etapas de codificação, centrando-se na codificação inicial e focalizada, em busca da construção a partir da interpretação conceitual do fenômeno analisado. Destaca-se que as diferentes etapas de codificação se devem em grande medida pelas posições filosóficas que são seguidas pelas vertentes. Diante disso, a sua compreensão é de significativa importância, e verifica-se amplo debate na literatura acerca disso (KENNY; FOURIE, 2015).

Observa-se na literatura que os textos originais da TFD não discutiam sobre questões epistemológicas e ontológicas, e Glaser evitava associar a metodologia à uma posição filosófica (BRYANT, 2002; GLASER; HOLTON, 2004). Apesar disso, Charmaz (2000) defende que a vertente clássica da TFD se aproxima do paradigma positivista, devido a realidade objetiva e a posição neutra do pesquisador, pressupostos oriundos da formação acadêmica de Glaser, essencialmente quantitativa. Posicionamento esse também defendido por Strauss e Corbin (1994). Acerca disso, Kenny e Fourie (2015) acrescentam que posteriormente, em sua obra, Glaser (2002), ao mesmo tempo em que critica Charmaz (2000) por sua vertente construtivista da TFD, não contesta a classificação da vertente clássica feita por Charmaz, podendo indicar consentimento.

Na mesma obra, Charmaz (2000) argumenta que a vertente de Strauss e Corbin também é oriunda do positivismo, devido à suposição da realidade externa e objetiva, assim como os robustos procedimentos de análise dos dados e o esforço dos pesquisadores pela imparcialidade. Apesar disso, a autora defende que a vertente Straussiana é mais sutil se comparada com a vertente Clássica, classificando a primeira como pós-positivista, devido às influências do pragmatismo e interacionismo simbólico da formação de Strauss. Porém,

Charmaz (2000) ainda considera que ambas as vertentes apresentam características ontológicas e epistemológicas realistas e positivistas, apesar de suas diferenças.

Strauss e Corbin (1998) evidenciam que a sua versão parte de uma ontologia realista positivista para realista crítica pós-positivista. Acrescentando que a compreensão do pesquisador é limitada, e que este deve buscar máxima representação da realidade. Desse modo, a proporção da teoria é restrita, devido ao seu contexto específico. Na vertente construtivista, Charmaz (2000) buscou retomar o foco no significado oriundo do interacionismo simbólico e do pragmatismo. Deixando bem claro o posicionamento epistemológico de sua versão, forjando-a de maneira mais flexível, intuitiva e aberta, adequada ao paradigma construtivista.

Diante de suas posições filosóficas, as vertentes também possuem posturas distintas em relação à utilização da literatura. Devido à sua orientação positivista, a TFD Clássica abstém-se da literatura até o final da pesquisa. Esse posicionamento visa remover influências da literatura e experiências do pesquisador. Assim, ao final do estudo realiza-se uma comparação da teoria emergente com a literatura, ao passo que dessa forma não há interferência no surgimento da teoria fundamentada (GLASER; HOLTON, 2004).

Strauss e Corbin (1990) mostram-se mais flexíveis em relação à literatura, pois encorajam os pesquisadores utilizarem-na em todas as etapas. De forma que a consulta na literatura apresenta diferentes benefícios, tais como a identificação de lacunas, nova fonte de dados, orientação para a amostragem teórica, validação dos dados, entre outros. Apesar disso, recomenda-se que não seja realizada uma análise exaustiva, ao passo que o pesquisador não esteja tão imerso na literatura, para não restringir o processo criativo.

E, por conseguinte, Charmaz (2006) sugere a utilização da literatura ao longo da pesquisa, bem como a utilização de um capítulo específico de revisão bibliográfica a partir do processo de análise de dados, evitando que o pesquisador limite a sua criatividade. Diante disso, o pesquisador conta com uma revisão de literatura abrangente sem afetar o processo criativo. De outro modo, o Quadro 8 ilustra também as principais centrais da TFD em cada uma de suas vertentes.

Quadro 8 - Características centrais da TFD

	Clássica	Straussiana	Construtivista
Paradigma epistemológico	Positivismo	Pós-positivismo	Construtivismo
Identificação do problema de pesquisa	-Emergente -Sem a necessidade de aprofundamento na revisão de literatura inicial	-Experiência -Pragmatismo -Literatura	-Sensibilização de conceitos -Específicos de cada disciplina
Condução da investigação e desenvolvimento da teoria	Emergência dos dados através da indução e da criatividade	Modelo paradigmático de verificação	Co construção e reconstrução de dados para a teoria
Relação com os participantes	Independente	Ativa	Coconstrução
Análise dos dados/codificação	-Aberta -Axial -Teórica	-Aberta -Axial -Seletiva	-Inicial -Focalizada
Avaliação da teoria	-Aplicabilidade -Operacionalidade -Relevância -Modificabilidade	-Ajuste -Compreensão -Generalização teórica -Controle	-Congruência e consistência da teoria em relação ao contexto -Interpretação reflexiva do pesquisador

Fonte: Adaptado de Hunter et al. (2011) e Santos et al. (2016).

Evidencia-se que os três aspectos diferenciadores mencionados influenciam nas demais características como, o processo de identificação do problema de pesquisa, sua condução da investigação e a relação entre o pesquisador e o pesquisado.

3.2.1 A Teoria Fundamentada nos Dados na pesquisa em Administração

Conforme exposto anteriormente, a TFD é originária da Sociologia, mas tem sido utilizada em outras áreas (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2010). Predebon et al. (2011) argumentam que essa abordagem tem sido utilizada nas pesquisas sobre organizações, devido a três aspectos: a) consiste numa metodologia de descoberta indutiva de teoria, permitindo ao pesquisador o desenvolvimento de uma teoria acerca das características de um tópico mediante a observação empírica, e, este tipo de abordagem ainda não foi desenvolvida particularmente para a administração; b) para produzir resultados precisos e úteis por meio da TFD, as relações, complexidades e do contexto organizacional são incorporadas à compreensão do fenômeno, em vez de simplificadas ou ignoradas, possibilitando a investigação desses elementos organizacionais; e c) a metodologia permite a geração de teoria acerca de processo, sequência e mudanças organizacionais e de interações sociais, assim, considera-se apropriada em análises da administração.

No que diz respeito à área de Administração no Brasil infere-se, segundo um levantamento na base de dados de anais dos congressos da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (ANPAD), assim como a plataforma de dados Spell (*Scientific Periodicals Electronic Library*), desenvolvida pela ANPAD, que estudos que utilizaram o método no Brasil são datados a partir de 2004, embora a teoria tenha tido seu início em 1967. Porém, o maior volume deles foi publicado a partir de 2008, ano correspondente a publicação da versão em português da obra de Strauss e Corbin (2008).

Com base em um levantamento semelhante, Uhlmann e Erdmann (2014) exploraram as aplicações da TFD em estudos de administração no Brasil. Constatou-se que os trabalhos levantados visam gerar teoria substantiva por meio da utilização da metodologia, que predominantemente segue os pressupostos de Strauss e Corbin. Ainda, destaca-se que um número considerável de estudos visou apresentar a TFD como uma opção metodológica, e outra parte de fato utilizou o método de análise de dados, porém não seguindo todas as etapas previstas pela metodologia.

Pinto, Freitas e Mendes (2016) argumentam que várias pesquisas apenas citam a utilização da TFD em seu corpo, não fornecendo aporte metodológico para a coleta e análise dos dados. O que indica que a TFD nos estudos de gestão do país apresenta pluralidade de vertentes, uso por vezes impróprio, e diferentes abordagens e entendimentos. Problemas comuns às outras partes do mundo, conforme destaca Suddaby (2006). Sob um prisma internacional, Berto e Erdmann (2017) argumentam que grande parte dos estudos publicados em administração e que utilizaram o método, concentram-se entre 2009 e 2013. Porém, é possível observar estudos dos anos de 1980 e 1990, o que se deve a influência da TFD Clássica, desenvolvida nos anos de 1960. E, alguns anos mais tarde, da vertente Straussiana.

Ademais, destaca-se que a referida metodologia tem sido empregada em associação a outros métodos de pesquisa. Também se observa algumas inconsistências dos estudos com as etapas determinadas pela TFD (HOPFER; MACIEL-LIMA, 2008). Strauss e Corbin (2008) destacam que há a possibilidade de utilizar a TFD apenas como um método de coleta e análise de dados, organizada por meio de uma pesquisa bibliográfica, coleta de dados qualitativos e análise de dados, seguindo os processos de codificação do método (aberta, axial e seletiva). Conforme discutido anteriormente, a TFD serve para a geração de teoria substantiva, mas também consiste em um método de análise de dados, e, também pode ser utilizada para adaptações de teorias já existentes.

Diante do exposto, ressalta-se que a TFD ainda parece ser uma “caixa preta” aos pesquisadores. E que, não necessariamente deve-se adotar uma posição pura e ortodoxa do

método, mas o pesquisador deve manter o cuidado com os pontos chave do método, visando garantir sua legitimidade (PINTO; FREITAS; MENDES, 2016). Bandeira-De-Mello e Cunha (2010) ressaltam a importância de que os pesquisadores conheçam as possibilidades e os riscos da utilização do método, para que não sejam cometidos os erros mais comuns relacionados à TFD, como o desrespeito as suas bases epistemológicas.

Especificamente, para a área de administração, Bandeira-De-Mello e Cunha (2010) indicam os principais cuidados a serem tomados pelo pesquisador. Na fase da elaboração do projeto de pesquisa, a formulação da questão de pesquisa é primordial, uma vez que essa não deve ser muito geral devido aos problemas de generalização, e nem muito específica, para que a teoria gerada não se torne pouco relevante. Ademais, os autores argumentam que em TFD não é um problema de pesquisa que deve ser identificado, mas uma área substantiva para a pesquisa.

Geralmente, a área representa os interesses do pesquisador e do grupo de pesquisa ao qual está inserido, decorrendo de resultados de outras pesquisas. Mesmo assim, a sua definição deve apontar quem são e o que fazem os sujeitos da pesquisa, pois a TFD condiz com situações em que os indivíduos enfrentam contexto específico. O pesquisador deve permitir-se imergir no contexto investigado, porém, mantendo uma determinada distância para que a teoria substantiva se manifeste a partir dos dados (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2010).

Por fim, cabe mencionar que Charmaz (2000) argumenta que diferentes decisões acerca do projeto de TFD, são tomadas no decorrer do seu desenvolvimento, conforme a teoria vai emergindo dos dados, por meio da interação com o contexto. De modo que a presente pesquisa sofreu alterações até a redação da versão final de seu relatório. Ao passo que, a seção seguinte detalha o percurso percorrido para a formulação do problema de pesquisa, bem como os procedimentos adotados para a construção dos roteiros de entrevistas, e o processo de coleta e análise de dados.

3.3 PROCEDIMENTOS DE OBTENÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS

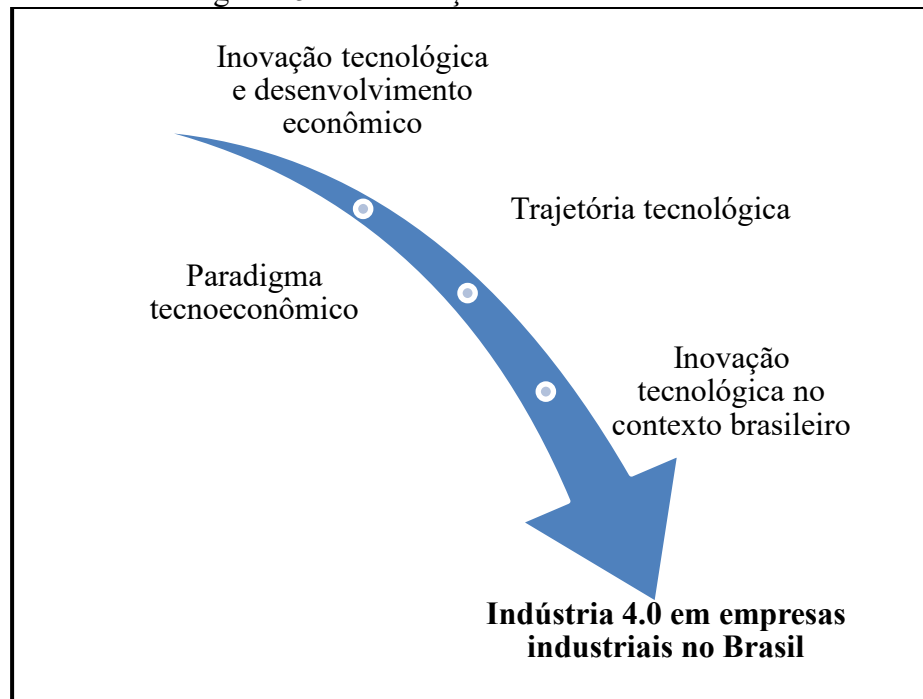
Nesta seção são evidenciadas as principais atividades realizadas para o desenvolvimento da pesquisa. Na primeira subseção discorre-se acerca das revisões de literatura realizadas e da definição do problema de pesquisa. Na sequência, delinea-se sobre a construção do roteiro de entrevistas e os processos iniciais de coleta de dados. E, por fim, na subseção 3.3.3 apresenta-se o percurso da análise dos dados, seguindo as concepções da TFD.

3.3.1 Revisão de literatura e definição da questão de pesquisa

Ao se constituir o percurso e o encaminhamento metodológico da presente pesquisa, tem-se em mente que a metodologia adotada apresenta particularidades frente as demais pesquisas qualitativas. Esta, partiu do pressuposto que os processos que constituem o método, a coleta de dados, a análise dos dados e a formulação da teoria são inter-relacionadas. O que indica que a pesquisa não partiu de uma teoria e/ou construtos preconcebidos, mas, iniciou-se com a determinação de uma área de estudo que permitiu que a teoria emergisse a partir dos dados empíricos (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2010).

Ao ter como base os pressupostos estabelecidos por Corbin e Strauss (2015), realizou-se revisões de literatura visando identificar lacunas que pudessem ser preenchidas com uma teoria substantiva. Diante disso, a revisão de literatura deste trabalho apresenta um compilado acerca do estado da arte de alguns elementos estruturantes, como inovação tecnológica, inovação no contexto brasileiro, trajetórias e paradigmas tecnológicos e Indústria 4.0. A Figura 15 ilustra o processo de delimitação da área substantiva desta pesquisa.

Figura 15 - Delimitação da área substantiva



Fonte: elaboração própria.

A partir disso, buscou-se definir uma questão de pesquisa ampla, Goulding (2001) sugere a formulação de questões abertas que induzam a análise com profundidade. Também a flexibilidade quanto às opções de levantamento e análise de dados, pois o objetivo da

metodologia é desenvolver teoria. Assim, cabe ao pesquisador a capacidade de conduzir o processo de pesquisa e de compreender o encaminhamento do problema de pesquisa. A questão de pesquisa visou garantir liberdade e flexibilidade para o aprofundamento do fenômeno.

Destaca-se que Strauss e Corbin (1990) indicam na sua vertente da TFD, a determinação da questão de pesquisa antes do início do processo de investigação. Desse modo, a partir do levantamento bibliográfico, o qual permitiu a identificação das lacunas teóricas estabeleceu-se a seguinte questão de pesquisa: *“Como ocorre o processo de implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais no Brasil?”*.

Diante do problema de pesquisa são delineados os encaminhamentos metodológicos utilizados para respondê-la. Nas seções seguintes discorre-se acerca da construção do roteiro da entrevista e do percurso do processo concomitante de coleta e análise dos dados.

3.3.2 Construção do roteiro de entrevista e processos de coleta de dados

Para a construção do roteiro inicial de entrevista, teve-se como base o levantamento bibliográfico realizado e os pressupostos da vertente straussiana. Isto posto, o primeiro roteiro de entrevista (Apêndice C) consistiu em algumas perguntas iniciais, porém mais abertas, na tentativa de permitir que os entrevistados se sentissem mais livres e fornecessem os dados, permitindo-se comentários e demais manifestações dos participantes.

Ao ter em vista a questão de pesquisa principal, Strauss e Corbin (2008) sugerem que o pesquisador deve escolher um local ou grupo para estudo. É evidente que essas decisões do número de locais e entrevistas dependem da facilidade de acesso, recursos disponíveis e de tempo. E, segundo a teoria evolutiva, essas decisões podem ser modificadas. No processo de amostragem da TFD, não são os indivíduos ou as organizações que são selecionadas, mas os incidentes. Ou seja, situações, ações, reações ou eventos, que permitem o desenvolvimento empírico das categorias conceituais ou as proposições. Nesse processo, o que importa é o custo-benefício em relação ao volume de organizações e a qualidade das informações disponibilizadas, possibilitando o processo de triangulação dos dados (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2010).

Devido à circularidade do processo de coleta e análise dos dados, exige-se que o pesquisador tenha acesso à organização (ou organizações) em mais de um momento. Esse aspecto deve ser levado em consideração ao empreender uma pesquisa por meio da TFD (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2010). Diante do exposto, buscou-se aplicar as

entrevistas com sujeitos que participaram e planejaram (ou participam e planejam) o processo de implementação de projetos com escopo da Indústria 4.0.

O primeiro grupo amostral foi definido com base em informações do Mapeamento 4.0, iniciativa do MCTIC e do SENAI, o qual apresenta um mapeamento de projetos para a Indústria 4.0 em todo o Brasil, além deste, levou-se em consideração o estudo desenvolvido pela CNI (2016a) que descreve iniciativas dentro desse escopo.

Desse modo, foram entrevistados três profissionais oriundos de uma instituição de ciência e tecnologia, que presta serviços voltados para o desenvolvimento de processos fabris para empresas industriais, constituindo o grupo amostral de instituições (GAI). Esse primeiro ciclo de entrevistas ocorreu no período entre 4 de setembro de 2019 e 29 de novembro de 2019. As quais ocorreram presencialmente no ambiente de trabalho dos entrevistados. Na sequência, o Quadro 9 ilustra os grupos amostrais.

Quadro 9 – Detalhamento das Entrevistas.

Ordem da Entrevista	Organização														Grupo Amostral			Ciclo de Entrevistas				Duração	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	GAF	GAE	GAI	1°	2°	3°	4°		
1ª	■																■	■					1h8min
2ª																		■	■				1h29min
3ª																			■	■			51min
4ª		■														■	■			■			47min
5ª			■																				1h4min
6ª				■																			37min
7ª					■																		26min
8ª						■																	38min
9ª							■																50min
10ª								■															1h1min
11ª									■														34min
12ª										■													59min
13ª											■												31min
14ª												■											53min
15ª													■										40min
16ª														■									26min
17ª																						■	41min
18ª																						■	39min

Fonte: Elaboração própria.

Os entrevistados seguintes foram selecionados conforme as indicações da própria amostra, constituindo o procedimento de “bola de neve” (BIERNACKI; WALDORF, 1981). O qual possibilita a identificação de novos casos por meio da indicação dos indivíduos participantes do levantamento (CRESWELL, 2014). Yin (2016) recomenda que a bola de neve vise a identificação de novos casos, e que estes apontem ainda para outros entrevistados. Além disso, é necessário que os novos entrevistados tenham informações adicionais e relevantes ao estudo. Esse fato age em conformidade com o processo de amostragem teórica, no sentido de que diante da identificação da necessidade de novos dados, esta guiou a amostra da pesquisa.

Assim, o segundo grupo amostral foi constituído de empresas com projetos de implementação da Indústria 4.0, caracterizando o grupo amostral de empresas (GAE), para isso o roteiro de entrevista passou por uma adaptação ao contexto dos entrevistados (Apêndice D). A partir desse ciclo começaram a ser adotadas entrevistas via web conferência, devido a sugestão de um entrevistado anterior, passou-se a estender essa possibilidade de escolha aos participantes. Da mesma forma, as entrevistas foram agendadas com antecedência e gravadas. Utilizou-se ferramentas como o Skype, Hangouts, Meet, entre outras, de acordo com a sugestão do entrevistado.

Soares e Machado (2019) destacam que os instrumentos tradicionais de investigação estão sendo reorganizados. Diferentes estudos tem demonstrado que a coleta de dados através de entrevistas virtuais constituem um procedimento sério e viável, tão eficaz quanto as entrevistas tradicionais (*face to face*) (DE OLIVEIRA et al., 2009; NICOLACI-DA-COSTA; ROMÃO-DIAS; DI LUCCIO, 2009).

No decorrer dessas entrevistas com o GAE, verificou-se que havia outros atores que contribuíam para a implementação dessas tecnologias, caso de consórcios, associações setoriais, universidades, entre outras, que complementaram o grupo amostral de instituições (GAI). As entrevistas desse ciclo ocorreram no período entre 09 de dezembro de 2019 a 13 de março de 2020.

Cabe salientar que a realização de novas entrevistas ficou suspensa no período que compreendeu o final de março de 2020 e o início de setembro de 2020. Sobretudo, devido a Pandemia de COVID-19, e os mais diversos impactos gerados para a economia e para as empresas. Nesse período intensificou-se a triangulação dos dados, que compreendeu na coleta de dados em outras fontes, na busca por convergências e divergências, visando revelar novas facetas sobre o fenômeno estudado (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2006). Destaca-se que a compreensão acerca de dados de Strauss e Corbin (2008) refere-se a entrevistas, notas de

observações de campo, jornais, vídeos, memorandos, manuais, entre outras formas de materiais. Desse modo, conforme apresentado no Quadro 10, foram analisados três documentos e oito recortes de vídeos, perfazendo 3 horas e 8 minutos, que após transcritos, foram analisados e codificados juntamente com os dados referentes as entrevistas.

Quadro 10 - Materiais utilizados para a triangulação de dados

Tipo de material	Descrição¹	Ano de publicação	Recorte
Documento	Conceituação da empresa e de sua cadeia produtiva do futuro. Documento elaborado pela “Organização A”.	2015	
Documento	Descrição do modo de operar da “Organização A” no contexto de Manufatura Avançada	2015	
Vídeo	Comentários sobre o contexto do trabalho diante da Indústria 4.0 por representante da “Organização D”.	2020	3min
Vídeo	Análise da importância da adesão da Indústria 4.0 no país pelo coordenador geral da “Organização A”	2020	7min
Vídeo	Webinar sobre Indústria 4.0 com representante da “Organização F”.	2020	27min
Vídeo	Fórum com lançamento de programa setorial. Organizado pela “Organização G”, contou com representantes das organizações C e D, dentre outras empresas.	2020	33min
Vídeo	Webinar sobre Indústria 4.0 e a retomada pós-covid, organizado pela “Organização F”.	2020	30min
Vídeo	Webinar sobre as contribuições das tecnologias industriais no contexto pós-covid, organizado pela “Organização F”, com a participação de representante da “Organização B”, entre outras empresas.	2020	36min
Vídeo	Webinar sobre o papel das pessoas no contexto industrial atual, organizado pela “Organização F”, com a participação de representante da “Organização E”, entre outras empresas.	2020	40min
Vídeo	Fórum com a apresentação da versão atualizada do programa setorial, além de discussões do cenário econômico e suas implicações para a indústria. Organizado pela “Organização G”, contou com a presença de representante da “Organização D”, entre outros.	2020	12min
Documento	Programa setorial em prol da recuperação pós-pandemia, elaborado pela “Organização G”.	2020	

¹ os detalhes foram suprimidos para preservar a identidade dos participantes.

Fonte: Elaboração própria.

O terceiro ciclo de entrevistas compreendeu o período entre início de setembro e fim de novembro de 2020, consistiu na rodada mais diversificada, pois contou com 6 participantes e teve uma presença maior de membros do GAI (3 entrevistados, sendo que 1 deles também se refere ao GAF), afora outro participante do GAF (grupo amostral de fornecedores de

tecnologias e soluções 4.0) e outros dois participantes referentes ao GAE. O roteiro de entrevista base para o terceiro ciclo consta no Apêndice E.

Por fim, o quarto ciclo de entrevista ocorreu no período de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021, e compreendeu exclusivamente a participantes do GAE. Nesse momento, a teoria emergente já estava adquirindo estabilidade e saturação, ao passo que, os participantes auxiliaram no processo de integração teórica. O roteiro de entrevista utilizado consta no Apêndice F.

Cabe mencionar que todas as entrevistas foram gravadas (aproximadamente 15 horas de áudio) e transcritas; e posteriormente codificadas. O Quadro 11 apresenta a caracterização da amostragem teórica da pesquisa, evidenciando o ramo de atuação da empresa, atribuição dos entrevistados e o detalhamento de suas atividades.

Quadro 11 - Caracterização da amostragem teórica.

Entrevistado	Organização	Grupo Amostral	Ramo de atuação da empresa	Atribuição do entrevistado	Detalhamento das atividades
Phal	A	GAI	Pesquisa, desenvolvimento e serviços tecnológicos	Coordenador da área de sistemas para a qualidade e integridade	Coordenação da área de sistemas para a qualidade e integridade, desenvolvimento de projetos de criação e gestão de redes.
Cattleya	A	GAI	Pesquisa, desenvolvimento e serviços tecnológicos	Consultor de negócios	Prospecção de oportunidade de projeto de pesquisa, desenvolvimento e inovação.
Cymbidium	A	GAI	Pesquisa, desenvolvimento e serviços tecnológicos	Gerente da Unidade de Negócios de Manufatura	Desenvolvimento de projetos de inovação na área industrial.
Dendrobium	B	GAE	Fabricação de compressores para uso industrial, peças e acessórios (CNAE 28.14-3-01)	Gerente de Project Management Office (PMO)	Gerenciamento do portfólio de projeto global de redução de custos e melhoria contínua.
Oncidium	B	GAE	Fabricação de compressores para uso industrial, peças e acessórios (CNAE 28.14-3-01)	Project Management Professional (PMP)	Mapeamento de oportunidades de redução de custos e de tecnologias disruptivas, implementação da Indústria 4.0
Denphal	C	GAE	Fabricação de refrigeradores, peças e acessórios (CNAE 27.51-1-00)	Controlador e Membro WCM (World Class Manufacturing) Team	Suporte e implementação de tecnologias.
Leptotes	D	GAE	Fabricação de motores elétricos, peças e acessórios (CNAE 27.10-4-03)	Gestor de Planejamento e Controle da Produção	Gestão do planejamento de produção.
Vanda	C	GAE	Fabricação de refrigeradores, peças e acessórios (CNAE 27.51-1-00)	Engenheira de automação	Coordenação de projetos que envolvem implantação de tecnologia e de sistemas para a manufatura, responsável pela parte estratégica de implementação do programa de Indústria 4.0 da organização.
Isabelia	B	GAE	Fabricação de compressores para uso industrial, peças e acessórios (CNAE 28.14-3-01)	Engenheiro de processos	Desenvolvimento e implementação de novos processos de toda a corporação, avaliação técnica e econômica de projetos.
	F	GAI	Associação (tecnologia)	Diretor / Representante da organização B na associação	
Vanilla	E	GAF	Desenvolvimento de softwares especializados em digitalização de processos térmicos	Diretor Executivo (CEO)	
	F	GAI	Associação (tecnologia)	Diretor / Representante da organização E na associação	
Brasiliorchis	G	GAI	Federação	Diretor de Inovação e Competitividade	Responsável pelos institutos de inovação da federação.

Entrevistado	Organização	Grupo Amostral	Ramo de atuação da empresa	Atribuição do entrevistado	Detalhamento das atividades
Centroglossa	H	GAI	Universidade e Governo	Professor universitário	Cooperação na elaboração de estratégia nacional de Indústria 4.0.
Notylia	I	GAE	Fabricação de fogões, refrigeradores e máquinas de lavar e secar para uso doméstico, peças e acessórios (CNAE 27.5-11-00)	Analista de processos	Responsável pela área de tecnologia de digitalização e Indústria 4.0 na empresa.
Miltonia	J	GAF	Startup de manufatura compartilhada	Fundador e CEO	
	K	GAI	Associação (setorial)	Coordenador	Coordenação do grupo de trabalho em manufatura avançada.
Lanium	D	GAE	Fabricação de motores elétricos, peças e acessórios (CNAE 27.10-4-03)	Gerente de engenharia industrial	Definição de processo de fabricação.
Govenia	L	GAF	Startup de digitalização de processos	Cofundador e desenvolvedor	
Epidendrum	M	GAE	Fabricação de fogões, refrigeradores e máquinas de lavar e secar para uso doméstico, peças e acessórios (CNAE 27.5-11-00)	Diretor Executivo (CEO)	
Lepanthes	N	GAE	Fabricação de outros aparelhos eletrodomésticos (CNAE 27.59-7/99)	Diretor industrial	Responsável pela planta industrial, condução de projetos de estruturação e implantação das rotinas de planejamento da produção.

Fonte: Elaboração própria.

Em análise do Quadro 11, destaca-se que com relação ao GAE, limitou-se a coleta de dados a empresas industriais de médio e grande porte fabricantes de máquinas, aparelhos e materiais elétricos (CNAE 27), caso das organizações C, D, I, M, N; além de fabricantes de máquinas e equipamentos (CNAE 28), caso da organização B. Acerca disso, ressalta-se que conforme levantamento realizado pela CNI (2016a, 2016b), empresas do setor de máquinas, aparelhos e materiais elétricos; e máquinas e equipamentos, figuram entre os setores que mais implementam tecnologias digitais (60% e 53%, respectivamente). Ainda, o estudo destaca que empresas de médio e grande porte são as que mais implementam essas tecnologias. Ao encontro, o levantamento realizado em 2018 acerca de investimentos em Indústria 4.0, evidencia que entre as grandes empresas industriais, 73% já se encontram na Indústria 4.0, mesmo que em estágio inicial (CNI, 2018). Esses dados comprovam a aderência da amostra com objetivo do estudo e assim justifica a sua escolha.

Em análise do perfil dos entrevistados, destaca-se que estes são de diferentes níveis organizacionais e compõem a equipe responsável por desenvolver projetos voltados à Indústria 4.0 nas empresas. Enquanto, com relação ao GAF, os entrevistados possuem cargos mais estratégicos, como o caso do CEO e cofundador. Por fim, destaca-se que os participantes da pesquisa acordaram com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que consta no Apêndice A.

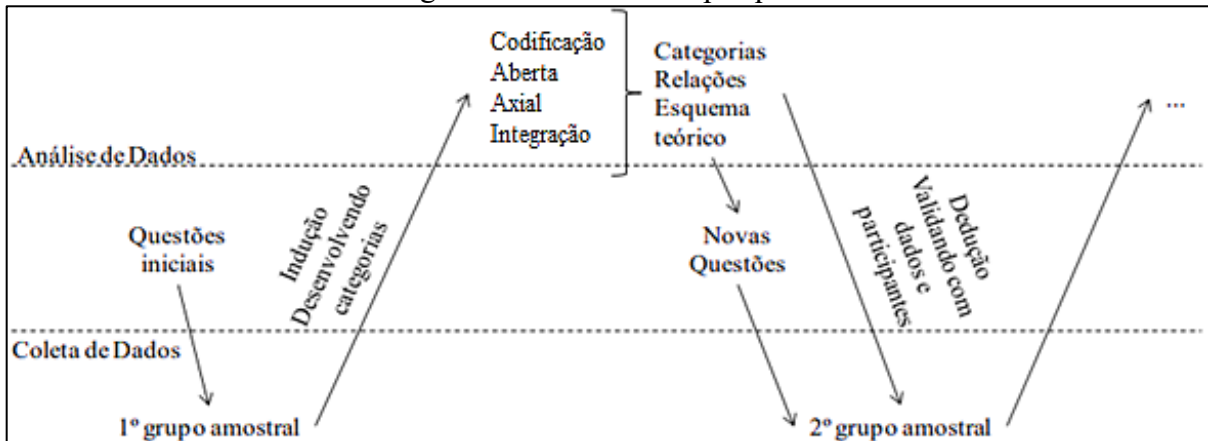
3.3.3 Da coleta e análise da dados à saturação teórica

O processo de coleta e análise de dados ocorreu de forma concomitante, em conformidade com os pressupostos da TFD. O processo de análise iniciou-se a partir da primeira entrevista, direcionando novas entrevistas seguidas por suas análises. Ao passo que foi a análise que dirigiu a coleta de dados. Esse processo circular ao longo do tempo foi se direcionando à saturação teórica, que ocorreu no momento em que as coletas de dados não trouxeram novas informações (STRAUSS; CORBIN, 2008).

Marchi (2014) ilustra o processo de pesquisa da TFD por meio da Figura 16. O autor argumenta que esse processo consiste em atividades de indução e de dedução. Destaca-se que o marco inicial da pesquisa compreendeu em questões iniciais voltadas ao primeiro grupo amostral, figurando a coleta de dados inicial. A partir dos dados coletados deu-se início ao processo de análise dos dados, por meio do processo de indução, e a geração das categorias provisórias (STRAUSS; CORBIN, 2008). Com isso, ao passo que foram surgindo novos

questionamentos acerca do fenômeno e suas relações o instrumento de coleta de dados foi sendo modificado.

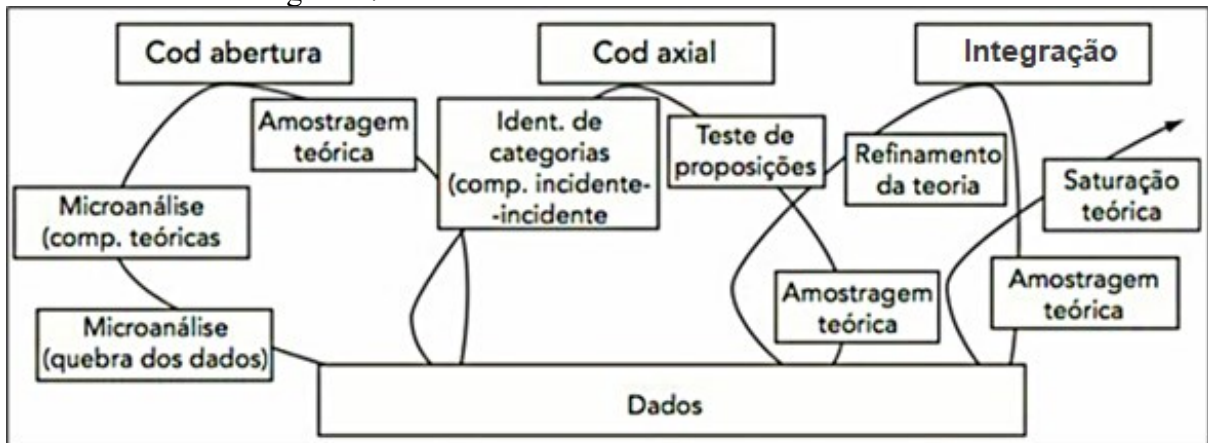
Figura 16 - Processo de pesquisa.



Fonte: Adaptado de Marchi (2014) e Corbin e Strauss (2015).

A vertente adotada apresenta três fases de codificação: aberta, axial e integração teórica. A Figura 17 ilustra a circularidade nas fases da codificação, bem como os seus níveis (conceitos e dados), assim, a circularidade consiste nos movimentos entre os níveis.

Figura 17 - Circularidade na coleta e análise dos dados



Fonte: Adaptado de Bandeira-De-Mello e Cunha (2010) e Corbin e Strauss (2015).

Com base na Figura 17, observa-se que, no processo inicial de análise é necessário um tipo de análise detalhada nos dados, visando gerar as categorias iniciais e as suas relações. Diante disso, iniciou-se a análise por meio da codificação aberta, a qual consiste em técnicas de microanálise, além de intensos questionamentos a partir de comparações. A microanálise ou análise “linha a linha” engloba a análise de uma palavra, frase ou parágrafo de forma meticulosa, em que o pesquisador examina e discute como aquele informante usou as palavras,

frases e parágrafos, forçando o mesmo a analisar informações específicas nos dados (STRAUSS; CORBIN, 2008). Ao passo que se buscou a compreensão de como os indivíduos interpretam os fatos e o contexto em que estão inseridos, visando identificar o significado das palavras ou frases, comparar e criar códigos daqueles incidentes. Esses códigos foram compostos por um verbo no gerúndio seguido de ação, baseando-se em Glaser (1978). Haja vista que esse formato facilita o entendimento da “sequência da ação” representada.

Por meio da codificação aberta buscou-se a geração de categorias a partir dos dados, delineando suas propriedades e dimensões. As categorias consistem em conceitos acerca de um fenômeno, as propriedades de uma categoria compreendem nas suas características, e as dimensões são as variações em que as propriedades de uma determinada categoria pode variar. Esses elementos são essenciais para o desenvolvimento da teoria, evitando a mera descrição dos fatos (STRAUSS; CORBIN, 2008). Na sequência, o Quadro 12 demonstra o processo de codificação inicial, à exemplo do recorte de uma entrevista e os códigos preliminares gerados.

Quadro 12 - Exemplo de codificação aberta

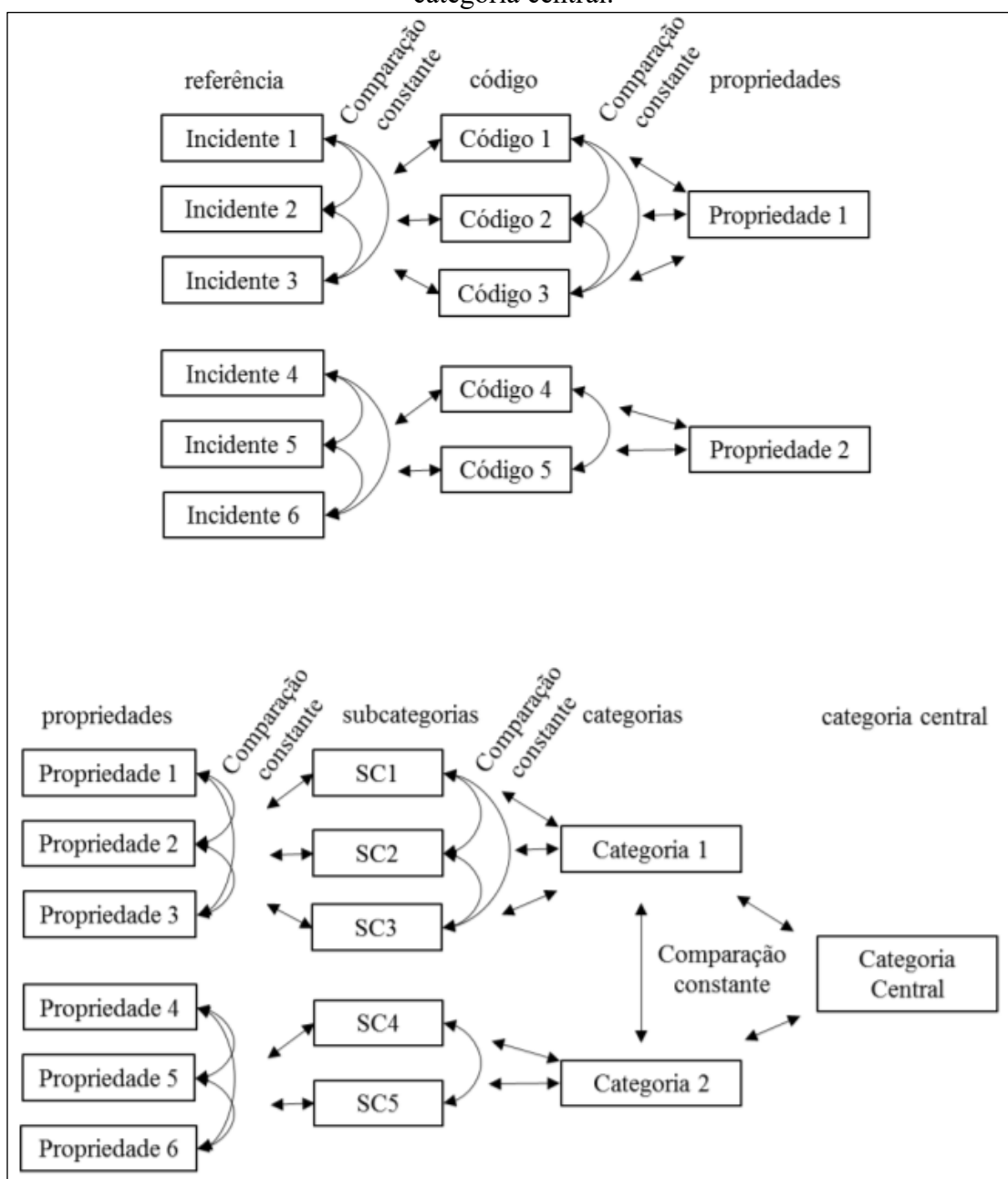
Conteúdo da 2ª entrevista	Códigos preliminares
<p>Eu acho que o aspecto mais relevante, sem dúvida nenhuma é a questão... a gente pode fazer um <i>breakdown</i> da palavra competitividade, descer pra resultado. Quando fala de resultado não só resultado de eficiência operacional, mas de resultado econômico da operação que está sendo trabalhada. No contexto da [...], por exemplo, nosso trabalho 4.0 a gente tem estruturado projetos dentro do contexto 4.0 que tem a seguinte estrutura: num primeiro momento a nossa equipe técnica que é uma equipe multidisciplinar faz um mergulho na linha de produção ou na fábrica ou no negócio do cliente fazendo um grande diagnóstico da condição de operação olhando numa visão cadeia. Desde o início da geração da matéria-prima, da relação com fornecedores, passando pelo fluxo produtivo dentro da planta industrial até as questões logísticas de entrega ao cliente. Então, esse primeiro momento nós construímos um grande mapa e fazemos um grande acultramento da nossa equipe com relação a empresa, mas na medida que se vai fazendo isso em um contexto de uma metodologia estruturada, a gente já vai identificando alguns <i>gaps</i> ou oportunidades de melhoria e essas oportunidades de melhoria vão ser utilizadas lá na frente para a geração de um <i>packline</i> de oportunidades.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Implementando tecnologias que trarão resultados futuros. - Envolvendo diferentes modelos organizacionais. - Analisando a realidade do negócio para determinar as tecnologias. - Integrando a cadeia produtiva. - Seguindo uma metodologia estruturada de ação. - Aculturando-se ao processo produtivo da empresa. - Identificando os gaps e oportunidades de melhoria. - Construindo um plano estratégico de implementação.

Fonte: elaboração própria.

A partir da definição de alguns códigos, pode-se perceber a necessidade do agrupamento destes, tornando-os mais abstratos e capazes de explicar o que está ocorrendo. Esse agrupamento corresponde às categorias, e permite a redução das unidades com que se está trabalhando. As categorias representam os fenômenos, ideias analíticas que emergem dos dados

no processo de pesquisa, e seu nome deve figurar seus fenômenos, para facilitar a identificação pelo pesquisador. O processo de agrupamento deve ocorrer tão logo os conceitos comecem a surgir (STRAUSS; CORBIN, 2008). A Figura 18 ilustra o processo de codificação na TFD.

Figura 18 - Representação do processo de codificação do nível de referência até o nível de categoria central.



Fonte: Marchi (2014).

Conforme exposto na Figura 18, na codificação aberta analisa-se os incidentes a partir do texto, criando-se códigos. Essa primeira etapa consiste na conceituação, momento em que os fenômenos são rotulados. O objetivo central está na possibilidade de agrupar os fatos por

meio de uma classificação comum. Assim, mediante a análise comparativa, novos acontecimentos vão sendo conceituados. Cabe destacar que o nome ou o rótulo conceitual é oriundo do contexto, ou seja, a situação em que o fato está inserido (STRAUSS; CORBIN, 2008). Esses códigos podem ser agrupados e formam as propriedades, ou ainda, dimensões de uma determinada categoria. Ao longo dos processos de comparação constante por meio da identificação de similaridades e das diferenças, são definidas as categorias e suas subcategorias conceituais.

Com a definição da categoria, inicia-se o seu desenvolvimento em termos de propriedades e dimensões, dando especificidade a mesma. As propriedades são as características e atributos da categoria enquanto a dimensão refere-se à localização da propriedade ao longo de uma linha ou faixa. Diante disso, uma nova forma de codificação fica latente, a codificação axial (STRAUSS; CORBIN, 2008).

Uma vez definido o esquema teórico inicial, direcionou-se para o processo de dedução e de validação do mesmo com os novos dados coletados. Esse processo de comparação permite a verificação das variações nos padrões encontrados nos dados, direcionando para a utilização da amostragem teórica para entrevistar e observar indivíduos na busca por similaridades ou variâncias (STRAUSS; CORBIN, 2008). E, nesse momento surgiram novas questões acerca das categorias e das suas relações, que foram sanadas a partir de levantamento de dados com os próximos grupos amostrais, contando com a adaptação do roteiro de entrevistas. Esse processo se repetiu até o momento da saturação teórica (MARCHI, 2014).

Cabe mencionar que a amostragem teórica não se refere a uma amostra em seu sentido estatístico, grupo que representa uma determinada população, a qual possibilita análises estatísticas (COLLIS; HUSSEY, 2005). Como a busca por uma teoria é o objetivo central da TFD, a amostragem teórica representa as situações, eventos e os indivíduos relevantes ao processo de análise. Costuma-se estabelecer inicialmente um grupo alvo da pesquisa, ao longo do processo esse grupo se torna “teórico”, ao passo que for sustentando a criação de hipóteses e o desenvolvimento das teorias (BIANCHI; IKEDA, 2008). Seu objetivo é a maximização de oportunidades de comparar incidentes e fatos, para captar como determinada categoria varia em suas dimensões e propriedades (STRAUSS; CORBIN, 2008).

Glaser e Strauss (1967) sustentam que a coleta de dados em situações e sujeitos em contextos e características diversificadas possibilita o enriquecimento e a ampliação dos significados do fenômeno, favorecendo a interpretação comparativa dos dados. Dantas *et al.* (2009) argumentam que a pesquisa pode avançar em diferentes campos de coleta de dados, desde que em um momento prévio a análise de dados tenha apontado sua necessidade. Diante

disso, há a possibilidade da formação de novos grupos amostrais para atender à coleta de dados em campos específicos e, em consequência, o instrumento de coleta de dados seja adaptado àquele contexto que será analisado. Desse modo, conforme evidenciado na seção 3.3.2, os dados foram coletados em três grupos amostrais distintos, perfazendo o Grupo Amostral de Fornecedores, Grupo Amostral de Instituições e Grupo Amostral de Empresas.

A próxima etapa do processo de análise consistiu na codificação axial, a associação das categorias com as suas subcategorias para conceber explicações sobre o fenômeno, o termo “axial” deve-se ao fato de ocorrer em torno do eixo de uma determinada categoria, associando-a no nível de suas propriedades e dimensões, verificando como as categorias associam-se. As subcategorias respondem questões sobre o fenômeno que a categoria representa, fornecendo maior poder explicativo ao conceito (STRAUSS; CORBIN, 2008). O Quadro 13 resume as tarefas essenciais da codificação axial.

Quadro 13 - Tarefas básicas da codificação axial

1- Organizar as propriedades de uma categoria e as suas dimensões, tarefa iniciada na codificação aberta;
2- Identificar a variedade de condições, ações/interações e consequências referentes ao fenômeno;
3- Relacionar a categoria com a sua subcategoria por meio das declarações que caracterizem seu relacionamento;
4- Procurar nos dados pistas de como as categorias podem estar relacionadas com as demais.

Fonte: Strauss (1987) e Strauss e Corbin (2008).

O objetivo central está no reagrupamento dos dados divididos no processo da codificação aberta. Apesar de serem distintas, as formas de codificação não são sequenciais, mas a codificação axial necessita de que tenham sido gerados códigos. As duas ações ocorrem juntas de forma natural, ou seja, o pesquisador codifica as propriedades e dimensões das categorias ao mesmo tempo em que desenvolve as relações entre os conceitos (STRAUSS; CORBIN, 2008).

Strauss e Corbin (2008) sugerem a utilização de um esquema para elencar as relações entre os fatos e os acontecimentos, classificar e organizar essas conexões. O paradigma consiste em uma perspectiva em relação aos dados, corroborando na ordenação dos dados de forma

sistemática. Inserido no processo da codificação axial o paradigma de codificação estabelece que a categoria pode ser condição causal, condição interveniente, estratégias de ação/interação ou consequência. E, além das categorias, as relações entre elas devem ser validadas com os sujeitos da pesquisa (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2010).

O modelo paradigmático possibilita a comparação, relacionamento e interconexão entre as categorias já construídas. Pois o modelo organiza e explica as conexões, proporcionando ao pesquisador a sistematização dos dados, relacionando às categorias envolvendo fenômeno, contexto, condição, condições causais e intervenientes, estratégias de ação/interação e consequências (DANTAS et al., 2009).

Destaca-se, neste ponto, que a presente tese por se basear na versão mais recente da obra de Corbin e Strauss (2015) considera a evolução da vertente Straussiana da TFD, a qual apresenta o modelo paradigmático de três componentes, que consistem em: condições, ações/interações e consequências/resultados, conforme exposto no Quadro 14.

Quadro 14 - Modelos paradigmáticos da perspectiva straussiana da TFD

Modelo	Componente	Descrição
Strauss e Corbin (2008)	Contexto	Local onde o fenômeno acontece e condições que possibilitam o desenvolvimento de estratégias.
	Condições causais	Conjunto de eventos que desencadeiam ou influenciam o desenvolvimento do fenômeno.
	Condições intervenientes	Aspectos que interferem ou alteram o impacto e/ou o desenvolvimento do fenômeno.
	Estratégias	Ações e interações planejadas e desenvolvidas para lidar com o fenômeno.
	Consequências	Resultados atuais ou potenciais das estratégias identificadas no estudo.
Corbin e Strauss (2015)	Condições	Razões dadas pelos informantes para o acontecimento de determinado fato, bem como explicações sobre os motivos pelos quais respondem de uma dada maneira a uma ação.
	Ações-interações	Resposta expressa pelos participantes aos eventos ou a situações problemáticas.
	Consequências/ Resultados	Referem-se aos resultados previstos ou reais das ações e interações.

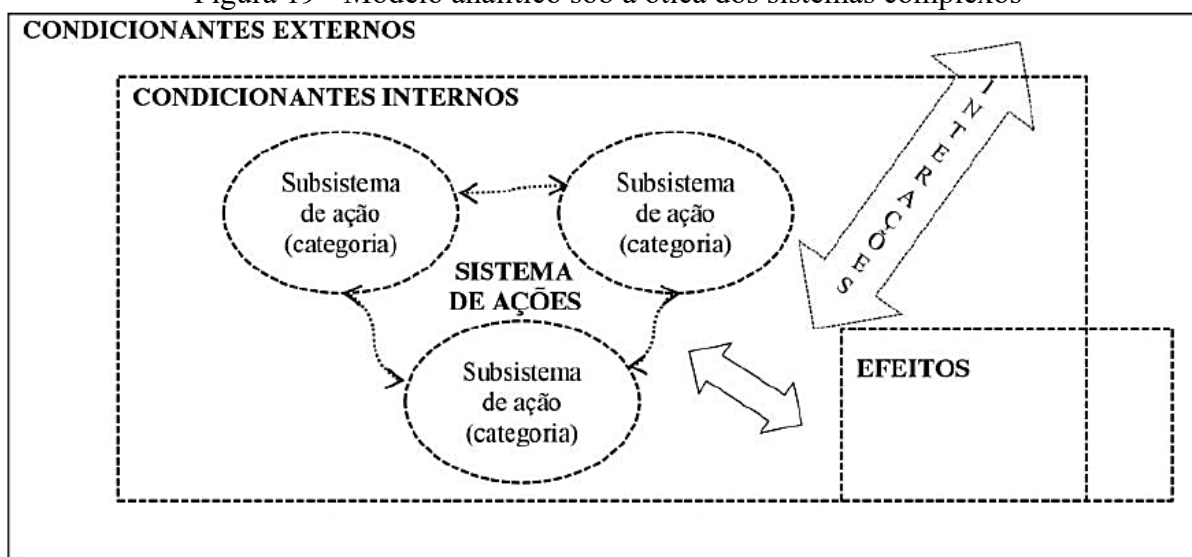
Fonte: Santos et al. (2018).

Conforme Santos *et al.* (2018) destacam, a obra disponível em português apresenta o modelo composto por cinco componentes, por isso esse paradigma é mais conhecido entre os pesquisadores brasileiros. Essa mudança demonstrou a influência do construtivismo e do pensamento pós-moderno na versão atual da vertente Straussiana da TFD.

Além do modelo paradigmático de Corbin e Strauss (2015), contribuiu para a análise o modelo desenvolvido por Marchi (2014) na perspectiva dos sistemas complexos adaptativos. Esses modelos contribuíram ao processo analítico na codificação axial e integração teórica, pois, ambos auxiliam o pesquisador na organização das categorias sob o prisma interno, externo e o processo em si, além de contribuir no delineamento das conexões entre as diferentes categorias.

Especificamente, o modelo de Marchi (2014) contribuiu no sentido de reafirmar que o processo analisado no presente trabalho não é linear, de modo que pode ser visto sob a ótica da complexidade. O autor destaca que as propriedades dos sistemas complexos adaptativos auxiliam a análise do fenômeno na perspectiva da complexidade. Ao passo que estes são constituídos por subsistemas autônomos que interagem, aprendem e se auto-organizam. Também, coevoluem com o ambiente e produzem efeitos. Aspecto que auxiliou na compreensão de que o conjunto de categorias emergentes consistem em um sistema de ação, “composto de subsistemas que interagem entre si e com o ambiente, influenciando e sendo influenciados mutuamente, e pelo conjunto de condicionantes ao seu redor” (MARCHI, 2014, p. 125), conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19 - Modelo analítico sob a ótica dos sistemas complexos



Fonte: Uhlmann (2017), adaptado de Marchi (2014).

A vertente Straussiana determina que inicialmente, na codificação aberta o pesquisador busque a geração das categorias e propriedades, e a determinação da forma com que as categorias variam em termos de dimensão. Posteriormente, na codificação axial, as categorias são desenvolvidas e associadas às subcategorias. Mas, os resultados da pesquisa

caracterizam-se como teoria somente após a integração das principais categorias, ou seja, um esquema teórico (STRAUSS; CORBIN, 2008). O Quadro 15 ilustra a codificação axial e a integração teórica. Conforme demonstrado na coluna da esquerda, os códigos foram analisados conforme similaridades e agrupados. Em um nível maior de abstração, foram elaboradas as categorias e suas subcategorias, enquanto no desenvolvimento da integração teórica buscou-se conexões, relações e inter-relações entre as categorias (coluna da direita).

Quadro 15 - Exemplo de codificação axial e integração.

Codificação Axial		Integração
Agrupando os códigos	Subcategorias e categorias	Conceitos
<ul style="list-style-type: none"> - Cascadeando a implementação da indústria 4.0 em todos os níveis organizacionais - Integrando as diferentes iniciativas da organização devido a definição top-down - Visualizando a implementação da Indústria 4.0 na organização como um todo - Identificando iniciativas de diferentes direções para o sucesso do negócio - Sensibilizando bottom-up a importância da implementação 	<p>Integração e cascadeamento de projetos – condição da categoria “Tornando o tema estratégico na empresa”.</p>	<p>A categoria “tornando o tema estratégico na empresa” está constituída por ações para integrar e cascadear o desenvolvimento de projetos com esse escopo nas diferentes áreas da organização.</p>

Fonte: elaboração própria.

Conforme evidenciado por Corbin e Strauss (2015), a etapa final da construção da teoria consiste na integração teórica, em que vincula-se as categorias em torno da categoria central. Desse modo, diferentes técnicas foram utilizadas visando facilitar esse processo analítico, nesse momento a importância da construção de diagramas e memorandos se tornam mais evidentes, porém, a utilização da matriz condicional e o esboço de memorando de resumo conceitual corroboraram com a integração.

Especialmente, os diagramas são úteis para separar as relações entre conceitos, mostrando-se valiosas ferramentas para o processo de integração, possibilitando ao analista um distanciamento dos dados, forçando-o a dedicar-se aos conceitos. O que se percebe também na utilização de memorandos, porém estes consistem em registros das sessões analíticas (STRAUSS; CORBIN, 2008). Baggio e Erdmann (2011) corroboram afirmando que a construção de memorandos e diagramas auxiliam o pesquisador no distanciamento dos dados e abstração, facilitando a codificação e a conceitualização. Visando corroborar com a análise dos dados, foram elaborados diagramas e memorandos no decorrer do processo de coleta e análise de dados, o Quadro 16 ilustra o exemplo de memorando.

Quadro 16 - Exemplo de memorando

Memorando criado em 29/11/2019 referente as categorias provisórias “maturidade da tecnologia” e “maturidade da empresa”.
--

Na fala do entrevistado Clatteya fica evidente que no diagnóstico inicial são analisados dois tópicos de maturidade, a maturidade da tecnologia, através da escala TRL, e a maturidade do sistema produtivo, ou seja, em que nível está e que soluções podem ser aplicadas naquela empresa. A partir desse levantamento o projeto é desenvolvido.

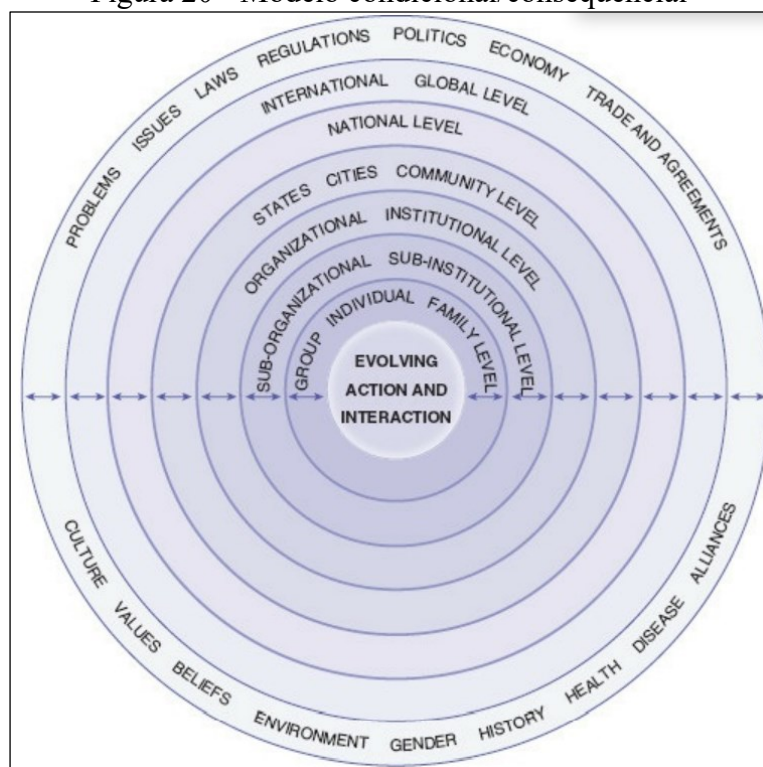
Fonte: Elaboração própria.

Cabe destacar que também foram utilizados diagramas no decorrer do processo de análise. Conforme mencionam Corbin e Strauss (2015), os diagramas começam a ser esboçados durante a codificação axial, e direcionam a codificação seletiva. Ao passo que, o diagrama final deve ilustrar o esqueleto da teoria, ou seja, as categorias e suas inter-relações. Neste caso, os diagramas foram sendo elaborados de forma paralela com o avanço da análise dos dados. Suas versões finais constam nas Figuras 23 a 29 (seção 4).

De acordo com Corbin e Strauss (2015), no momento da integração teórica, os memorandos e diagramas fornecem as informações necessárias. Desse modo, nessa etapa segure-se: a) leitura e exame de memorandos e diagramas; b) reflexão sobre as principais ideias expressas; c) compilação de memorandos que tratam de assuntos específicos; d) organização dos memorandos por categorias; e e) escolha do arranjo que melhor se ajusta aos dados. Outra técnica sugerida ao pesquisador para a integração dos dados é o esboço de um memorando de resumo descritivo e/ou resumo conceitual. O cerne consiste na síntese das principais ideias em frases descritivas. Para a partir disso, refina-se a teoria até que não haja lacunas lógicas.

Ademais, diante da possibilidade de o pesquisador sentir-se perdido ao organizar todas as relações complexas que o método expõe, utilizou-se o modelo condicional/consequencial (ver Figura 20) para estimular a reflexão acerca das relações entre as condições/consequências e o processo (STRAUSS; CORBIN, 2008).

Figura 20 - Modelo condicional/consequencial



Fonte: Corbin e Strauss (2015).

Com base na Figura 20, Corbin e Strauss (2015) argumentam que a representação do modelo condicional consiste em uma série de círculos interconectados. As setas indicam que as condições avançam e envolvem a ação-interação para criar um plano de fundo complexo onde ocorre. As outras setas afastam-se da interação figurando como as consequências da ação-interação movem-se para fora. Nas bordas externas do círculo há algumas condições que podem impactar ou serem impactadas por qualquer nível da matriz, e incluem itens como política internacional e nacional, regulamentos, entre outros. As áreas definidas vão de nível internacional ao nível individual, porém o mais relevante encontra-se no centro do círculo, que é a ação-interação em evolução que são realizadas pelos indivíduos, grupos e coletivos para fluir para dentro e para fora de todos os níveis. É importante ter em mente que as condições externas, como por exemplo as políticas nacionais afetarão os indivíduos e grupos de cada nível da matriz. Por outro lado, os problemas que surgem dos indivíduos ou grupos podem impactar nas políticas nacionais.

Frequentemente, os pesquisadores enfrentam dificuldades na determinação das categorias, diante disso, também sugere-se a consulta à uma pessoa que não está envolvida com a pesquisa, seja ela um professor, colega ou outra pessoa instruída. Esse processo corrobora para que o pesquisador se distancie dos detalhes dos dados, facilitando a visão do todo e a escolha pela categoria central (STRAUSS; CORBIN, 2008). Desse modo, em alguns momentos

da pesquisa, outros pós-graduandos, e colegas do grupo de pesquisa foram consultados acerca do desenvolvimento do método, e a reflexão acerca da construção do modelo teórico.

Durante a integração teórica ainda pode-se voltar ao campo para coletar dados por meio da amostragem teórica para completar os dados de uma determinada teoria, pois o investigador possivelmente encontrará lacunas no momento da redação de sua pesquisa. As categorias devem ser desenvolvidas de forma suficiente em termos de propriedades e dimensões, certificando o seu nível de variabilidade enquanto conceito. Ademais, o critério final capaz de determinar a finalização do processo de coleta de dados é a saturação teórica. Momento em que não surgem novas propriedades e dimensões, e que a análise realizada responde à maior parte da variabilidade (STRAUSS; CORBIN, 2008). Esse processo está sintetizado no Quadro 17.

Quadro 17- Estágios de desenvolvimento da pesquisa

FASE		ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	ESTÁGIO
DESENHO DA PESQUISA				
Passo 1	Revisão da literatura	Definição da questão de pesquisa	Inicialmente foi realizada a revisão de literatura visando identificar a área substantiva e seus gaps, delimitando o problema inicial de pesquisa	Incerteza
Passo 2	Seleção dos casos	Amostra teórica, não aleatória	A seleção de casos iniciou de forma intencional, com base no Mapeamento 4.0 e no estudo da CNI. Tendo em vista o conhecimento de uma organização que atuava no ramo, foram realizadas as entrevistas iniciais, os entrevistados foram indicando novos entrevistados, característico da técnica bola de neve.	
COLETA DE DADOS				
Passo 3	Desenvolvimento do protocolo de coleta de dados	Emprego de instrumentos flexíveis para coleta de dados	O roteiro utilizado para a empresa do primeiro ciclo amostral encontra-se no Apêndice B. Depois da coleta de dados inicial, o roteiro de entrevista foi reformulado visando tornar a inclusão de novas questões e tornar as demais mais abertas, o mesmo encontra-se no Apêndice C. As entrevistas do primeiro grupo amostral ocorreram no ambiente de trabalho das próprias empresas. As entrevistas dos demais grupos ocorreram por videoconferência haja vista a necessidade e o perfil dos entrevistados.	Teoria Emergente Instável
Passo 4	Ir a campo	Sobrepor coleta e análise de dados	As entrevistas ocorreram sequencialmente, após a coleta os dados foram transcritos e analisados visando identificar as categorias iniciais, assim como ajustar o instrumento de coleta de dados.	
ORDENAÇÃO DOS DADOS				
Passo 5	Ordenar os dados	Colocar os dados coletados em ordem	Visando a análise das falas dos entrevistados, todas as entrevistas foram gravadas, com autorização prévia, e posteriormente transcritas.	
ANÁLISE DE DADOS				
Passo 6	Analisar os dados do primeiro grupo amostral	Usar codificação	O processo de análise de dados iniciou com a codificação aberta, que consistiu na análise linha a linha e atribuição de códigos às passagens significantes. A comparação constante foi utilizada para verificar se um trecho poderia ser nomeado com um código existente. Na análise da primeira entrevista foram gerados 45 códigos, criados subjetivamente, iniciados por verbos no gerúndio para indicar ação. No total, foram gerados aproximadamente 590 códigos abertos que puderam dar consistência e servir de base para a codificação axial, que consiste na aproximação dos códigos que abordam assuntos em comum. Nenhuma categoria foi criada até a terceira rodada, momento em que foram criados códigos e categorias, validados na quarta rodada de entrevistas. Na codificação aberta a rotina consistiu em: ler um trecho de fala; reconhecer o assunto; consultar a lista de códigos; se necessário, comparar o trecho com outros já codificados; e definir um código, existente ou novo, ao trecho. A codificação axial, consistiu em agrupar os códigos que giram em torno de um mesmo assunto. A partir disso, foi considerado o modelo analítico de Corbin e Strauss (2015) conjuntamente com o modelo proposto por Marchi (2014) resultando na estrutura das categorias e nas relações que comportam condicionantes internos e externos, ações/interações e consequências/resultados. Na integração teórica já se tinha a classificação das categorias em condicionantes internos e externos, ações/interações e consequências/resultados. Desse modo,	

FASE		ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	ESTÁGIO
			com apoio de software as categorias e seus respectivos códigos e referências foram separados e organizados visando facilitar a elaboração do modelo final. A sensibilidade teórica foi aguçada pelas discussões com colegas de grupo de pesquisa e de pós-graduandos e pós-graduados, que também utilizaram a TFD em suas pesquisas. Ademais, a validação ocorreu nas diferentes etapas da pesquisa, através da consulta aos entrevistados acerca das categorias em desenvolvimento, atividade intensificada na etapa 4 da coleta de dados.	Teoria Emergente Instável
Passo 7	Amostra teórica	Replicação teórica por meio dos casos (reiniciar no passo 2 até a saturação teórica)	Foram realizadas 18 entrevistas distribuídas em 4 ciclos. Cabe mencionar que alguns participantes caracterizavam-se em mais de um grupo amostral. Ao passo que as entrevistas foram realizadas com gestores/responsáveis pela implementação em empresas industriais, além de participantes inseridos em instituições como associações setoriais, consórcios, universidades; e gestores de empresas fornecedoras de tecnologias.	
Passo 8	Fechamento	Attingir a saturação teórica	Observou-se a estabilização no surgimento de novos dados diante da redução no volume de novos códigos, ao passo que, muitos deles passaram a servir como incremento aos demais. Após análise do quarto ciclo de entrevistas considerou-se atingida a saturação teórica, pois os dados já não reproduziram novos <i>insights</i> , não surgindo novos códigos.	Teoria Emergente Estabilizada
COMPARAÇÃO COM A LITERATURA				
Passo 9	Comparar a teoria emergente com a literatura	Comparação com quadros referenciais similares e conflitantes	Após o desenvolvimento do modelo teórico, e a sua validação com participantes da pesquisa, a literatura utilizada para a construção da pesquisa foi consultada, assim como outras obras que pudessem contribuir para a discussão dos resultados observados, com o propósito comparativo com a teoria emergente. Processo que ampliou o escopo de explicação da teoria substantiva desenvolvida.	Maturidade

Fonte: Baseado em Marchi (2014), Uhlmann (2017) e Werlang (2018).

Evidenciadas as etapas do desenvolvimento da pesquisa, destaca-se que o pesquisador pode contar com *softwares* de apoio para a estruturação, visualização e análise dos dados. Assim sendo, contou-se com o auxílio do *software* NVivo para o gerenciamento dos dados qualitativos. Considera-se esse aspecto como primordial para o desenvolvimento do estudo, haja vista o volume expressivo de fontes e de códigos gerados. Permitindo a organização, interpretação, agrupamento e o resgate ágil as referências de cada categoria, subcategoria, códigos, entre outros aspectos.

Desse modo, para a composição do modelo teórico foram resgatados os códigos gerados, que foram agrupados em 15 categorias, as quais consistem em: Conjuntura econômica, Ecosistema de inovação, Era da complexidade, Desenvolvimento tecnológico, Cultura e pessoas, Alta direção, Propensão à identificação de oportunidades de inovação, Tecnologias pré-existentes na empresa, Disponibilidade de recursos financeiros, Tornando o tema estratégico na empresa, Buscando parceiros, Diagnosticando as operações, Desenvolvendo projetos de inovação, Implementando projetos de inovação, e Resultados da implementação. O Quadro 18 evidencia o número de códigos de cada categoria, bem como as preposições desenvolvidas.

Quadro 18 - Número de códigos e proposições de cada uma das categorias da teoria substantiva

Modelo analítico (CORBIN; STRAUSS, 2015)	Modelo analítico de SCA's (MARCHI, 2014)	Categoria	Número de Códigos	Principais evidências	Fundamentou a(s):
Condições	Condicionantes Externas	Conjuntura econômica	10	Aspectos políticos, câmbio, taxa de juros, crises	
		Ecosistema de inovação	80	Associações setoriais e de tecnologias, fornecedores, ICTs e centros de ensino, governo	
		Era da complexidade	17	Ambiente competitivo, concorrentes, constantes mudanças, demanda	
		Desenvolvimento tecnológico	44	Benchmarking, experiências prévias, discussões, maturidade	
	Condicionantes Internas	Cultura e pessoas	7	Cultura organizacional, comportamento das pessoas	

Modelo analítico (CORBIN; STRAUSS, 2015)	Modelo analítico de SCA's (MARCHI, 2014)	Categoria	Número de Códigos	Principais evidências	Fundamentou a(s):
		Alta direção (gestores e executivos)	11	Comportamento e atitudes dos executivos	
		Propensão à identificação de oportunidades de inovação	12	Abertura à inovação, habilidade na identificação	
		Tecnologias pré-existentes na empresa	10	Pacote tecnológico, maturidade	
		Disponibilidade de recursos financeiros	12	Orçamento, disponibilidade de capital	
Ações/Interações	Sistemas de ações	Tornando o tema estratégico na empresa	35	Plano estratégico, objetivos, integração, gestão	Proposições 1 a 3
		Buscando parceiros	59	Troca de informações, qualificação, apoio e desenvolvimento	Proposições 4 a 6
		Diagnosticando operações	30	Análise do processo, falhas gaps, oportunidades	Proposições 7 a 9
		Desenvolvendo projetos de inovação	141	Roadmap, seleção, priorização	Proposições 10 a 12
		Implementando projetos de inovação	49	Mudanças na cultura e pessoas, estrutura, incerteza, testes piloto	Proposições 13 a 15
Consequências/ Resultados	Efeitos	Resultados da implementação	64	Competitividade, eficiência, valor agregado, integração, trabalho, conhecimento, retorno	

Fonte: elaboração própria.

Especificamente, o Quadro 19 elenca os códigos que compõem a categoria “Tornando o tema estratégico na empresa”, que originaram as proposições 1 a 3. Quanto as demais categorias, expande-se o detalhamento de seus códigos e proposições no Apêndice G.

Quadro 19 - Códigos integrantes da categoria “Tornando o tema estratégico na empresa”, os quais deram origem às proposições 1 a 3

Códigos	Proposição
- Observando um ambiente de constantes mudanças - Habitando-se com a mudança e a adaptação para a sobrevivência	1a
- Buscando sobrevivência em um mercado competitivo - Estando a frente de seus concorrentes - Observando a sensibilidade de empresas globais para com o tema I4.0	1b

Códigos	Proposição
<ul style="list-style-type: none"> - Exigindo decisões em prol da competitividade - Mantendo-se a par do que está acontecendo no mercado - Vivendo uma disputa tecnológica - Tentando não ficar para trás - Vendo a adoção de tecnologias como algo inevitável 	
<ul style="list-style-type: none"> - Carecendo de políticas que fomentem a I4.0 no país - Buscando uma ação colaborativa de I4.0 no país para atingir os resultados em termos de bem-estar - Ressaltando a necessidade de coordenação dos estudos e planos voltados ao longo prazo - Evidenciando a necessidade do tema ser estratégico para o país 	1c
<ul style="list-style-type: none"> - Adaptando-se ao mercado consumidor - Preocupando-se com as exigências dos mercados internacionais 	1d
<ul style="list-style-type: none"> - Observando os impactos da conjuntura econômica na implementação - Sofrendo com os impactos da retração na indústria - Observando que a conjuntura incentiva devido a impossibilidade de repassar custos - Observando que momentos de crise forçam a mudança de paradigma - Observando como a pandemia acelerou a digitalização - Observando que a pandemia antecipou o futuro 	1e
<ul style="list-style-type: none"> - Definindo uma estratégia alinhada à cultura - Cultura e pessoas - Avaliando se a estratégia se encaixa na cultura organizacional - Reconhecendo a importância das pessoas na mudança 	1f
<ul style="list-style-type: none"> - Precisando de patrocínio da alta direção - Reconhecendo o papel dos empresários na mudança - Iniciando pela mudança de <i>mindset</i> por parte do industrial empresário 	1g
<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilizando <i>bottom-up</i> a importância da implementação 	1h
<ul style="list-style-type: none"> - Construindo um plano estratégico de implementação 	2ª
<ul style="list-style-type: none"> - Incorporando o conceito de I4.0 a estratégia empresarial - Evidenciando que cada organização tem um objetivo em relação a I4.0 - Identificando os objetivos da implementação para a empresa não navegar sem rota - Definindo a inovação e tecnologia como algo estratégico - Desenvolvendo P&D no <i>corebusiness</i> da empresa - Refutando a implementação de tecnologias sem objetivos definidos - Vendo as tecnologias como um meio de atingir o fim - Dependendo da tecnologia que será introduzido e da situação problema 	2b
<ul style="list-style-type: none"> - Cascadeando a implementação da indústria 4.0 em todos os níveis organizacionais - Integrando as diferentes iniciativas da organização devido a definição top-down - Visualizando a implementação da Indústria 4.0 na organização como um todo - Identificando iniciativas de diferentes direções para o sucesso do negócio - Sensibilizando bottom-up a importância da implementação 	2c
<ul style="list-style-type: none"> - Estruturando a manufatura avançada na organização - Mantendo a alta administração a par das iniciativas de I4.0 - Identificando as dificuldades de uma possível falta de priorização da I4.0 pela organização - Ressaltando a influência da matriz internacional na definição da I4.0 como estratégia - Forçando a organização através de decisão top-down - Sensibilizando top-down para a importância da implementação - Desenvolvendo um programa corporativo local e global de manufatura avançada 	2d
<ul style="list-style-type: none"> - Adaptando o plano de implementação ao longo do processo - Respondendo pelos projetos desenvolvidos e implementados - Mantendo a tecnologia em funcionamento dentro da fábrica - Enfrentando a I4.0 como uma escalada - Encarando a transformação como uma jornada - Reconhecendo que a implementação consiste em um longo percurso - Reconhecendo uma drástica mudança que requer tempo 	2e
<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilizando orçamento para desenvolvimento de projetos de I4.0 - Investindo em P&D por obrigação 	3ª
<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilizando top-down para a importância da implementação - Cascadeando a implementação da indústria 4.0 em todos os níveis organizacionais 	3b
<ul style="list-style-type: none"> - Avaliando e validando sugestões através de um processo lógico e sistemático de priorização 	3c

Códigos	Proposição
- Envolvendo os stakeholders no processo de implementação	
- Incorporando o conceito de I4.0 a estratégia empresarial	3d
- Buscando competitividade através da implementação	

Fonte: elaboração própria.

Os resultados desse processo de pesquisa constituem uma teoria substantiva, ou ainda um modelo conceitual explicativo (SANTOS *et al.*, 2016). Ao passo que é necessária a validação do mesmo. Esse processo consiste na lógica em que o modelo elaborado deve ser capaz de explicar a maioria dos casos. Uma das formas de validação é o retorno aos dados brutos para uma análise comparativa de alto nível, e outra forma é contar a história aos indivíduos envolvidos naquele contexto e solicitar a opinião acerca do ajustamento de seus casos, ao passo que os indivíduos devam ser capazes de se reconhecer na história, e percebê-la como uma explicação do que está acontecendo (STRAUSS; CORBIN, 2008). Ainda, destaca-se que pode-se expor a teoria substantiva ou o modelo conceitual para os participantes, ou ainda *experts* do método (BAGGIO; ERDMANN, 2011).

Desse modo, a validação do modelo teórico foi realizada com 2 participantes da pesquisa. Foi solicitado que estes avaliassem se o modelo ilustrado representa o fenômeno. Obteve-se a concordância com relação as categorias desenvolvidas, suas relações e preposições por parte dos participantes. Destaca-se alguns pareceres:

[*O modelo se aplica na realidade da empresa?*]: Entendo que o modelo está interessante.

[*Você consegue enxergar essas categorias influenciando de algum modo a implementação na empresa?*]: Sim, influenciam e bastante.

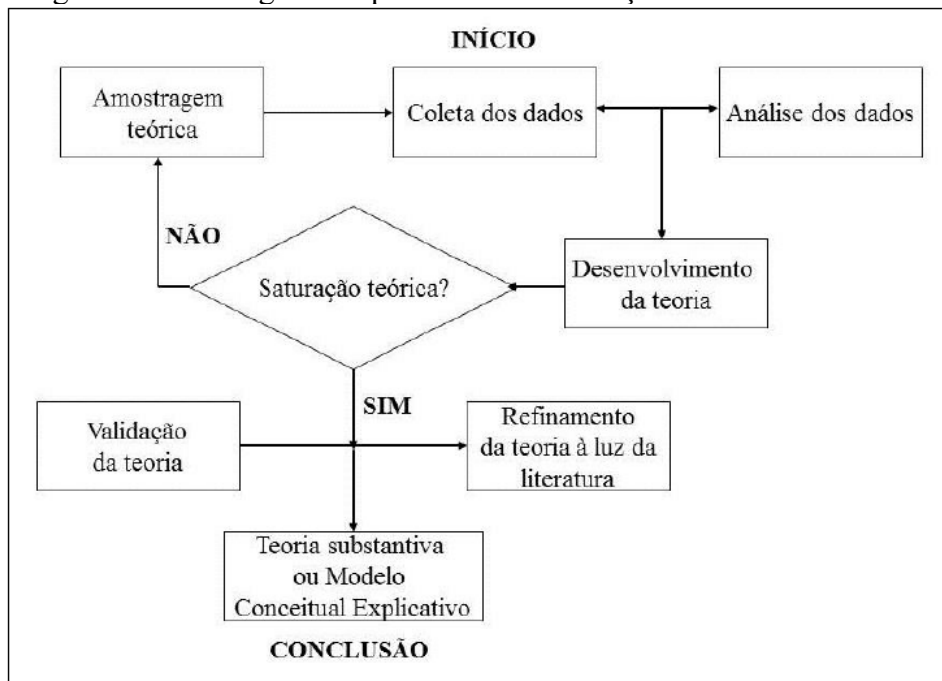
[*Sobre as categorias de um modo geral, considerou adequado e pertinente?*]: Sim, pareceu adequado. (ENTREVISTA PHAL).

[*O modelo se aplica na realidade da empresa?*] Sim, o modelo apresentado se encaixa à realidade da empresa. À aplicação de uma metodologia de avaliação e definição do melhor momento para a formatação de uma estratégia de evolução para novas tecnologias de gestão da indústria, nos moldes da 4ª revolução industrial. Considero algo necessário, pois caso contrário, empresas com uma tendência a seguir modas temporais, podem desperdiçar recursos, pois a necessidade de ganhos de produtividade e de eficiência devem ser os direcionadores do caminho a seguir. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

Ao ter a teoria substantiva constituída e validada, o próximo passo foi o retorno à literatura, que possui um importante papel para a conclusão da pesquisa (Ver Figura 21). Pois, em uma pesquisa com TFD, a literatura auxilia no processo de integração ou no contraste com a teoria gerada (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2010). Além disso, contribui para validar,

refinar e abranger o escopo da teoria (STRAUSS; CORBIN, 2008). Os resultados dessa etapa constam na Seção 4.7.

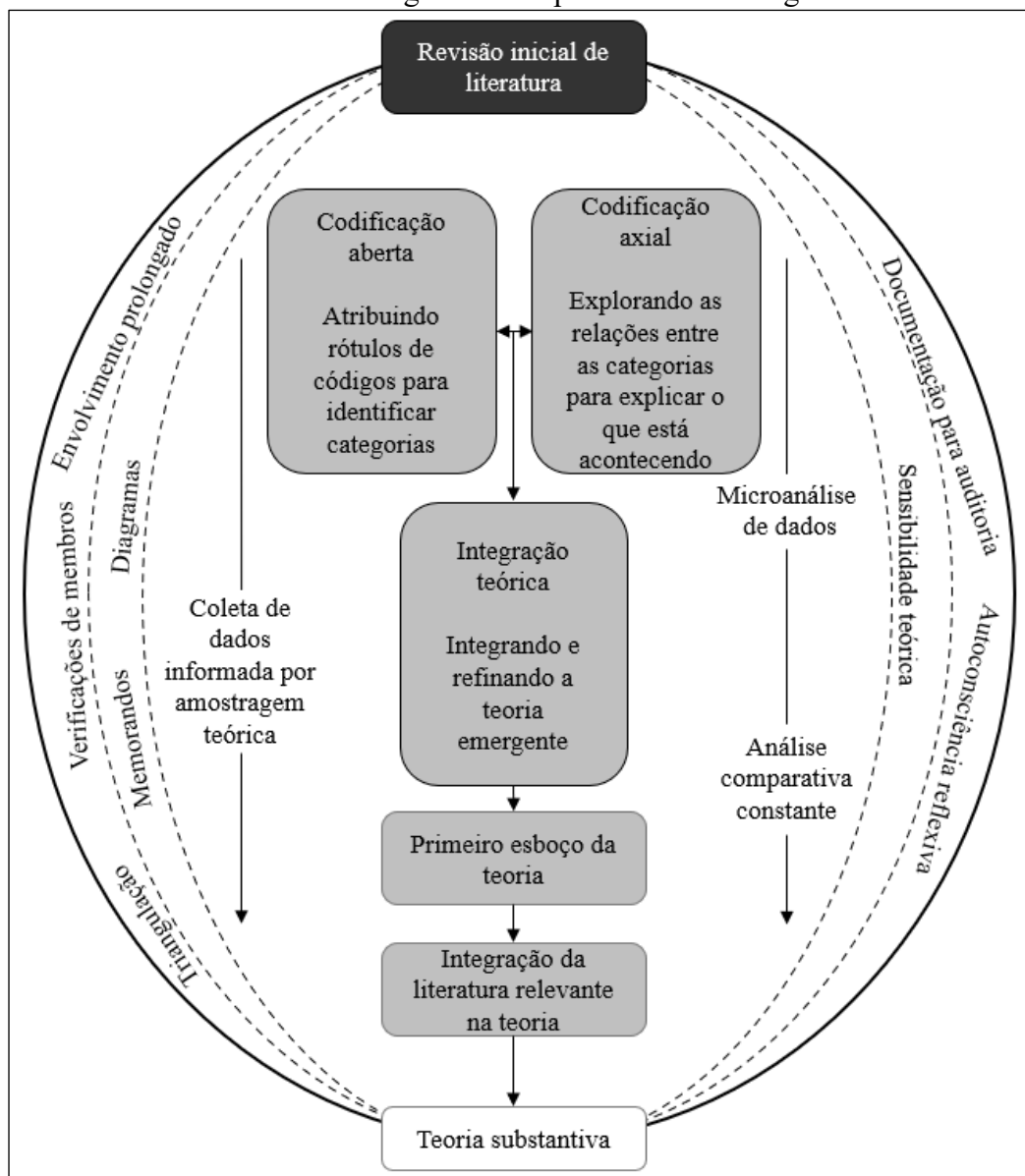
Figura 21 - Visão geral do processo de construção da teoria substantiva



Fonte: Gonçalves et al. (2008) e Uhlmann (2017).

Por fim, destacam-se as estratégias utilizadas para aumentar o rigor na pesquisa em TFD, conforme ilustrado na Figura 22.

Figura 22 - Representação esquemática dos elementos centrais da Teoria Fundamentada nos Dados e estratégias usadas para aumentar o rigor



Fonte: Adaptado de Pryor et al. (2009).

O modelo proposto por Pryor et al. (2009) elucida como o rigor é aprimorado através da adesão de procedimentos na teoria fundamentada, a saber:

- a) Triangulação: consiste na utilização de múltiplas fontes para a busca por divergências que possam revelar novas facetas sobre o fenômeno (BANDEIRA-DE-MELLO; CUNHA, 2003). Desse modo, além da averiguação com novos participantes do estudo, também foram utilizados vídeos e documentos como fontes de dados (conforme especificado na seção 3.3.2);

- b) Memorandos e diagramas: constitui em estratégias que orientam o pesquisador a exercitar as relações conceituais, facilitam a formação dos conceitos (KOERICH et al., 2018). Diferentes memorandos e diagramas foram criados no decorrer da pesquisa, conforme mencionado e ilustrado anteriormente;
- c) Verificação de membros: consiste na validação das respostas e interpretações por um membro (SANDELOWSKI, 2002). Destaca-se que acerca desse procedimento foram solicitados feedbacks sobre os rascunhos de categorias na quarta rodada da coleta de dados. E posteriormente, a validação do modelo teórico pelos participantes.
- d) Envolvimento prolongado: houve um engajamento prolongado com o campo no processo de coleta de dados, haja vista que entre a primeira e a quarta rodada de entrevistas passaram-se dezoito meses (dentre os quais, durante seis meses a realização da coleta de dados por meio de entrevistas foi suspensa);
- e) Sensibilidade teórica: “habilidade de ver com profundidade analítica” (STRAUSS; CORBIN, 1990). A sensibilidade teórica foi aguçada através de conversas e discussões com outros pesquisadores do tema, ou que utilizaram a TFD em suas pesquisas. Ademais, nesse aspecto também contou-se com o modelo condicional para auxiliar na identificação das condições que o fenômeno se insere, e identificar possíveis consequências das ações/interações;
- f) Autoconsciência reflexiva: contribui para que os leitores compreendam o nível de interação pesquisador-participantes diante das interpretações (HALL; CALLERY, 2001), diante disso, buscou-se ser transparente quanto aos processos de coleta e análise dos dados, além das decisões tomadas no processo de pesquisa, em prol da qualidade das interpretações e do modelo gerado.
- g) Documentação para auditoria: estudos qualitativos geralmente envolvem grande volume de dados, assim, notas sobre contexto, decisões, análises e procedimentos são relevantes para o desenvolvimento de uma trilha de auditoria (RODGERS; COWLES, 1993). Diante disso, destaca-se que dentre os documentos utilizados no processo de coleta e análise dos dados, que podem corroborar com a auditoria constam documentos contextuais (notas de campos, descrição e anotações sobre o contexto), registros metodológicos (memorandos e registros de decisões metodológicas tomadas), documentos analíticos (como a base de dados, classificação, agrupamento e integração entre categorias), e documentos pessoais (notas reflexivas e memorandos reflexivos).

Isto posto, na seção seguinte são apresentados os resultados da pesquisa, o modelo conceitual acerca do fenômeno estudado, bem como a comparação com a literatura de suas principais evidências e preposições.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O presente capítulo dedica-se a apresentação do modelo conceitual desenvolvido com base na percepção de gestores de médias e grandes empresas industriais no Brasil para com o processo de implementação da indústria 4.0. Ao passo que, são delineados os condicionantes externos, internos, conjunto de ações e interações, além das consequências destas. A partir da consolidação da teoria substantiva, esta é confrontada com a literatura (seção 4.7).

4.1 MODELO EMPÍRICO-CONCEITUAL PARA EXPLICAÇÃO DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 EM EMPRESAS INDUSTRIAIS NO BRASIL

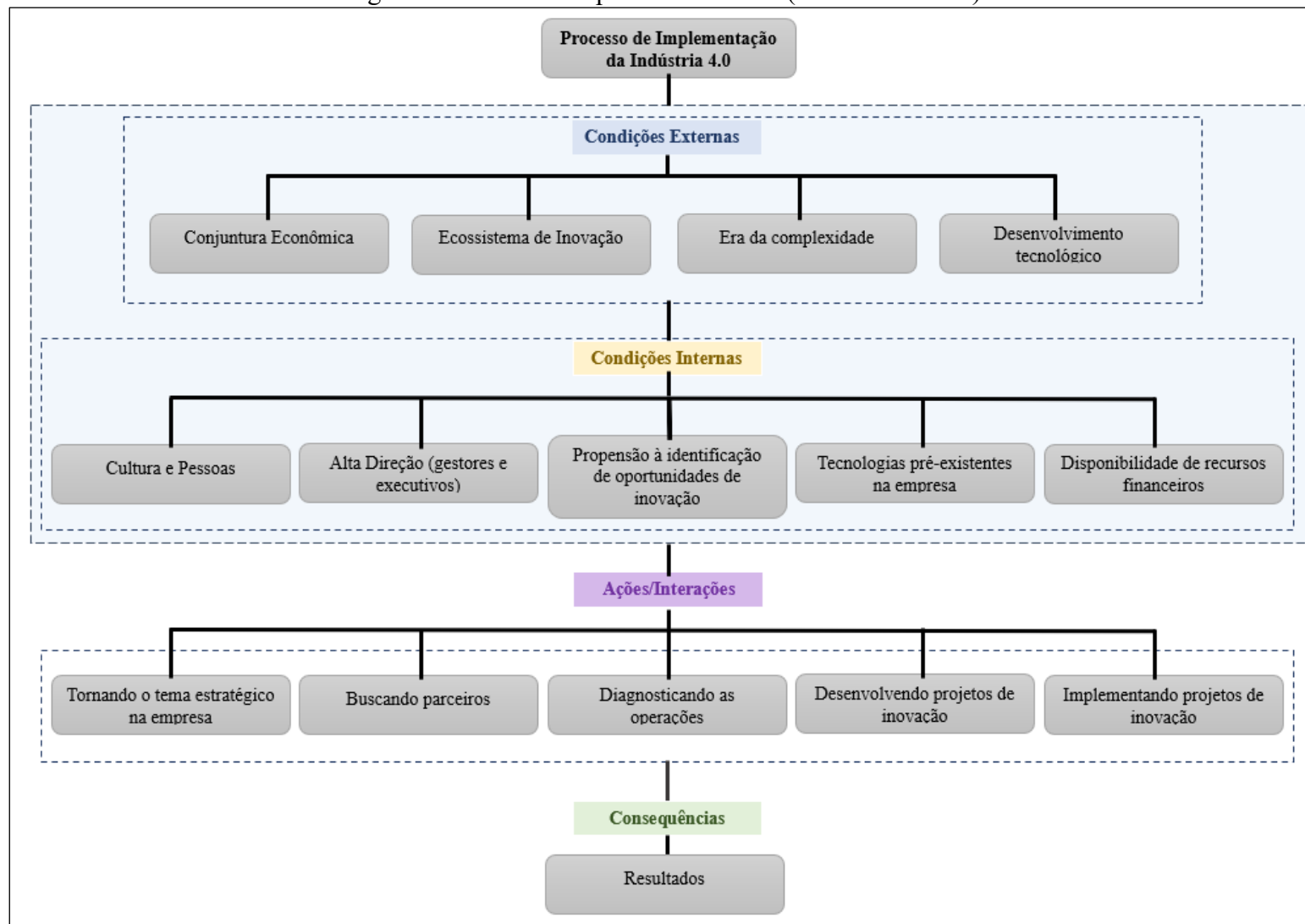
Diante do objetivo de chegar a uma explicação sobre o processo de implementação da indústria 4.0 em médias e grandes empresas industriais no Brasil, apresenta-se, com base na percepção de gestores envolvidos, o modelo que expõe os aspectos que constituem o processo (Ver Figura 23). O modelo em sua versão resumida, ilustra as ações empreendidas pelas empresas industriais em prol da implementação da indústria 4.0, a saber: “tornando o tema estratégico na empresa”, “buscando parceiros”, “diagnosticando as operações”, “desenvolvendo projetos de inovação” e “implementando projetos de inovação”. Essas ações são permeadas por condições externas e internas.

Alguns aspectos precisam ser esclarecidos ao se visualizar o modelo teórico. Conforme evidenciado por Corbin e Strauss (2015), a utilização de um modelo pode dificultar a percepção da natureza dinâmica das ações/interações, e os ajustes realizados devido as alterações nas condições, que são sujeitas a tempo e lugar. Ao passo que, para atingir determinados objetivos os agentes combinam interações com as mudanças nas condições, essa dinamicidade configura a visão de processo do fenômeno.

Os autores supracitados argumentam que “as sequências de ações/interações não acontecem tão graciosamente como em um balé, nem são tão caóticas como um motim” (CORBIN; STRAUSS, 2015, p. 183). Ou seja, o processo não ocorre necessariamente de uma forma progressiva e linear. Essa perspectiva corrobora com Marchi (2014), que ao vislumbrar os pressupostos de Strauss e Corbin (2008) sob a lente dos Sistemas Complexos Adaptativos, expõe que o sistema de ações interage entre si e com o ambiente, influenciando e sendo influenciado mutuamente pelos condicionantes ao seu redor.

Ciente desses aspectos, buscou-se analisar e apresentar os dados orientados a concepção de processo. Desse modo, as ações apresentadas na seção 4.4 são ligadas a condições e suas consequências, visando transcender o movimento que figura o processo. Destaca-se também, a ênfase na identificação das inter-relações das categorias de ação com as condicionantes, mas é reconhecida a existência de interação entre as condicionantes internas e externas. A exemplo da condicionante externa “conjuntura econômica”, a qual gera efeitos na condicionante interna “disponibilidade de recursos financeiros”.

Figura 23 - Modelo empírico-conceitual (versão resumida).



Fonte: dados da pesquisa.

4.2 CONDIÇÕES EXTERNAS

Conforme o modelo paradigmático desenvolvido por Corbin e Strauss (2015) conjuntamente com o modelo proposto por Marchi (2014), primeiramente foram analisadas as condições externas que determinam o conjunto de ações. Desse modo, foram investigadas as razões percebidas pelos indivíduos do acontecimento das ações/interações. Essas condições podem derivar do contexto ou de agentes intervenientes (STRAUSS; CORBIN, 2008; CORBIN; STRAUSS, 2015). Diante disso, com relação ao ambiente externo as organizações, verificou-se que aspectos como a conjuntura econômica, a era da complexidade, o ecossistema de inovação e; desenvolvimento tecnológico são fatores relevantes para que o processo de implementação aconteça.

4.2.1 Conjuntura econômica

A categoria “Conjuntura econômica” emergiu dos dados tendo em vista que algumas empresas destacaram a conjuntura econômica como primordial para o início do processo de implementação. Constata-se, com base nas falas dos entrevistados, a necessidade de uma situação econômica favorável para que ocorram investimentos em projetos e em novas tecnologias pelas empresas.

Uma coisa que poderia ter sido diferente, mas aí não é questão da [empresa], é questão de mercado é os últimos 3, 4 anos devido a recessão no país foram anos difíceis pra você ter verba pra poder fazer esse tipo de investimento, né. (ENTREVISTADO LEPTOTES).

... e aí a gente se preparou para 2014 ser maior ainda e acontece que não veio, não sei se você estava no mercado, mas ali começou muito industrial falar “eu não sei o que vai acontecer com o Brasil, vai ter a copa do mundo, o Brasil vai parar, não vou investir”. Bom, depois passou a copa foi a eleição, segundo turno, *impeachment*, e tava até agora, aí o Covid. Não tinha tido uma boa recuperação, a indústria parou muito aí. Bom, então passamos o 2014 super abaixo do objetivo que a gente tinha de vendas, o mercado parou. (...) é lógico que por um lado você fica fragilizado de caixa e tal, então você não vai fazer um investimento porque você não sabe o que tem a frente, essa questão da economia que a gente nunca tinha visto antes. (...) se a gente tivesse mais demanda e dinheiro circulando provavelmente a gente estaria alguns passos à frente na indústria 4.0, realmente quando ela chegou (Industria 4.0) a gente entrou em crise (ENTREVISTADO MILTONIA).

A conjuntura econômica na perspectiva de variação cambial, falando de conjuntura mesmo, a foto do ano né, ela é desfavorável, porque a variação cambial ela desfavorece muito a importação de tecnologias e até de alguns robôs, câmeras e tudo mais, tecnologias que hoje vem de fora né, não são produzidas no Brasil ainda (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

Ela [conjuntura econômica] influencia na medida em que o custo do capital se altera né, então assim, nesse momento o juro é muito baixo, os bancos oferecem capital a custo muito baixo, isso favorece o investimento, favorece o capital de recursos para investir, por outro lado aquilo que é importado está super valorizado em função da cotação do dólar né, então temos o juro baixo, mas temos um custo muito alto com a aquisição daquilo que é importado, essas tecnologias realmente são importadas né, [...] infelizmente as coisas caminharam separadas, ou seja, o índice de capital bom porém cotação do dólar muito alta [...].(ENTREVISTADO LEPANTHES).

Conforme as falas dos entrevistados, verificou-se que aspectos políticos, variação cambial, recessão e crises econômicas culminam numa maior incerteza em termos de investimentos, e na retração destes. Aspectos que são desfavoráveis para a implementação da Indústria 4.0 pelas empresas. Por outro lado, fica evidente que momentos de crise reforçam a necessidade de mudanças. Esses aspectos são observados com o enfrentamento da pandemia de COVID-19 no decorrer da realização da pesquisa.

... a reflexão que fica é que a pandemia agora nos forçou né, a buscar várias soluções e da mesma forma alguns paradigmas, (...). Eu acredito que na pandemia, assim como o [participante 5] colocou né, acelerou o processo de digitalização, em qualquer momento de crise as pessoas foram no próprio instinto né, acabou tentando procurar soluções que antes você tinha um certo receio de buscar (...). Acho que isso é unanimidade né, a pandemia ela acelerou o futuro da automação, afinal a necessidade é a mãe da invenção e assim muito se fala de tecnologia, de indústria 4.0, isso é um termo já bem coloquial no cenário atual (VÍDEO 6).

A pandemia na verdade, até para a surpresa de muitos, veio a acelerar a adoção da indústria 4.0 por inúmeras empresas, especialmente as médias e mais ainda as grandes empresas (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

Eu acho que a pandemia ela veio e mostrou a urgência disso acontecer, tanto que o imediatismo para participar e de utilizar algumas tecnologias, ela aumentou (ENTREVISTADO GOVENIA).

A pandemia ela atuou em cima de três frentes, ela antecipa o futuro, então por conta das limitações que a pandemia gera ela acaba provocando uma antecipação do futuro e uma adoção mais rápida, antecipada de novas tecnologias e novas soluções, a pandemia também acelera mudanças, então fica bem mais fácil você justificar a importância de uma determinada tecnologia nova na medida que o empregado percebe que se ele não se adaptar a empresa provavelmente não vai conseguir sobreviver, e a pandemia também amplia e aprimora, como está todo mundo espremido pela pressão, pelas ameaças, pelo temor, a pandemia acaba forçando uma identificação daquilo que é importante e urgente dentro da empresa e, portanto, essas demandas que antigamente tinham que ser muito discutidas, debater, falar da importância, etc. Passaram a ser cada vez mais entendidos como consensuais e cabe as empresas aplicar e implantar rapidamente. Então são três ações, antecipação do futuro, aceleração de mudanças e ampliação de prioridades e gravidade das coisas (ENTREVISTADO BRASÍLIORCHIS).

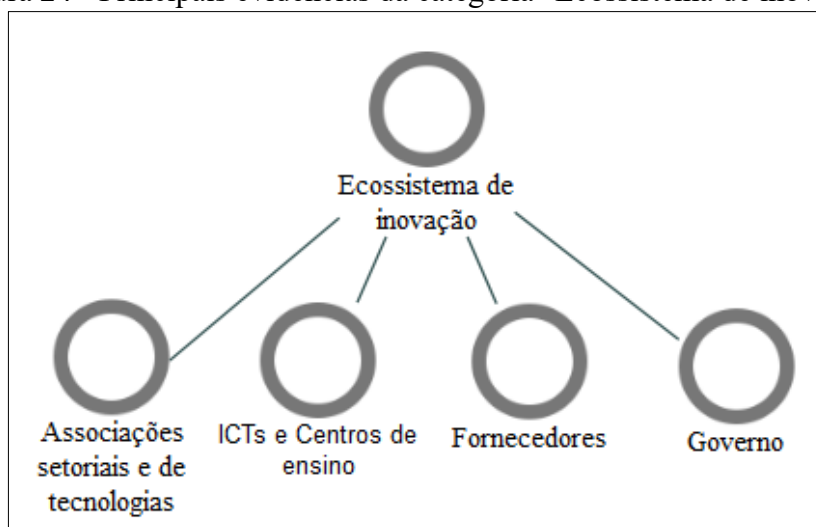
[...] pós-pandemia que gerou um aquecimento muito forte na atividade industrial, atividade forte e ao mesmo tempo prejudicada pela dificuldade de suprimentos de componentes, matérias primas e embalagens né, [...]. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

Ao analisar as considerações mencionadas pelos entrevistados, destaca-se a amplitude com que a pandemia desestabilizou a economia como um todo, aumentando a incerteza e prejudicando os investimentos em novas tecnologias. Mas, por outro lado, momentos como esse requerem ações em prol da preservação das empresas no mercado, seja através da antecipação de tendências, ou adoção mais rápida das novas tecnologias e desenvolvimento de novas soluções. Essa evidência foi constatada principalmente a partir da fala do entrevistado Brasiliorchis. Dentre as demais falas supracitadas, observa-se o consenso acerca do fato de a pandemia apesar da insegurança econômica gerada, ter acelerado a implementação da Indústria 4.0 em suas empresas.

4.2.2 Ecosistema de inovação

Ao analisar as condições externas das empresas, ficou evidente que diferentes agentes externos, constituídos através de um ecossistema de inovação, intervêm no processo de implementação. Dentre esses agentes estão as associações setoriais e de tecnologias, ICTs e centros de ensino, fornecedores e o governo (Figura 24). Os quais, de um modo geral figuram organizações que interagem sob aspectos institucionais e aspectos do ambiente complexo, essa interação possibilita mudanças e ajustes nas instituições, facilitando ou dificultando o desempenho das organizações.

Figura 24 - Principais evidências da categoria "Ecosistema de inovação"



Fonte: elaboração própria.

Ecosistema de inovação consiste no termo (código in vivo) que os entrevistados empregam para designar o conjunto de agentes envolvidos no processo, como os fornecedores,

ICTs e centros de ensino, empresas, *startups*, etc. De maneira geral, ele é visto como um condicionante externo relevante, capaz de incentivar o desenvolvimento industrial. Sobretudo, quando os agentes que o compõe conseguem trabalhar conjuntamente e em sincronia. Capaz de gerar resultados no desenvolvimento tecnológico (seção 4.2.4). Além disso, mostra-se como um ambiente que oportuniza que as empresas industriais se integrem entre si e com os demais agentes do ecossistema, em que, enquanto individualmente cada agente possui seus conhecimentos e objetivos específicos, com a integração e ação conjunta, é possível a obtenção de vantagens e benefícios de forma acelerada.

[...] eu diria que os recursos fundamentais ou os atores do ecossistema, são fornecedores, centros geradores de conhecimento e centros geradores de gente, e gente em quantidade, bem treinada, tendo experiências com empresas que atuam no setor para você poder incorporar rápido as tecnologias da sua realidade. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

[...] você tem desde empresas, *startups* com soluções, outras empresas maiores, eu acho que você tem sim um, você pode entrar nesse ecossistema para mergulhar, [...] a gente está bem envolvido nisso, talvez as empresas fornecedoras multinacionais tem muito recurso pra isso, então parece que a gente tem um ecossistema bem colocado aí. (ENTREVISTADO MILTONIA).

Também tem o envolvimento do ecossistema de inovação, existe no Brasil já vários ecossistemas de inovação bastante maduros, por exemplo até aqui em [cidade] [...] então um ecossistema passou a ser um grande ator nesse nosso xadrez estratégico de desenvolvimento industrial e, conseqüentemente, social, econômico e etc. [...] para que isso funcione, para que de fato a indústria 4.0 vá para a frente, toda essa engrenagem realmente tem que funcionar não só individualmente, mas entre elas. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

Acho que existem muitas oportunidades e as empresas hoje elas estão seguindo muito nessa lógica de montar o seu ecossistema de inovação. [...] então a gente forma no mercado um ecossistema onde eu tenho uma empresa que conhece mais de *software* e as vezes outra que conhece mais do sistema de gestão, junta as duas e desenvolve um produto, então aqui tem muita oportunidade nesse sentido ainda, não só da [empresa] [...]. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Meu papel lá [associação] é muito mais ser um aprendiz e um mentor de 3 grandes grupos de empresas, o primeiro grupo é de usuários de tecnologia, ou seja, empresas que precisam digitalizar seus processos e querem muitas vezes tirar alguma dúvida, conversar sobre o tema então eu me coloco como mentor, parceiro, consultor, enfim, melhor descrição é palpiteiro. O segundo grupo de empresas são os provedores de tecnologia, são aqueles que estão desenvolvendo tecnologia e nesse caso a gente conversa muito como fazer, por que fazer e trocando ideias sobre esse negócio, [...] O terceiro grande grupo de organizações que nós temos é o grupo das instituições de ensino [...] e a gente da mesma forma tem que trocar muitas informações [...]. É que assim, se você não tiver essas condições você vai ser uma semente sendo jogada no deserto. Não existe forma de você amadurecer e evoluir a partir de uma condição totalmente inóspita. Então esse ambiente colaborativo, cooperativo é fundamental [...]. (ENTREVISTADO VANILLA).

Conforme evidenciado anteriormente, as evidências da categoria “Ecossistema de inovação” indicam implicações da atuação de diferentes atores, como as associações setoriais

e de tecnologias, centros de ensino, universidades, fornecedores e governo. Desse modo, nas subseções seguintes, esses aspectos são explorados.

4.2.2.1 *Associações setoriais e de tecnologias*

Dentre os agentes que surgiram dentro do ecossistema de inovação estão as associações setoriais e de tecnologias, as quais, atuam em prol do desenvolvimento do setor industrial a que compreendem, ou ainda, o desenvolvimento e a adoção de determinadas tecnologias. Diante disso, as associações são capazes de impactar positivamente na implementação da indústria 4.0.

A atuação da [associação] é acelerar a adoção da indústria 4.0, [...] essa é a nossa única missão, então a gente não tem objetivo de articular, não tem objetivo de criar políticas, de buscar redução de impostos, a gente só quer acelerar a adoção disso. (ENTREVISTADO VANILLA).

Por meio de treinamentos, programas educacionais, consultorias, programas de suporte a indústria, ela [instituição] já vem trabalhando de maneira muito forte desde o início do fenômeno aqui no Brasil e continua ainda muito forte na área por que cada vez mais isso vai ser uma tendência de incorporação pelas empresas, [...] a gente trabalha em um nível da consultoria para implantação de tecnologia de outros parceiros, ou de outros fornecedores, então eu trabalho mais na questão de educação e treinamento mais no nível de consultoria, também trabalhamos no nível de formação técnica e superior, com formação de engenheiros, formação de técnicos e formação de pós-graduandos, já graduados em faculdade, que estão trabalhando em empresas, e a gente tem programas de mestrado [inaudível] para esse profissional se adaptar ao mercado. [...] o nosso papel é ajudar a indústria a agregar tecnologias para poder desenvolver mais rapidamente, seja os seus produtos, seus processos e as suas relações com clientes por meio de CRMs e sistemas de inteligência. Então, os nossos objetivos são prover tecnologia para ampliar a experiência de relacionamento da empresa com o cliente, seja na fase da concepção de produto, depois o processo produtivo, e depois entrega, atendimento e etc, ao longo do tempo, [...] (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

Nesse meio tempo, em 2013 eu comecei a participar da [associação] representando a [empresa] [...] foi quando surgiu a oportunidade de se montar um grupo de indústria 4.0, que na época era uma novidade, e eu voluntariamente tomei o cargo para mim de coordenador, [...] já tinha uma ala forte de robótica na época, inclusive o começo do grupo era um grupo quase que de robótica, depois a gente foi abrindo realmente para a indústria 4.0 [...]. [Eu] continuo no grupo da indústria 4.0, eu coordeno o grupo, a gente já está indo para o 6º ano, hoje a gente conta com todos os fabricantes de robôs, todos os fabricantes de sensores, dispositivos, sistemas, *software*, então todos os integradores, todo o ecossistema que realmente compõe a indústria 4.0 [...] (ENTREVISTADO MILTONIA).

Por meio da fala do entrevistado Miltonia, é possível observar que algumas empresas costumam empreender esforços na participação em associações. Ao passo que, esse ambiente da associação permite a integração da empresa com os demais agentes do ecossistema o qual se refere, como fabricantes de robôs, sensores e dispositivos, provedores de soluções e

instituições de ensino. Desse modo, diante da diversidade de agentes que as compõem, as associações agem no sentido de agregar valor às empresas associadas, através da troca de informações, *benchmarking*, treinamentos, discussões, palestras, entre outros. Semelhantemente ao que se observa por parte da Federação.

4.2.2.2 ICTs e Centros de ensino

Enquanto agente do ecossistema de inovação, as ICTs⁵ e centros de ensino mostram-se relevantes para o desenvolvimento da indústria 4.0. Estas, atuam em dois sentidos, o primeiro refere-se ao desenvolvimento de atividade de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, produtos e processos, e o outro na formação de mão-de-obra especializada.

Eu também coordeno o programa institucional de indústria 4.0 que reúne alguns programas de pós-graduação, grupos de pesquisa em várias áreas, então funciona como um projeto, assim, chapéu, e neste caso específico com maior foco, criar, fortalecer novas interações internacionais com as universidades relevantes do exterior, praticamente de todos os continentes. [...] existe um programa da CAPES nacional chamado PRINT, que cujo foco é aumentar a qualidade da internacionalização dos programas de pós-graduação com excelência, no caso dos níveis 5,6,7, no caso da [universidade] existem áreas temáticas, são cinco áreas grandes temáticas, uma delas é a parte da indústria 4.0 [...] quando eu falo em empresas usuárias a maioria são compradores de tecnologias, muito poucas de fato também investem na parte de P&D, desenvolvido das suas próprias tecnologias, em número menor ainda, infelizmente, é em parceria com as universidades, então isso é um ponto que precisa ser bastante melhorado, isso dos dois lados, tanto do ponto de vista do empresário para a universidade assim como também da universidade aprender melhor a colaborar com os empresários em cima de problemas um pouco mais concretos [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

A tecnologia ou qualquer negócio inclusive, um negócio de gestão ou um processo né, ele tem passos para ser desenvolvidos, você não pode sair daqui de uma ideia e já querer escalar, você precisa de uma prova laboratorial, depois uma prova em ambiente significativo né, [...], então a universidade ela trabalha basicamente aqui, ela trabalha no estado da arte, até a avaliação laboratorial posso dizer assim [...] (ENTREVISTADO PHAL).

[...] a própria universidade podia fornecer mais incentivo, fornecer mais ajuda para as companhias né, hoje você vê na forma de *startups*, mas eu tenho certeza que dentro da universidade, dos laboratórios, conheço os laboratórios de engenharia mecânica da federal, tenho certeza que lá dentro tem muita tecnologia de indústria 4.0 que não está sendo dividida da maneira correta com as companhias. [...] as vezes eu tenho que incentivar o meu pessoal a correr atrás de uma universidade para ajudar no processo que a gente tem necessidade de melhoria aqui. Então eu vejo que a Universidade deveria estar com mais frequência nos instigando a estar melhorando com custo baixo, a universidade tem essa capacidade de fornecer com custo baixo e fazer isso andar com mais velocidade. (ENTREVISTADO LANIUM).

⁵ Instituição pública ou privada sem fins lucrativos, que realiza pesquisa básica ou aplicada de caráter científico ou tecnológico, de acordo com a Lei nº 10.973/2004 (Lei de Inovação) (BRASIL, 2004).

O entrevistado Phal, através da escala TRL/MRL⁶ ilustra o papel das universidades nesse ambiente de inovação, ao passo que, a universidade é essencial para o desenvolvimento de novas tecnologias e/ou novos modelos de gestão, sua atuação consiste no desenvolvimento de modelos teóricos, provas de conceito e, possivelmente, ensaios laboratoriais das mais diversas tecnologias. As empresas brasileiras, na maioria, são compradoras de tecnologias, e as ações empreendidas em atividades de P&D são escassas, aspecto que alavanca a importância das ICTs de um modo geral. Desse modo, há um empenho dentro de determinadas universidades e programas de pós-graduação no sentido do desenvolvimento da indústria 4.0, e, outro agente do ecossistema, o governo, tem incentivado através de programas como o CAPES-PrInt a internacionalização de pesquisadores. A universidade citada pelo entrevistado Centroglossa, reconhece a indústria 4.0 como uma de suas áreas temáticas, voltando ações de interação internacional e pesquisas científicas nesse sentido.

Percebe-se, através das falas dos entrevistados Lanium e Centroglossa, que ainda há um certo distanciamento entre o conhecimento gerado dentro das universidades e as empresas. Ainda, observa-se por parte de ambas o esforço no sentido dessa integração universidade-empresa. Muitas vezes, essa ponte entre o que está sendo desenvolvido dentro das universidades ou tecnologias em maturação, ocorre por intermédio das *startups* específicas, formadas por egressos do ambiente universitário, que acabam escalando e comercializando as novas tecnologias.

[...] a questão da formação de recursos humanos, então não adianta nada eu ter o tal do Soft de Big Data, inteligência artificial e etc, se eu não tenho sequer uma pessoa preparada para analisar esses dados ou para programar os robôs, para fazer a gestão de desempenho das máquinas e dos processos enfim, [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

[...] a gente não tem uma formação com a velocidade que precisa pra preparar as pessoas pra embarcar nesse mercado. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

[...] precisar fortalecer a formação técnicos para as novas tecnologias de mobilidade elétrica, *lean manufacturing*, conectividade, desenvolvimento de software com linguagens voltadas a análise de dados e ciência de dados, promover a jornada da indústria 4.0 [...]. (VÍDEO 4).

[...] a universidade para formar gente, jovens profissionais com competência técnica e vontade de aprender, [...]. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

[...] vamos dizer assim, um *gap* muito grande, um *gap* social e eu diria econômico, por muitos anos o governo desprezou e acabou com a formação técnica nesta região aqui, grandes escolas técnicas fecharam e isso nesse momento eu vejo como um problema sério a ser resolvido para manter o crescimento da indústria no Brasil. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

⁶ Ferramenta que ilustra o grau de maturidade tecnológica (MANKINS, 1995).

A atuação dos centros de ensino e universidades enquanto formadores da mão-de-obra especializada mostra-se relevante. Conforme evidenciado pelo entrevistado Centroglossa, a formação de recursos humanos é paralela a implementação de tecnologias, porém, em muitos casos, as inovações tecnológicas ocorrem tão rapidamente, que ocasiona um *gap* na formação profissional.

4.2.2.3 Fornecedores

As empresas estudadas possuem interações com seus fornecedores, os quais, variam desde fornecedores de tecnologias e soluções, até prestadoras de serviços de suporte a decisão e implementação de projetos de inovação. Não raro, essa interação resulta num processo de incentivo e aprendizagem, haja vista o compartilhamento do *know-how* que o fornecedor possui diante dos produtos/serviços prestados.

A [instituição] tem uma atuação bastante diversificada quando a gente fala de setor econômico. Hoje eu tenho trabalhos no tema 4.0 que vão desde uma [empresa], um gigante da indústria aeroespacial, passando por uma [empresa], outra gigante da indústria de energia e de equipamentos eletromédicos, uma [empresa] no mundo eletroeletrônico, [...] enfim, uma diversidade grande de setores econômicos atendidos. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

[...] a gente desenvolve basicamente projetos de inovação na área industrial, na área de manufatura para clientes, então a gente tem vários clientes diferentes, indústrias de diferentes portes, desde indústrias pequenas, médias e grandes até multinacionais como [empresa]. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Cabe mencionar, que o grau de interação entre empresa e fornecedor, varia em cada organização. Haja vista que algumas empresas preferem consultar o fornecedor somente para a aquisição da tecnologia, enquanto outras empresas contratam fornecedores especializados para realizar desde o diagnóstico das operações até a implementação de projetos.

[...] dentro da jornada 4.0 dela ela indicou a necessidade de desenvolvimento de um sistema pra gerenciamento fabril. Todos os requisitos desse sistema estão sendo trabalhados em conjunto com a nossa equipe de processos e a execução do sistema, por uma opção da [empresa], vai ser feita pela nossa equipe de desenvolvimento de software. [...] ok, então vamos desenvolver o sistema de controle da produção dele customizada. Nós nos oferecemos pra desenvolver a solução dele customizada, ele disse “não, eu quero ter uma equipe minha que vai desenvolver porque eu não quero depender de ninguém, mas essa equipe precisa de um *coach*, uma consultoria de especialistas e é aí que eu acho que a [instituição] pode ajudar [...] (ENTREVISTADO CATTLEYA).

O mais interessante para a gente é que todas as tecnologias que estão envolvidas na indústria 4.0, não são tecnologias novas, são tecnologias que já estavam aí por muito tempo e é muito legal a gente conseguir pegar essas tecnologias e aplicar elas, no caso do uso dos nossos clientes de grandes empresas. [...] então o nosso papel como produto e plataforma é empregar essas tecnologias cada vez mais rápido de uma forma

democrática para todo mundo [...] acho que a maior diferença é a democratização da tecnologia de fato, esse com certeza é um dos nossos maiores diferenciais hoje, pegar as tecnologias que essas empresas nunca tiveram contato e entregar ali de maneira prática e eficiente. [...] Eu acho que uma das coisas que a gente mais bate como o produto e como empresa é a democratização de tecnologias, a gente realmente acredita que isso faz com que todo mundo tem algum tipo de progresso, então a gente não só com uma empresa, mas se o mercado se compromete cada vez mais rápido à tecnologia, significa que a gente vai ter mais tecnologias novas e mais domínio sobre as tecnologias existentes [...] (ENTREVISTADO GOVENIA).

[...] muito difícil você imaginar que esse mesmo ambiente vai comportar inovação, por que inovação é o contrário de ter certeza que vai ser sempre igual, então as *startups* estão atuando exatamente aí, uma *startup* de fora ela consegue chegar, trabalhar algum conceito, diminuir o risco disso, e fazer uma transformação na empresa em conjunto, bem melhor do que esperar isso surgir de dentro, então eu acho que a parceria seria nesse sentido, é um segmento super tradicional que não tem espaço para a inovação, e a *startup* encaixa bem aí. [...] talvez algo que ilustra muito bem, é o programa conexão *startup* indústria, não sei se você já ouviu falar, então é um edital público que conecta empresas com *startups* para fazer um piloto, [...] onde as empresas buscam *startups* e ter uma metodologia para fazer acontecer, então eu acho que a gente está bem, já passou do começo dessa fase e estamos em um momento de talvez se tornar mais robusto, e tornar a cooperação mais eficiente, [...] (ENTREVISTADO MILTONIA).

[...] as startups como normalmente estão mexendo com tecnologias mais avançadas como por exemplo indústria 4.0, elas tendem a ser um elemento indutor muito poderoso e útil para a disseminação dessas tecnologias para atendimento da indústria, [...]. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

[...] então o potencial dessas empresas de base tecnológica desenvolverem soluções apropriadas e muito alinhadas a nossa realidade é enorme, tanto é que existe já centenas de empresas neste sentido, mas cada vez mais elas irão fazer parte no nosso modelo estratégico com as *startups*, *spinoffs* e não mais só aquelas empresas grandes de *softwares* de automação [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

Sob o ponto de vista do entrevistado Govenia, o papel da organização como fornecedor, é a democratização da adoção de tecnologias. Conforme destacado, as tecnologias da indústria 4.0, em grande medida, não são novas, mas cabe aos fornecedores transformar essas tecnologias, aplicá-las e gerar valor às empresas. E, desse modo, gerar progresso na organização e no mercado. Além de incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias e ampliar o domínio sobre essas.

Os entrevistados Miltonia, Brasiliorchis e Centroglossa destacam o papel de fornecedores específicos, caso das *startups*. Fica evidente que empresas dessa natureza são capazes de levar novas tecnologias para dentro das empresas industriais, as quais, em grande medida são mais tradicionais e o seu ambiente não é propenso a inovação. Em suma, *startups* constituem agentes disseminadores de tecnologias. Conscientes disso, outros agentes do ecossistema têm incentivado essa integração *startup*-indústria (caso do governo e federação). Ainda, destaca-se que a contribuição não é limitada as *startups*, outros modelos de negócios voltados a tecnologias estão cada vez mais coadjuvando a transformação na indústria.

[...] a primeira abordagem com os clientes da [instituição] acontece de uma forma ativa quando nós vamos a campo prospectar oportunidades e construir um relacionamento com o cliente, ou casos mais raros, em menor quantidade, aqueles em que o cliente nos procura. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

[...] agora vamos implementar a Indústria 4.0 para o iogurte, ah legal, aí eu chamo *startups*, chamo o governo, chamo a [empresa], chamo os produtores de leite, coloco todo mundo numa sala, o que vai sair de lá de dentro, um iogurte talhado né, por que não vai sair nada de bom, isso não vai funcionar, aí vai vir [instituição], vai vim a [instituição], vai com [centro de ensino], e o governo, vai vir o produtor de leite, vai vir fabricante de máquina, [...] cada um com seu interesse [...]. (ENTREVISTADO PHAL).

[...] eles querem vender o produto, eles não estão muito comprometidos em entender os problemas da empresa pra ver se tem alguma aderência ou não [...] (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

[...] existe um grande grupo de pessoas que vem com a vontade de vender soluções né, vender soluções fantásticas na indústria 4.0 que muitas vezes naquele momento não são necessárias [...] (ENTREVISTADO LEPANTHES).

Ainda sobre os fornecedores, observa-se o esforço destes para a prospecção de oportunidades e construção de uma relação com os seus clientes. Conforme evidenciado anteriormente, há um esforço para a integração entre fornecedores e empresas, mas, esse contexto ainda é permeado por incertezas e conflitos de interesse, haja vista que cada agente envolvido no processo de implementação da indústria 4.0 apresenta interesses distintos, seja ele o governo, fornecedores, centros de ensino, empresas industriais, entre outros. Ademais, com relação a certos fornecedores, há uma percepção por parte das empresas de que o único interesse é a venda de tecnologias. Ao passo que, as empresas esforçam-se no sentido filtrar aqueles fornecedores e as tecnologias que de fato irão agregar valor à empresa.

4.2.2.4 Governo

Nas empresas em que se manteve contato, há uma clara percepção da importância da esfera governamental sob o fenômeno. Ao passo que, vai se consolidando a proposição de que a implementação do novo modelo industrial não se restringe apenas as atividades internas e operacionais da organização, como também da atuação dos agentes do chamado ecossistema de inovação. Diante disso, foi possível agrupar evidências acerca da interação indireta do governo para com as empresas, conforme exposto na Figura 25.

Figura 25 - Interações entre governo e empresas em prol da implementação da Indústria 4.0.



Fonte: elaboração própria.

Em análise, verificou-se que a atuação indireta do governo para com a implementação da indústria 4.0 nas empresas consiste em três perspectivas principais, são elas: incentivos e oportunidades de financiamento, regulamentação e estratégia nacional. Acerca dos incentivos e oportunidades de investimento, conforme a fala dos entrevistados, é evidente que a disponibilidade de recursos para o financiamento e incentivos são pontos relevantes e mostraram-se favoráveis para o desenvolvimento de novos projetos com esse escopo.

Naturalmente o *gap*, a dificuldade pra tudo isso ela passa pelo *funding*, certo? Hoje a gente ainda carece no país de um conjunto de incentivos mais robustos para que se faça esse movimento e essa transformação. [...] os mecanismos de promoção de *funding*, de promoção da inovação ainda são muito raros e escassos, as agências de fomento e os bancos de uma forma geral, e eu acho que os dois ícones no país são a FINEP e o BNDES eles estão carimbando seus produtos com a indústria 4.0, mas a essência do produto não mudou. [...] Então a questão de *funding* é um elemento-chave e isso passa, eu acho que transcende aquilo que a gente pode fazer, é política de estado, na verdade. Talvez a gente precisasse ter uma política um pouco mais severa nessa direção. [...] se a gente pegar a pesquisa de investimento e inovação a gente percebe que o Brasil investe muito menos em inovação do que outros países, não só o estado brasileiro, mas o industrial, o executivo brasileiro ele investe muito pouco. (ENTREVISTADO CATTLEA).

E aí depois tem toda a questão de como isso exige muito investimento, este dinheiro vai vir de onde? Se eu quero ajudar o país a seguir uma certa trilha de modernização tem que ter investimento, quem vai bancar este investimento? Que tipos de linha de crédito, de programas, de juros e etc tem que ter? Então isso é um aspecto muito importante de ser equacionado, e não é só no Brasil é no mundo inteiro, só que o Brasil tem uma certa delimitação financeira especialmente agora. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

Acho que tem melhorado bastante, de 2 anos pra cá o governo brasileiro começou a trazer algumas iniciativas pra alavancar esse tema dentro do Brasil [...]. Eu sei que o governo vem trazendo bastante incentivos na parte financeira, parte fiscal por exemplo, implantação de robôs, importação que você tem redução na parte de impostos, tem lançado alguns cursos a respeito de Indústria 4.0 pra capacitar profissionais pra estar alavancando essa parte também [...] (ENTREVISTADO VANDA).

Em inovação, julgamos fundamental, termos políticas de financiamento públicos para incentivar o desenvolvimento e a demanda pela mobilidade elétrica e soluções digitais para a indústria 4.0. pois esses dois segmentos tendem a ser dois vetores de crescimento nos próximos anos, no Brasil e no Mundo. (VÍDEO 4).

[...] a gente tem planos de renúncia fiscal, tem alguns programas de incentivo à inovação, eles têm a temática da Indústria 4.0, então eles estão contribuindo na medida da possibilidade, de um recurso bastante escasso hoje, mas os programas de incentivo fiscal eles continuam, Lei do Bem, Lei da Informática, participação especial da [ruído] e a Aneel, que são os maiores programas de inovação nacional né, esses quatro, que são de renúncia fiscal, eles tem como temática, o forte é a transformação digital, não Indústria 4.0, e sim a transformação digital, então eles contribuem ao meu ver. (ENTREVISTADO PHAL).

[...] acabei de responder uma mensagem pro plano de apoio que vai sair daqui há uns 3 meses mais ou menos, vai sair um novo plano de apoio e nós estamos ajudando a escrever como vai ser esse edital de apoio e aí vão ser 5, vão apoiar 5 pilotos. 5 pilotos poderiam ser por planta, mas são 5 pilotos pro Brasil inteiro, [...] 5 pilotos, cara? Sério? É brincadeira! [...] eles são modestos, acho que essa é a palavra, são modestos. [...] já existem linhas de financiamento de máquinas 4.0, já existem linhas que são pouco acessadas pra indústria 4.0, pra compra de serviço 4.0, então assim, eu acho que é muito mais uma questão do mercado não ter amadurecido ainda [...] (ENTREVISTADO VANILLA).

[...] então eu acho que precisa ainda muito amadurecer questão de fomento e de política interna pra conseguir ter uma transformação do Brasil como indústria 4.0. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Eu creio que poderia ser melhor, poderia ser mais fácil para as empresas né, hoje pouquíssimas empresas têm acesso a alguma dinheiro, um subsídio né, principalmente da parte do governo, poderia ser melhor sim, [...]. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

Se a gente tivesse talvez uma estrutura de investimentos melhor por parte do governo, um programa de incentivo mais bem estruturado, mas a nossa realidade no Brasil não é essa [...] (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

[...] então o que a gente pode fazer, ou as vezes faz, são programas de chamadas de CT&I para resolver lacunas tecnológicas. (ENTREVISTADO PHAL).

Diante do reconhecimento da relevância da disponibilidade de recursos e dos incentivos, os entrevistados Cattleya, Centroglossa, Oncidium, Notylia e Cymbidium destacam que ainda há uma limitação sobre esses aspectos. Havendo a necessidade de incentivos mais robustos para a promoção de inovação, haja vista que, é considerado um fator decisivo para que as empresas invistam em pesquisa e desenvolvimento. Ademais, foi possível verificar iniciativas nesse sentido, como planos de renúncia fiscal, linhas de financiamento 4.0, além de chamadas de CT&I visando sanar lacunas tecnológicas, o que compreende no emprego de recursos públicos

em apoio a pesquisa, desenvolvimento e inovação. Outros aspectos que interferem no acesso aos recursos financeiros disponibilizados pelo Estado, consistem na existência de entraves burocráticos e morosidade que permeiam o financiamento de projetos de inovação.

Se você quiser buscar um crédito pra financiamento de inovação, de aplicação de novas tecnologias na tua indústria você continua levando os mesmos 8 ou 10 meses, que você levava há 5 ou 10 anos atrás pra fazer o processo de liberação, é um processo muito denso com muita burocracia pra liberação do recurso, ou seja, o recurso é pouco quando ele existe ele é burocrático e demorado. [...] Agora a essência dos processos pra indústria 4.0 talvez ainda precisem de mudanças um pouco mais drásticas. Elas ainda estão muito alicerçadas em modelos tradicionais, de uma forma geral a gente tem alguns direcionadores, por exemplo, como a EMBRAPPI tem trabalhado forte nessa temática, traz, propõe um modelo diferenciado, é um primeiro passo [...]. Se a gente pensa no mundo que tá se transformando numa velocidade muito grande, que a questão da competitividade ela precisa ser trabalhada dia a dia, você esperar dez meses pra obter o recurso pra daí começar a implantar o projeto que tem o seu *timing* de implantação mais seis ou dez meses, você corre o risco de perder uma janela de mercado dependendo do segmento econômico que você tá. [...] Por outro lado o Estado não cria esses benefícios e quando cria fica amarrado nas questões burocráticas aí até por questões também da nossa cultura, do jeitinho brasileiro, das fraudes, do mau uso do recurso público e por aí vai, né. Então você precisa ter uma carga burocrática importante, mas essa carga acaba provocando *delay* na captação dos recursos, o custo do recurso também não fica tão atrativo em relação a disponibilidade de recursos em outros lugares. Por exemplo, nós temos startups no ecossistema de [cidade] que acabaram optando por estabelecer base na Suíça porque as condições de custo e de recurso do governo suíço eram muito mais vantajosas em relação as condições de custo do dinheiro das agências, disponibilidade e custo do dinheiro no Brasil, hoje a gente tem visto uma migração importante de empreendedores pra Portugal também pelo mesmo motivo, ou seja, condições, recursos e custo de operação mais atrativa do que em relação ao mercado, enfim, essa discussão é um pouco complexa, né?. [...] (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Do ponto de vista prático ainda é muito burocrático, precisaria ser muito mais direto, precisaria retirar os entraves pra poder chegar realmente, efetivamente, e utilizar esses programas, hoje em dia ainda é meio complicado [...]. Entrave de edital, de você estar habilitado para o edital, aprovação do projeto, o tempo que se leva pra você conseguir incluir o projeto e aprovar o projeto. Esses prazos, eles não conversam com a necessidade da Companhia, não conversam com a velocidade da Companhia, então tudo isso é muito demorado. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

Já em questão de financiamento está sendo alvo de vários apoios, por exemplo a FINEP já tem uma linha especificamente para financiar projetos de indústria 4.0, os órgão de fomento à pesquisa e desenvolvimento também, os programas acadêmicos relacionados na área de engenharia também tendem a estimular bastante esse setor, então, claro nas medidas proporcionais da nossa realidade de investimento em P&D que não é tão avançada quanto os países mais desenvolvidos, a gente já tem uma estrutura razoável de fomento e de financiamento de suporte da indústria 4.0 no país. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

[...] o BNDES sempre teve um papel muito forte em financiar máquinas e equipamentos, que é o tal do Finame, e logicamente ele fez um trabalho muito forte, muito bom junto com a gente na [associação] para trazer as soluções de Indústria 4.0 para o mesmo tipo de [fomento], então ele desenvolveu uma nomenclatura com gestão e tecnologias habilitadoras que eu costumo seguir, então entra a parte de software, a parte de sensores, a parte de impressão 3D, enfim, robótica, [...]. [...] ele fez a lição de casa direito, ele não só criou os códigos, ele olhou todo o produto e criou o Finame 4.0, é algo muito bem feito mesmo, [...] você tinha o índice de nacionalização por peso e por preço, mas para você poder vender uma máquina da Finame, ela deveria ter 60%

do peso nacional, só que isso não faz mais sentido quando você vai vender um software de gestão de indústria 4.0 por exemplo, então hoje eles conseguiram alocar até consultoria de indústria 4.0 dentro da Finame, que é o Finame 4.0, serve para bens e para serviços, então é um trabalho maravilhoso que mostra como a gente evoluiu não só como sociedade, mas como até o fomento evoluiu para isso. (ENTREVISTADO MILTONIA).

Nas falas dos entrevistados Cattleya e Dendrobium fica evidente os impactos que os entraves em termos de editais de fomento podem causar ao processo, há uma preocupação com a morosidade e a perda da “janela de mercado” naquele momento. Ademais, verifica-se que há uma falta de atratividade dessas oportunidades de financiamento devido a essa morosidade. A medida em que é possível que determinada empresa escolha operar em outro país mais atrativo.

Evidencia-se que as linhas de financiamento ainda estão muito alicerçadas a modelos tradicionais de oferta de crédito. Acerca disso, os entrevistados Brasiliorchis e Miltonia destacam que há no mercado linhas de crédito direcionadas a indústria 4.0, frutos de esforços da Finep e do BNDES. Desse modo, observa-se que há um amadurecimento dessas instituições em prol do emprego de linhas de crédito adequadas para a indústria 4.0. A exemplo do esforço do BNDES através do desenvolvimento do Finame 4.0, o qual se enquadra tanto para máquinas e equipamentos, quanto para serviços 4.0; além da flexibilização de requisitos para com os itens financiáveis. Ainda, cabe destacar que esse movimento ocorreu a partir da integração entre associação e instituição financeira para o desenvolvimento da linha de crédito nos moldes dos requisitos da indústria 4.0, conforme explicitado pelo entrevistado Miltonia.

Outro aspecto observado em termos da atuação do governo consiste na regulamentação, nesse ponto, os entrevistados apontaram a possibilidade de que determinados projetos e a implementação de tecnologias podem se dar por força de legislação, ou ainda, a tributação e a segurança jurídica no país influenciam na implementação de tecnologias 4.0 pelas empresas.

É, para mim o motivo de implementação de uma tecnologia ou, é que um sistema de conformidade de qualidade ele tem três raízes básicas, que eu acho que eu já devo ter citado aqui, mas não dessa forma, uma é por força de legislação, então a legislação exige que isso seja implantado, [...]. (ENTREVISTADO PHAL).

[...] na parte metal mecânica, tem peças que são feitas na Alemanha que a gente poderia fazer aqui, e é mais barato fazer lá porque o custo do aço lá é mais barato, enfim, tem uma série de ineficiências fiscais e etc., [...] então a mesma empresa com as mesmas pessoas só colocadas aqui, fica 30% mais caro para começar a brincadeira [...]. (ENTREVISTADO MILTONIA).

Só enfatizar o aspecto de regulatório né, existe certas tecnologias, a introdução delas não dependem apenas das empresas e do mercado, dependem do governo por exemplo, e como mero exemplo, tecnologias de comunicação, estamos entrando agora com a tecnologia de 5G, agora que está começando, é uma tecnologia que não está regulamentada, portanto as empresas de comunicações no sentido mais amplo da palavra, telefonia, IoT, satélite e tudo mais, eu não consigo ainda usar essa tecnologia porque eu não tenho segurança jurídica, porque não existe uma regulamentação, quem

diz de 5G diz de várias outras coisas que precisam ser combinadas de normas, enfim, então isso é um aspecto que às vezes não é muito divulgado nos estudos e na mídia, mas que tem um impacto profundo. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

[...] também em questões de legislação por trás, principalmente quando você fala de robôs colaborativos, robôs autônomos [...]. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Dentro de robôs colaborativos que foi uma das coisas que a gente mais penou com norma, a gente tinha a NR 12⁷ que não permitia a gente instalar robôs sem grades, então a gente foi lá, estudou, estudou, estudou e junto com o engenheiro de segurança ali da empresa a gente conseguiu homologar internamente pra colocar aquele robô, porém a gente não tinha laudo de NR 12, a gente recebeu a visita do secretário do ministro da inovação, ele viu aquela aplicação, viu nosso embasamento que aquilo era seguro e dois meses depois soltou um adendo que esses tipos de instalações de robôs colaborativos poderiam ser feita, desde que acompanhasse a norma ISO 15066 que é uma norma internacional que ela foi lançada acerca de robôs colaborativos [...] (ENTREVISTADO VANDA).

Conforme evidenciado pelos entrevistados Centroglossa, Cymbidium e Vanda, tecnologias como 5G, robôs colaborativos e robôs autônomos, carecem de marcos regulatórios para a sua implementação. Fica evidente com a fala do entrevistado Vanda, que há situações em que a norma que regula a utilização de tecnologias não amadureceu na velocidade com que a tecnologia foi desenvolvida e introduzida no mercado. Ao passo que, coube a própria organização desenvolver e embasar a utilização deste, para posterior solicitação junto aos órgãos competentes de providências.

Outro aspecto levantado, de incumbência do governo é o desenvolvimento de uma Estratégia Nacional, é possível verificar que há demanda de um plano estratégico voltado a indústria 4.0 no país.

[...] elaboração de uma Estratégia Nacional, então a questão é que existe vários estudos, por vários órgãos nacionais sobre indústria 4.0, impactos, direções etc. Mas existe certa descoordenação no sentido de que cada um desses estudos focou um pouco mais nas suas áreas, mas falta uma visão mais abrangente de longo prazo para o país. [...] eu acho que ainda são feitas de maneira bem específicas e isoladas para alguns setores, até hoje a gente não viu um plano diretor grande de transformação digital que abrangesse todo o país, foi sempre algum fomento muito específico pro setor elétrico, ou para o setor de médias empresas automotivas, então eu acho que ainda falta algum plano diretor que movimente isso de maneira nacional mesmo né. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

[...] câmara da indústria 4.0, tem mais ou menos 60 participantes, praticamente os representantes de todos os setores principais industriais do país, em termos de organizações né, ABIMAQ, [inaudível], ANFAVEA e coisas do gênero, e depois eu acho que mais tipo uns 10 pessoas, consultores convidados, pode ser professores ou até mesmo consultores do mercado etc, enfim, então esse grupo é o que tem ajudado o MDIC e o MCTI a definir ou trilhar caminhos rumo a essa estratégia, só que como eu falei lá no início, eles ajudaram a conceder inúmeros documentos muitos relevantes diga-se de passagem [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

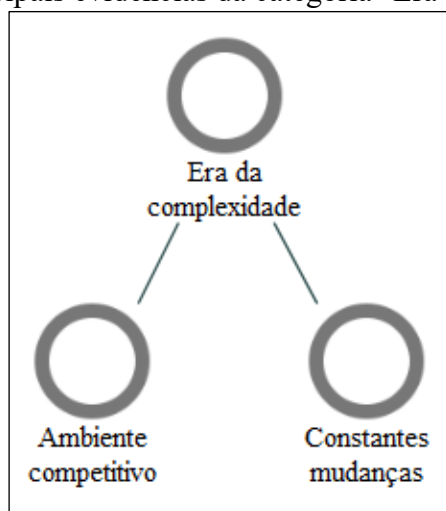
⁷ Norma Regulamentadora número 12, refere-se a segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.

Conforme evidenciado pelo entrevistado Centroglossa, no país há diferentes iniciativas e estudos no escopo de indústria 4.0, além de ações mais locais e focadas em determinados setores, ao passo que, falta uma visão mais abrangente para o país como um todo. Que facilitaria e sincronizaria a atuação dos diferentes agentes econômicos em prol da implementação da modernização industrial no país.

4.2.3 Era da Complexidade

A categoria “Era da complexidade” emergiu dos dados a partir da compreensão de que a empresa precisa atentar-se constantemente sobre os movimentos do mercado e ambiente externo, as quais impactam diretamente na demanda pelos seus produtos, bem como a demanda futura.

Figura 26 - Principais evidências da categoria "Era da complexidade"



Fonte: elaboração própria.

Na sequência, as subcategorias “ambiente competitivo” e “constantes mudanças” são discutidos.

4.2.3.1 *Ambiente competitivo*

O ambiente competitivo mostra-se como um dos fatores principais, do ambiente externo as empresas, que condicionam os investimentos em novas tecnologias. Os gestores reconhecem que há um movimento em busca pela sobrevivência das empresas devido a competitividade do mercado.

Eu costumo dizer que as indústrias, não só no Brasil mas no mundo inteiro, elas estão em uma situação em que “se parar o bicho come e se correr o bicho pega”, pensa que em ela ficando parada tem a certeza absoluta que vai morrer, que ela vai desaparecer ou vai ficar ao nicho de mercado extremamente pequeno, ou de escala muito reduzida aqui de uma cidade, de um bairro ou uma região, então sobra apenas o risco, a chance de correr talvez o bicho não me pegue. Então no fundo é o que as empresas estão fazendo, elas sabem que a concorrência é muito grande, [...] elas sabem que se não se mexessem, não investisse, não tentar fazer alguma coisa nessa direção, elas vão desaparecer, então no fundo esse é o grande motivador [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

[...] a concorrência é que desafia a companhia a lançar mais produtos, a ter custos mais baixos, se não existisse concorrência ficaria tudo muito mais confortável e não se geraria necessidade de fazer as coisas diferentes, em poucas palavras é assim que eu vejo que como determinante sim. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

Fica evidente que a competitividade não se limita a aspectos locais, pois as economias estão cada vez mais globalizadas, desse modo, observa-se que a estagnação da empresa em termos tecnológicos é vista como uma condição que resulta na dificuldade de acesso a certos mercados, e a cadeias de valor mais amplas e rentáveis.

Varia em função do setor da região e do porte, então em geral, não é uma regra, mas em geral as grandes empresas tendem a ter uma sensibilidade maior, especialmente aquelas que tem uma atuação global, não necessariamente multinacionais, mas as empresas que atuam globalmente, ou seja, brasileiras multinacionais ou estrangeiras, normalmente elas estão mais sensíveis por que o mercado global já vem trabalhando nesse tema a alguns anos [...] normalmente a gente tem que acessado mercados mais exigentes, com concorrência maior, mais competitivos e consequentemente a indústria 4.0 também pode gerar ferramentas que permita e facilite de acessar esses mercados, essa é uma outra razão também. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

[...] muitas médias grandes, e grandes já tinham projetos de modernização que poderiam ser vistos como indo na direção do que a indústria 4.0 apregoa, e muitas das médias pequenas e pequenas empresas acabaram sendo pressionadas, metralhadas digamos assim, por introduzir esses tipos de tecnologias [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

a competição agora no mercado ela é global, a gente não está competindo só contra as pessoas formadas na mesma localidade, a gente está competindo com talentos do mundo inteiro, [...]. (VÍDEO 7).

Quando a gente olha os projetos que a gente tem feito com, por exemplo, com a indústria eletroeletrônica a turma tá olhando o que tá acontecendo lá fora pra questão de competitividade, [...] a visão global ela permanece ativa sim, uma vez que boa parte dessas indústrias tem como alvo o mercado de exportação também [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

A percepção dos entrevistados indica que as grandes empresas enfrentam pressões, e são mais sensíveis as tendências do mercado global, devido ao mercado de atuação. Ao passo que, o mercado direciona as empresas para a implementação da indústria 4.0, a qual, em última instância criará condições para o acesso a determinados mercados. Essa força tem se infiltrado

para as pequenas e médias empresas, através da cadeia produtiva. Ainda, percebe-se também que o ambiente competitivo tem afetado o mercado de trabalho, o qual tornou-se global.

4.2.3.2 *Constantes mudanças*

A subcategoria “constantes mudanças” emergiu dos dados a partir do entendimento dos participantes diante do ambiente em que estão inseridos de constantes mudanças. Essa inconstância ao longo do tempo mostra significativos efeitos na forma como as ações e o percurso estratégico da empresa são decididos, ou seja, como são planejadas as ações empresariais, especialmente no que tange o horizonte temporal com que se planeja. Ao longo do tempo, as empresas desfrutaram de momentos de estagnação, porém mudanças bruscas demandam da capacidade de adaptação das empresas. Cabe salientar que, essas mudanças são vistas como inevitáveis no atual contexto.

[...] a gente talvez ficou durante muitos e muitos anos acostumados com uma espécie de normalidade, onde aconteciam coisas eventualmente na economia, no crédito da bolsa ou então uma questão de uma curva exponencial de evolução de tecnologia né, que gera um ambiente competitivo. Mas na verdade quando a gente olha numa escala de tempo maior, a gente vai ver que esse tipo de evento é que tem uma probabilidade maior do que esperada de acontecer né [...]. Agora um pouco conectando com o que foi falado no início do tema que é o VUCA, a pandemia ela é um evento, mas quando a gente olha essa curva exponencial né, de mudanças exponencial que vai acontecendo, até vi um estudo muito interessante do Dot Bank recentemente, onde eles preveem que a probabilidade de ocorrer um outro evento disruptivo nos próximos dez anos é de 33%, então assim, hoje foi a pandemia ou em 2020 está sendo a pandemia, mas pode ter um vulcão, pode ter um grande terremoto, pode ter uma outra pandemia, pode ter uma disrupção tecnológica, enfim, são da mesma forma que entrou a pandemia agora, acho que o grande conceito do VUCA é que a pandemia é um evento que ano que vem vai ter outros, vai ter outros, e a gente talvez ficou durante muitos e muitos anos acostumados com uma espécie de normalidade [...]. (VÍDEO 7).

[...] a gente vive no mundo que é linear, e essa transformação, essa disrupção ela não é linear. (VÍDEO 4).

[...] a gente está mudando o mercado constantemente né, para não ficar com uma empresa que está abaixo do nível das demais né [...]. (ENTREVISTADO LANIUM).

[...] no nosso caso foi extremamente voluntário, a gente sentiu a necessidade de começar a desenvolver um programa de indústria 4.0, até porque pra gente ficar a par do que está acontecendo, né, no mercado, a gente precisa acompanhar a evolução, [...]. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

[...] quem não fizer não se preocupe, porque não vai dar tem nada para fazer da vida, porque se você não entrar nessa, não é opcional, é que nem a lei da gravidade, a lei da gravidade não importa se quer que as coisas caíam, não ela vai cair, que nem a globalização [...]. (VÍDEO 3).

Conforme observado no discurso do Vídeo 7, os eventos disruptivos são parte da trajetória das empresas, e devem ser reconhecidos como parte do processo. Desse modo,

algumas empresas podem afetar o comportamento do mercado diante de suas decisões, ou seja, serem disruptivas, ou apenas tentarem se adaptar as mudanças impostas. Ou ainda, não empreender esforços nesse sentido, arriscando não sobreviver no mercado, conforme o entrevistado Lanium e o conteúdo do Vídeo 3.

[...] a fábrica ela foi construída para montar um produto, então toda fábrica produz um produto. Esse produto ele serve para atender basicamente pessoas, certo? O que é que acontece, o que é que está acontecendo, o que é que vai acontecer? As pessoas mudam, as necessidades mudam, conseqüentemente os produtos que essas pessoas querem mudam. Cada vez mais os produtos mudam e vão mudar rápido. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

A solução não é mais a produção em massa ou a produção do bem. As novas gerações estão mostrando que o mundo está mudando [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

[...] a ideia é que se produza até em última instância produtos únicos, atendendo a clientes de uma forma exclusiva, e atendendo seus requisitos [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

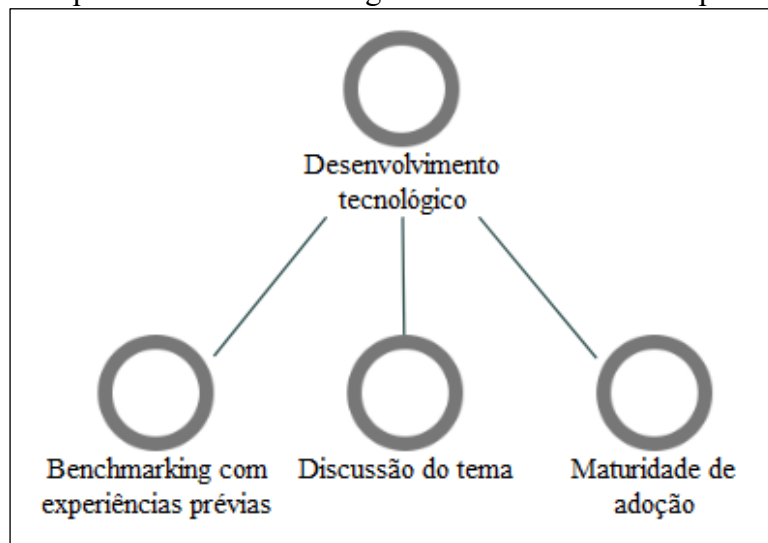
[...] no ponto de “tudo digital” [...], o que se observa quando a gente fala de tudo digital e tudo online estão falando de serviços e conteúdo, [...] é serviços remotos e conexão consumidor, por exemplo a gente instala ar-condicionado, o consumidor nesse momento de crise não quer receber ninguém casa, como que você ajuda ao consumidor a reparar um eletrodoméstico ou fazer os ajustes por si próprios, então na verdade esse do *yourself*, que essa tendência que já existe nos países da Europa e nos Estados Unidos a gente também acredita que chegue aqui. [...] vão ter que repensar qual é o papel da loja física nessa jornada de consumo online dos consumidores, vão existir novas expectativas em relação aos produtos, os consumidores estão dentro de casa consumindo os produtos de forma como jamais vistos, eu posso dar exemplo mim mesmo, a quantidade de vezes que eu mesmo tô lavando roupa com os equipamentos que a gente mesmo produz, e o nível de envolvimento com a categoria tomou uma outra proporção e claramente como consumidora lá na frente eu vou ser muito mais exigente. (VÍDEO 4).

É evidente a orientação das empresas para o mercado, ao passo que, estar a par das mudanças e tendências do mercado consiste em um fator determinante para a preservação do negócio. Dentre as principais mudanças que estão sendo vislumbradas para o futuro próximo, estão a personalização dos produtos e a redução da produção em larga escala, o aumento das compras online, além da atenção às exigências dos mercados externos. Aspectos que impactam diretamente na forma de produzir e comercializar seus produtos.

4.2.4 Desenvolvimento tecnológico

Um aspecto bastante evidenciado pelos entrevistados remete ao desenvolvimento tecnológico no sentido da Indústria 4.0. Diante disso, a referida categoria desdobra-se em três subcategorias (conforme Figura 27), a saber: *benchmarking* com experiências prévias, discussão do tema, e maturidade de adoção.

Figura 27 - Principais evidências da categoria "Conhecimento e experiências prévias"



Fonte: elaboração própria.

As subcategorias são aprofundadas nas seções seguintes.

4.2.4.1 Discussão do tema

Ao trazer as falas dos entrevistados, nota-se que as “discussões do tema” possuem diferentes circunstâncias e contribuições. Há um esforço de diferentes instituições, fornecedores, federação, entre outros, na disseminação do conceito da indústria 4.0 e de torná-la conhecida no país, na promoção de discussões, debates e proposições de formas de aplicar e/ou adaptar essas tecnologias no âmbito brasileiro. Em tempos de pandemia, observou-se a intensificação daquelas ações que já estavam ocorrendo, porém, sob um âmbito mais local. Caso dos eventos, *workshops* e palestras online. Aspectos que fortaleceram a disseminação e democratização dessas informações.

A [instituição] na verdade, talvez seja uma das instituições que mais disseminou esse conceito, porque ele começou a ser trabalhado justamente no âmbito federal, seja no âmbito governo como principalmente na CNI, na área da confederação nacional das indústrias, e a [instituição] já vem a vários anos desde que começou a discussão no Brasil sendo uma das protagonistas [...]. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

[...] eu acho que esses programas de várias entidades e do governo pelo menos eles estão ajudando no sentido de ampliar a discussão, de trazer novas ideias, acho que isso é importante. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

É um tema que a gente vem trabalhando pelo menos desde 2013, 2014. Logo no início, e hoje tá mais popularizado, tá mais difundido e esclarecido, afinal de contas, o que tem por trás desse conceito?, quais são os paradigmas que vem aí?. [...] Há dois anos atrás, quando a gente falava em indústria 4.0 era um patinho feito, ninguém sabia exatamente o que tava por trás disso e o que isso significava para o seu negócio. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Então os gestores estão preocupados sim com isso e é um debate longo que a gente vem tendo há alguns anos pra poder começar esse processo de trazer essas tecnologias para o nosso chão de fábrica. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Sim, e até a parte pós-pandemia que tudo virou digital e online, para você conhecer as coisas, *podcast*, vídeo, a própria [associação] ela fez uma transição extremamente rápida de toda o material de comunicação, de todo o trabalho feito internamente virou digital e online para todo mundo, ao vivo, então estão sendo feito *webinars* toda a semana, de alto conteúdo, discussão muito positiva, perguntas no chat do YouTube, então para mim, acho que a gente como sociedade deu um passo muito bom em democratização e informação (ENTREVISTADO MILTONIA).

[...] a quantidade de eventos e de fomentos para a transformação digital vem crescendo a cada ano, hoje é muito difícil você como uma empresa não estar conectado em algum evento, algum tipo de fomento, algum tipo de *workshop* de inovação ou de transformação digital, então eu acho que isso vai crescer mais ainda isso é muito bom porque facilita o acesso de informação, o acesso a novidades, soluções que estão no mercado. (ENTREVISTADO GOVENIA).

[...] agora todo mundo tá falando disso e eu não tenho aqui na minha empresa [...] (ENTREVISTADO PHAL).

O que a gente percebe é o seguinte: primeiro, naturalmente as empresas maiores, de maior aporte, tem uma facilidade maior de adoção disso porque conseguem dispor de recursos para construir essa jornada de compreensão e tem mais acesso a informação, esse é um ponto. Independente do setor, as de maior aporte tendem a andar na frente. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Ações voltadas a discussão do tema propiciam a conexão entre as empresas industriais e os demais agentes, além de ampliar as oportunidades de adoção e implementação dessas tecnologias, noção das novidades e soluções que estão disponíveis no mercado, ou em fase de desenvolvimento. De maneira geral, percebe-se que a discussão do tema no ecossistema abre fronteiras das organizações para as tecnologias. Ainda, conforme a fala do entrevistado Cattleya, aquelas empresas que possuem maior aporte, ou seja, que são maiores, despontam na adoção dessas tecnologias, em parte, devido a disponibilidade de recursos no emprego da compreensão e no acesso as informações.

4.2.4.2 Maturidade de adoção

A subcategoria “Maturidade de adoção” emergiu dos dados diante das indicações sobre como o grau e a maturidade com que as tecnologias eram utilizadas no ambiente geral influenciam na internalização destas. Desse modo, as principais evidências identificadas consistem na adoção de tecnologias no país, adoção de tecnologias no setor de atuação e a maturidade das tecnologias, conforme exposto na Figura 28.

Figura 28 - Dimensões da subcategoria "maturidade de adoção"



Fonte: elaboração própria.

Acerca da maturidade da adoção das tecnologias no país, os entrevistados ainda consideram que o país está defasado, a exemplo da utilização de robôs na indústria. Porém, há inúmeras variáveis que influenciam nesses aspectos, como o porte e o setor das empresas de uma maneira geral. Por isso, não há um consenso sobre a maturidade do país entre os entrevistados. Mas, diferentes agentes têm se movimentado no sentido de atenuar esse atraso na adoção de tecnologia vislumbrado pelo Brasil, através de incentivos para as empresas na adoção de tecnologias.

Nós trabalhamos aqui muito perto das indústrias usuárias de tecnologias bem como das empresas que produzem soluções de *software*, de automação em geral para a indústria 4.0 e há um claro aumento de investimento dessas empresas usuárias na adoção dessas tecnologias. [...] muitas médias grandes, e grandes já tinham projetos de modernização que poderiam ser vistos como indo na direção do que a indústria 4.0 apregoa. [...] baixíssimo nível de adoção de tecnologias pelo grosso das empresas, eu lembro que mais de 99% das nossas empresas são micro, pequenas e médias, com número de limitações [...] (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

[...] interessante para você saber também que é a quantidade de robôs por trabalhador, tem esse índice mundial, quantos robôs por habitante e trabalhador, agora eu não me recordo, então é tipo uma razão, se eu não me engano Coreia do Sul e 10 mil robôs, eu tinha esse número na ponta da língua, mas eu esqueci, 10 mil robôs por... Não sei, eu sei que o Brasil é um dos piores, [...]. (ENTREVISTADO MILTONIA).

E outra, vou te dizer, o Brasil não tá mal na implantação não, é um ledô engano. Acho que o nosso problema do cachorrinho vira-lata que o Nelson Rodrigues falava que a gente continua com ele [...]. O nosso objetivo é acelerar a adoção dessas tecnologias afim de fazer com que o Brasil não fique mais defasado ainda. (ENTREVISTADO VANILLA).

De modo mais específico, o estágio de adoção de tecnologias no setor constitui em um importante estímulo na adoção e no acompanhamento dessas inovações. Ademais, ao

vislumbrar a adoção no meio, as empresas industriais conseguem identificar fontes de informações e conhecimento, realizar o *benchmarking* e utilizar essas tecnologias em seu contexto, esse processo como um todo, vai oportunizando o próprio amadurecimento das empresas, dos fornecedores, das tecnologias, e da utilização de tecnologias pelo país. Resultado do esforço de diferentes agentes, voluntariamente ou involuntariamente.

Eu acho que é muito mais uma questão do mercado não ter amadurecido ainda, das pessoas não terem avançado, saber do nome elas já sabem, e meio que tá caindo a ficha do que se trata e muitas vezes estão buscando fornecedores que não estão maduros ainda, acho que tá acontecendo um amadurecimento [...]. (ENTREVISTADO VANILLA).

Depende do setor, da região e do porte, a gente tem regiões que o nível educacional do trabalhador é muito baixo, e aí é mais difícil falar em soluções dessa natureza, se tem setores onde a tecnologia não faz tanta diferença, por exemplo, vou pegar até o caso mais fora do convencional, a parte de agro, você tem setores onde a agricultura de precisão já acontece de maneira totalmente consolidada por que os meios de produtividade e de práticas adotadas de gestão ou de produção estão no nível internacional, e ao mesmo tempo você tem setores agrícolas onde a agricultura é quase artesanal, tudo muito primário, então não adianta você querer falar de indústria 4.0, de agro 4.0 nesses setores. Em vários setores da área de serviço você tem, em alguns casos a tecnologia já bem disseminada ou disseminável, mas em outros setores é bem complicado você vai falar, por exemplo, em área de prestação de serviços técnicos, contabilidade, finanças e tal é fácil de convencer, é fácil de explicar, mas você vai falar em serviços as vezes domésticos e tal é totalmente fora do normal, então depende da região e do nível educacional dos trabalhadores e dos setores. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

[...] setor automotivo, que é um setor bastante maduro a nível das chamadas tecnologias de produção convencionais, certo? Muito regrado e muito normatizado na perspectiva do processo produtivo e dos modelos de operação. [...] Sem dúvida nenhuma é a indústria que tem uma maturidade maior, ou seja, que tá mais próximo da adoção completa de todas as tecnologias habilitadoras. [...] impressionante, o abismo tecnológico que existe da cadeia de petróleo e gás pra outros segmentos econômicos. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

As empresas de processos contínuos, empresas que tem fabricação de produtos que são de forma contínua, por exemplo, papel e celulose, as empresas automobilísticas também que tem linhas de produção, esses são dois exemplos de indústrias de segmentos de mercado que tem nível de automação bem refinado já. (ENTREVISTADO VANILLA).

Ainda, o nível de adoção de tecnologias esbarra no aspecto “maturidade das tecnologias”, vale-se do argumento de que estão disponíveis no mercado diferentes tecnologias que ainda não estão maduras o suficiente para a implementação em larga escala na manufatura. Esse aspecto é evidenciado pelos entrevistados.

[...] a própria indústria 4.0 não surgiu da noite para o dia, ela vem como uma evolução de inúmeras metodologias, inúmeras visões de automação, o que nesse momento se convencionou o chamado indústria 4.0, [...], e outras que ainda são bem mais complicadas e que vai ainda um bom tempo para serem usadas na forma como as vezes o pessoal fica falando, por exemplo a tal da inteligência artificial, eu já trabalhei a mais de 20 anos com isso e quando a gente fala de inteligência artificial, também

como se costuma falar no popular, o buraco é muito mais embaixo, para problemas pequenos e mais comportados, etc, ok sim, já existem coisas bem interessantes e “fáceis” de programar etc, mas grosso dos problemas industriais, as ferramentas do ambiente ainda não está preparada [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

[...] esse conjunto de tecnologias são, o que a gente pode chamar, são as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 e que passam a compor as tecnologias de produção a partir de agora, algumas dessas tecnologias ainda precisam ser amadurecidas, mas elas já são realidade [...] a gente trabalha com as classificações de maturidade da Acatech que trabalha lá com os níveis de maturidade [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Você conhece a escala TRL? a escala TRL é uma escala de *Technology Readiness Level*, é escala de maturidade de inovação tecnológica, onde ela atrás de um até nove, onde um dois e três aqui ele vai ter uma prova de conceito, aqui uma validação laboratorial, aqui o estudo do estado da arte, aqui assim eu vou ter uma prova em ambiente significativo, e aqui é escala, e o final é a maturidade total, né Ok, então a TRL é uma escala proposta, né pela DNV, pela NASA também, ela prevê o que? que a tecnologia ou qualquer negócio inclusive, um negócio de gestão ou um processo né, ele tem passos para ser desenvolvidos, você não pode sair daqui de uma ideia e já querer escalar, você precisa de uma prova laboratorial, depois uma prova em ambiente significativo [...] então grandes empresas tem isso consciente né, qual é a maturidade dessa tecnologia. (ENTREVISTADO PHAL).

O pipeline ele é vivo e tá sempre em constante evolução, então eu tenho que entender também que por se tratar de uma tecnologia nova que é um conceito que está em desenvolvimento isso tem um processo de maturação, muitas vezes não é tão imediato, outras frentes que já tenha a tecnologia dominada, outros processos que a gente implementa e já aparece o resultado então tem de experimentação envolvida. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Diante da consciência acerca da maturidade da tecnologia, comumente é utilizada a escala TRL para mensurar o nível de maturidade das tecnologias com que se está trabalhando. Sendo possível mapear as ações necessárias para que determinada tecnologia obtenha maturidade. Basicamente, conforme explicado pelo entrevistado Phal, o processo consiste no desenvolvimento de modelos teóricos, ensaios laboratoriais, escala piloto e escala final ao mercado. Diante disso, muitos projetos de adoção de tecnologias dentro das empresas industriais seguem essa avaliação escalar da evolução, com maior proeminência no desenvolvimento de testes pilotos dentro das plantas, para posterior adoção em escala ou ampliação da adoção de determinada tecnologia.

4.2.4.3 *Benchmarking com experiências prévias*

Analisando as falas dos entrevistados, observa-se que ações de *benchmarking* com as experiências prévias de implementação de projetos e de tecnologias 4.0 trazem novos conhecimentos para as empresas, previamente ao processo de implementação dentro desta. Sob uma perspectiva ampla, a utilização da ferramenta não se limita as empresas industriais,

percebe-se que as próprias fornecedoras de soluções e tecnologias também praticam a busca pelas melhores práticas em empresas reconhecidas como líderes ou *players* no mercado.

[...] outros aspectos para mim seriam a adoção de sucesso, o *benchmarking*, de alguém do setor, daí então é dizer que a Ford fez isso e que teve sucesso que a Fiat vai atrás, né, então é uma adoção de exemplo de um setor. (ENTREVISTADO PHAL).

Eu identifico no mercado algumas empresas que elas desenvolvem aplicações que possam ser sinérgicas com os meus objetivos que não necessariamente são concorrentes, mas que eles são sinérgicos, por exemplo, vou identificar no mercado, eu fabrico compressores para refrigeração, mas posso identificar no mercado alguma outra empresa que desenvolve uma aplicação, sei lá, na indústria automobilística que não é necessariamente concorrente, mas que ela consegue mapear, por exemplo, os tempos de execução de cada atividade lá no chão de fábrica. É uma aplicação que é comum para as duas empresas, pode beneficiar as duas empresas da mesma forma [...]. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Fica evidente com a fala do entrevistado Oncidium, a busca no mercado por empresas de ramos semelhantes, ou ainda, que possuam processos ou que as soluções adotadas sejam semelhantes. O cerne consiste na aquisição de conhecimentos acerca do processo, aspectos que permeiam a adoção da solução ou da tecnologia em si, ou ainda, como aquela empresa solucionou determinados problemas. Percebe-se a instauração de um ambiente de cooperação entre organizações, mesmo que temporário.

[...] apesar de parecer que as empresas são concorrentes, muitas vezes elas cooperam muito mais do que no mercado tradicional, muita troca de informação, porque a gente sabe que tem muita coisa pra ser feita e muitas vezes não sabe como fazer, então a gente troca ideia uns com os outros, e a gente evolui muito com isso, [...] um posicionamento de mais colaboração e menos competição, porque se você entender que o teu fornecedor é teu capacho você nunca vai conseguir fazer com que ele te traga ganhos expressivos a não ser cumprir aquele pedido de compra que você colocou e ele não tem interesse nenhum pelo teu negócio, ele tem interesse no teu dinheiro e não no teu negócio [...]. (ENTREVISTADO VANILLA).

Além disso, o *benchmarking* pode ocorrer também dentro da própria organização, não havendo limitações geográficas, ao passo que, empresas multinacionais contam com as experiências das demais plantas. Aspectos evidenciados pelos entrevistados Cymbidium e Denphal.

Acontece que a nossa indústria no Brasil ela é muito diferente da indústria pra qual o tema indústria 4.0 foi criado, então a gente tem uma indústria que ela é muito variável, onde existem muitas pequenas empresas familiares que começaram com uma indústria pequena e cresceu, e tem uma gestão ainda familiar, e existem algumas multinacionais que trazem toda a tecnologia. [...] Se você pegar as empresas maiores, assim, vamos pegar o caso da BMW, por exemplo, ela traz todo uma fábrica pronta, modelada de fora, ela implementa essa fábrica aqui e ela já tem todas as tecnologias definidas. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Nos Estados Unidos, se não me engano em Benton Harbor, existe equipes em cada tipo de processo, e localmente tem um representante unido a essa pessoa dos Estados

Unidos que ajuda a pensar a pegar *benchmarking* pra poder fazer em outras plantas [...]. (ENTREVISTADO DENPHAL).

[...] gente em quantidade, bem treinada, tendo experiências com empresas que atuam no setor para você poder incorporar rápido as tecnologias da sua realidade. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

Uma dificuldade que a gente tem é como mapear e a gente conseguir se manter atualizado frente a tudo que é feito por aí [...], a gente não tem uma forma sistemática de buscar isso, não lembro de ter visto em lugar nenhum alguém falando, ah, não monta um time ou dedica x horas, x dias de algumas pessoas pra monitorar isso, é algo que me deixa um pouco incomodado não ter a resposta pra essa forma de buscar tecnologias e novas oportunidades de uma maneira sistemática, muitas vezes a gente acaba conhecendo alguma nova tecnologia meio que por acaso, ou porque alguém viu, alguém conhece alguém, foi num evento, participar de um evento é interessante, mas nem tudo que está no evento, nem tudo que é feito acaba indo para os eventos, as feiras e tudo mais, a gente não consegue participar de todas as coisas. (ENTREVISTADO ISABELIA).

Conforme a fala do entrevistado Isabelia, há a necessidade de sistematização, ou um movimento em prol da facilitação dessa troca, a qual, acaba ocorrendo em grande medida através de contato com outros profissionais, e na participação em eventos e feiras. A busca por experiências prévias é destacada como relevante para o desenvolvimento de projetos, pois, a análise das melhores práticas, e dos erros e acertos de processos já vivenciados, aumentam a chance de sucesso de novas implementações. Ainda, percebe-se que isso facilita a implementação e torna a incorporação das tecnologias à realidade das empresas mais rápida.

4.3 CONDIÇÕES INTERNAS

Nesta seção são apresentadas as categorias consideradas como condicionantes internos às empresas industriais na implementação da indústria 4.0. Conforme os dados, o ambiente interno é caracterizado pelas categorias: cultura e pessoas; alta direção (gestores e executivos); propensão à identificação de oportunidades de inovação; tecnologias pré-existentes na empresa; e disponibilidade de recursos financeiros; as quais influenciam no sistema de ação, no sentido de restringi-lo ou facilitá-lo.

4.3.1 Cultura e pessoas

Isso é uma mudança de paradigma, uma mudança que precisa ser, na minha opinião, precisamos investir nisso, nas pessoas, senão a gente não tem mudança, é difícil. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

Naturalmente as pessoas né, os próprios recursos humanos constituem uma base fundamental [...]. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

[...] de uma forma extremamente relevante a questão do ser humano, apesar de vermos cada vez mais uma sociedade digital, o ser humano ele é crucial em inúmeras etapas da implantação de um modelo 4.0. [...] é um dos preceitos da indústria 4.0 quer cada vez mais trabalhar em redes, com muitas empresas em diversas cadeias de valor, então, portanto são muitas culturas diferentes em negócios cada vez mais diferentes, então isso obviamente impacta fortemente o relacionamento humano [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

É tanto que um dos pilares da indústria 4.0 são as pessoas, apesar da gente falar tanto de tecnologia e tal, as pessoas vão ser fundamentais para poder fazer com que isso tudo aconteça. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

[...] então se eu tiver dinheiro, eu falei, não adianta nada, você precisa de pessoas e essas pessoas não vão mudar do dia pra noite, e nem devem mudar pro dia pra noite, então bem-vindo ao mundo da mudança e essa mudança sempre aconteceu só que dessa vez ela tá mais rápida, só isso [...]. (ENTREVISTADO VANILLA).

As falas supracitadas, demonstram a relevância da cultura e das pessoas no processo de implementação. Extrai-se que o desenvolvimento dos projetos de inovação pode colidir com a cultura da empresa, ou seja, deve haver um alinhamento entre a cultura e as decisões estratégicas tomadas pela empresa. Os indivíduos são elementos centrais no desenvolvimento dos projetos, sem a participação deles não há mudança e não haverá condições suficientes para que essa mudança ocorra.

Mudanças culturais podem ser necessárias, mas envolvem o coletivo, e não ocorrem “do dia para a noite”. Dentre as tendências observadas com a implementação da indústria 4.0, está o trabalho em rede, em que há o envolvimento e a integração de diferentes indivíduos em prol de determinados objetivos, a diversidade de culturas e as novas formas de se relacionar.

Eu como faço parte do time de automação e indústria de inovação, por exemplo, a gente implantou um robô semana passada, é um robô colaborativo. As pessoas ficam com medo de perder o emprego, de trabalhar com ele por falta de informação [...] o robô colaborativo é um robô que, normalmente a gente vê um robô enclausurado, né, ele não, ele é um robô que tu interage com ele, tu mexe com ele, então ele tem uma acessibilidade maior, tu não, ele não vai machucar uma pessoa. Você pode trabalhar com você interagindo com ele ou não, mas esse tipo de tecnologia o pessoal fica com muito medo, ah, porque tá me controlando, você vai tirar meu emprego, é uma das coisas que a gente escuta. (ENTREVISTADO DENPHAL).

[...] o engajamento das pessoas, então sempre que possível elas tem que estar cientes, tem que estar abertas, isso é uma preparação, você preparar elas por que acaba sendo um mundo de medo na verdade, as pessoas acham que isso vem para tirar os empregos, mas não, a gente tem que ser totalmente ao contrário, tem que ser um incentivo para as pessoas estarem melhorando todos os dias né, então essa eu acho que é a mensagem principal, por que querendo ou não a gente pode ter a tecnologia que for, mas sempre terá que ter uma pessoa por trás para estar cuidando, controlando, treinando. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

Tem vários aspectos que eles passam de uma vertente cultural hoje que é realmente convencer as pessoas, né, fazer as pessoas embarcarem, comprarem essa ideia e se engajarem nessa transformação. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

[...] eu digo que pra projetos de automação se não tiver o cara de chão de fábrica ali do teu lado, mão dada contigo aquilo nunca vai dar certo [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

Os participantes destacam que ainda há um receio por parte das pessoas na adoção das tecnologias, e as mudanças geradas a partir das mesmas. Resistências às mudanças embora sejam naturais e esperadas, afetam negativamente o desenvolvimento de novos projetos, e até mesmo uma implementação já em andamento. Diante disso, observa-se o esforço das empresas para garantir que as pessoas estejam cientes das circunstâncias que o processo envolve, além destas estarem abertas a essas mudanças. Em suma, o engajamento e o apoio das pessoas consistem em elemento primordial para o sucesso dos projetos.

4.3.2 Disponibilidade de recursos financeiros

A categoria “Disponibilidade de recursos financeiros” emergiu dos dados a partir do instante em que se observou que algumas empresas estudadas mencionaram a necessidade de dispor de recursos financeiros para avançar com os projetos de indústria 4.0. Ao resgatar as falas dos entrevistados, verificou-se que a disponibilidade de orçamento (*budget*), seja ela direcionada à investimentos em inovação, ou não, constitui um ponto favorável para o desenvolvimento de projetos, aprovação e implementação destes. Cabe mencionar que para além da disponibilidade de capital, os projetos comumente são avaliados do ponto de vista de viabilidade e retorno.

Se a gente consegue validar, se tiver dentro do *budget* que a gente tem disponível a gente aprova. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

A nossa empresa não tem dificuldade em investimento, é uma empresa capitalizada, uma empresa quando se tem retorno ela investe sem muita dificuldade. [...] Não existe, dentro do orçamento, uma verba para isso, normalmente a cada projeto a gente submete ao principal executivo né, nosso presidente, e tendo viabilidade, ele dando “ok” a gente executa [...]. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

A gente tem feito investimento com o capital de giro né, tem tirado do caixa da empresa [...]. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

A (empresa) tem uma condição de obrigatoriedade de investimentos em P&D, ou seja, ela tem um recurso que ela é obrigada a investir em pesquisa e desenvolvimento [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

[...] a gente acaba tendo, a gente usa os recursos próprios em praticamente 100% dos projetos [...] Esses projetos eles já entram no orçamento do ano anterior, a gente não tem uma porcentagem de verba disponibilizado, por que o que vale é a gente mostrar os resultados e ser aprovado pela diretoria e presidência, e claro né, a gente sabe que quando vai surgindo coisas novas a gente tem que estar antenado e isso pode ser viável dentro de um projeto de um ano que não está em orçamento, então se a gente prova

que aquilo é importante e que vai dar resultado, a gente consegue esse investimento, basicamente recursos próprios. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

Verifica-se, a partir das falas dos entrevistados Leparthes e Notylia, que as empresas apresentam capacidade financeira para investimentos, em alguns casos, entre as empresas estudadas algumas já contam no planejamento orçamentário os investimentos dessa natureza, mas por outro lado, outras não chegam a destinar recursos específicos para isso, aprovando projetos conforme a demanda de forma emergente, sem um planejamento prévio.

[...] talvez elas não consigam ainda fazer parte, em outros motivos né, as vezes ela não tem caixa suficiente para começar alguma coisa [...]. (ENTREVISTADO GOVENIA).

[...] ó que quando a gente iniciou o trabalho, a gente se deparou com o montante de dinheiro que precisaria pra executar, o montante de investimento e é um investimento que não traz retorno a curto prazo, a gente teve problemas porque a gente não conseguiu drenar ou direcionar o investimento pra fazer essas mudanças sem trazer um retorno rápido então a gente trabalha com retorno, com *payback*, então a indústria 4.0 ela ainda não se paga a curto prazo [...] então se você não conseguir investimento, você vai ter que dar um jeito de achar de outra forma. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

Eu acho que as empresas maiores elas conseguem investir, e as empresas pequenas elas ficam no limbo que elas não conseguem muito fomento pra ter uma linha de crédito mais acessível pra esse tipo de coisa. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

[...] mas agora, claro, como elas tem inúmeras limitações, especialmente financeiras, para elas a adoção é muito mais árdua do que para as empresas maiores né. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

O que a gente percebe é o seguinte: primeiro, naturalmente as empresas maiores, de maior aporte (financeiro). (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Na verdade, grande parte da discussão principalmente da discussão de como trazer pro Brasil a indústria 4.0 ela vem sob a ótica de você conseguir ter acesso a recursos pra poder modernizar o parque fabril [...] o que pega aqui é a questão de investimentos pra isso. Como pro empresário hoje é difícil ele fazer um investimento pra comprar uma tecnologia nova, porque ele precisa pagar as contas no fim do mês, ao mesmo tempo que ele quer, ele tem que buscar os caminhos pra ele ter como financiar esse investimento na nova tecnologia. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Por outro lado, a indisponibilidade e a falta de orçamento/capital para investimento é um fator limitante na implementação de tecnologias da indústria 4.0. Investimentos dessa natureza são dispendiosos e costumam auferir retorno apenas em longo prazo, aspectos que dificultam ainda mais a aprovação de projetos dessa natureza, se comparado com outras possibilidades de investimentos na empresa. Conjectura-se acerca da relação entre o porte da empresa e disponibilidade de recursos, diante da solidez financeira de empresas de maior porte. Diante da escassez de recursos em empresas menores, fica evidente a carência de fontes de financiamento para esses projetos.

Destaca-se que os condicionantes internos não estão dissociados aos condicionantes externos. Esse aspecto fica evidente na categoria “disponibilidade de recursos financeiros”, haja vista que este também depende de variáveis do contexto externo, caso da conjuntura econômica e de políticas públicas direcionadas ao financiamento dessas ações, conforme já mencionado anteriormente na seção 4.2.1 e 4.2.2.

4.3.3 Alta direção (gestores e executivos)

A categoria “Alta direção” emergiu dos dados a partir do entendimento de que o comportamento e atitudes dos executivos e gestores da organização com relação aos projetos voltados à indústria 4.0 pode refletir tanto na decisão pela adoção como no sucesso da implementação.

Absolutamente necessária, como todo e qualquer projeto estratégico da organização, se a alta cúpula não estiver comprometida, não anda do mesmo jeito, por que exige um investimento de certa envergadura, isso tem risco como tudo né, pode dar certo como pode dar errado, a gente faz de tudo para dar certo, mas pode não dar tão certo, pode até dar errado, e também não necessariamente todos tem consciência da necessidade de fazer, as vezes dá uma zona de conforto natural e instalada na organização e tem que ter poder para poder se mexer [...] (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

Então hoje o gerente da fábrica ele precisa se sentir o dono, o *owner* dessa transformação, pra ele realmente patrocinar as pessoas, o desenvolvimento, acreditar no desenvolvimento, mapear novas oportunidades, ele tem que realmente embarcar e abraçar as transformações, acho que esse é o papel da fábrica onde as coisas realmente vão acontecer e transformar o ambiente produtivo [...] não pode ser somente o cliente e esperar que as transformações vão chegar. [...] tem todo esse entendimento que a empresa precisa compreender e precisa suportar para que o programa seja bem-sucedido. [...] então esse *owner* não fizer parte das áreas a transformação ela nunca vai ser total. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

É fundamental, não existe um movimento de mudança desse tipo né, a gente está falando de revolução industrial, sem engajamento, sem a participação e o patrocínio dos principais executivos da empresa, mesmo que a gente desenvolva os conceitos de *lean*, aquela questão de trazer a base, sugestões a partir da base né, mas elas podem não se viabilizar se não houver um patrocínio da liderança né. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

A partir das falas dos entrevistados extrai-se que gestores e executivos precisam ter a consciência da necessidade da mudança, e a partir daí estimular, acreditar, mapear oportunidade de implementação. E não apenas esperar que a mudança aconteça, se acomodar. Esse suporte fornecido pela alta direção da organização impulsiona o sucesso do programa.

[...] também até mesmo da maturidade de compreensão dos conceitos por parte dos executivos, tomadores de decisão [...]. Acho que esse paradigma tá muito presente na forma de pensar dos executivos, na forma de pensar em maneira geral e na medida em

que vem amadurecendo o entendimento do conceito da indústria 4.0. [...]. A gente percebe já no mercado uma mudança desse paradigma na medida que as empresas e os executivos vão se aculturando com o conceito [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Tem CEO que já está bastante alinhado com essa temática, tem CEO que não tem nem ideia, tem CEO que acha que é mais uma modinha, tem processista que tem medo disso, e o que é tarado por isso. (ENTREVISTADO VANILLA).

[...] não adianta comprar do Brasil, tem que comprar do Brasil o novo Brasil, o Brasil 4.0, porque senão o empresário ele se senta lá e começa a vender mais, ele não corre atrás e fazer o que tem que fazer, e aí a gente vira uma bolha né. (ENTREVISTADO MILTONIA).

O entendimento dos gestores e executivos em torno da necessidade de mudança, no sentido do desenvolvimento de projetos de indústria 4.0, parte do nível de entendimento destes com relação aos conceitos e possibilidades derivadas de sua adoção. Daí a necessidade do conhecimento e das informações chegarem até o topo da organização. Aspecto que ocorre de diferentes formas, a busca pelos próprios executivos, incentivo por parte de outros colaboradores, ou por parte de outros agentes que trocam informações com a organização. Evidentemente, cada indivíduo, apresenta uma reação distinta em relação à temática, conforme a fala do entrevistado Vanilla.

[...] vem sempre do nível estratégico, isso são decisões globais são implementadas de forma local, mas são decisões globais, existem diversos fóruns da companhia onde cada unidade tem um representante pra discutir com uma equipe global quais tecnologias que a gente vai implementar. [...] essa decisão vem do nível estratégico, pra meio que forçar a implementação da mudança acontecer, porque se depender só do nível tático ou operacional a gente não conseguiria. (ENTREVISTADO DENPHAL).

Tem os dois caminhos. Estrategicamente a alta gestão mostra a direção, [...] mas do nível tático, alguém viu alguma tecnologia em algum lugar, estuda um pouquinho e submete essa proposta pra ver se faz sentido ser executada naquele momento, como viabilizar um teste pra validar um conceito e aplicação daquela tecnologia dentro da empresa, então tem os dois caminhos. (ENTREVISTADO ISABELIA).

Nível estratégico, é uma conversa que o diretor e eu tivemos a alguns anos, muito surgiu dele [...]. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

Veio de dentro da empresa, porém de fora da unidade de [nome da cidade], isso veio em 2016 mesmo, no ano que eu entrei na empresa, isso veio muito forte da nossa diretoria global. (ENTREVISTADO VANDA).

Em muitas das organizações estudadas percebeu-se que as decisões são tomadas e cascadeadas a partir do nível estratégico, aspecto que corrobora com as evidências da participação da alta cúpula nas ações de implementação de indústria 4.0. Mas, não se limita a isso, pois há a possibilidade de surgirem sugestões no sentido *bottom-up* a partir de colaboradores de outros níveis organizacionais no contexto da indústria 4.0, sensibilizando a

alta gestão nesse sentido. E desse modo, a busca de conhecimento, a habilitação do desenvolvimento dos projetos, o patrocínio, e assim por diante.

4.3.4 Tecnologias pré-existentes na empresa

[...] e isso é um ponto de discussão bastante amplo porque normalmente a maioria das pessoas que falam de indústria 4.0, pensar antes de mais nada em tecnologia, “ah, impressora 3D ou a tal da manufatura aditiva, vou usar IoT, sistemas ciberfísicos que a gente chama né”, quando na verdade a tecnologia é apenas um meio [...]. Tudo inicia em uma mudança de como eu vou passar a organizar a minha empresa, e esse “passar a organizar a minha empresa” o aspecto tecnológico é apenas um deles, porque a indústria 4.0 impacta desde um negócio, estratégia de negócios e os modelos de negócio, perpassa métodos de gestão, modelos de gestão, chega então chão de fábrica com as máquinas, equipamentos. [...] nível de maturidade das empresas para adotar essas tecnologias, então são coisas muito diferentes, é uma coisa que existe de estado da arte digamos em termos de tecnologias, mas quais delas são de fato viáveis de serem entregues para cada tipo de empresa diferente. [...] na verdade existe, bem na direção da tua pergunta, é, por que surgiram tais modelos de maturidade? Justamente, como é que vamos, não só visando em introduzir a filosofia, ou o modelo 4.0, percebeu que justamente não era simplesmente uma questão tecnológica, existe um conjunto do que tu chama de parâmetros ou de dimensões, preparação que tem que ser empregadas. [...] se é uma coisa que está apenas começando na minha empresa, eu eminentemente vou ter muita dificuldade em ter acesso ou facilidades para análises baseados em *big data*, por que eu sequer consigo colher informações, então tem todo o processo de como eu estou em termos de digitalização que vai desde lá o chão de fábrica, como que eu pego o dado lá da máquina, o ser humano, sistema de transporte etc. [...] são várias dimensões complementares de maturidade que tem que seguir um paralelo para que realmente eu consiga atingir os objetivos que eu queria. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

A fala supracitada, evidencia a importância do pacote tecnológico que a empresa já dispõe. Empresas que possuem maior maturidade em termos de adoção de tecnologias e de modelos de gestão, apresentam maior facilidade na aplicação das novas tecnologias. Cabe mencionar que o aspecto maturidade não se limita a aspectos tecnológicos dentro da empresa, porém, nessa categoria a ênfase consiste no pacote tecnológico desta. As demais dimensões como pessoas, inovação, etc. estão incorporadas nas demais categorias deste modelo que correspondem as condições internas.

Se você pegar uma indústria nacional, uma indústria da região de Blumenau, de Caxias, alguma coisa assim, a coisa é bem diferente porque ela teve um crescimento orgânico ao longo do tempo onde ela foi investindo em máquinas, em pessoas, investindo em outras coisas e hoje ela deve ter um parque fabril que está mais desatualizado que tem pavimentos que são mais antigos onde implantar um conceito de automação da produção, de gestão de dados em tempo real ou alguma outra tecnologia da indústria 4.0 é um desafio completamente diferente do que se a gente comparar com o desafio de uma BMW, de uma grande empresa que já tem toda uma base tecnológica por trás. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

[...] não adianta eu implementar por exemplo um planejador na fábrica sem que eu tivesse outras tecnologias implantadas anteriormente, então aí a gente também tem

que se curvar e respeitar uma etapa de implementação, [...]. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

Uma coisa que a gente tem que é, a gente trabalha em um projeto chamado WCM que na verdade é o *World Class Manufacturing* que é antes de automatizar alguma coisa vamos arrumar e melhorar o processo, né, pra que esteja o mais limpo e o mais correto possível [...] e agora a gente pode efetivamente começar nessa jornada [...]. (ENTREVISTADO LEPTOTES).

[...] precisa consolidar o 3.0, sair do 2.0 para consolidar o 3.0 para fazer um novo ciclo. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

Muitas discussões interessantes e que eu acho que devem continuar sendo feitas, mas o que é realmente relevante pra gente poder conectar, a gente tem coisas básicas ainda. [...] Você vai lá, por exemplo, no chão de fábrica, ah, vou colocar um sensor na máquina, colocar um robô, mas a sua conexão, ela, a tua conexão demora dez segundos pra dar o sinal, [...]. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

[...] tem muitas empresas que ainda tem um desafio de infraestrutura muito grande quando a gente fala de Brasil, então a gente tem empresas inteiras que estão em lugares que não tem uma conexão da internet por exemplo, então com certeza essas empresas que estão, o que tem esse desafio de infraestrutura, eu acho que a imersão dela na transformação digital é muito mais difícil, mas eu não acredito que isso seja a maioria das empresas, então a maioria tem condições de infraestrutura e até mesmo de caixa para participar disso de uma maneira eficiente. (ENTREVISTADO GOVENIA).

[...] se a gente conectar isso com as operações anteriores ou conectar isso com um *dashboard* [...] e deixar isso não só automatizada, mas deixar autônomo a gente aproxima bastante, evolui bastante na camada de maturidade da indústria 4.0. [...] a gente entende que essa é uma jornada, cada caso é um caso, cada empresa tem sua realidade e seu estágio de maturidade, então primeiro a gente identifica esse estágio de maturidade e propõe a tecnologia que traz melhor retorno sobre o investimento. [...] por isso que a gente fala não existe girar um botão e virar indústria 4.0. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Percebe-se que em empresas que estão mais defasadas tecnologicamente, a implementação da indústria 4.0, ou até mesmo da automação consiste em um grande desafio, diferentemente de empresas que já apresentam uma base tecnológica mais avançada. Destaca-se que muitas das tecnologias 4.0 dependem de pré-requisitos para a sua implementação, diante disso, as empresas precisam cumprir com esta sequência lógica no desenvolvimento de novos projetos, implementando primeiramente as tecnologias que darão suporte às demais.

Além disso, o desenvolvimento dos processos desenvolvidos dentro da organização, no sentido de serem mais enxutos e eficientes, constitui numa oportunidade para que a implementação se torne mais efetiva. Diante desses aspectos, percebe-se que as tecnologias pré-existentes na organização determinam as ações tomadas em prol da indústria. Desse modo, comumente mensura-se e analisa-se o estágio de maturidade da empresa (por parte de fornecedores, instituições, ou até mesmo pela própria empresa), para a partir disso, propor sugestões de desenvolvimento de projetos e adoção de tecnologias.

4.3.5 Propensão à identificação de oportunidades de inovação

Dentro do ambiente interno à organização, a categoria “propensão à identificação de oportunidades de inovação” caracteriza-se por atuar diretamente no desenvolvimento de projetos dessa natureza. Na referência seguinte observa-se que o entrevistado destaca que alguns negócios estão mais abertos do que outros, em relação às mudanças e às tecnologias.

Existem setores como eu já citei aqui, o setor automotivo tende a estar mais aberto a essas tecnologias pela natureza. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

A gente sabe que a indústria de manufatura é uma das indústrias mais antigas do mundo né, é o segmento econômico mais antigo do mundo, talvez depois da agricultura, desde 1700, revolução industrial, aquela coisa toda, então a gente ao mesmo tempo vê que é um dos segmentos que mais tem dificuldade em inovar nos modelos de negócio, e não só em produtos, então eu acho que as *startups* conseguem ajudar isso. O dia a dia de uma indústria é muito feita para ser cartesiana, quadrada, é controlada, porque você busca qualidade, repetição, escala, então se você desenha um ambiente focado para promover a escala, repetitividade, perda por milhão e tudo isso, [...] É um pouco daquilo que eu falei, a empresa tem um legado muito grande de legado tecnológico, de não mudar, é tudo muito conservador no ambiente industrial. Eu acho que esse é o primeiro ponto, [...]. (ENTREVISTADO MILTONIA).

Notadamente, as empresas industriais costumam ser conservadoras em termos de mudança, inovação tecnológica, inovação em modelos de gestão e processos. Aspecto que se deve pela natureza do negócio, e a aversão ao risco. Visando romper com esse paradigma, outras organizações e/ou agentes podem influenciar na identificação de oportunidades e na inovação, caso das *Startups*.

Olha, é uma mudança cultural básica da inovação né, você está aberto a fazer algo diferente, você está aberto a mudar os processos, eu acho que tem muito de questionar que hoje a gente, a mão de obra não questiona, o trabalhador hoje não está pronto ali para questionar por que o processo é daquele jeito, então são habilidades novas que a gente entende que são extremamente cruciais para a adoção da indústria 4.0 hoje, e a maioria são *softskills*, são habilidade de conseguir entender o problema, de conseguir conversar com as pessoas, de conseguir ver que aquela tecnologia não vai tirar o seu emprego, que isso é muito comum, eu escuto isso diariamente, então eu diria que são um leque de *softskills* que o guarda-chuva delas é inovação, pensar diferente. (ENTREVISTADO MILTONIA).

[...] eles estão vendo a necessidade de ter essas tecnologias. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

O gestor de produção ele tem lá as pessoas que respondem pra ele por diferentes processos, essas pessoas estão em contato com as oportunidades, digamos cada pessoa ela lidera dentro do seu processo um time ou trabalha especificamente com um equipamento que são onde tem as melhores oportunidades. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Aí eu acho que esse é um ponto bem legal, porque se o gestor da produção ele tem conhecimento das tecnologias e como essas tecnologias podem ajudar ele pode contribuir pro diretor, [...] então eu acho que é fundamental que a gestão de produção

entenda quais são as tecnologias, o que é a indústria 4.0 e como essas tecnologias podem melhorar a própria produção [...]. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Conforme elencado pelos entrevistados, é importante que a organização e os indivíduos que a compõem sejam abertos à inovação, queiram quebrar o *status-quo* e inquietem-se para mudar as coisas, e desse modo consigam identificar oportunidades de implementação dentro da organização. Cientes disso, as empresas industriais já estão buscando no mercado profissionais com essas *softskills*. Notadamente, por atuarem mais diretamente com o processo de manufatura, percebe-se que o processo de identificar as oportunidades recai sobre os colaboradores e gestores das áreas de produção. Porém, cabe destacar, que não deveria se limitar a estes, haja vista que a inovação pode ocorrer em todos os departamentos e processos da organização.

[...] ter um profissional engajado que queira aplicar, queira botar o pé na água pela primeira vez, dizer eu vou testar, eu vou fazer, eu vou virar, porém acho que os outros 50% é muito cultural, sabe? [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

Há uma abertura cada vez maior, por um lado requer abertura para poder absorver novas tecnologias, e por outro lado quando as tecnologias foram implementadas elas promovem também nas pessoas a possibilidade de se desenvolverem, de acessarem outras tecnologias, então, é uma via de duas mãos na minha opinião, isso tudo colabora dentro de um contexto maior. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

Sem dúvida, dizem até que a gente contrata as pessoas pelo seu currículo, pelo comportamento, [...] é o que dirige a atitude, já temos um *gap* da formação técnica e do conhecimento, e se somar isso a pouca atitude, pouca ação a gente já era de fato um grande problema, então é importante trabalhar esse desenvolvimento e aí a gente procura treinar as pessoas internamente para isso, e eu costumo dizer aqui na nossa fábrica que o principal agente de mobilização das pessoas é a liderança, ou seja, é o líder que dá a direção, é o líder que dá *feedback*, é o líder que audita os processos e que garante que todos caminhem na mesma direção, então os *softskills* se desenvolvem no meu ponto de vista a partir da presença próxima dos líderes, dirigidos por uma estratégia para não deixar cada líder definir um caminho específico. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

Eu creio que poderia ser visto como uma área de pesquisa e desenvolvimento né, as pessoas poderiam andar muito mais rápido se tivessem mais pessoas colaborando, falando do nosso caso né, a gente tem uma área bem enxuta, que trabalha diretamente na produção, hoje eu falo por produção por que eu não atuo nas demais áreas né, por exemplo pra uma área comercial, a gente não tem essa visão, é muito mais pra área produtiva, então precisa ter mais pessoas para trabalhar com isso mais rápido né, para ser mais rápido o desenvolvimento. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

Ademais, a empresa pode esforçar-se nesse sentido, e criar ambientes propícios, incentivar e corroborar com o desenvolvimento destas *softskills*. Desse modo, elenca-se o papel do líder para mobilização e direcionamento dos indivíduos. Algumas empresas estudadas percebem essas atitudes em equipes que trabalham diretamente com P&D, haja vista que, formalmente esses colaboradores são responsáveis pela identificação de oportunidade de

inovação. Ao passo que, o desenvolvimento de uma área responsável também estimula esse comportamento dentro da organização.

4.4 AÇÕES-INTERAÇÕES

Nesta seção são expostas as cinco categorias que constituem o sistema de ações representativo da implementação da Indústria 4.0 pelas empresas. De acordo com Corbin e Strauss (2015), as ações/interações consistem nas respostas reais que as pessoas ou grupos dão ao conjunto de circunstâncias. Desse modo, emergiram dos dados as principais ações realizadas pelas empresas estudadas, a saber: tornando o tema estratégico para a empresa, buscando parceiros, diagnosticando as operações, desenvolvendo projetos de inovação e, adaptando pessoas, estruturas e tecnologias. Ademais, também são analisadas as condições externas e internas, sob as quais as ações/interações se constituem, assim como seus efeitos emergentes.

4.4.1 Tornando o tema estratégico na empresa

Dentro do sistema de ações, a categoria “tornando o tema estratégico na empresa” consiste na conjectura do nível estratégico da organização. Desse modo, a análise dos dados revelou ações direcionadas a indústria 4.0, figuradas entre as decisões estratégicas da organização. Ainda, elucidam-se os fatores que afetam, em alguma medida, a tomada de decisão em prol da implementação nas empresas industriais, que ações/interações propiciam a incorporação do tema, e que efeitos emergem desse direcionamento. Esses aspectos são evidenciados no Quadro 20.

Quadro 20 - As proposições que exprimem as relações identificadas na categoria “tornando o tema estratégico na empresa”

Proposição	Descrição	Especificação
Proposição 1	A categoria “tornando o tema estratégico na empresa” está sendo <u>condicionada</u>	1a) Pelas constantes mudanças no ambiente, pois a inconstância altera a forma com que o percurso estratégico é decidido.
		1b) Pelo ambiente competitivo, pois leva a empresa a tomar decisões para manter-se competitiva e/ou acessar novos mercados.
		1c) Pelo governo, na medida em que desvela a relevância ao país e tem impacto significativo no planejamento de ações futuras da organização.
		1d) Pelas exigências e expectativas dos consumidores, levando a empresas a adotar medidas para atendê-las.
		1e) Pela conjuntura econômica, pois estes aspectos alteram a perspectiva estratégica da empresa.
		1f) Pela cultura organizacional e das pessoas, pois seus comportamentos definirão o andamento das ações dentro da empresa.
		1g) Pelos gestores e executivos, a medida em que compreendem nos tomadores de decisão no sentido da I4.0.
		1h) Pelo desenvolvimento de projetos com o escopo, pois sensibilizam e fundamentam a ampliação da adoção.
Proposição 2	A categoria “tornando o tema estratégico na empresa” está <u>constituída</u> por	2a) Ações para estabelecer um plano estratégico de médio e longo prazo para a implementação de projetos
		2b) Ações para definir objetivos que promovam a adoção da indústria 4.0.
		2c) Ações para integrar e cascatear os projetos nas diferentes áreas da organização.
		2d) Ações para gerir a adoção da indústria 4.0 no nível corporativo
		2e) Ações para sustentar o plano estratégico de implementação
Proposição 3	As ações da categoria “tornando o tema estratégico na empresa” estão <u>produzindo efeitos</u> para	3a) A disponibilidade de recursos financeiros, pois a implementação está sendo encarada como estratégica, e assim as ações estão sendo inseridas no orçamento.
		3b) O desenvolvimento de novos projetos, pois há um cascateamento para o restante da organização dos objetivos em prol da indústria 4.0.
		3c) A priorização e a tomada de decisão sobre os projetos, pois o nível estratégico avalia e estabelece alguns requisitos para os projetos.
		3d) A competitividade, pois a indústria 4.0 está sendo encarada como um fator essencial na capacidade competitiva das empresas industriais para se inserir e manter-se nos mercados.

Fonte: elaboração própria.

Cabe mencionar que todos os elementos que constituem a categoria “tornando o tema estratégico na empresa” impactam de alguma forma as demais categorias do sistema de ação do modelo. Haja vista que, mesmo que a sensibilização ocorra no sentido *bottom-up*, há uma tentativa de ampliar, através de uma disseminação *top-down*, a adoção para as demais áreas da empresa, havendo assim, a necessidade do envolvimento do nível institucional da empresa. O qual, tendo incluído o tema de forma mais explícita, ou não, na estratégia empresarial, pode

incentivá-lo a partir de medidas como a disponibilidade de recursos financeiros, diagnóstico de operações, identificação de oportunidade, desenvolvimento de projetos, entre outros.

As empresas industriais de médio e grande porte estão sujeitas a diferentes condições ambientais, dentre as quais, algumas delas podem condicionar a percepção da indústria 4.0 como elemento estratégico para a organização. Verifica-se que o ambiente tem apresentado constantes mudanças, essa instabilidade pode influenciar na forma com que os gestores tomam decisões estratégicas, em que sentido são essas decisões e sob que horizonte de tempo são tomadas. Tem-se observado que diante da inconsistência do mercado, e as rápidas mudanças, as empresas passam a planejar ações para um prazo mais curto. Esses aspectos são expressos nas falas dos entrevistados a seguir:

[...] a gente sabe que está tudo mudando a todo o momento, a gente planeja alguma coisa para cinco anos, eu acho que não tem nenhuma empresa planejando algo para os próximos cinco anos, acho que falando de um ou dois anos nas coisas estão mudando demais, as pessoas, clientes né, então é isso que tem que nos levar. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

Eu considero relevante justamente esses conceitos mais sólidos, mais estruturantes, tem que ter uma empresa que tem que ser extremamente adaptável as novas realidades, com agilidade para atuar de maneira sistêmica, ecossistêmica e com entendimento amplo sobre a realidade de mercado, concorrentes, fornecedores etc. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

Ter um plano estratégico, ou seja, entender que sem isso ela [empresa] vai morrer porque nenhuma indústria daqui há dez, quinze anos vai sobreviver sem ter um processo cada vez mais enxuto e cada vez mais inteligente, porque os produtos vão mudar [...]. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Em paralelo com as constantes mudanças, percebe-se que essas empresas estão sujeitas ao ambiente competitivo que as circundam, primeiramente a respeito dos seus concorrentes de uma maneira geral. Esses aspectos fazem com que sejam necessárias atitudes, por parte da organização, no sentido da melhoria da competitividade, seja ela em termos de qualidade, custo, flexibilidade, rapidez e/ou confiabilidade. Evidencia-se em diferentes momentos que as tecnologias habilitadoras são apenas “um meio para chegar a um fim”, ou seja, ferramentas para atingir os objetivos em termos de competitividade na organização.

É, como eu disse no início, assim, claramente, como as economias estão cada vez mais globalizadas, a competição é cada vez mais feroz, se eu não consigo me modernizar no sentido mais amplo da palavra, e no caso agora adotando esse modelo de indústria 4.0, eu não consigo mais entrar em grandes e bons mercados, ou em cadeias de valor mais amplas, globais, mais rentáveis, por que simplesmente isso vai passar a ser uma espécie de um selo de qualidade, como se fosse uma norma ISO, digamos assim, uma norma NBR. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

Eu acho que principalmente, empresas que não estão focadas nisso vão ter problemas né, elas vão ter um certo atraso e vão perder competitividade no mercado. [...]

Principalmente com relação aos concorrentes né, a gente tem que estar na frente dele, desde o lançamento de produto até na forma que a gente vai produzir esse produto [...]. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

Ela é um aspecto estratégico até por que assim, dentro do nosso modelo de negócio são só 5 empresas no Brasil, então a concorrência é bastante forte né, então tornamos sim, a indústria 4.0 é como um pilar que sustenta a nossa estratégia. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

De acordo com os relatos colhidos, o posicionamento do governo com relação a Indústria 4.0 propulsiona o entendimento da empresa sobre a relevância deste tema, além de indicar que o governo adota e/ou adotará medidas que estimulam e facilitam a adoção de seus princípios e tecnologias. Ademais, o Estado possui a capacidade de dirigir e coordenar as ações empreendidas dentro do seu território, ao passo que, cada agente vislumbre seu papel e que haja ação colaborativa entre estes, conforme mencionado pelo entrevistado Centroglossa.

[...] não tem uma contrapartida na velocidade que precisa por parte de políticas que incentivem, que fomentem. [...] então eu acho que precisa ainda muito amadurecer questão de fomento e de política interna pra conseguir ter uma transformação do Brasil como indústria 4.0 [...]. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

[...] como eu falei no início, o objetivo dessa estratégia é de alguma forma dotar o país de uma visão de curto, médio e longo prazo, sobre quais os aspectos que devem ser considerados para que o país e consequentemente suas empresas, governo, ecossistema, universidades e etc, trabalhem de uma forma mais colaborativa e na mesma direção para atingir os resultados. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

Haja vista que as empresas industriais analisadas possuem forte orientação para o mercado, as exigências e expectativas dos consumidores consistem em aspectos que atuam sobre suas definições estratégicas. Inclusive, um comportamento observado consiste na busca pela antecipação das demandas do mercado, para adiantar as medidas necessárias em prol da mudança.

[...] em alguns casos de determinados aspectos de indústria 4.0 são os requisitos de clientes, então a adoção de sistema de rastreabilidade, de acompanhamento com sistemas de CRM mais digitalizados, acaba exigindo que a empresa desenvolva práticas sistemáticas e protocolos que acabam sendo vinculados as técnicas e conceitos da indústria 4.0, então aí é o cliente exigindo um comportamento diferenciado. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

[...] a gente já falou aqui que toda a crise traz uma grande oportunidade, claramente as empresas que estiverem preparadas para esse retorno com todos os *capabilities*, controle e o entendimento do que vão ser essas tendências dos consumidores, elas vão tá mais prontas né. (VÍDEO 4).

Ainda sobre os condicionantes externos que influem em alguma medida na perspectiva estratégica da implementação da indústria 4.0. A conjuntura econômica emerge dos dados no momento que se observa que esta exerce influência nas ações estratégicas tomadas dentro da

organização. Pois, a conjuntura econômica de um país atua diretamente sobre os meios de produção, disponibilidade de capital, custo de capital, expectativas futuras, câmbio, preço de produtos importados, níveis de consumo, entre outros aspectos.

[...] então no contexto econômico eu vejo como determinante nessa questão, [...] então isso eu vejo como determinante sim nesse contexto. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

[...] se esse ciclo positivo tivesse no passado, a gente teria colhido os frutos bem antes, mas é a conjuntura econômica do país, a gente precisa se adaptar a ela. (ENTREVISTADO LEPTOTES).

Como tu deve saber, nossa indústria vem sofrendo bastante nos últimos anos. A gente tem retração na indústria, a gente tem um mercado que cada vez compra menos, então as margens de lucro que a gente tinha até a alguns anos atrás já não existem mais na indústria. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Por um lado, a conjuntura econômica remete para a implementação porque está cada vez mais difícil, com uma economia instável você não tem como repassar preço, então o que você tem que fazer é reduzir custos, então ela incentiva [...]. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

Isso vai ser uma tendência de incorporação pelas empresas, ao que aliás agora com a pandemia se intensificou porque a pandemia levou a uma tendência de antecipação do futuro, aceleração e mudanças e algo que tinha que ser convencida até um tempo atrás com transformação digital, você tinha que convencer o empresário, agora não precisa mais convencer ninguém [...]. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

De acordo com as falas dos entrevistados, a interferência da conjuntura econômica sobre as decisões estratégicas da organização atua sob diferentes dimensões. Pois, de um lado, um cenário econômico desfavorável desincentiva a organização a empreender esforços para a implementação da indústria 4.0. Mas, por outro lado, conforme fora destacado pelo entrevistado Epidendrum, uma retração econômica impossibilita que haja ajuste e repasse de preços e custos ao consumidor, ao passo que, a organização passa a agir no sentido da eficiência produtiva e na redução dos custos, comportamento que caracteriza um incentivo indireto por parte da conjuntura econômica para a implementação da indústria 4.0 na organização. Ademais, cabe mencionar que influências exercidas pelos elementos do contexto externo sob as decisões da organização variam conforme o nível de permeabilidade da empresa com seu macroambiente.

Sob o ponto de vista das condições internas a organização. Percebe-se, a partir dos relatos colhidos, que as pessoas e a cultura organizacional incidem como um plano de fundo nas ações empreendidas. Pois, é o comportamento destas que define o andamento das ações, de uma maneira geral, dentro das organizações. Esses aspectos ficam claros a partir da fala do entrevistado Lepanthes.

O aspecto cultural eu diria que é um dos mais determinantes né, tem até uma frase aí que eu recentemente bateu muito na minha cabeça do Peter Drucker “a cultura devora a estratégia no café da manhã”, não sei se você já ouviu essa frase dele, mas o que quer dizer isso né, muitas vezes desenvolvendo uma estratégia, [...], que não seja muito bem ponderada diante da força da cultura da empresa, pode naufragar o projeto, então assim, o primeiro ponto a se observar é de fato a cultura né, qualquer iniciativa ou qualquer projeto [...] ele colide com a cultura da empresa [...]. É preciso ficar muito atento para aquilo que as empresas declaram na sua declaração de visão, de valores, e que de fato se pratica né, que muitas vezes na cartilha de declaração é uma pró-forma para se dizer que eu tenho estratégia, mas na prática, os exemplos e na conduta dos principais gestores não refletem aquilo, então é importante fazer essa leitura né, o que é declarado e o que de fato é presente, nessa leitura do que é presente você precisa ver aonde você encaixa essa estratégia ou como encaixa a estratégia, as vezes demora um pouco mais mas é importante considerar se não pode gerar um susto né, na organização, e inviabilizar um projeto por uma questão menos técnica. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

[...] novas tecnologias são desenvolvidas e aprimoradas por pessoas, novos modelos de negócios também são criados, gerenciados e liderados por pessoas né [...]. (VÍDEO 7).

Ainda em se tratando de pessoas, percebe-se também que o comportamento dos gestores e executivos incide diretamente nas estratégias adotadas pela empresa, haja vista que são estes os tomadores de decisão. Desse modo, gestores que possuem maior conhecimento sobre o tema, e como isso impacta na sua empresa; que possuem consciência sobre a necessidade de mudança e da sua responsabilidade sobre isso, atuam em prol da visão da indústria 4.0 como algo estratégico na organização.

[...] então as coisas, na verdade, começam por uma completa mudança do que a gente chama de *mindset*, de como um empresário, um industrial deve passar a ver como é a produzir algo nesse “novo mundo”, digamos assim, tudo inicia em uma mudança de como eu vou passar a organizar a minha empresa [...]. Eu diria que o primeiro passo é o próprio dono da empresa, ou os *stakeholders* envolvidos de fato assumirem que precisam mudar [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

O primeiro, a gente percebe o seguinte, as empresas que a gente tem conseguido efetivamente, vamos dizer assim, o sucesso de venda de um projeto dessa natureza, o primeiro passo precisa existir uma sensibilização do nível estratégico, do executivo, do tomador de decisão final. Se o presidente não quer, não faz. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

[...] então é importante que o empresário tenha a noção de que depende só dele poder fazer isso, né, ele precisa entender, ele precisa estruturar, meio que se virar como é a realidade que ele já conhece e que todas as empresas aí estão acostumadas a lidar, né?. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Cabe salientar que decisões no sentido da implementação da indústria 4.0 nas empresas industriais não ocorrem somente no sentido *top-down*. Observa-se também que a adoção de tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 pode iniciar no nível intermediário da organização, pois acabam consistindo em tecnologias implementadas a partir dos projetos de inovação desenvolvidos em setores específicos. Desse modo, observa-se que diante das experiências

empreendidas no nível intermediário da empresa, pode haver um momento em que essas iniciativas isoladas sejam disseminadas por toda a organização, tornando a adoção algo estratégico, essa conduta consiste numa ação no sentido *bottum-up*, ou seja, uma sensibilização que parte dos níveis tático ou operacional para o topo da empresa. De forma mais global, percebe-se a inter-relação clara entre as ações “tornando o tema estratégico para a empresa” e “desenvolvendo projetos de inovação”.

Evidenciados os fatores condicionantes da categoria “tornando o tema estratégico na empresa” move-se para revelar as ações que constituem a referida categoria. Emerge dos dados a urgência no estabelecimento de um plano estratégico da organização, o qual vislumbra a direção que será tomada pela organização nesse sentido. Comumente, para definições estratégicas, são analisados aspectos internos à organização, esse diagnóstico fundamenta o desenvolvimento de um plano genérico para a adoção de tecnologias e aponta para os resultados esperados.

Acho que o ponto de partida é ter um plano de médio e longo prazo estruturado, e é isso que nós temos proposto dentro dos nossos projetos, ou seja, quando to na fase 2 que eu desenho o *holdmap* com tecnologias a serem adotadas no médio e longo prazo, eu crio um plano estruturado e tecnicamente fundamentado que vai nortear todos os investimentos e todas as ações da empresa na direção do 4.0, então eu acho que esse é o elemento-chave que acontece, você ter um plano estruturado e tecnicamente fundamentado [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Diagnosticar e entender as necessidades dessa fábrica, a partir desse diagnóstico construir um plano estratégico de implantação pra que esse plano estratégico possa derivar em algumas implantações piloto, para que a gente minimize um investimento e garanta o retorno. A partir desse grande mapa estratégico a empresa consiga fazer com que essas tecnologias na produção se transformem em um produto ou um processo mais competitivo. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

É importante que as empresas, na verdade, a mudança ela a empresa tem que praticar de maneira cada vez mais sistemática, disciplinada o seu planejamento estratégico para determinar exatamente onde ela quer chegar e entender qual é o papel que a tecnologia vai desempenhar nesse desafio [...] Eu penso que tem que ser pelo menos 3 frentes dominadas por essas empresas, o entendimento no âmbito do planejamento estratégico do negócio, e como a tecnologia 4.0 vai de fato contribuir para a competitividade da empresa, então a visão estratégica da importância do tema para o desenvolvimento do negócio. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

Percebe-se uma preocupação dos entrevistados com a fundamentação e a expectativa de retorno dessas ações, o que corrobora com a proposição 2b, que evidencia que a perspectiva estratégica da I4.0 é concebida por meio de ações no sentido de definição de objetivos para tal. Observou-se a relevância da definição dos objetivos da organização para a implementação, diante de suas especificidades, para que essa de fato perpassasse por metas e atividades que gerem valor para a organização. E não simplesmente adotem essas tecnologias sem objetivos definidos.

Eu acho que os objetivos de cada uma das empresas, os objetivos e a característica que tem, [...] agora se você olhar pra uma outra empresa talvez não seja a mesma necessidade, eu acho que essa é a relevância, entender o que é que é o problema e daí saber onde atuar. (ENTREVISTADO VANDA).

[...] se não são os gestores a saberem o que querem, por que querem, o que esperam disso, a empresa vai estar navegando sem rota, conforme o movimento das ondas. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

[...] se você não tenha uma empresa que realmente entenda o papel da tecnologia para melhorar sua performance ou o seu desempenho, todo o esforço sempre é inútil, é inócuo. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

Robô é muito bacana, muito bonito, mas ele tem que ser aplicado de maneira adequada onde faz sentido. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Não adianta você investir se você não sabe onde você vai conseguir ter uma melhora. [...] Muitas vezes a gente, algumas empresas, algumas entidades realizam algum investimento solo correlacionado com a indústria 4.0, mas que não está conectado com o todo, então muitas vezes esse investimento não vai te trazer um *output* [...] É, seria uma implementação por implementação, é algo que acontece bastante ou muitas vezes. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

Acredito que seja essa necessidade de participar da transformação digital, claro que conectado com algum outro tipo de ganho né, então, a gente até costuma falar “tecnologia por tecnologia não é nada”, não adianta você só trazer tecnologia para dentro da sua empresa, você tem que ter um objetivo claro, se você quer aumentar a qualidade, se você quer aumentar a segurança, garantir à execução, algum objetivo você precisa ter com essa tecnologia [...]. (ENTREVISTADO GOVENIA).

Percebe-se que há um discurso coletivo refutando a adoção de tecnologias sem que haja efetivos ganhos para a organização. Cabe salientar que o mesmo se aplica a ações de pesquisa e desenvolvimento empreendidas na organização. Espera-se que os esforços empreendidos em P&D e em inovação atendam de fato às necessidades do negócio. Conforme observado nas falas dos entrevistados Vanilla e Lepanthes.

[...] acho que existe sim espaço pra pesquisa e desenvolvimento, que deve ser sempre no foco do negócio da empresa, ou seja, a Petrobrás tem que fazer R&D em exploração e produção de petróleo, a Gerdau tem que fazer R&D em produção de aço e seus derivados e os outros negócios. (ENTREVISTADO VANILLA).

Nós temos aqui dentro da indústria, da fábrica, aqui dentro do nosso sistema de produção né a gente colocou um dos pilares como inovação e tecnologia com o objetivo de proporcionar meios de produtividade, ou seja, fazer com que os padrões de engenharia sejam mais produtivos e dependam menos de mão de obra, mas no aspecto geral da inovação como um princípio da empresa, é coisa bem embrionária, a gente criou, como eu te falei, questão de um mês e meio ou dois. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

Outra ação que emergiu dos dados, consiste na integração e no cascadeamento dos projetos direcionados à indústria 4.0 em toda a organização. Conforme manifestado pelos entrevistados Oncidium. Cattleya, Cymbidium e Vanda, comumente as decisões em prol da

adoção da indústria 4.0 são desdobradas para o restante da organização, como forma de garantir que toda a organização adote medidas com esse propósito nos diferentes níveis organizacionais.

Precisa estar lá no nível estratégico, precisa estar no estratégico porque a gente vai adotar novas tecnologias que a gente vai caminhar na direção da indústria 4.0 aí a gente consegue fazer o *breakdown* nisso e cascatear isso pra todos os níveis. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Ele pode ter os dois caminhos, entendeu? O caminho natural ou o caminho inicial seria de cima para baixo, mas se você tem os dois caminhos onde a alta administração tem um conceito e o gestor da produção entende aquele conceito e traduz aquele conceito para uma necessidade de manufatura aí as chances de sucesso são bem maiores. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

[...] isso veio cascateando pra cada uma das regiões [da empresa] pra gente começar a utilizar [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

Para além do cascateamento do conceito para o desenvolvimento de diferentes projetos, emerge dos dados o desenvolvimento de ações para a integração dessas atividades e iniciativas em prol da indústria 4.0 dentro da organização. Ao passo que, essa integração e conexão dentro da empresa pode trazer benefícios.

A indústria 4.0 para nós significa no conceito básico, esse conjunto de tecnologias só que integradas né, então nós já temos várias tecnologias só poucas delas se conversando, o que a gente procura agora fazer é justamente ter uma integração desse conjunto de tecnologias e que desse modo a gente eleve esse nível de automação do nosso negócio, claro que muito focado ainda na área produtiva, em fábrica, em planta fabril, mas já com algumas possibilidades de fazer também em outras áreas, como área administrativa. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

Ademais, constata-se o empreendimento de ações no sentido de gerir a adoção da indústria 4.0 pelo nível corporativo dentro das empresas industriais. Há diversos formatos de ação, mas o mais comumente observado reside na gestão no sentido de centralizar o planejamento e o controle no topo da organização. Conforme o relato do entrevistado Vanda, a organização definiu uma diretoria responsável exclusivamente para a gestão da adoção de tecnologias avançadas. E, dentre as medidas da alta direção para o controle das atividades desempenhadas, há a realização de fóruns periódicos para discussão, análise de resultados, feedback, entre outros.

O que a gente tem percebido é o seguinte, nas empresas menores a sensibilização do nível estratégico, normalmente do dono, ela acontece por uma necessidade de sobrevivência naturalmente e ele promove, quase que a *forceps* [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

[...] que tem que ser uma coisa que é de cima pra baixo assim, sabe? Tem que existir um plano que venha da alta direção, que venha da estratégia corporativa mesmo. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

A gente trabalha com a [empresa] num programa que é corporativo, então nós temos a divisão lá que é latino américa onde cada um dos engenheiros de automação de cada uma das plantas da américa latina é responsável por uma tecnologia específica [...] A gente tem uma diretoria da empresa que ela trata de tecnologia avançada, então nós temos alguns fóruns que são semanais, alguns que são quinzenais, que envolvem toda a alta administração da empresa onde a gente trata dos projetos que estão rolando, o que precisa de ajudar, o que precisa envolver nos setores de relações institucionais, o que precisa envolver a diretoria de TI, a gente mostra os *benchmarks* de cada uma das regiões, o que é que tá rolando, o que foi completado, é mais ou menos essa dinâmica que a gente trabalha aqui. [...] isso veio em 2016 mesmo no ano que eu entrei na empresa isso veio muito forte da nossa diretoria global. Foi no ano em que a gente incorporou uma diretoria de indústria 4.0 global [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

Ainda, com relação a categoria “tornando o tema estratégico na empresa” percebe-se que há esforços em prol de sustentar e manter o plano estratégico de implementação na organização, ainda que este precise ser revisto de tempos em tempos em virtude dos condicionantes já abordados. Essa ação compreende basicamente interpretação de que a implementação da indústria 4.0, pautada na estratégia empresarial, consiste numa longa jornada. Ou seja, faz-se necessário um longo período para a adoção gradativa das tecnologias e a obtenção de maturidade.

E sabendo já de antemão que esse plano, início, tem 100% de chance vai mudar, você tem um plano inicial e depois vai adaptando ele de acordo como as coisas vão sendo introduzidas, os resultados que vão sendo obtidos. [...] embora todos estejam cientes de que a indústria 4.0 não é um botão de ON e OFF, é um processo longo, muitos anos na prática para você conseguir chegar nos níveis de maturidade mais elevados [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

Agora pra você pegar uma empresa que é uma empresa de 40 anos como a nossa, e dizer agora nós somos uma empresa 4.0, você vai levar anos pra fazer isso! (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

Nós vamos trabalhar na continuidade sim, porque são seis degraus até chegar o conceito total da indústria 4.0 e a gente tá atingindo o quarto degrau ainda, ou seja, tem muita coisa pra fazer [...], tem que ser um trabalho continuado, não existe uma entrega final, você sempre tem oportunidade de melhoria. (ENTREVISTADO VANILLA).

[...] mas numa empresa que está estabelecida não existe girar o botão e dizer “a partir de amanhã eu sou 4.0”, não. Existe uma jornada [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

[...] a gente acaba respondendo por um longo período de tempo, porque tu não vai ficar ali o dia, eu tô há 14 anos, então a equipe sempre vai estar respondendo por aquilo que fez então sempre tem que dar o suporte. (ENTREVISTADO DENPHAL).

Eu acho que é fundamental porque é ela que vai manter essa tecnologia ativa ou não dentro daquela fábrica [...] e querendo ou não é o gestor da produção que depois vai conseguir fazer com que se mantenham essa ferramenta em uso no trabalho [...]. (ENTREVISTADO LEPTOTES).

Esse é um plano que não é para hoje, esse plano é para 20 anos tá, então aquilo que está fazendo hoje de colocar um sensor lá, nada mais é do que fazer uma das atividades previstas para 20 anos, quem fizer tem 20 anos aí de tarefa, de lição de casa para fazer [...]. (VÍDEO 3).

Haja vista que o processo de implementação costuma ser visto como uma trajetória, conforme expresso pelos entrevistados. Algumas medidas acabam sendo tomadas no decorrer desse processo, como a adaptação e adequação ao longo do tempo, introdução de novos objetivos, novas tecnologias, novos diagnósticos a medida em que a organização vai evoluindo, entre outros aspectos que corroboram para a manutenção do plano definido. Ademais, percebe-se que com o passar do tempo, as pessoas mantêm o senso de responsabilidade sobre os projetos que desenvolveram, ou que foram implementadas. Conforme evidenciado pelos entrevistados Denphal e Leptotes.

Exploradas as ações que constituem a categoria “tornando o tema estratégico na empresa” elenca-se os efeitos emergentes oriundos dessas ações e interações. O Quadro 21 demonstra as ações, fatores impactados, consequências e as falas que respaldaram o conjunto de proposições 3.

Quadro 21 - Efeitos que estão sendo produzidos pela categoria “tornando o tema estratégico na empresa”

Ação que deu origem ao efeito	Fator impactado	Consequência	Referência que evidencia a relação entre ação e efeito
Ações para estabelecer um plano estratégico de médio e longo prazo para a implementação de projetos	Recursos financeiros	Disponibilidade de capital para investimento em projetos de inovação	“Ela [decisão] sendo <i>top-down</i> eu consigo direcionar uma parte de investimentos, [...] pra trabalhar com isso [...]” (Entrevistado Oncidium). “[...] a gente tem também um <i>buffer</i> , tem na verdade um orçamento mais ou menos assim de um volume financeiro que a gente destina todo o ano, tem lá previsto no orçamento de investimento para a tecnologia, não é que é carimbado 4.0, mas é para tecnologias, hoje em dia mais no geral a tecnologia é 4.0 né.” (Entrevistado Epidendrum).
	Busca por conhecimentos	Esforço para a qualificação dos indivíduos para a indústria 4.0	“Então, no primeiro momento a gente fez alguns workshops de sensibilização e motivação, depois que a gente coletou, e aí vejo inclusive a questão da pós-graduação, fazer um entendimento melhor, em comitê, o comitê fez um levantamento de toda uma jornada que a gente precisaria fazer para entender 4.0” (Entrevistado Epidendrum). “quais são as necessidades de treinamento e adaptação da fábrica para usar isso [...]” (Entrevistado Lanium).
Ações para integrar e cascatear os projetos nas	Desenvolvimento de projetos	Maior sensibilização e/ou ordenamento	“Uns 3, 4 anos atrás, ela [corporação] já entendeu que

Ação que deu origem ao efeito	Fator impactado	Consequência	Referência que evidencia a relação entre ação e efeito
diferentes áreas da organização.		para o desenvolvimento de projetos nesse escopo nos diferentes níveis organizacionais	<p>deveria seguir essa estratégia, começou a difundir isso nas suas unidades e a [empresa] como integrante, também embarcou, né, naquela época.” (Entrevistado Oncidium).</p> <p>“o primeiro passo precisa existir uma sensibilização do nível estratégico, do executivo, do tomador de decisão final. Se o presidente não quer, não faz. Agora se isso é um projeto do presidente ocorre naturalmente o cascadeamento, digamos assim, e você consegue criar elementos e criar um conjunto de ações de sensibilização dos gestores intermediários, do gestor da fábrica propriamente dito. Isso num processo top-down. Precisa estar lá no nível estratégico, precisa estar no estratégico porque a gente vai adotar novas tecnologias que a gente vai caminhar na direção da indústria 4.0 aí a gente consegue fazer o breakdown nisso e cascatear isso pra todos os níveis.” (Entrevistado Cattleya).</p> <p>“[...] isso veio cascateando pra cada uma das regiões [da empresa] pra gente começar a utilizar [...]” (Entrevistado Vanda).</p>
Ações para gerir a adoção da indústria 4.0 no nível corporativo	Comprometimento da alta administração na tomada de decisão	Procedimentos adotados na tomada de decisão e priorização dos projetos	<p>“Sim, todos eles através de comitê, você começa validando a ideia, [...] nesses comitês vai haver priorizações, discussões, validações. Se o processo for validado, resolver realmente atacando uma perda ou desperdício e tal ele vai subindo de nível até chegar na fase de implementação.</p> <p>“normalmente a cada projeto a gente submete ao principal executivo né, nosso presidente, e tendo viabilidade, ele dando “ok” a gente executa [...]” (Entrevistado Lepanthes).</p>
Ações para definir objetivos que promovam a adoção da indústria 4.0.	Competividade	Poder de competição condicionado aos recursos estratégicos e as competências da organização	<p>“[...] sem dúvida nenhuma, além de que a vantagem competitiva que isso pode trazer para nós, [...] então a [empresa], sim ela tornou a indústria 4.0 em um objetivo estratégico.” (Entrevistado Lanium).</p> <p>“Uma questão é, tipo não parar de ser uma visão estratégica, para que tenha esse investimento, continuar trazendo resultados acima de tudo,</p>

Ação que deu origem ao efeito	Fator impactado	Consequência	Referência que evidencia a relação entre ação e efeito
			mostrando que realmente a gente vai estar nos preparando para o futuro, para a competitividade [...]” (Entrevistado Notylia). “[...] a competitividade passa pela aplicação das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, quando a gente fala no mundo industrial [...] olhar a tecnologia não pela tecnologia, mas olhar a tecnologia aplicada produzindo resultados na competitividade do negócio [...].” (Entrevistado Cattleya).

Fonte: elaboração própria.

Nas médias e grandes empresas industriais, aspectos como a disponibilidade de recursos financeiros, desenvolvimento de projetos, tomada de decisão e competitividade, compreendem nas consequências que emergem do pensamento estratégico da indústria 4.0 pela organização.

4.4.2 Buscando parceiros

A categoria “buscando parceiros” consiste, a depender de suas propriedades, de ações e interações com agentes externos às empresas industriais, condições do ambiente e os efeitos emergentes das ações/interações. Salienta-se que as ações/interações ocorrem diante de fatores condicionantes os quais podem facilitar ou dificultar as ações da categoria. Ao passo que, os efeitos emergentes estão condicionados à natureza dessas ações/interações. Diante disso, as proposições que manifestam as relações observadas na categoria são evidenciadas no Quadro 22.

Quadro 22 - As proposições que exprimem as relações identificadas na categoria “buscando parceiros”

Proposição	Descrição	Especificação
Proposição 4	A categoria “buscando parceiros” está <u>condicionada</u> pelo	4a) Desenvolvimento tecnológico, pois a maturidade destes alteram a forma com que as ações são tomadas
		4b) Ecossistema de inovação, pois circunscreve agentes que atuam para a qualificação, requalificação, troca de conhecimentos, auxílio com soluções e tecnologias.
Proposição 5	A categoria “buscando parceiros” está <u>constituída</u> por	5a) Ações para a busca e troca de informações com outras empresas

Proposição	Descrição	Especificação
		que já adotaram alguma tecnologia da indústria 4.0
		5b) Ações para a qualificação e requalificação diante da necessidade de novas habilidades
		5c) Ações de estabelecimento de parcerias com fornecedores
Proposição 6	As ações da categoria “buscando parceiros” estão <u>produzindo efeitos</u> para	6a) Para a integração, pois aproxima dos diferentes agentes em prol do desenvolvimento da indústria 4.0.
		6b) Para o conhecimento e a ampliação da capacidade de identificação de oportunidades, pois o contato com outros agentes e novos conhecimentos ampliam o escopo da organização.
		6c) Para ações, protocolos e métodos, pois resultam das interações e do conhecimento trocado entre os agentes.
		6d) Para o diagnóstico das operações, pois define as ações e protocolos a serem tomadas para a execução
		6e) Para o desenvolvimento de projetos de inovação, pois define as ações e protocolos a serem tomadas para a execução

Fonte: elaboração própria.

Dentre os aspectos que podem condicionar a busca por parceiros por parte das organizações estudadas, observa-se que aspectos relacionados ao desenvolvimento tecnológico no ambiente que circunda a organização compreendem no conhecimento alicerçado com o qual a empresa irá se deflagrar ao empreender ações de busca por parceiros para constituir *benchmarking*. A título de exemplo, em não havendo experiências prévias no mercado, a empresa terá de contar com suas habilidades internas, arriscar e executar por si só ações para a implementação da indústria 4.0.

[...] que as empresas possam trabalhar juntas, elas usufruírem do resultado, elas participam com investimento, participam com *know-how*, elas compartilham de algumas das metodologias e dos resultados, e dos benefícios, então eu trabalho em parceria com aquela empresa pra desenvolver e depois cada uma segue com a sua aplicação [...]. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

[...] a gente aprender com quem já fez a frente, principalmente em outros países como Alemanha, Estados Unidos, China, Coreia, Japão, esse é um processo de incorporação rápida de conhecimento e de convencimento também rápido dos trabalhadores e tal, [...] adquirir experiências e para aprender com outros casos de maneira mais rápida, fazendo *benchmarking*, e absorção de tecnologia é um fator chave. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

Ademais, para a busca de parceiros, as empresas industriais estão sujeitas ao ecossistema de inovação, pois este inclui os agentes que corroboram com a organização em prol da qualificação, requalificação, troca de conhecimentos, soluções e tecnologias. Ou seja, é a estrutura com a qual a empresa interage para pôr em ação os elementos com a qual a categoria é constituída.

A gente vê essas entidades, [associação] por exemplo, é algo que traz valor para as empresas, e participar disso acaba ajudando nessa troca de informações, apesar de não ser o objetivo da [associação], [...] a composição ela é bem, digamos assim, diversificada, a gente tem empresas grandes usuárias de tecnologia, [...]. Não estão ali pra vender nada pra ninguém, estão ali pra aprender e pra conhecer um pouco das tecnologias, tem empresas provedoras de soluções, de soluções diversas, empresas de automação, de sistemas, tem um pouco de tudo e algumas entidades também e inclusive entidades de ensino, [...] é uma composição interessante que cada um tem uma visão diferente e complementar, alguma coisa que alguém fez em algum lugar pode ajudar a resolver o teu problema então isso é interessante, uma forma de buscar conhecimento e de fazer essa troca de experiências. (ENTREVISTADO ISABELIA).

[...] mas das empresas brasileiras andarem nessa linha, e as empresas que já observaram esse tipo de parceria acho que elas estão em vantagem para colher mais benefícios. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Se a gente não trabalhar juntos e muito bem coordenados né, grandes empresas, empresas médias e pequenas, *startup*, governo, academia, [instituição de ensino], precisa realmente ter uma grande parceria aí e articulação, porque a gente não vai conseguir requalificar da maneira tradicional [...] (VÍDEO 7).

Notadamente, as relações entre as categorias “ecossistema de inovação” e “desenvolvimento tecnológico”, com a categoria de ação “buscando parceiros” consiste numa inter-relação entre ambas, à medida que, em determinado momento a empresa busca parceiros no ambiente externo em prol de *benchmarking*, conhecimento, entre outros aspectos. Mas também, a própria organização consiste em fonte de conhecimento, *benchmarking* em outros momentos e para as outras empresas do ambiente geral que buscam igualmente a implementação de tecnologias da indústria 4.0. Desse modo, há uma reciprocidade que auxilia no amadurecimento do ecossistema, e do desenvolvimento tecnológico.

Dentre as ações que compreendem a categoria “buscando parceiros” emergiram dos dados relações com outros agentes para constituir a busca e troca de informações, esses agentes comumente são outras empresas, mas também podem ser associações, ICTs, *startups*, entre outros. Desde que a busca por esses agentes possibilite a troca de conhecimentos em torno da adoção de tecnologias.

Nós visitamos, usando como base a cada encontro presencial um centro de tecnologia do SENAI, então visitamos oito, inclusive um deles foi em São José dos Campos, junto a Embraer, e fizemos inclusive ali no [inaudível] também tivemos um encontro,

por que cada região tem um centro de especialização de tecnologia do SENAI, por exemplo [local] tem a indústria laser e tem a manufatura aditiva [...], então lá nós tivemos especialmente a questão das tecnologias de som, imagem, as câmeras inteligentes, robótica. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

A gente sempre faz todo um, tem um olho aqui, mas sempre olhando o que tem sido feito lá fora e o time tem essa missão como eu comentei lá no começo de implantar coisas em todas as plantas, a experiência do time é bastante grande, recentemente tinha um certo componente ali, ah, passei a mão no telefone, falei com o especialista, ah, isso aqui tô vendo aqui na Eslováquia, no Brasil é diferente, o que é que é melhor, o que é pior, ele conhecia todas as realidades do Brasil, do México, da China, da Eslováquia, me deu uma aula ali de 5 minutos, opa, ficou claro qual era o problema e o que é que, não o que é melhor ou pior, mas mais adequado pra uma situação e pra outra. Só isso. Sem grandes... [...]então contar com essa experiência pra nós aqui é fundamental, então é um pouquinho diferente, ah, como é que as empresas brasileiras conseguiram, a gente tem esses suportes avançados que a gente traz muita coisa de lá e leva muita coisa pra lá também, acho que isso é interessante [...]. (ENTREVISTADO ISABELIA).

[...] tem alguns programas de open innovation nessa direção para alguns temas como instituições especializadas e consultores especializados no tema que normalmente vem da academia. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Eu sempre sugiro que as empresas criem bancos de problemas e que elas façam esses problemas chegarem ao ouvido das empresas que são solucionadoras de problemas, essa é a sugestão que eu dou porque se esses problemas existem ainda é porque não são fáceis de resolver, que ela já deve ter esgotado seu repertório de tentativas e aí busquem inovação aberta pra isso. (ENTREVISTADO VANILLA).

Com base no relato dos entrevistados Cattleya e Vanilla, dentro da busca por parceiros em prol de *benchmarking*, surge a possibilidade da utilização de inovação aberta por parte das empresas, para a solução de problemas ainda não observados no meio em que atuam. A busca por parceiros também é concebida através da busca por qualificação e requalificação diante das novas habilidades necessárias aos indivíduos.

A gente vê também as pessoas que estão dentro da empresa procurando especializações de pós-graduação, MBA, mais ligado com indústria 4.0 [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

Sim, a qualificação do time não é só relevante como fundamental, a gente atravessa um momento difícil na indústria, pelo menos aqui na nossa região, que é quase um apagão tecnológico em termos de pessoas com formação técnica [...]. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

[...] nós fizemos um movimento bastante intenso em três anos para cá, começando com onze pessoas fazendo um pós-graduação que levou um ano e meio, onze das principais lideranças da empresa, inclusive eu, fizemos uma pós-graduação focada na indústria 4.0, é uma pós-graduação que é conduzida pelo SENAI e o instituto Euvaldo Lodi [...]. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

Ainda, percebe-se que a busca por parceiros é constituída, na maioria das vezes, na busca por organizações para o apoio e/ou desenvolvimentos dos projetos de indústria 4.0. Essa ação figura-se sob diferentes aspectos, há empresas que somente buscam os fornecedores de

tecnologias, enquanto há empresas que preferem delegar a implementação a um trabalho conjunto com alguma organização que desenvolva soluções dessa natureza.

A gente busca conhecer essas tecnologias participando de feiras, de eventos, até mesmo com fornecedores que tem essa tecnologia no seu portfólio. A gente faz alguns testes, algumas demonstrações antes da gente partir pra uma aquisição, pra uma implantação disso. [...], mas é contato com fornecedores, participação de feiras e eventos pra manter o conhecimento vivo, né, pra gente estar sabendo o que tá se passando, o que tá sendo desenvolvido por aí. [...] buscar algum parceiro que tenha amplo domínio da tecnologia, pessoas ou empresas que tenham conhecidamente *know-how* para resolver aquele problema, nem por isso ir direto pra implementação cheia, a gente vai fazer o teste, então assim, são ferramentas que a gente usa pra mitigar risco [...]. (ENTREVISTADO ISABELIA).

A gente preparou um documento pra mandar pro mercado pra que a gente tivesse os mesmos critérios, as mesmas perguntas pra todos os fornecedores e a gente enviou essa RFQ [*request for quotation*] pra todos, se não me engano foram quase 11 fornecedores de soluções MES que a gente convidou pra participar desse processo [...]. (ENTREVISTADO LEPTOTES).

Normalmente ela [empresa] tem que se relacionar com aqueles atores que trazem conhecimento e solução, primeiro com fornecedores de partes, componentes, sistemas, máquinas, soft, hard e etc. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

A gente acabou optando pela estratégia de alugar naquele momento, então os robôs que a gente tem eles são projetos nosso, a gente desenhou tudo [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

[...] quando a gente fala da execução de um projeto dessa natureza a gente sempre tá falando de um projeto a quatro mãos, ou seja, eu tenho do outro lado a equipe do cliente junto comigo executando e acompanhando tudo que eu tô fazendo [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

A gente está envolvendo principalmente *startups* junto conosco né, em alguns casos a gente andou comprando algumas pequenas soluções de startups, outras a gente está desenvolvendo junto com elas, outros eles vão até um certo momento (ENTREVISTADO LANIUM).

A implementação geralmente a gente tem nossos parceiros pra fazer, a gente acaba gerenciando. A gente vai implementar a tecnologia, mas acaba sendo gerente de projeto na fábrica. (ENTREVISTADO DENPHAL).

Por fim, evidenciam-se no Quadro 23 os efeitos emergentes do sistema de ações da categoria “buscando parceiros”, os quais consistem no conjunto de proposições 6.

Quadro 23 - Efeitos que estão sendo produzidos pela categoria “buscando parceiros”

Ação que deu origem ao efeito	Fator impactado	Consequência	Referência que evidencia a relação entre ação e efeito
Busca por parceiros	Ecossistema de inovação	Integração dos diferentes agentes	“pra acelerar a gente acaba vendo que unir as pessoas e trocar ideias acaba sendo uma forma de aceleração [...]”. (Entrevistado Vanilla). “eu sou o representante da [empresa] junto a uma associação, então eu

Ação que deu origem ao efeito	Fator impactado	Consequência	Referência que evidencia a relação entre ação e efeito
			faço parte da [associação] na diretoria, participo dos eventos, dos encontros todos que a [associação] promove ao longo do ano e trago coisas que a [associação] mostra nesses encontros aqui pra dentro da [empresa], então é uma via de mão dupla, eu aprendo muita coisa lá, trago pra cá e alguma coisa que a gente tenha aqui. (Entrevistado Isabelia).
Troca de informações, busca por qualificação e por parceiros para o desenvolvimento do processo	Conhecimento e identificação de oportunidades	Ampliação conhecimento e do escopo vislumbrado pela empresa no contexto da I4.0	<p>“Eu acho que o primeiro passo é com certeza buscar informação, a partir dali o que você vai começar a enxergar quais soluções, quais tecnologias, quais benefícios você pode ter, então o primeiro passo sempre é buscar informação, seja como empresa, seja individualmente “Ah, eu preciso ajudar a minha empresa, eu vou atrás disso”, mas com certeza é buscar informação.” (Entrevistado Govenia).</p> <p>“através dos parceiros, a gente busca especialistas para isso né, [...] resumindo a resposta é sim a gente busca parceiros porque a gente não tem todo o conhecimento disponível aqui.” (Entrevistado Leparthes).</p> <p>“[...] tem os próprios fornecedores das tecnologias, o <i>know-how</i> dos fornecedores de tecnologia, que trazem conhecimento.” (Entrevistado Epidendrum).</p>
Busca e troca de informações e conhecimentos, e apoio ao desenvolvimento	Ações, protocolos e métodos	Desenvolvimento das ações, protocolos e métodos a serem utilizados	<p>“No caso da fundação, nós desenvolvemos uma metodologia. Como te comentei, a gente tem lá o diagnóstico fabril, definição de conceito e uma terceira fase de implantação. [...] eles seguem o mesmo esqueleto, [...] Você tem uma estrutura, tem um método, agora o conteúdo varia de uma pra outra e vai sendo customizado e ajustado de acordo com as suas necessidades.” (Entrevistado Cattleya).</p>
Busca e troca de informações e conhecimentos, e apoio ao desenvolvimento	Diagnóstico das operações	Definição dos protocolos e ações a serem desenvolvidas	<p>“[...] dentro do contexto da indústria 4.0 que a equipe da [instituição] desenvolve, então nós fazemos o mapeamento, definimos onde queremos chegar, construímos um <i>roadmap</i> de tecnologias a serem aplicadas para se chegar nesse alvo e definimos um <i>pipeline</i> de oportunidades.” (Entrevistado Cymbidium).</p>
Busca e troca de informações e conhecimentos, e apoio ao desenvolvimento	Desenvolvimento de projetos	Definição dos protocolos e ações a serem desenvolvidas	

Ação que deu origem ao efeito	Fator impactado	Consequência	Referência que evidencia a relação entre ação e efeito
			“Todos os projetos são a quatro mãos, a gente pode chamar, são os fornecedores e nós [...].” (Entrevistado Notylia).

Fonte: elaboração própria.

Diante do exposto, os relatos dos entrevistados corroboram na evidenciação de que as ações empreendidas para a busca de parceiros coadunam em efeitos para a integração dos agentes do ecossistema, ampliação de conhecimento e escopo, desenvolvimento de ações, métodos e protocolos, bem como a definição destes para o diagnóstico das operações e para o desenvolvimento de projetos de inovação.

4.4.3 Diagnosticando as operações

A categoria “diagnosticando as operações” compreende ações para analisar as rotinas, processos e tecnologias da empresa, com o intuito de identificar gaps e falhas, e/ou oportunidades de melhoria sob o escopo da indústria 4.0. Desse modo, as proposições teóricas, que emergiram a partir dos relatos dos entrevistados são evidenciadas no Quadro 24.

Quadro 24 - As proposições que exprimem as relações identificadas na categoria “diagnosticando as operações ”

Proposição	Descrição	Especificação
Proposição 7	A categoria “diagnosticando as operações” está sendo <u>condicionada</u>	7a) Pela perspectiva estratégica da organização com relação a indústria 4.0, pois esta desencadeia as ações a serem desenvolvidas para o atingimento dos objetivos organizacionais.
		7b) Pela busca de parceiros, pois pode definir as ações a serem tomadas para a execução.
		7c) Pela propensão à identificação de oportunidades de inovação, pois essa habilidade incide diretamente na capacidade de identificação e de diagnóstico.
		7d) Pelas tecnologias pré-existentes na empresa, pois estas determinam como e quais processos são e serão desenvolvidos pela empresa
		7e) Pelo ambiente competitivo e as demandas do mercado, pois esta pode impor novas exigências que afetam o processo produtivo

Proposição	Descrição	Especificação
Proposição 8	A categoria “diagnosticando as operações” está <u>constituída</u> por	8a) Ações para analisar os processos e identificar as falhas e gaps do sistema produtivo
		8b) Ações para analisar os processos e identificar oportunidades de implementação
Proposição 9	As ações da categoria “diagnosticando as operações” estão <u>produzindo efeitos</u> para	9a) A busca por soluções, pois determina a situação da empresa, seus gaps e oportunidades.
		9b) A seleção de tecnologias, pois possibilita a identificação de que tecnologias são oportunas para a organização.

Fonte: elaboração própria.

As empresas industriais de médio e grande porte estão sujeitas a diferentes condições sob as ações empreendidas no seu diagnóstico das operações. Dentre as quais, emergem dos dados que a perspectiva estratégica da organização com relação a indústria 4.0 pode condicionar as ações da categoria “diagnosticando operações”. Haja vista que, ao compor os planos estratégicos de curto e longo prazo há um desencadeamento de ações para o alcance das metas e objetivos que circunscrevem a implementação das tecnologias da indústria 4.0 na organização.

Estrategicamente a alta gestão mostra a direção, ah, precisa caminhar numa transformação digital, aplicar conceitos da indústria 4.0 é uma forma de ver e é feito uma lista de previsão, identificação, mapeamento das necessidades [...]. (ENTREVISTADO ISABELIA).

A nossa área é uma área estratégica, ela é corporativa então a gente faz um planejamento estratégico todo ano a gente o revisa a cada 2, 3 meses, mas dentro desse planejamento já tem uma frente que está preocupada em mapear essas tecnologias no mercado e pra fomentar internamente essas áreas pra mapear oportunidade de aplicação dessas tecnologias. [...] A empresa tem que continuar fazendo o apadrinhamento do programa, tem que continuar sendo o *sponsor* principal, então eu tenho que suportar a organização com o investimento necessário para que a coisa aconteça, ela tem que continuar fomentando as áreas, estimulando as áreas para mapearem essas oportunidades. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Ademais, conforme os relatos dos participantes, a busca por parceiros em prol de diferentes objetivos, seja pela busca de qualificação, informações e/ou a contratação de terceiros para a implementação compreende um fator que pode condicionar o diagnóstico das operações, haja vista que as ações que serão tomadas e métodos que serão aplicados costumam ser definidos a partir dessa troca entre a organização e seus parceiros. Ao passo que, o próprio diagnóstico compreende uma técnica adotada pelas empresas.

A metodologia do diagnóstico ela tá baseada na escala dos [inaudível], em que se construiu um grande *checklist* de 300 questões que abrangem os mais diversos setores que você pode ter dentro de uma fábrica ou de uma cadeia desde o relacionamento

com fornecedores, a questão de estoques, a linha de produção, componentes propriamente dita, a linha de integração, a parte de planejamento de produção, ou seja, esse grande *checklist* faz, reúne um grande mapa de como a empresa tá hoje. Tem uma metodologia específica pra isso, e depois disso a gente faz a leitura das tecnologias disponíveis pros *gaps* que são identificados e aí se faz a análise de investimento pra casa um dos casos, então tem uma metodologia que foi desenvolvida pela [fundação] e que é a nossa maior competência de hoje, nosso diferencial de mercado é ter isso maduro, é pra aplicação assertiva dessas tecnologias. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Conforme exposto pelo entrevistado Cattleya, o qual pertence a uma das instituições que fornecem soluções para a indústria 4.0, nesse sentido, seu negócio está no direcionamento e acompanhamento das empresas industriais na adoção da indústria 4.0. Percebe-se que enquanto fornecedor, a instituição já desenvolveu uma metodologia específica para ser aplicada nas empresas para o diagnóstico das operações, bem como para a análise dos projetos. Esse aspecto apresentado configura a influência do ecossistema, especialmente dos fornecedores, ICTs e centros de ensino sob o processo de implementação.

Ademais, os dados revelam que a propensão à identificação de oportunidades de inovação exerce também certa influência, pois consiste numa habilidade que incide diretamente na capacidade, ações e rotinas que sustentam o diagnóstico das operações. Cabe destacar a variabilidade observada entre as empresas estudadas, pois há algumas delas que executam essas ações de diagnóstico em parceria com fornecedores, ou até mesmo delegam essa atividade a terceiros. Diante disso, não há a necessidade de possuir essa habilidade internamente à organização.

[...] elas trabalham diretamente com as perdas, elas trabalham diretamente com os gaps de produtividade ou dos [inaudível] que ela precisa atingir pra melhorar o resultado dela, então estando em contato com os problemas elas também tem condição de identificar as oportunidades, então essas pessoas e esses processos são fontes de oportunidades, de melhorias para que aconteça essa transformação. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Tem que ter pessoas capacitadas e atentas a esse tipo de situação, as vezes você mira numa coisa, mas para aquilo lá pode ser que não resolva plenamente o problema, mas pra alguma outra coisa pode ser a solução [...]. (ENTREVISTADO ISABELIA).

eu [...], como especialista de um processo mapeio uma oportunidade, vou aplicar aqui na minha área [...]. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Complementarmente, conforme o relato dos entrevistados, revelam-se que as tecnologias pré-existentes na empresa podem condicionar as ações de diagnóstico. Pois, as tecnologias determinam como e quais processos são e serão desenvolvidos na empresa. De maneira mais específica, percebe-se que as tecnologias com que a empresa já conta, é o que define como os processos são desenvolvidos e quais são eles, inclusive as suas falhas e gaps.

Ainda, esse pacote tecnológico que a empresa conta, é capaz de definir o nível de maturidade que comumente é mensurado no processo de diagnóstico das operações, ao passo que, figura o plano de fundo ou base para a análise das oportunidades de melhoria e possibilidade de implementação das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0.

Num primeiro momento a nossa equipe técnica que é uma equipe multidisciplinar faz um mergulho na linha de produção, ou na fábrica, ou no negócio do cliente fazendo um grande diagnóstico da condição de operação [...] pra realidade dele essa era uma solução, por isso que a gente entende que essa é uma jornada, cada caso é um caso, cada empresa tem sua realidade e seu estágio de maturidade [...] tem uma metodologia específica pra isso e depois disso a gente faz a leitura das tecnologias disponíveis pros gaps que são identificados [...]. Você só vai aplicar a tecnologia que faz sentido, nem todas elas fazem sentido pra dentro da realidade do seu negócio no médio prazo, [...]. Quando eu olho pra dentro de uma linha de produção da [empresa] eu tenho que entender essas condições de contorno e eu tenho que criar a jornada 4.0 pra essa realidade. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Envolve várias coisas né, desde os próprios modelos de negócio, o jeito que eu fabrico coisas, o meu setor de P&D, que tipos de produtos eu faço, que tipos de equipamentos eu utilizo, que tipos de tecnologias eu tenho que usar e combinar, o que eu já tenho, como que eu funciono [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

Sob aspectos externos à organização, o ambiente competitivo e as demandas do mercado podem condicionar as ações empreendidas para o diagnóstico na empresa, haja vista que estes podem impor novas exigências com relação ao produto ou ao processo produtivo. Ao mesmo tempo que direciona a busca por melhorias na empresa. Usualmente esse processo resulta de alteração do produto e/ou suas especificidades.

Tem muita pesquisa de marketing que influencia nos processos da manufatura, porque como é um produto de médio porte a gente vai ter que as vezes adequar um processo pra aquele tipo de produto, [...] o marketing captura, se gera novas plataformas e projetos, né, e alimenta nosso pipeline de projetos de manufatura e consequentemente a gente tem que atender [...]. (ENTREVISTADO DENPHAL).

[...] porque a gente precisa entender também que o mercado está mudando então, por exemplo, se o mercado muda o produto muda. Se o produto muda o processo muda, isso é uma cadeia que é direcionada pelo mercado até chegar lá na indústria e a tecnologia ela vem como elemento agregador pra poder fazer com que a fábrica tenha um produto que quando o mercado solicitar que ele mude, ela possa também mudar sem aumentar muito o preço, sem aumentar custo, investimento. [...] existem novos negócios surgindo em função de uma mudança da necessidade do consumidor [...] e isso é uma questão fundamental de ser entendida, por que se a indústria de móveis produzir uma mesa, talvez no futuro ela tenha que fazer uma mesa totalmente diferente, porque aquela mesa de madeira ou aquela mesa de móvel, sei lá, soldada, pintado e tal, não vai mais ter ninguém que queira comprar porque alguém inventou uma mesa feita em impressão 3D, por exemplo. [...] (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

[...] é a questão do nível de competitividade no mercado mesmo, é a concorrência, é a necessidade de você ter processos cada vez mais enxutos, menos desperdícios para poder se manter competitivo no mercado. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

[...] até pouco tempo era tudo automatizada, porque eu vendia uma coisa só. Agora o João quer vermelho, a Maria quer azul, o outro quer com uma rebarba e o terceiro quer que seja duas vezes o tamanho, eu tive que tirar os robôs na minha fábrica para conseguir personalizar [...]. (ENTREVISTADO PHAL).

Dentre as ações que compõem a categoria “diagnosticando as operações” revelaram-se a análise dos processos e identificação de falhas e gaps do sistema produtivo, bem como a análise dos processos para identificar oportunidades de implementação (proposições 8a e 8b). Acerca da análise voltada a identificação de falhas e gaps, percebe-se que essa rotina é mais comumente adotada. Haja vista a ênfase das organizações em agir no sentido de solucionar seus pontos críticos e agregar valor a partir disso, conforme evidenciado pelos entrevistados.

Dentro do que faz sentido, dentro de um passo a passo, a gente busca identificar primeiro quais são as maiores necessidades da organização, então por exemplo, agora a gente vive um momento esse ano, onde estamos trabalhando muito mais direcionados para a redução de desperdício de matéria-prima, por que a matéria-prima sempre foi cara e agora ficou 50% mais cara [...]. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

[...] o teu ponto mais crítico da tua fábrica, é, o equipamento que produz mais falhas, então vamos começar por esse equipamento [...]. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

[...] o pilar de desdobramento de custo é responsável por, desde a coleta de dados, de informação no chão de fábrica até a priorização de projetos de melhoria, então são sete passos que a gente trabalha identificando onde estão as perdas através da coleta de dados, como tratar essas perdas, como resolvê-las e onde colocar o dinheiro para que a gente possa melhorar nosso desempenho. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

Primeiro tem que entender a dor né, o que dói na empresa né, que está doendo hoje, então por exemplo a [empresa], uma das dores é o volume de produtos que precisam ser customizados para os clientes [...]. (VÍDEO 6).

[...] então a gente vai lá e analisa a fábrica como um todo, a situação dessa fábrica era bem diferente, ela tinha um ponto específico que gerava 90% dos defeitos do processo. Então não adiantava você trabalhar no todo sem antes construir aquela necessidade específica, [...] começava com uma manutenção de máquina, com estabilidade de manufatura, de processo porque era um ponto gargalo daquela fábrica, então o trabalho foi primeiramente mudar aquele gargalo, tirar aquele gargalo de falhas no processo, corrigir aquilo [...] A gente começa identificando onde estão nossas perdas, onde estão os riscos, os nossos problemas, [...] Você identificar onde está o teu problema no momento exato, o que é o problema e onde está pra resolver é um diferencial muito grande [...]. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Bom, nós criamos a engenharia de processos e criamos um comitê de engenharia industrial, nesse comitê nós mapeamos todos os nossos problemas e processos, não fizemos, eles não foram gerados a partir de um mapeamento de fluxo de valor, mas a partir das dores que nós estamos sentindo no momento e tabulamos essas dores, aplicamos uma matriz GUT para definir que atividades nós vamos priorizar ao longo do tempo. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

[...] o processo todo ele é assim, a oportunidade ela nasce a partir de um problema, então a gente entende nos processos quais são os problemas principais que eu tenho, por exemplo, eu tenho problema pra atingir a maior taxa de produção de equipamento, tem um gap de produtividade, então eu vou lá entender quais são os principais problemas que estão impedindo que eu atinja aquela taxa de produção [...] as áreas

trouxeram seus problemas, daí a gente fez um *workshop* pra entender quais as tecnologias que poderiam ajudar naqueles problemas e a partir daí a gente vem adotando esse processo de entender primeiros os problemas [...] a gente vem trabalhando com mapeamento de oportunidades, então diferentes áreas agora de operações que estão envolvidas em mapear essas oportunidades [...]. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Ainda, dentre as ações realizadas por meio da análise das rotinas e processos, especifica-se o desenvolvimento de atividades em prol da identificação de oportunidades de melhoria e implementação. Essa ação ocorre não necessariamente buscando resolver um problema interno, mas visando aperfeiçoar o produto e o processo produtivo à vista das novas tendências com relação à demanda e às novas tecnologias disponíveis no mercado.

[...] oferecer produtos cada vez mais sintonizados com tendências e com demandas do mercado, e para isso vai se fazer o uso de tecnologia de *big data*, *analytics*, *data driven* e outros, mas não só esses [...]. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

[...] a fábrica é consequência de uma demanda do consumidor e se a gente conseguir enxergar isso, a gente vai conseguir estruturar uma fábrica mais eficiente, mais enxuta, mais robusta e mais preparada para essa visão de futuro do mercado. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

[...] e a terceira para um consumidor exigente ou para um novo consumidor. Então essas aí são as três forças que levam uma empresa a implantar uma tecnologia [...]. (ENTREVISTADO PHAL).

[...] entender pra onde o mercado tá indo, pra depois reposicionar e adotar as tecnologias de acordo com esse direcionamento. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

A nossa forma de lidar com o cliente é muito mais desenvolver os produtos que o cliente precisa com as características que ele precisa [...]. (ENTREVISTADO ISABELIA).

É um pouco dos dois, mas como te falei, a gente tem uma lógica de priorização, não é, a gente tem claro, sugestões que a gente recebe, a gente tem, por exemplo, só no Brasil mais de 4 mil sugestões por ano, claro que de todos os níveis. Falei 4 mil, não, é bem mais, quase 20 mil por ano de melhorias ou de alguma atividade [...] Todas essas sugestões são analisadas e validadas por um comitê [...] Nesses comitês vai haver priorizações, discussões, validações. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

Esgotadas as ações que constituem a categoria “diagnosticando as operações”, evidencia-se os efeitos emergentes de suas ações/interações. No Quadro 25 estão dispostas as ações, fatores impactados, consequências e as falas que respaldaram o conjunto de proposições 9 (conforme Quadro 24).

Quadro 25 - Efeitos que estão sendo produzidos pela categoria “diagnosticando as operações”

Ação que deu origem ao efeito	Fator impactado	Consequência	Referência que evidencia a relação entre ação e efeito
Análise dos processos e identificação de <i>gaps</i> e oportunidades	Busca por soluções	Estabelece a situação da empresa e que mudanças são necessárias ou pertinentes	<p>“Não faça banco de ideias, faça banco de problemas, quando a gente tem problemas a gente pode ter vários pontos de vista diferentes e daí de repente achar uma solução melhor [...] Eu sempre sugiro que as empresas criem bancos de problemas [...] então é muito melhor trabalhar com a solução do problema [...] aqueles outros problemas que você tem busque o mais rápido possível empresas que possam vir e resolver o seu problema” (Entrevistado Vanilla).</p> <p>“[...] pra gente poder melhorar a gente precisa saber onde melhorar, como melhorar.” (Entrevistado Dendrobium).</p>
Análise dos processos e identificação de <i>gaps</i> e oportunidades	Seleção de tecnologias	Definição de que tecnologias são oportunas a partir do diagnóstico realizado	<p>“Então primeiro a gente identifica esse estágio de maturidade e propõe a tecnologia que traz melhor retorno sobre o investimento. Eventualmente um cliente dessa natureza talvez não fizesse sentido eu estar falando sobre uma outra tecnologia habilitadora [...]” (Entrevistado Cattleya).</p> <p>“Então determinado problema ele vai ter uma solução que passa através de uma aplicação de uma tecnologia disruptiva.” (Entrevistado Oncidium).</p> <p>“Cada um tem seu problema, então eu não digo que a gente tem o remédio, eu digo que a gente tem uma farmácia de manipulação, a gente ajusta de acordo com aquela dor e as dores não são únicas, os pacientes não são únicos e os remédios não são únicos.” (Entrevistado Vanilla).</p> <p>“Então você tem um conjunto de diferentes tecnologias que elas podem ou não ser aplicadas, dependendo da realidade de cada empresa.” (Entrevistado Cymbidium).</p>

Fonte: elaboração própria.

Em resumo, os relatos dos entrevistados revelam que as ações empreendidas na categoria “diagnosticando operações” geram efeitos emergentes para a busca de soluções e a seleção das tecnologias que serão a base para o desenvolvimento dos projetos, haja vista que,

há a identificação dos *gaps* e falhas presentes na organização, comumente priorizadas, além da identificação de oportunidades.

4.4.4 Desenvolvendo projetos de inovação

Corroborando o sistema de ações, a categoria “desenvolvendo projetos de inovação” configura as ações tomadas em prol da definição de processos, produtos ou demais aspectos organizacionais a serem modificados para a implementação de elementos da indústria 4.0. Além do desenvolvimento de projetos e o alcance de maior maturidade tecnológica por parte da empresa industrial. Os fatores que agem sobre as ações desencadeadas para o desenvolvimento de projetos, bem como seus efeitos emergentes estão apresentados por meio de proposições no Quadro 26.

Quadro 26 - As proposições que exprimem as relações identificadas na categoria “desenvolvendo projetos de inovação”

Proposição	Descrição	Especificação
Proposição 10	A categoria “desenvolvendo projetos de inovação” está sendo <u>condicionada</u> por	10a) Pela conjuntura econômica, pois estes aspectos alteram a abordagem adotada pela empresa.
		10b) Pelo ambiente competitivo e constantes mudanças, pois a concorrência e a demanda podem estimular a melhoria de processos e produtos, ou a adoção de determinada tecnologia
		10c) Pelo desenvolvimento tecnológico, pois incidem sobre os processos e tecnologias adotadas.
		10d) Pelo ecossistema de inovação, pois este pode executar ações que colaboram ou intrinca o desenvolvimento dos projetos.
		10e) Pela disponibilidade de recursos, pois os projetos comumente são avaliados do ponto de vista financeiro.
		10f) Pelas tecnologias pré-existentes na empresa, pois estas determinam a maturidade da organização e que projetos podem ser desenvolvidos.
		10g) Pela propensão à identificação de oportunidades de inovação, pois compreende uma habilidade que é projetada no desenvolvimento de novos projetos e inovação.
		10h) Pela perspectiva estratégica da organização com relação a indústria 4.0, pois esta desencadeia as ações a serem desenvolvidas

Proposição	Descrição	Especificação
		para o atingimento dos objetivos organizacionais para a implementação da I4.0.
		10i) Pela busca de parceiros, pois a cooperação com o agente pode determinar os métodos e procedimentos adotados.
		10j) Pelo diagnóstico das operações, pois determina a situação da empresa, seus gaps e oportunidades, e que tecnologias podem ser utilizadas.
Proposição 11	A categoria “desenvolvendo projetos de inovação” está <u>constituída</u> por	11a) Ações para estabelecer um <i>roadmap</i> de tecnologias e projetos. 11b) Ações para adquirir maturidade tecnológica.
Proposição 12	As ações da categoria “desenvolvendo projetos de inovação” estão <u>produzindo efeitos</u> para	12a) Para as transações com agentes que fornecem tecnologias e soluções, pois há a definição das tecnologias e requisitos necessários no projeto. 12b) Para a implementação de projetos de inovação, pois compreende no projeto e no roteiro para tal. 12c) Para o conhecimento e experiências, pois compreende experiências da empresa industrial diante do desenvolvimento de projetos com esse escopo.

Fonte: elaboração própria.

Notadamente, diferentes aspectos do ambiente externo condicionam o sistema de ações empreendidos pelas empresas industriais para o desenvolvimento de projetos. O primeiro elemento refere-se a conjuntura econômica. Basicamente, percebe-se que a situação econômica enfrentada pelo país acomete as atividades desenvolvidas pelas empresas, a exemplo a sua abordagem com relação a investimento, expansão e modernização do parque fabril. Além de implicar diretamente no custo de determinados equipamentos e tecnologias, quando estas são importadas.

[...] como muitos do mais avançado ainda é importado né, produzido na China, desvalorização cambial tá desfavorável [...]. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

No mesmo momento em que todo mundo está cauteloso com o investimento, com o orçamento, (...) aumentou a necessidade, e ao mesmo tempo a insegurança também né (ENTREVISTADO GOVENIA).

[...] eu acho que falta é que a gente não saiu da crise de 2014 ainda, então falta dinheiro, essa é a grande verdade, falta consumo, a gente precisa voltar a crescer como país, é a única coisa que falta, o conhecimento está lá, os fornecedores estão aí, a massa crítica está aí, os eventos estão aí, on-line, e acessíveis a qualquer um do Brasil e do mundo, está realmente faltando demanda de produção para que se invista mais, eu posso dizer isso com uma certa convicção, basta gente pegar o número do PIB dos

últimos anos, o crescimento de PIB né, a gente não está indo bem, e a gente sabe o porquê né, coisa políticas e tal, mas acho que é única coisa que falta, a gente precisava ter uma previsibilidade, problema de sempre do Brasil, você vai falar com o pessoal mais velho, cara, no Brasil não dá pra ter previsibilidade econômica, e isso está totalmente ligada a essa deficiência que eu vejo, eles não conseguem investir, esse é meu único ponto. [...] mas eu acho que a gente ainda tem uma instabilidade política muito grande, isso reflete no índice de confiança do empresário [...]. (ENTREVISTADO MILTONIA).

Esses anos de recessão não permitiram as empresas investirem. E obviamente, para fazer alguma coisa nesse sentido precisa de investimento (VÍDEO 2).

A categoria “era da complexidade” circunscreve o ambiente competitivo e as constantes mudanças observadas pelas empresas industriais sob o prisma externo à organização. Esses aspectos demonstram certa influência no desenvolvimento de projetos de inovação dentro da empresa, pois a concorrência e a demanda podem estimular a melhoria de processos e produtos pelas empresas. Conforme evidenciado pelo entrevistado Brasiliorchis, a busca por produtividade, por maior qualidade e inovação acabam exigindo o desenvolvimento de ações, e até mesmo a adoção de determinadas tecnologias que agreguem valor a organização.

[...] não precisa nem ter lucratividade acrescida, mas só se manter no mercado. Então você é obrigado a ter isso, se não, não se mantém no mercado, mas ele está acima de tudo. (ENTREVISTADO PHAL).

[...] a produtividade, a qualidade e a inovação acabam exigindo das empresas esses tipos de comportamento [...]. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

Ademais, percebe-se que desenvolvimento tecnológico também exerce, em alguma medida, influência sobre o desenvolvimento de projetos, sobretudo na definição dos métodos e tecnologias que poderão ser adotadas, esses aspectos ficam perceptíveis na declaração do entrevistado Cattleya.

A gente busca lá a parte bem acadêmica e conceitual da indústria 4.0, a partir dela, olha pra *players* de mercado que atuam num segmento similar a desse cliente que está sendo analisado ou, no mesmo segmento ou em um segmento próximo, e desenha o que nós chamamos de *roadmap* tecnológico pra adoção dessas novas tecnologias de produção [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Outra categoria do ambiente externo que exerce determinada influência nas ações desenvolvidas na categoria “desenvolvendo projetos de inovação” é o ecossistema de inovação de um modo geral, este é capaz de condicionar as ações desenvolvidas em prol do desenvolvimento de projetos de inovação, haja vista que pode gerar efeitos que colaboraram ou intrinacam o desenvolvimento destes. Apesar de já examinado os efeitos dos diferentes agentes do ecossistema para com as empresas industriais, cabe mencionar que cada agente desenvolve

ações distintas, as quais corroboram com a performance do ecossistema de inovação como um todo.

Nós temos desde a estrutura de pesquisa e desenvolvimento para ajudar as indústrias a implementarem e desenvolverem sistemas de robótica, sistemas de automação, sistemas de gestão integrada, soluções completas de unidades fabris [...] (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

A [organização] presta serviços de assessoria e consultoria pra implementar esses conceitos em indústrias [...]. (VÍDEO 2).

Os efeitos do ecossistema de inovação para com as empresas industriais já foram expostos anteriormente, porém evidencia-se que emergem as ações empreendidas pelo governo, fornecedores, associações, ICTs e centros de ensino. Tais como a definição de marco regulatório, criação de linhas de crédito, acompanhamento e assessoria no desenvolvimento dos projetos de inovação, fornecimento de tecnologias, entre outros aspectos.

Sob o prisma do ambiente interno, emergem dos dados aspectos que demonstram que disponibilidade de recursos financeiros afetam a tomada de decisão de que projetos sejam implementados. Especificamente, a falta de recursos financeiros imbrica no desenvolvimento do processo de seleção dos projetos. Ainda, percebe-se que estes comumente são avaliados do ponto de vista financeiro, o que consiste essencialmente na análise da viabilidade financeira do projeto.

[...] trazer isso para a realidade é um grande desafio, e também vencer a etapa do investimento, não é, porque são novidades extremamente caras onde você fica com o coração dividido entre investir em tecnologias de informação ou investir no equipamento que vai aumentar o volume de produção, então esse é o grande desafio de mudança. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

[...] pra cumprir essa obrigatoriedade, compensa que ela faça o desenvolvimento ao invés de comprar uma solução do mercado [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

É, eu vejo que o entrave financeiro [...] tem muita oportunidade, mas as empresas têm dificuldade em investir [...]. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

E aí depois tem toda a questão de como isso exige muito investimento, este dinheiro vai vir de onde? [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

Com base nas falas dos entrevistados, percebe-se que o investimento em tecnologias e projetos dessa natureza demandam a disponibilidade de recursos financeiros, pois costumam ser relativamente caros. Ademais, o entrevistado Cattleya expõe a situação de determinada empresa que ciente da importância de investimentos em inovação disponibilizou recursos para essa atividade, de modo a definir a obrigatoriedade do uso desses recursos para projetos de inovação. O que acabou condicionando a empresa a desenvolver os projetos de inovação internamente, ao invés de adquirir determinada solução com um fornecedor. Desse modo, em

certa medida, essa atribuição de recursos financeiros, condicionou a abordagem adotada para o desenvolvimento de projetos.

Ao desenvolver projetos de inovação, as empresas industriais partem do pacote tecnológico que já dispõem dentro da organização, ao passo que, o pacote tecnológico remete ao grau de maturidade tecnológica da organização. Com base na fala do entrevistado Epidendrum, fica mais evidente o efeito das tecnologias já implementadas na organização sob os projetos desenvolvidos, e ainda na escolha dos fornecedores. Pois, segundo ele, não são todas as tecnologias que são intercambiáveis com outras.

[...] nós temos atividades preliminares a vencer ainda, desafios preliminares a vencer ainda dentro da nossa fábrica, [...] algumas coisas que a gente precisa resolver antes de aplicar soluções digitais para a fábrica. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

Você precisa de uma camada primeira que nasce lá atrás, você precisa de 5S, você precisa de ferramentas básicas de ITBM, você precisa de um conjunto de ferramentas *lean*, você precisa ter isso com algum nível de maturidade pra depois você começar a aplicar as tecnologias digitais, caso contrário, as tecnologias digitais não vão ser efetivas ou não vai ser viável aplicá-las nos processos. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Quando a gente fala de 4.0 no Brasil é fundamental entender o status atual de cada uma dessas indústrias antes de pensar em qual tecnologia que pode ser utilizada na produção. Então não adianta pegar um conceito de indústria 4.0 e querer colocar ele dentro de uma indústria que ela tá num nível de não ter controle de processos, de não ter informação, de não ter dados para poder ser analisados e poder tornar esse processo melhor. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

O nosso ERP que é da [empresa], ela é uma empresa muito grande, com muitas frentes de trabalho, com muitas subsidiárias conectadas, sempre fica mais fácil a gente utilizar soluções que já tenham sido desenvolvidas nativamente e comprovada conexão com a atual, por que nem sempre tecnologias se combinam, não criam um *plug* para, e se isso não se conecta então gera problema, e para nós fazer a administração disso fica complexo, então tem sido de forma mais enfática utilizando a mesma gama do fornecedores histórico, eventualmente alguma coisa nova entra mas muito mais [...] os mesmos fornecedores. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

Outrossim, a categoria “propensão à identificação de oportunidades de inovação” também produz efeitos sobre o desenvolvimento de projetos de inovação, pois compreende uma habilidade que é projetada e aplicada nesse processo. Com base nos relatos dos entrevistados emergem relações entre a perspectiva estratégica da empresa em relação à indústria 4.0 e o desenvolvimento dos projetos, pois, consistem em uma ação a ser desenvolvida para o atingimento dos objetivos organizacionais para a implementação da I4.0. Ou seja, percebe-se essa inter-relação entre ambas as categorias, no sentido de que a partir da definição estratégica pela adoção dos princípios da indústria 4.0 na organização e a disseminação das ações sob uma perspectiva *top-down*, a organização passa a rever seus processos e a contar com as tecnologias da indústria 4.0 para o desenvolvimento destes.

Ela sendo *top-down* eu consigo direcionar uma parte de investimentos, consigo direcionar pessoas pra trabalhar com isso, mapear um pipeline de iniciativas e implementar isso em paralelo, a facilidade de implementação é muito mais fácil porque tá conectada com toda uma estratégia da área [...]. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Semelhantemente ao observado na proposição 7b (Quadro 24), a categoria “buscando parceiros” é capaz de condicionar também o desenvolvimento de projetos (proposição 10i), haja vista que a interação com os demais agentes pode culminar na determinação de métodos e procedimentos adotados, inclusive nas etapas adotadas para o desenvolvimento dos projetos. Ademais, os dados revelam que as ações empreendidas na categoria “diagnosticando as operações” influenciam no desenvolvimento de projetos, haja vista que, o processo de diagnóstico indica a situação da empresa, quais são seus *gaps* e falhas, onde há oportunidades de implementação, que tecnologias podem ser utilizadas, entre outros aspectos.

Então determinado problema ele vai ter uma solução que passa através de uma aplicação de uma tecnologia disruptiva, por exemplo, eu vou tirar esse sistema de inspeção que é visual que o operador está lá olhando cada uma das peças que passam, e vou substituir por uma câmera que vai ter um sistema de inteligência pra medir ver se tem determinada característica ou não [...]. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

[...] agora em um trabalho similar feito dentro de uma linha de produção dentro da [empresa], ali a tecnologia mais relevante nessa direção era justamente a utilização de veículos autoguiados e não mais automação, [...] depende muito de caso a caso [...] quando a gente desenha o *holdmap* de tecnologias isso tá baseado nos pilares conceituais da indústria 4.0 lá das máquinas inteligentes, dos produtos inteligentes, dos sistemas de controle [...] esse grande *checklist* faz, reúne um grande mapa de como a empresa tá hoje. [...] de acordo com a sua natureza, da sua realidade de contexto [...] pra construir o seu caminho. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

[...] tem ferramentas que para empresas é possível usar, para outras não [...]. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

Exauridas as explicações quanto aos aspectos condicionantes da categoria “desenvolvendo projetos de inovação”, evidencia-se as ações que compõem a categoria. Desse modo, emergiram dos dados a realização de ações, por parte das empresas industriais, para o estabelecimento do *roadmap* de tecnologias e projetos. Esse processo coaduna algumas atividades mais específicas, a saber: a) mapeamento de tecnologias e requisitos da empresa; b) desenvolvimento de projetos de produto, processo e/ou organizacionais; c) avaliação dos projetos; e d) priorização dos projetos para implementação.

Com relação ao mapeamento de tecnologias e requisitos da empresa, percebe-se a consideração por parte dos indivíduos envolvidos no processo, de diferentes requisitos e demandas da organização para esse tipo de projeto. A exemplo da preocupação com a

implementação sem que seja necessária a suspensão do processo produtivo, além de que sejam desenvolvidos projetos que corroborem com a segurança e integridade do trabalhador, qualidade do produto, eficiência produtiva, rentabilidade, conectividade, automação, geração e análise de dados, cibersegurança, entre outros aspectos.

O desenvolvimento de projetos de produto, processo e/ou organizacionais podem configurar na estruturação de projetos de inovação. Sob o escopo da indústria 4.0, esses projetos costumam ser voltados a mudanças na manufatura e no processo produtivo. Mas, possuem amplo espaço para inovação no produto, como embarcar tecnologias neste, ou ainda, voltados à mudanças organizacionais.

A gente faz os projetos, a gente desenha e a gente contrata fornecedores pra isso. [...] mas a concepção da solução vem da nossa engenharia [...] nós temos os nossos engenheiros de processo, como eu falei, a gente é responsável por capturar as necessidades da empresa, desenhar projetos, especificações, pra atender essas soluções, daí avaliar se um fornecedor pode executar esse caderno de especificações [...] Eu fiz toda a especificação técnica da parte de testes, do quê que esse robô precisava fazer, aonde que ele precisava ser instalado, quais os periféricos de segurança, desenhei o layout da área [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

[...] quando a gente fala em indústria 4.0 no sentido mais amplo do que até a manufatura, a gente está falando até em rever o seu produto, seu produto vai virar serviço [...] então o mundo digital vai questionar realmente se você vai vender o carro, ou a assinatura, ou você vai criar um carro autônomo para transportar pessoas. [...] você olhar o seu negócio da forma mais ampla possível, se você tem um modelo de negócio que talvez o seu produto não é o que vai acontecer, talvez não vale a pena você investir só em um pedacinho pequeno [...]. (ENTREVISTADO MILTONIA).

Por que embarcar essa tecnologia no produto? como por exemplo algum tipo de, que hoje é tudo analógico, alguma coisa digital, algum tipo de controle digital, a hora que você vai para o controle digital você vai ter placa, vai ter placa eletrônica, além das restrições, da placa eletrônica com água, por que daí ela tem que ser blindada, então já teria um custo adicional, o custo benefício ainda não se viabilizou para nós, então no produto ainda não, é mais no processo produtivo mesmo. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

[...] desenha o [...] *roadmap* tecnológico pra adoção dessas novas tecnologias de produção. Tanto na camada tecnológica do processo produtivo, do beneficiamento mesmo, quanto na camada das tecnologias digitais de apoio a tomada de decisão ou de facilitação de percepção de cliente ou de fornecedor que vão retroalimentar. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Tem um *roadmap* de 2 anos do que a gente vai implementar nos próximos 2 anos [...]. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

[...] eu pego tudo isso e vou aplicar considerando a sua realidade financeira, cultural, de recursos humanos, de tecnologias etc., por isso que existe o tal do *roadmap*, esse caminho que é totalmente individual, não existe um *copy past* para isso [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

[...] já tem workshops que estão agendados para acontecer onde a gente vai apresentar o resultado dessa análise, desse *assessment* das áreas pra identificar oportunidades e quanto a gente precisa investir em cada área pra implementar esses projetos. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

A gente pode ver isso de duas maneiras, uma na questão da [empresa] fornecer soluções de indústria 4.0 que é a questão da unidade de negócio, e a outra perspectiva dentro da [empresa] são as unidades. [...] Essas unidades elas vão puxar a sua evolução na indústria 4.0 também [...]. com base nessa proposta a gente vai levar o assunto pra diretoria, a gente já tem tempo de projeto, escopo, valor, tudo bem definido vai levar pra diretoria industrial pra ver se, pra pegar aprovação desse projeto. (ENTREVISTADO LEPTOTES).

Conforme elucidado pelo entrevistado Leptotes, após a estruturação dos projetos, sucede-se com a avaliação destes. Esse processo consiste numa tomada de decisão com ênfase em efetividade, consecução de objetivos organizacionais, viabilidade (técnica, econômica e comercial), tempo de implementação, custo do projeto, retorno sobre o investimento, impactos nas pessoas, entre outros, conforme revelado pelos entrevistados.

É um processo bastante longo. Inicia pela área solicitante e tem uma validação corporativa, e avalia aí se há necessidade desse projeto, se ele está alinhado as demandas da organização, seja projeto de aumento de produtividade, seja de eliminação de risco, se está realmente eliminando esses riscos e aumentando a produtividade [...]. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

[...] antes de qualquer coisa, eu preciso fazer uma análise de viabilidade técnica, comercial e econômica, né, antes de fazer qualquer implantação [...]. (ENTREVISTADO PHAL).

[...] projetos com viabilidade econômica e retorno, eles são normalmente aprovados [...]. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

[...] tem algumas tecnologias que precisam que a pessoa, por exemplo, utilize um óculos de realidade aumentada, e aí começa um processo digital, como isso vai afetar a ergonomia de trabalho de uma pessoa? isso vai afetar ela negativamente de alguma maneira? então isso é com certeza um dos fatores, então além de ergonomia, tempo de implementação e custo, com certeza também tem um retorno de investimento daquela tecnologia, então eu diria esses quatro fatores. (ENTREVISTADO GOVENIA).

[...] você coloca todos os custos que você vai ter com isso ao longo de 5 anos separando entre custos iniciais que são custos mais relativos a investimento, e custo mais relacionados ao custo de manter aquela tecnologia funcionando por 5 anos, e ao final disso você vai ter o montante de dinheiro que vai te dizer qual a melhor opção financeiramente pra você seguir. (ENTREVISTADO VANDA).

Não só do impacto financeiro, mas do impacto em termos de mudanças de hábitos, de competitividade como um todo, em termos de financeiro, em termos de pessoas. O que falta na minha visão é justamente isso, a indústria antes de fazer um investimento em tecnologia, saiba por que ela realmente ela tá fazendo aquele investimento. Aí ela vai poder direcionar melhor os investimentos que ela faz. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Não raro, devido a algumas limitações, as empresas industriais acabam tendo que optar pelo investimento em determinado projeto, em detrimento de outros. Os relatos dos entrevistados Dendrobium e Lepanthes revelam que cada empresa desenvolve seu método de priorização, bem como os aspectos enfatizados neste.

[...] a gente tem algumas matrizes, a gente fala matrizes de priorização, então a gente tem uma matriz de priorização pra segurança, que a gente leva em consideração todos os riscos [...], da qualidade da mesma forma, quais os riscos inerentes ao nosso projeto hoje que pode trazer um *big* risco para os nossos clientes? Também tem uma matriz que nos mostra e custo. Produtividade é output? é ganho de produtividade realmente, aquilo que você tem mais prioridade? você vai investir naquilo [...]. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

A gente usa a ferramenta do GUT - gravidade, urgência e tendência, define um peso para cada um desses fatores e o que fica mais pontuado é o projeto que a gente executa primeiro. Fizemos isso na área de qualidade há 1 ano e pouco atrás, colhemos frutos fantásticos, aí quando nós mapeamos os problemas de produtos, de campo interno, mapeamos e vimos os mais prioritários, atuamos e hoje nós fechamos o ano passado com a melhor qualidade da história aqui da nossa fábrica. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

Concluído o delineamento dos aspectos que abrangem a ação “estabelecer um *roadmap* de tecnologias e projetos” (Proposição 11a), elenca-se que o desenvolvimento de projetos de inovação também pode ser constituído por ações para a empresa adquirir maturidade tecnológica. Ou seja, pode ser necessário que a empresa desenvolva outros projetos paralelos para que os projetos com ênfase na indústria 4.0 possam ser realizados.

A gente precisa vencer outras etapas antes de se conectar a fábrica como um todo [...] e conectar essa necessidade com o que o conceito digital pode nos ajudar. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

[...] discussão da base, da infraestrutura, pra depois passar pra sensorização, robotização que é legal e tantas outras coisas que podem ajudar, como eu falei, não tem volta. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

É necessário que se faça investimento não só na atualização das tecnologias de processamento, mas também das tecnologias habilitadoras aí e que estão no entorno do processamento. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Acho que ficou ali dissolvido na minha colocação, mas a implantação de uma gestão enxuta, o Lean, ela é base preparatória né [...]. (ENTREVISTADO PHAL).

Por fim, são evidenciados no Quadro 27 os efeitos emergentes do sistema de ações da categoria “desenvolvendo projetos de inovação”, os quais compõem o conjunto de proposições 12.

Quadro 27 - Efeitos que estão sendo produzidos pela categoria “desenvolvendo projetos de inovação”

Ação que deu origem ao efeito	Fator impactado	Consequência	Referência que evidencia a relação entre ação e efeito
Definição do <i>roadmap</i> de tecnologias e projetos	Agentes fornecedores de tecnologia	Definição nas tecnologias e nos requisitos necessários do projeto	“Diante disso eu e o gerente da engenharia industrial fomos atrás de algumas soluções de mercado e a gente já sabia o que queria usar naquela fábrica e fomos atrás de

Ação que deu origem ao efeito	Fator impactado	Consequência	Referência que evidencia a relação entre ação e efeito
			algumas soluções de mercado.” (Entrevistado Leptotes).
Desenvolvimento de projetos, avaliação e priorização	Implementação de projetos	Estabelecimento dos projetos que serão implementados	“Cada caso é um caso específico, mas as decisões são feitas em conjunto através de um projeto onde a nossa equipe atua junto com a empresa pra poder tomar decisão e implementar.” (Entrevistado Cymbidium).
Estabelecimento do <i>roadmap</i> e maturação tecnológica da organização	Conhecimento e experiência	Aquisição de conhecimento e avanço em termos de experiência	“[...] mas, pelo menos 2 anos atrás ainda tava muito nebuloso que a gente não tinha muito <i>knowhow</i> de onde começar, sabe? [...] a gente não sabia por onde começar, o que fazia sentido de fazer primeiro, [...] dentro da [empresa] a gente evoluiu bastante nesse sentido de saber por onde começar, de saber o que é que traz valor.” (Entrevistado Vanda).

Fonte: elaboração própria.

Conforme o relato dos entrevistados, pode-se perceber que as diferentes ações concebidas para o desenvolvimento de projetos de inovação culminam em efeitos emergentes para a definição das tecnologias e requisitos aos fornecedores, estabelecimentos dos projetos, além da aquisição de conhecimento e avanços em termos de experiência.

4.4.5 Implementando projetos de inovação

A categoria “implementando projetos de inovação” compreende ações desenvolvidas em prol da mudança com relação as pessoas e a cultura organizacional, mudanças em termos estruturais, ações para lidar e/ou dissipar a incerteza do processo, além da aplicação de testes pilotos e a implementação em escala dos projetos de inovação. Evidentemente, esse processo ocorre sob alguns aspectos condicionantes, além dessas ações serem capazes de gerar efeitos emergentes. Diante disso, as proposições que exprimem essas relações observadas são apresentadas no Quadro 28.

Quadro 28 - As proposições que exprimem as relações identificadas na categoria “implementando projetos de inovação”

Proposição	Descrição	Especificação
Proposição 13	A categoria “implementando projetos de inovação” está sendo <u>condicionada</u> por	13a) Pela disponibilidade de recursos financeiros, pois a implementação necessita de capital para ocorrer.
		13b) Pela perspectiva estratégica por parte da organização, pois

Proposição	Descrição	Especificação
		delineiam os mecanismos adotados para o acompanhamento das atividades.
		13c) Pelos gerentes e executivos, pois estes empreendem ações de direção e coordenação das atividades.
		13d) Pela cultura e as pessoas, que compreendem os indivíduos que empreenderão as ações.
		13e) Pelo desenvolvendo de projetos de inovação, pois compreende nos alicerces para tal
Proposição 14	A categoria “implementando projetos de inovação” está <u>constituída</u> por	14a) Ações relativas a mudanças nas pessoas e na cultura organizacional
		14b) Ações relativas a mudança na estrutura organizacional
		14c) Ações para lidar e/ou dissipar a incerteza que o processo impõe
		14d) Ações para realizar testes pilotos e escalar a implementação
Proposição 15	As ações da categoria “implementando projetos de inovação” estão <u>produzindo efeitos</u> para	15a) Para o conhecimento e experiências prévias, pois a adoção das tecnologias amplia as experiências e o conhecimento acerca disso
		15b) Para a maturidade tecnológica da empresa e do meio, pois estabelece a adoção de novas tecnologias.
		15c) Para a eficiência produtiva, pois contribui para a mudança de aspectos críticos.
		15d) Para os colaboradores e para as condições de trabalho dos mesmos, pois infere nos processos e estruturas adotadas.

Fonte: elaboração própria.

Como nas demais categorias, as ações empreendidas na categoria “implementando projetos de inovação” também são condicionadas por aspectos externos e internos à organização. Conforme exposto na proposição 13a, verificou-se evidências de que a disponibilidade de recursos financeiros incide diretamente na implementação dos projetos, haja vista que esse processo consiste numa forma de investimentos da organização, requerendo recursos financeiros para a execução.

Ainda é muito caro né, cada ano que passa vai ficando mais barato sim, para fazer essa implementação, [...] Sim, e porque muitos deles não são baratos né, a gente está falando de as vezes milhões de reais o investimento para um projeto desses né [...]. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

[...] capacidade técnica e financeira para implantar projetos que geram resultados que convencem as pessoas, [...] tem que ter capacidade de gestão e financiamento, e de operação para implantar os projetos [...]. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

Em paralelo à disponibilidade de recursos financeiros, emerge dos dados que a implementação está condicionada pela perspectiva estratégica da organização, pois, esse aspecto define os mecanismos adotados para o acompanhamento das atividades em prol da indústria 4.0. A perspectiva estratégica da organização acerca da implementação da indústria 4.0 alinha-se a influência por parte dos gerentes e executivos que empreendem ações de direção e coordenação das atividades.

Na fase de implementação eu tenho todos os *stakeholders* presentes nos comitês aprovando ou não ou levantando algum problema, risco ou necessidade que precise ser resolvida nas fases de implementação também, por exemplo, um problema de qualidade, algo que não foi identificado no projeto previamente, algum problema de output que não foi identificado no projeto anteriormente, nesse comitê, durante a implementação todos os envolvidos, todos os stakeholders são envolvidos e dentro do fluxo eles aprovam ou rejeitam. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

Só de equipamentos grandes nós temos 2.300 pra 4 pessoas, então normalmente a gente não vai ter braço pra implementar, mas a gente é a parte pensante. A implementação, geralmente a gente tem nossos parceiros pra fazer, a gente acaba gerenciando. A gente vai implementar a tecnologia, mas acaba sendo gerente de projeto na fábrica. (ENTREVISTADO DENPHAL).

Conforme os entrevistados Isabelia e Oncidium revelam, dentre os aspectos já discutidos com relação às pessoas, de maneira geral, os indivíduos serão os agentes de mudança, que farão a construção e implementação dos projetos e das tecnologias.

[...] eles têm que comprar a ideia e ajudar a coisa a acontecer, eles não podem ser clientes e esperar que alguém vá lá resolver e vai dar a solução mágica, a bala de prata que vai resolver todos os problemas, precisa fazer parte da construção, da implantação, da adoção da tecnologia. (ENTREVISTADO ISABELIA).

[...] porque transformação no fim das coisas é pessoas, passa por investimento e trazer uma condição para que o processo aconteça, mas no fim das contas é pessoas que vai fazer a transformação [...]. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Ademais, dentre os aspectos capazes de condicionar as ações em prol da implementação de projetos, os dados coletados revelam que a categoria “desenvolvendo projetos de inovação” exerce determinada influência sobre as ações para a implementação. Haja vista que, implementam-se os projetos selecionados após processos de avaliação e priorização. Em resumo, os projetos consistem nos alicerces para a implementação.

Cada caso é um caso específico, mas as decisões são feitas em conjunto através de um projeto [...] a nossa equipe atua junto com a empresa pra poder tomar decisão e implementar. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Esse pipeline ele é ranqueado [...] naturalmente isso também ajuda na etapa futura que é a implantação desse *pipeline*, a implantação desse *roadmap* de tecnologias, né? Qual tecnologia me traz benefício em um curto prazo, então preciso priorizar e trabalhar ela de maneira antecipada. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Durante o processo de interpretação dos dados, emergiu dos dados que a categoria “implementando projetos de inovação” não se limita a implementação de tecnologias e de projetos, puramente. Mas, de outras ações que podem ocorrer concomitante a isso. Esses aspectos ficam claros a partir dos relatos dos entrevistados Oncidium e Brasiliorchis.

[...] eu não consigo ir só investir e não trabalhar a questão de treinamento das pessoas, desenvolvimento delas, mas outra forma eu não consigo só trabalhar questão de *mindset* se eu não tiver uma fábrica que me permita o mínimo de condição necessária pra conseguir aplicar aquela coisa de *machine learning*, de *data collection*, [...] acho que as duas coisas têm que andar em paralelo. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Então já está acontecendo mudanças e quando chegar na fase de inteligência artificial, de soluções mais autônomas nós vamos ter mudanças talvez mais radicais ainda no nível de perfil de emprego, quantidade de empregos disponíveis, reestruturação de setores e até indústrias como um todo, [...] alterações por que a tecnologia tende a crescer exponencialmente, é isso que acontece normalmente quando você tem uma ruptura, que é o que está acontecendo na indústria 4.0, você tem uma ruptura tecnológica e consequentemente acaba gerando mudanças fortes em todos os sentidos, inclusive no comportamento e na forma de trabalho. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

Evidenciados esses aspectos, destacam-se as práticas que coadunam com a implementação de projetos de inovação. Conforme os relatos dos entrevistados, as médias e grandes empresas industriais empreendem ações voltadas à mudanças nas pessoas e na cultura organizacional. O que compreende basicamente na facilitação à adaptação à mudança e a minimização da resistência a essas mudanças.

[...] a gente vê que muitas pessoas são meio alheias a implementação de qualquer tecnologia. [...] gera uma resistência muito grande na manufatura então essa resistência as vezes [...] no começo eles ficam assustados, por exemplo [...] as pessoas normalmente têm essa resistência inicial, mas como é um processo de evolução normal e tem que ser assim mesmo elas acabam aceitando e assimilando. [...] Depois elas acabam gostando de trabalhar junto com as novas tecnologias, mas geralmente tem uma resistência inicial por medo de ah, vou perder minha vaga de emprego, coisas desse tipo. (ENTREVISTADO DENPHAL).

No início a gente teve certa resistência sim, principalmente na questão da aquisição dos robôs, então o pessoal ficou um pouco preocupado na verdade [...]. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

Conscientes das resistências às mudanças, percebe-se que as empresas costumam empreender esforços em prol da redução deste, figurado através de orientações, comunicações, transparência, disseminação de conhecimento, entre outros aspectos, em prol da percepção de valor nessa mudança.

[...] então tem empresas que já estão percebendo isso, estão criando essa mudança cultural, e as outras eu não preciso me preocupar porque as outras vão deixar de existir [...] eu tenho percebido as mudanças culturais, mudanças de pessoas não são rápidas, as pessoas dizem, mas elas continuam fazendo as mesmas coisas, eu inclusive. [...] quebrar rotinas, quebrar hábitos não é nada fácil, mudanças culturais são coisas lentas, são coisas que dependem de validações, de aprovações [...] então essas coisas que precisam que a gente vai se habituando, é uma nova experiência e essas novas experiências vai depender de validações, mudanças culturais não são coisas rápidas [...] por isso que se prevê um tempo de implantação de indústria 4.0 de 20 anos, não é só por causa de dinheiro. (ENTREVISTADO VANILLA).

[...] você faz um novo projeto de gestão ele tem um *change management* envolvido, tem que conseguir conectar as pessoas pra fazer a mudança acontecer [...] tem muita questão de *mindset* das pessoas de achar muitas vezes que tudo isso tá muito associado a simplesmente a tecnologia, e não é. Eu trago a tecnologia, eu trago os sistemas, eu trago tudo que precisa, mas se no fim não tiver conectado com os processos das pessoas, se as pessoas não souberem utilizar, não conseguem identificar o valor agregado aquela mudança isso não se transforma em ganho pra empresa. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Pessoas em geral elas são muito reticentes a qualquer tipo de mudança, então precisa existir um processo de comunicação muito bem claro dessa cultura organizacional ou dessa mudança de cultura em função da tecnologia, isso tem que passar por toda a empresa para que possa ser feito da melhor maneira possível. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

A gente tem toda uma, agora trabalhando com um grupo de pessoas, treinando para que as pessoas consigam fazer, mas é difícil. Não é um negócio rápido assim. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

Mexer com cultura organizacional é um processo árduo e que costuma ser demorado e que traz alguns riscos, mas que não tem volta. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Acho que é quebrar um pouco do impacto cultural para que a gente tenha menos resistência possível. Conseguir abraçar isso como se fosse soluções mesmo, que vem trazer valor pra empresa, enfim, foi que a gente dentro da [empresa] conseguiu fazer muito bem [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

[...] uma adaptação das pessoas frente a tecnologia, todo mundo precisa se adaptar a isso e tá mais tolerante a esses riscos fazendo de uma maneira gradativa, [...] é mudança de *mindset*, mais uma vez isso é essencial pra gente conseguir mudar os valores, é natural, com o tempo essa resistência acaba caindo. (ENTREVISTADO ISABELIA).

[...] as pessoas não foram feitas ou não foram treinadas para pensar na inovação no dia a dia, elas foram treinadas para entregar resultados, seguir processo, eu até colocaria em primeiro lugar as pessoas [...]. (ENTREVISTADO MILTONIA).

O conjunto de tecnologias que estão dentro da indústria 4.0 é importante, eu acho que acima de tudo acaba sendo uma mudança de cultura e a gente tem que trabalhar as pessoas para que elas caminhem junto dentro desse projeto, da questão da indústria

4.0, então a gente também faz alguns trabalhos em cima disso, com as pessoas. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

Ademais, além das ações em prol da mudança das pessoas e da cultura. Os projetos de inovação também podem contemplar mudanças nos processos e estruturas, sobretudo na estrutura organizacional, contando com os aspectos da indústria 4.0 na organização. Essas mudanças podem ocorrer previamente, durante ou pós implementação dos projetos.

[...] dentro desse contexto foi necessário que as empresas, as indústrias passassem a repensar o jeito de se organizar [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

[...] foi criada uma unidade de negócios específica e todas as unidades têm um projeto envolvendo a indústria 4.0 [...]. (ENTREVISTADO LEPTOTES).

[...] é uma coisa que estava expandindo muito rápido e o time já não tá suportando, até hoje não tá suportando, daí vem a necessidade de crescer bastante como time [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

Então esse movimento foi assim, nós vínhamos antes fazendo algumas ações pontuais, a partir desse movimento nós construímos um comitê, esse comitê ele é permanente, tem como líder desse comitê o nosso gerente de tecnologia de TI [...]. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

[...] nós temos já, uma área da engenharia industrial que trata da indústria 4.0, muito ligada a automação, mas com o foco em indústria 4.0 [...] e a [empresa] como um todo, ela também criou uma estrutura de digital, [...]. Então, como eu te falei a gente tem uma área na [empresa], uma área dentro de engenharia industrial com colaboradores que estão além, se desenvolvendo, pesquisando, estão aplicando algumas soluções né, [...] aqui na engenharia industrial a gente tem gente aqui que está tratando isso aí, a gente está se desenvolvendo, aumentando o tamanho dessa equipe dia a dia. [...] É, estruturais a gente montou esse grupo inicial aqui dentro da engenharia industrial, estamos aos poucos fazendo ele crescer, tomar corpo e desenvolver cada vez mais soluções né [...]. (ENTREVISTADO LANIUM).

Foi no ano em que a gente incorporou uma diretoria de indústria 4.0 global, [...] a gente tem também internamente dentro da empresa tem todo esse time *de advanced manufacturing*, a gente tem os especialistas de cada um dos processos e de cada uma das tecnologias [...]. Estrutural, eu que acompanhei desde o início ali da implementação da empresa, antes era só eu de engenheiro de automação, hoje nós temos 3 engenheiros, 2 controladores e um estagiário. Então assim, tá seis vezes maior o time, [...] o que é mais complexo vem pra gente mesmo pra gente tocar, então hoje assim, com esse time de 6 pessoas a gente tem que estar tocando coisa de 60 projetos ao mesmo tempo [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

Na nossa empresa nós criamos agora recente, questão de um mês e pouco, uma estrutura de inovação, vinculada a área de tecnologia de informação. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

Agora a gente tá revendo papeis e responsabilidades, e a gente entende que agora 2020 essa governança a nível corporativo da parte de indústria 4.0 e digitalização ela é um papel de TI. [...] É entendimento da companhia que a área que deve governar nesse processo de indústria 4.0 dentro da [empresa] é a área de TI, que ela já é dona hoje dos principais sistemas de governança de toda a parte de digitalização dos processos. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

[...] então ela [empresa] já tem duas empresas de TI, comprou duas empresas de TI pra cuidar dessa jornada 4.0 [...]. (ENTREVISTADO LEPTOTES).

Percebe-se alguns movimentos direcionados à reorganização da empresa, com a criação e definição de unidades, departamentos, comitês ou equipes responsáveis pela governança da indústria 4.0 dentro da empresa. Também, há uma ampliação de profissionais participando desses núcleos. E, também, a percepção de que as estruturas envolvidas com a implementação da indústria 4.0 necessitam da inter-relação dos diferentes departamentos da organização, dinamicidade, equipes multifuncionais com habilidades complementares, entre outros aspectos.

[...] as vezes dentro da mesma empresa, conforme o tipo de produto ou sistema de produção que eu tenha, eu tenho uma variedade cada vez maior de coisas, e essa é uma das razões pela qual inclusive aquela visão anterior que se tinha na indústria 3.0 da minha organização, de uma empresa, de uma indústria na forma de departamentos e times fixos de pessoas isso cada vez mais está indo por água abaixo, por que eu preciso de uma fortíssima inter-relação entre diferentes departamentos, e aquela forma anterior criava muitas barreiras, como se eu tivesse paredes que separavam aqueles vários com pouquíssima colaboração entre eles, e agora isso tem que estar muito poroso, essa inter-relação dos vários departamentos e das pessoas, ela se dá agora de uma forma muito mais dinâmica, de uma forma muito mais flexível conforme não só que o que eu tenho que produzir, mas o tipo de modelo de negócios para os quais eu tenho que responder. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

[...] um ponto interessante que é conseguir fazer a formação de uma equipe multifuncional com *skills* complementares que consigam fazer essas conexões todas né, isso é realmente fundamental [...]. (VÍDEO 7).

Elucida-se acerca das ações empreendidas para lidar e/ou dissipar a incerteza que o processo de implementação impõe (conforme Proposição 14c). Conforme o relato dos entrevistados, o processo inicial consiste no reconhecimento de que a incerteza e o risco são inerentes ao processo, para a partir daí eleger estratégias para lidar com isso.

Não existe assim a certeza absoluta de que o que eu tô fazendo vai se traduzir no ganho que eu espero, então as vezes o grau de confiança ele não é tão grande quanto de outros projetos que eu já fiz no passado [...]. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Eu acho que a maior mudança comportamental e cultural até de algumas empresas é conseguir se adaptar a abertura de erro controlado, normalmente uma grande indústria ela trabalhou por décadas em um formato em que você passava anos estudando uma solução, você fazia um trabalho teórico que muito dos casos acadêmicos em cima daquela solução para ter certeza absoluta de que quando você fosse executar aquilo, você fosse ter um retorno 100% garantido ou muito próximo disso, eu acho que a maior mudança cultural que a gente vê agora é que para você conseguir aplicar uma tecnologia emergente de transformação digital de maneira rápida e prática, você tem que estar disposto a aplicar aquilo, isso só depois da aplicação ou durante a aplicação você começar a ver os resultados né, então para isso você precisa estar disposto a aplicar uma solução e ela não dar certo, e tudo bem, aquilo também é uma resposta, então eu acho que essa mudança é uma das principais. (ENTREVISTADO GOVENIA).

[...] os investimentos são muito grandes, os riscos são muito grandes, não existem muitas melhores práticas, muitos resultados sólidos dos resultados [...]. Mas é aquela questão né, é um risco alto, mas se você ficar parado você sabe quero risco vai ser ainda maior porque você vai desaparecer. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

Na adoção de tecnologias novas a gente precisa ter uma tolerância maior ao risco. [...] então assim, são ferramentas que a gente usa pra mitigar risco, [...] a forma de fazer isso é passar por essas etapas de teste, provas de conceito antes de seguir na implementação e buscar parceiros que tenham domínio dessa tecnologia, que a gente tenha a confiança que vai dar conta do recado, né. [...] A tolerância ao risco é extremamente importante. A gente precisa ser mais tolerante, saber como fazer pra comprovar o valor, nem tudo vai trazer o valor esperado de uma maneira esperada, no tempo esperado, mas se a gente não começar a gente nunca vai conseguir comprovar, então é um aprendizado constante, acho que essa é uma visão importante [...]. (ENTREVISTADO ISABELIA).

[...] a gente está fazendo um investimento recente e está colocando como condição pro fornecedor que o equipamento funcione para liberar os pagamentos, então a gente procura fazer um projeto com risco compartilhado. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

Diante da percepção do risco associado à implementação das novas tecnologias, a organização pode adotar estratégias para mitigar o risco, que pode se dar através de testes, provas de conceito, escolha de parceiros que dominam a tecnologia, ou um acordo com o fornecedor para compartilhar o risco associado.

Alinhado a isso, observa-se a realização de testes pilotos com essas tecnologias, com o propósito de reduzir o investimento e o risco assumido. Auferidos os resultados da implementação, esses projetos costumam ser implementados em maior escala dentro da organização.

Essa é uma barreira que talvez não só a [empresa], mas a maior parte das empresas acho que elas estão embarcando nesse processo 4.0 está tendo que é sair de uma escala pequena de implementação de pequenos projetos que são pilotos, pra uma escala maior que a produtividade da empresa vai dar um salto, um ganho significativo. [...] basicamente esse é o fluxo, mapeia o problema, monta o *business case*, aplica com base na atratividade o dinheiro e depois se dá certo expande, ou não. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

[...] depois de alguns meses a gente tendo um resultado positivo, isso começa a ser escalado para ser executado em mais de um processo, mais de uma unidade da empresa, e aí começa um processo de aplicação recorrente daquela solução. (ENTREVISTADO GOVENIA).

[...] mostrando os resultados que vai acontecendo fica mais fácil né, então por isso que muitas vezes é muito mais fácil a gente fazer um piloto que custa 10 vezes menos do que investir em um projeto grande já [...]. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

Expostas as ações que constituem a categoria “implementando projetos de inovação” apresenta-se os efeitos emergentes oriundos das suas ações e interações. O Quadro 29

demonstra as ações, fatores impactados, consequências e as falas que respaldaram o conjunto de proposições 15.

Quadro 29 - Efeitos que estão sendo produzidos pela categoria “implementando projetos de inovação”

Ação que deu origem ao efeito	Fator impactado	Consequência	Referência que evidencia a relação entre ação e efeito
Ações empreendidas para a implementação, de modo geral	Desenvolvimento tecnológico	Ampliação do conhecimento e da experiência	<p>“[...] o ponto é seguir, errar, corrigir, voltar, alternar, não é esse plano alemão de você escrever na pedra e depois sair marchando em busca daquilo [...]” (Entrevistado Vanilla).</p> <p>“[...] a gente fez um sistema de AGVs, a gente colocou RFID pra ele fazer o georreferenciamento das suas posições e essa foi uma tecnologia que na unidade de [empresa] não existia, aliás, na [companhia], no mundo não existia [...]” (Entrevistado Denphal).</p> <p>“A gente tá usando muito robô colaborativo, desde a primeira aplicação de robô colaborativo, realmente colaborativo homologado na américa latina aqui em [cidade]. (Entrevistado Vanda).</p>
Realização de testes piloto e aplicação em escala	Maturidade tecnológica da empresa e do meio	Aumento do nível de maturidade devido a implementação	<p>“[...] a gente vai colocando na fila as ações, os projetos, com o intuito de gradativamente elevar o nosso núcleo de tecnologia 4.0 [...]” (Entrevistado Epidendrum).</p> <p>“Num primeiro momento a gente adquiriu mais maturidade dentro da indústria 4.0 foram os pilotos de testar mesmo, no início lá em 2016.” (Entrevistado Vanda)</p>
Implementação	Eficiência produtiva	Atuação em pontos críticos e melhoria em termos de eficiência	<p>“aquele processo que gera defeito, aquele defeito gera um custo e que se você eliminar aquele defeito você diminui o custo e consequentemente aumenta tua margem, consegue produzir mais com menos. Primeiro sem o uso de tecnologia e depois com a tecnologia aplicada, aí você consegue aumentar a produtividade, aumentar mais as margens, porque você vai vender mais com um custo mais controlado.” (Entrevistado Cymbidium).</p>
Mudanças nas estruturas e pessoas, e implementação de tecnologias	Relações do trabalho	Mudanças no modo do trabalho, comportamento, interação e exposição do trabalhador	<p>“Toda a agregação de tecnologia que influencia no modo de trabalho, influencia também a forma das pessoas se comportarem, então é natural que a indústria 4.0, cria mecanismos por um lado de acompanhamento, de avaliação, de</p>

Ação que deu origem ao efeito	Fator impactado	Consequência	Referência que evidencia a relação entre ação e efeito
			<p>interação maior entre as pessoas dentro e fora da empresa, por isso é uma forma nova que você acaba desenvolvendo de gerenciar os processos, de controlar os erros da empresa, o que está sendo feito. Isso gera em muitas situações comportamentos novos em termos de forma de trabalho, de descrição ou de exposição por parte do trabalhador [...]” (Entrevistado Brasiliorchis).</p> <p>“[...] são pessoas que vão usar os novos processos, que vão usar os métodos [...].” (Entrevistado Oncidium).</p>

Fonte: elaboração própria.

Conforme evidenciado, nas médias e grandes empresas industriais, a implementação de projetos de inovação incide efeitos para a geração de conhecimento e ampliação de experiências, aumento do nível de maturidade, melhoria em termos de eficiência produtiva, além de mudanças em termos das relações do trabalho.

4.5 CONSEQUÊNCIAS/RESULTADOS

O último tópico de análise do modelo paradigmático de Corbin e Strauss (2015) consiste nas consequências do fenômeno analisado. Ou seja, aqueles resultados previstos ou reais do sistema de ação e interações. Desse modo, verificou-se consequências e resultados de diferentes naturezas, os quais foram agrupados e resultaram em sete tópicos, a saber: a) melhorias em termos de competitividade; b) eficiência operacional; c) valor agregado ao produto; d) integração; e) condições de trabalho; f) conhecimento e experiências, e, g) retorno sobre o investimento.

Ao longo do processo de imersão no campo, percebeu-se a orientação das médias e grandes empresas para a manutenção e o ganho de competitividade através da aplicação das tecnologias ligadas à indústria 4.0. Os relatos indicam que a implementação dessas tecnologias é vista como um elemento importante, atualmente, para o alcance de competitividade industrial, conforme a fala do entrevistado Cattleya.

[...] tecnologias de produção, numa camada que algum tempo atrás era uma camada de apoio e que hoje em alguns setores econômicos tem feito a diferença na competitividade industrial. [...] Na minha leitura, nos dias de hoje, esse é um caminho sem volta, quem continuar fazendo a mesma coisa que se fazia há dez, vinte anos atrás

pode começar a contar o tempo pra sair do mercado. [...] aplicação efetiva das tecnologias, sempre com um foco que é a competitividade do negócio [...] a grande palavra que a gente traz na estratégia da fundação é competitividade e a competitividade passa pela aplicação das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 quando a gente fala no mundo industrial [...] olhar a tecnologia não pela tecnologia, mas olhar a tecnologia aplicada produzindo resultados na competitividade do negócio [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

[...] porque que existe indústria 4.0? para que aquela fábrica possa produzir produtos diferentes em custos competitivos [...]. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Quais os principais motivos, é, na minha opinião, só existe um motivo [ri] cê vai, cê precisa ser competitivo, você precisa ser competitivo, então assim, se não for pra gerar competitividade, se não for pra você ter um diferencial competitivo no final eu acho que não faz sentido nenhum, [...] só faz sentido quando você consegue integrar alguma coisa, que você consiga uma coisa disruptiva que o teu concorrente não tem, que preço e qualidade todo mundo tem, hoje em dia se você tiver um diferencial competitivo e eu acho que tecnologia pode ser um diferencial competitivo [...]. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

[...] é um fator relevante de sucesso porque através da tecnologia a gente consegue manter um nível de competitividade mais elevado [...]. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

Acho que o *driver* é sempre o maior de todos, que é manter a competitividade da empresa a gente precisa caminhar nesse sentido pra se manter competitivo [...] porque a [empresa] precisa manter a sua competitividade e entende que essas tecnologias vão ajudar nessa caminhada. (ENTREVISTADO ISABELIA).

Com essa questão de criar uma unidade de negócio em breve eu acredito que vá buscar a liderança de segmento também [...]. (ENTREVISTADO LEPTOTES).

Evidentemente, a competitividade é constituída por uma série de fatores que coadunam com a melhoria da qualidade, flexibilidade, custo, entre outros. Alguns destes, são aprofundados na sequência.

[...] então competitividade essencialmente é isso. É como você conseguir produzir mais com menos, atendendo requisitos de mercado, qualidade de produto e preço de mercado. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Um dos aspectos inerentes à melhoria em termos de competitividade, reside no aumento da eficiência operacional aperfeiçoada com o desenvolvimento e implementação dos projetos. Sejam eles voltados para otimização de processos, redução de defeitos, aumento da produção, redução do consumo de energia, entre outros aspectos evidenciados pelos entrevistados.

Nós temos implantado tecnologias que justamente estão voltados para ajudar a indústria a desenvolver produtos de maneira mais rápida usando ferramentas digitais, adotar tecnologia de automação para a otimização de processos, adotar sistemas de informação para projetos de produtos de maneira mais eficaz, [...] isso ai por meio de *software* ou por meio de *hardware* de automação que confira a empresa melhor qualidade de produtos, maior segurança de processos e maior capacidade de poder gerenciar o seu negócio de maneira mais eficaz. (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

[...] aquele processo que gera defeito, que aquele defeito gera um custo e que se você eliminar aquele defeito você diminui o custo e conseqüentemente aumenta tua margem, consegue produzir mais com menos. Primeiro sem o uso de tecnologia e depois com a tecnologia aplicada aí você consegue aumentar a produtividade, aumentar mais as margens porque você vai vender mais com um custo mais controlado. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

[...] conjunto de tecnologias mais amplas aí, e mais atualizadas, que permitem uma eficiência melhor dos processos [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Redução do consumo de energia, aumento de produção, redução do número de scrap, de sucata, redução do número de erros em análises, redução do tempo de análise, redução do número de erros em apontamentos, então essas são as que a gente mais aponta [...]. (ENTREVISTADO VANILLA).

Mudou bastante, a nossa produtividade aumentou e a nossa qualidade aumentou. E termos produtos melhores também, né? Então temos produtos que hoje são excelência, fabrico [marcas] são as duas marcas referência na questão de eletrodoméstico no país. (ENTREVISTADO DENPHAL).

Fizemos isso na área de qualidade há 1 ano e pouco atrás, colhemos frutos fantásticos aí quando nós mapeamos os problemas de produtos, de campo interno mapeamos e vimos os mais prioritários, atuamos e hoje, nós fechamos o ano passado com a melhor qualidade da história aqui da nossa fábrica. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

Algumas médias e grandes empresas industriais desenvolvem projetos de inovação voltados aos seus produtos, como o embarcamento de tecnologias nestes. Comumente, esses projetos geram resultados ao agregar valor ao produto. Pois, conforme observado no conteúdo transcrito do Vídeo 3, a indústria 4.0 também compreende uma solução para geração de receita através de produtos inteligentes e com soluções embarcadas, não somente na redução de custos através da eficiência.

[...] possibilidade de inovar, levar ao mercado, levar aos consumidores alternativas de produtos ou o mesmo produto com facilidades a mais [...]. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

Infelizmente está sendo pensado indústria 4.0 como aumento de eficiência somente [...] a indústria 4.0 ela é muito melhor para geração de receita do que para redução de custos, claro que se puder fazer as duas coisas, parabéns, mas a indústria 4.0 pode ser utilizada para a geração de custos através de produtos inteligentes, de cadeias logísticas mais curtas, de produções puxadas ao invés de produções empurradas. São benefícios que fazem o valor das coisas aumentar, os valores dos produtos e serviços aumentarem em ao invés de pensar em redução tá. (VÍDEO 3).

[...] foque em valor, pro teu cliente final, pra ele se sentir exclusivo, valorado e com o produto certo no custo que ele acha correto pagar, pra aquela vantagem que ele dá.

Outra consequência que resulta do processo de implementação foi a integração, em dois formatos, a integração de processos e plataformas dentro da organização, e fora. Essa integração intraorganizacional perpassa a geração e compartilhamento de dados dentro da fábrica. Dentre os ganhos observados está a rápida identificação de problemas e a adoção de

medidas preventivas, além da tomada de decisões de outras naturezas, proporcionadas pela disponibilidade de dados.

[...] uma linha que tava perdendo produção, a partir da implantação no sistema MES pra gente fazer *data collection* de pontos específicos, a gente conseguir saber onde tava perdendo produtividade e poder gerar projetos pra poder gerar mais produtividade naquele posto, conseguir identificar problemas no nível de causa raiz, a gente conseguiu ganhar bastante nesse sentido [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

A partir do jeito que você vê consegue tomar decisões mais rápidas, consegue receber *inputs* de processos de produção e reagir antes que o problema aconteça, como tem caso aí de aplicações de inteligência artificial que monitora e sensoreia uma máquina. Eu já vi uma solução desse tipo que faz o sensoriamento de máquinas onde ele começa a cruzar dados de processo com dados diversos a ponto do *software* prevê um problema [...] velocidade da tomada de decisão de soluções de problemas, prevenção de problemas, e tudo isso ajuda na qualidade e na produtividade. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

[...] a gente pensa que entrando peças em determinadas áreas a gente já consiga rastreá-las lá no início, lá na ponta, vai subindo de nível, tem o nível manufatura que vai do CLP essa comunicação intermáquinas, depois sobe para uma comunicação mais amigável que é mais interface homem-máquina, uma IHM, após tem os outros supervisores que coordenam uma planta, coordena linha de montagem pra depois um nível mais estratégico que é um sistema que a gente chama de AMI, trabalha nessa estrutura esse AMI é um sistema global como se fosse uma IEP que em conjunto com o SAP a gente consegue dar informação pro nível estratégico da companhia do que tá sendo produzido, do que tá sendo vendido então a gente consegue fazer uma integração [...]. (ENTREVISTADO DENPHAL).

[...] com essas informações, identificar de forma, usando uma inteligência artificial com algoritmo identificando, levando em consideração o trabalho da linha, qual o equipamento dentre os 40 que se tem na linha, qual equipamento está afetando o gargalo naquele momento e isso é muito difícil porque você pode ter todas as linhas trabalhando e de repente você tem 20 estações na frente que uma perdeu velocidade, por exemplo, até chegar no teu gargalo, que demora umas 20 estações na frente, você tem todo um fluxo a seguir, esse sistema dessas coletas de informações ele consegue, no momento exato falar, estou perdendo produção no meu gargalo por causa da estação vigésima lá atrás está com problema de perda de velocidade e ela fala pra gente qual que é a perda de velocidade porque é tudo conectado. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

A adoção de tecnologias que promovem a integração extrapola a própria estrutura da organização. A medida em que se percebe o estímulo à integração também dos demais agentes da cadeia produtiva.

[...] eu acabo tendo um modelo de produção que se baseia fortemente em uma intensiva digitalização em integração das empresas, internamente e entre organizações entre empresas, em uma grande cadeia de valor completamente digitalizada [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

Agora, a medida que novas tecnologias digitais facilitam a vida no sentido de conexão, interconexão entre processos, conexão entre elos da cadeia, ou seja, um conjunto de dados que podem ser transformados em informação e que podem servir de base para tomada de decisão de estar ampliando o espectro das chamadas tecnologias de produção. [...] você aplicar tecnologias digitais na sua movimentação para a rastreabilidade, enfim, alguns elementos que eu já achei aqui e depois você conectar

tudo isso chegando até a condição de você ter as contramedidas automáticas aí de reação [...]. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

Porque na verdade, quando a gente fala em cadeia de valor, quando eu sou uma empresa grande ou média, eu na verdade trabalho com muitos fornecedores, muitos parceiros, e para que eu mantenha o meu grau de automação, flexibilidade, agilidade, controle de qualidade, contabilidade de fatores de desempenhos e etc, eu preciso também que os meus parceiros estejam falando mais ou menos a mesma língua que eu [...]. (ENTREVISTADO CENTROGLOSSA).

[...] muitos deles já implementaram bastante ferramentas, até com fornecedores que foram implementar para nós, para também melhorar o seu processo, então acaba indo avançando essa cadeia né, para os nossos fornecedores também principalmente. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

[...] a montadora vai exigir que o fornecedor dele tenha essa qualificação e transfira dados pra empresa dele, para ele poder passar para o cliente [...]. (ENTREVISTADO PHAL).

Adicionalmente, os entrevistados mencionam consequências da implementação relacionadas às condições de trabalho, sobretudo na mudança de processos e atividades, agregação de valor as atividades, mudança da natureza do trabalho requisitados, entre outros.

Toda a agregação de tecnologia que influencia no modo de trabalho, influência também a forma das pessoas se comportarem, então é natural que a indústria 4.0 crie mecanismos por um lado de acompanhamento, de avaliação de interação maior entre as pessoas dentro e fora da empresa [...] (ENTREVISTADO BRASILIORCHIS).

Os ganhos que são virtuais, digamos assim, ah, vou melhorar a condição, por exemplo, vou liberar parte do tempo de um operador fazer outra atividade se implementar esse projeto, em vez dele ir lá buscar esse dado ele vai ter esse dado na mão, por exemplo, não vou precisar reduzir uma mão de obra com essa implementação, mas vou liberar parte do tempo daquela pessoa e vou poder indicar para outras coisas [...]. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

[...] a gente tem o levantamento dos impactos que a gente tem pra segurança, pra qualidade pra ergonomia, um monte de coisa, manutenção, [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

[...] sem falar nas tecnologias de suporte ao trabalho do ser humano, que vai desde a parte de robótica, eixo esqueletos etc., até a questão da realidade aumentada, realidade virtual, as próprias videoconferências, então obviamente isso tem impactado bastante. (ENREVISTADO CENTROGLOSSA).

Sim, muito mais a forma de trabalhar né, as pessoas vão sendo alocadas, vão tendo postos de trabalhos que vão deixando de existir na área industrial, por sua vez também vai criando outras funções, a forma que isso faz gestão ela também muda, porque hoje um gestor industrial não basta entender do processo industrial, tem que entender de tecnologias, ele tem que estar ligado com outras coisas, não basta só isso, então isso vai demandando um aperfeiçoamento de turma né. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

[...] as pessoas antes andavam com os seus bloquinhos de nota na mão, um caderninho, e hoje a pessoa tem informações no celular, são conectadas o tempo inteiro, então de certa forma mudou sim o jeito das pessoas. (ENTREVISTADO LEPANTHES).

O risco de acidentes diminuiu tipo 80%, [...] Se tu tem menos acidentes as pessoas vão se sentir seguras pra trabalhar ali, tu vai atrair pessoas com talentos que podem se

referenciar depois no próprio uso da tecnologia, né?. (ENTREVISTADO DENPHAL).

[...] teve alguns ganhos também de economia, redução do esforço, satisfação dos colaboradores, isso é um ganho marginal relevante [...]. (ENTREVISTADO EPIDENDRUM).

[...] mas para fazer as pessoas fazerem coisas mais inteligentes [...] a gente pode empoderar pessoas e não trocar pessoas, tá, nossa tecnologia temos que andar juntos e não competir em uma com a outra, não faz sentido se é a gente que cria tecnologia. [...]. (VÍDEO 3).

Hoje a gente implementou um sistema de *data collection* nessa área, que concentra essas informações e tem um sistema de *analitics* visual que é muito mais fácil pro operador checar mais rápido, então ele consegue usar o tempo antes que ele tava destinando pra coletar os dados, pra analisar aquela informação e ver onde ele pode agregar mais valor e rapidamente [...]. (ENTREVISTADO ONCIDIUM).

Uma das experiências mais legais que eu tive nessa jornada de indústria 4.0 foi quando foi colocar um robô de descarga de material que era posto vermelho de ergonomia que pesava quase 20 quilos, o cara tinha que ficar 8 horas por dia levantando 20 quilos e colocar um robô lá, o cara disse, nossa, isso aqui é muito legal [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

Conforme os dados revelam, todo o processo de implementação da indústria 4.0 nas empresas industriais tem capacidade de geração de conhecimento e experiência. Ocorre que, em determinado momento a empresa passa a ser mais ativa com relação à geração e compartilhamento desse conhecimento, outro aspecto que consiste em consequência do fenômeno analisado.

Nós temos acho que 12 linhas que produzem tudo internamente, nível de automação ele é bem mais alto que as outras manufaturas, então normalmente em indústria 4.0 o principal referencial somos nós [...]. (ENTREVISTADO DENPHAL).

[...] escrever um documento chamado internamente [...] que é receita do processo, por exemplo, falando ainda de robôs colaborativos lá vai ter um manualzinho de que todas as plantas da [empresa] que for colocar um robô colaborativo tem que estar com a sinalização no chão das áreas monitoradas, tem que ter scanner de segurança em velocidade, tem que ter um botão de emergência x, uma luzinha y, então essas são as normas internas nossas. (ENTREVISTADO VANDA).

Em outubro a gente teve o encontro nacional em [cidade], uma das partes desse evento foi uma visita a [empresa], a [empresa]então teve essa, um dos grupos de tecnologia, parte das pessoas, dos participantes, acabou visitando a [empresa] e foram 7, 8, 10 pessoas de empresas diversas do Brasil que visitaram e conheceram um pouco do que a gente tem aqui na [empresa]. (ENTREVISTADO ISABELIA).

[...] há visitas na empresa, a gente mostra o que está sendo feito, mostra as vantagens e tal [...]. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

[...] a gente recebeu a visita do secretário, do ministro da inovação, ele viu aquela aplicação, viu nosso embasamento que aquilo era seguro e dois meses depois soltou um adendo que esses tipos de instalações de robôs colaborativos poderiam ser feita desde que acompanhasse a norma ISO 15066, que é uma norma internacional que ela foi lançada acerca de robôs colaborativos [...] inclusive nessa visita foi bastante positiva pra nossa visibilidade no cenário nacional como indústria 4.0 [...]. (ENTREVISTADO VANDA).

Conforme evidenciado, esse conhecimento adquirido pode ser transmitido dentro da organização, entre setores, unidades e plantas, ou ainda para outras organizações, estabelecendo diferentes estratégias para *benchmarking*. Podendo inclusive, a empresa tornar-se referência na implementação de determinados projetos. Como o caso relatado pelo entrevistado Vanda, em que não havendo normativa que abrangesse a utilização de robôs colaborativos no Brasil, a empresa por si só desenvolveu um projeto para isso, acompanhando normativa internacional, após isso, conseguiu validar essa implementação junto ao governo, que alterou a norma face ao desenvolvimento realizado pela empresa.

Outra consequência observada refere-se ao retorno do investimento. Cabe mencionar que no processo de desenvolvimento e seleção dos projetos, comumente projeta-se o retorno do investimento, e esse constitui um dos aspectos avaliados para a aprovação dos projetos.

[...] todos eles foram muito positivos, além até do que a gente imaginava e sim, teve um impacto grande em questão ao faturamento da empresa. (ENTREVISTADO NOTYLIA).

[...] a gente consegue ver resultados financeiros bastante expressivos. (ENTREVISTADO VANDA).

Fazemos revisões e quando nós participamos da implantação a gente faz uma nova medida no final da implantação justamente pra evidenciar o resultado, certo? Evidenciar o ganho obtido. [...] a gente trabalha muito com a previsão de resultado e naqueles casos em que a gente faz a implantação e a gente faz uma nova medição até pra demonstrar o resultado do trabalho e da proposição que a gente fez ao cliente, a assertividade ou não disso. (ENTREVISTADO CATTLEYA).

[...] esse projeto é acompanhado na implementação e no final ele tem que ser validado, ele tem que ser medido qual foi o retorno comparado com o que ele havia prometido e isso com certeza vai pro lucro da empresa. (ENTREVISTADO DENDROBIUM).

A gente implementa aquela tecnologia, valida, ela já faz o investimento e no final a gente tem o cálculo do retorno em cima desse investimento. (ENTREVISTADO CYMBIDIUM).

Esse projeto é legal e tal, mas quando você faz o cálculo do retorno você vê que você precisa de muitos anos pra ter retorno. (ENTREVISTADO VANILLA).

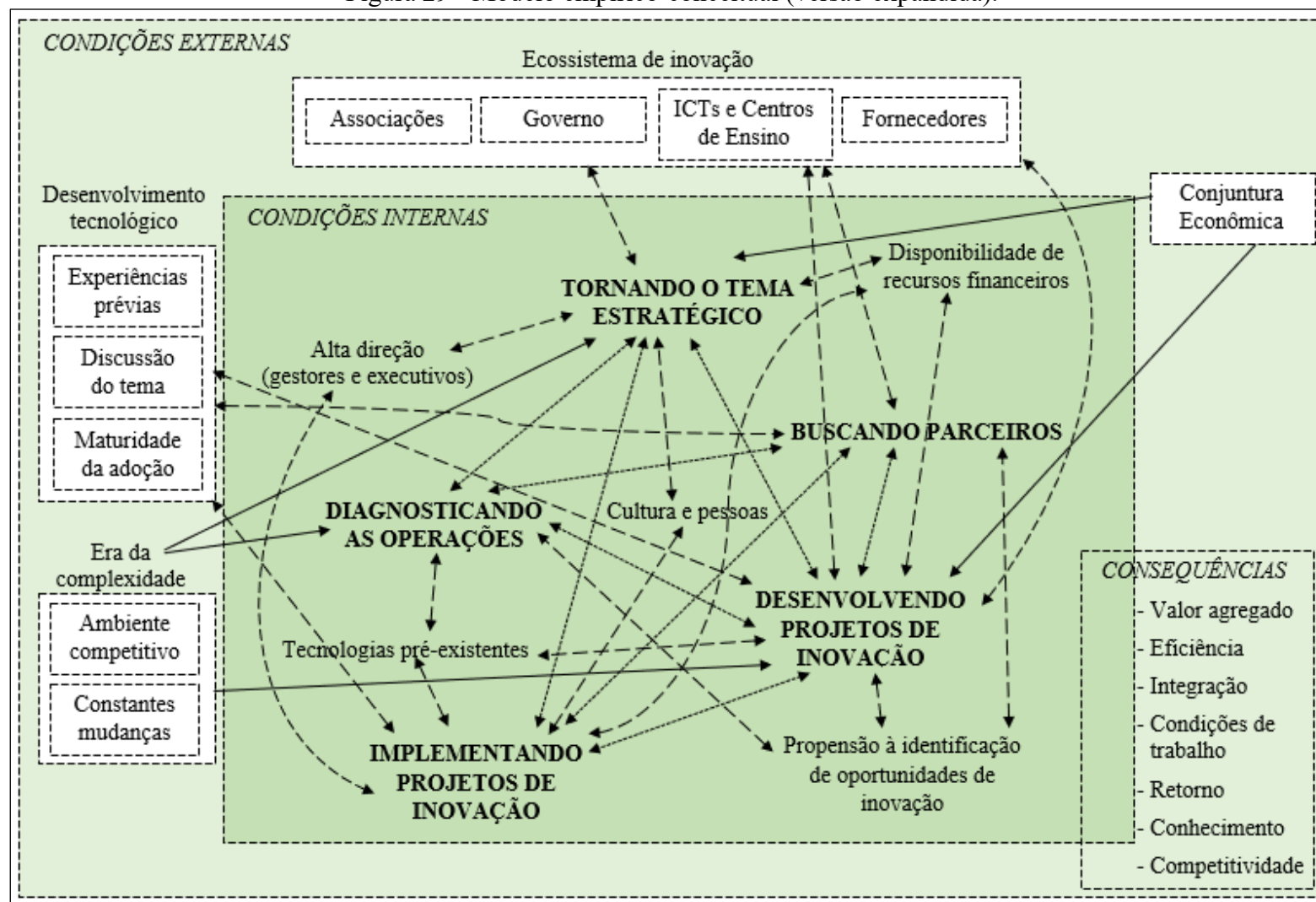
Desse modo, conforme o relato dos entrevistados o retorno de investimento é perseguido com o propósito de validar aquele investimento realizado, haja vista que este costuma ser projetado para a avaliação do projeto anteriormente à implementação dos mesmos. Porém, apesar dos entrevistados Notylia e Vanda destacarem que os resultados costumam ser positivos, o entrevistado Notylia destaca que investimentos dessa natureza costumam apresentar retorno em um horizonte de tempo maior.

Ao exaurir a discussão sobre as consequências e os resultados auferidos através da implementação da indústria 4.0 em médias e grandes empresas industriais, na seção seguinte o modelo empírico-conceitual expandido é apresentado, ilustrando a concepção da articulação entre as condicionantes externas, internas, ações, interações e consequências do fenômeno analisado.

4.6 MODELO EMPÍRICO-CONCEITUAL

Após evidenciadas todas as condições externas, condições internas, sistema de ações, suas interações, e consequências, buscou-se ilustrar esses relacionamentos através da expansão do modelo apresentado na Figura 23. Desse modo, a Figura 29 ilustra todas as inter-relações entre condicionantes, ações e efeitos emergentes discutidos nas subseções anteriores.

Figura 29 - Modelo empírico-conceitual (versão expandida).



Nota: Seta tracejada bidirecional (interação entre categoria de ação e ambiente); seta pontilhada bidirecional (interação entre categorias de ação), seta unidirecional (ambiente impõe uma condição a empresa industrial).

Fonte: dados da pesquisa.

Ao finalizar a apresentação e discussão dos resultados da imersão ao campo da pesquisa, na seção seguinte é apresentada a apreciação ou confronto da teoria substantiva gerada com a literatura sobre o tema. Cabe mencionar que anterior ao processo de comparação com a literatura, o modelo foi validado pelos pesquisados (conforme evidenciado na seção 3.3.3).

4.7 REVISITANDO A LITERATURA

Seguindo o processo metodológico da Teoria Fundamentada nos Dados já delineado, nesta seção objetiva-se elencar aproximações da teoria substantiva com a literatura técnica. Destaca-se que não se pretende esgotá-la, mas são evidenciadas possíveis convergências, que podem ser investigados com maior profundidade posteriormente. Desse modo, num primeiro momento, retomou-se a revisão de literatura realizada no início da pesquisa, visando retomar os pressupostos da Teoria Schumpeteriana e Neoschumpeteriana. Além disso, também buscou-se outras referências que pudessem dar maior consistência às categorias apresentadas no modelo analítico. O produto desse processo está evidenciado no Quadro 30.

Quadro 30 - Comparação entre as categorias da teoria substantiva com a literatura

Modelo analítico	Categoria	Principais evidências	Aproximações
Condicionantes Externas	Conjuntura econômica	Aspectos políticos, câmbio, taxa de juros, crises	Nelson e Winter (1982); Mykhailivna (2016); Abrita (2018); Pavelková et al. (2018); Švarcová et al. (2019);
	Ecosistema de inovação	Associações setoriais e de tecnologias, fornecedores, ICTs e centros de ensino, governo	Lundvall (1992); Malerba (1992, 2003); Nelson (1993); Klevorick et al. (1995); Albuquerque (1996a, 1999, 1996b); Coriat e Dosi (2002); Edquist (2005); Suzigan; Albuquerque, (2011); Pereira; Dathein (2012); Feng, Zhang e Zhou (2018); Maresova et al. (2018); Gubert (2019); Rocha, Mamédio e Quandt (2019); Hoyer, Gunawan e Reaiche (2020); Ghadge <i>et al.</i> (2020); Erro-Garcés e Aranaz-Núñez (2020); Enke et al. (2020); Benitez, Ayala e Frank (2020); Götz (2019, 2020); Mosconi e D'ingiollo (2021);
	Era da complexidade	Ambiente competitivo, concorrentes, constantes mudanças, demanda	Schumpeter (1911, 1939, 1982); Nelson e Winter (1982); Possas (1989); Malerba (1992); Feitosa (2011); Bauer et al. (2015); Basl (2017); Lin et al. (2018); Horváth e Szabó (2019); Hoyer, Gunawan e Reaiche (2020); Basáñez (2020);
	Desenvolvimento tecnológico	Benchmarking, experiências prévias, discussões, maturidade	Schumpeter (1911); Dosi (1982; 1988); Silverberg, Dosi e Orsenigo, (1988); Possas (1989); Malerba (1992); Breschi, Malerba e Orsenigo (2000);

Modelo analítico	Categoria	Principais evidências	Aproximações
			Pereira; Dathein (2012); Silva (2019); Gubert (2019); Hoyer, Gunawan e Reaiche (2020); Pasinato e Campana (2020);
Condicionantes Internas	Cultura e pessoas	Cultura organizacional, comportamento das pessoas	Nelson e Winter (1982); Bell e Pavitt (1993); Tadeu et al. (2018); Whysall, Owtram e Brittain, (2019); Pawłyszyn et al. (2020); Tortorella et al. (2021);
	Alta direção (gestores e executivos)	Comportamento e atitudes dos executivos	Schumpeter (1939, 1982); Balasingham (2016); Shamim et al. (2016); Horváth e Szabó (2019); Bianco (2020); Pawłyszyn et al. (2020);
	Propensão à identificação de oportunidades de inovação	Abertura à inovação, habilidade na identificação	Schumpeter (1939, 1982); Malerba, (1992); Teece (2007); Arend, Cario e Enderle (2012); Shamim et al. (2016); Aires, Moreira e Freire (2017); Pereira, Pereira e Campos (2018); Tadeu et al. (2018); Perdomo (2019); Gubert (2019); Silva e Olave (2020); Lin, Sheng e Jeng Wang (2020); Kruger e Steyn (2021);
	Tecnologias pré-existentes na empresa	Pacote tecnológico, maturidade	Dosi (1982); Machado (1998); Breschi, Malerba e Orsenigo (2000); Balasingham (2016); Tadeu et al. (2018); Lin et al. (2018); Agostini e Filippini (2019); Hoyer, Gunawan e Reaiche (2020);
	Disponibilidade de recursos financeiros	Orçamento, disponibilidade de capital	Schumpeter (1939, 1982); O'sullivan (2007); Balasingham (2016); Müller, Kiel e Voigt (2018); Veile <i>et al.</i> (2019); Horváth e Szabó (2019); Ghadge <i>et al.</i> (2020); Hoyer, Gunawan e Reaiche (2020); He et al. (2021); Yuan et al. (2021);
Sistemas de ações	Tornando o tema estratégico na empresa	Plano estratégico, objetivos, integração, gestão	Possas (1989); Bücken <i>et al.</i> (2016); Basl (2017); Tadeu et al. (2018); Hamidi et al. (2018); Veile <i>et al.</i> (2019); Gubert (2019); Horváth e Szabó (2019); Hoyer, Gunawan e Reaiche (2020); Vrchota, Vlčková e Frantíková (2020); Dhanpat et al. (2020);
	Buscando parceiros	Troca de informações, qualificação, apoio e desenvolvimento	Malerba (1992); Coriat e Dosi (2002); Pereira; Dathein (2012); Tadeu et al. (2018); Veile <i>et al.</i> (2019); Gubert (2019);
	Diagnosticando operações	Análise do processo, falhas gaps, oportunidades	Malerba (1992); Bücken <i>et al.</i> (2016); Schumacher, Erol e Sihni (2016); Hamidi et al. (2018); Akdil, Ustundag e Cevikcan (2018); Sarvari et al. (2018); Hamzeh, Zhong e Xu (2018); Tadeu et al. (2018); Santos e Martinho (2019); Gubert (2019); Lizarralde et al. (2020); Sütöová, Šooš e Kóča (2020); Hajoary (2021);
	Desenvolvendo projetos de inovação	Roadmap, seleção, priorização	Malerba (1992); Pérez (2007); Bücken <i>et al.</i> (2016); Isikli et al. (2018); Sarvari et al. (2018); Hamzeh, Zhong e Xu (2018); Haviernikova e Kral'ova

Modelo analítico	Categoria	Principais evidências	Aproximações
			(2018); Demircan Keskin (2020); Richard et al. (2020);
	Implementando projetos de inovação	Mudanças na cultura e pessoas, estrutura, incerteza, testes piloto	Malerba (1992); Bücken <i>et al.</i> (2016); Sarvari et al. (2018); Sjödin et al. (2018); Hamzeh, Zhong e Xu (2018); Veile <i>et al.</i> (2019); Gubert (2019); Ziaei Nafchi e Mohelská (2019); Cimini et al. (2020);
Efeitos	Resultados da implementação	Competitividade, eficiência, valor agregado, integração, trabalho, conhecimento, retorno	Nelson e Winter (1982); Dosi (1984); Possas (1989); Schumpeter (1997); Sjödin et al. (2018); Cagliano et al. (2019); Ślusarczyk e Haque (2019); Veile <i>et al.</i> (2019); Milijić, Bogdanović E Nikolić (2019); Sony e Naik (2020);

Fonte: elaboração própria.

Essencialmente, com base na teoria substantiva desenvolvida infere-se que a implementação da indústria 4.0 nas empresas industriais são, de algum modo, influenciadas por condições externas e internas, a saber:

- 1- Conjuntura econômica: situação econômica como um todo, taxas de juros, disponibilidade de capital, taxa de câmbio, entre outros;
- 2- Ecossistemas de inovação: papel desempenhado pelo governo, fornecedores, associações, fundações, federações, *Startups*, ICTs e centros de ensino em relação as empresas industriais.
- 3- Era da complexidade: Ambiente competitivo, concorrentes, as constantes mudanças e o mercado consumidor.
- 4- Desenvolvimento tecnológico: maturidade da adoção no meio (setor e país), nível de discussão sobre o assunto, as experiências prévias e o benchmarking.
- 5- Cultura e pessoas: engajamento, receio, alinhamento às características das pessoas.
- 6- Alta direção (gestores e executivos): papel exercido por estes no sentido de apoiar, patrocinar, direcionar o processo, entre outros.
- 7- Propensão a identificação de oportunidades de inovação: habilidade e capacidade dos indivíduos que pertencem a empresa em identificar o que pode ser melhorado, mudado, ou que tecnologias se encaixam no contexto da empresa.
- 8- Tecnologias pré-existentes na empresa: pacote tecnológico que a empresa dispõe e o seu grau de maturidade.
- 9- Disponibilidade de recursos financeiros: acesso a fonte de recursos ou disponibilidade de capital próprio para o investimento.

Diante dessas condições, as ações consistem em:

- a) Tornando o tema estratégico: decisões tomadas no sentido *top-down* ou *bottom-up*, estabelecimento de planos de médio e longo prazo, definição de objetivos, cascadeamento dessas decisões para os demais níveis, gestão dos projetos e manutenção da orientação estratégica para a indústria 4.0.
- b) Buscando parceiros: busca e troca de informações com outras empresas, qualificação e requalificação, e a busca por parceiros para o apoio e desenvolvimento dos projetos.
- c) Diagnosticando operações: avaliação dos processos e identificação de gaps e falhas, além da identificação de outras oportunidades de implementação.
- d) Desenvolvendo projetos de inovação: estabelecimento de um *roadmap* de tecnologias e projetos (mapeamento dos requisitos da empresa, desenvolvimento de projetos de produto, processo e/ou organizacionais, avaliação dos projetos e priorização destes, se necessário), ou seja, levantamento de projetos que podem ser implementados;
- e) Implementando projetos de inovação: mudanças nas pessoas, na estrutura organizacional, formas para lidar e dissipar a incerteza na implementação desses projetos, e a realização de testes pilotos e a implementação em maior escala.

Por fim, as consequências observadas após a implementação (resultados) consistem em: melhoria nas condições de trabalho, aumento da eficiência produtiva, retorno do investimento, melhoria na competitividade, maior valor agregado ao produto/serviço, integração dentro e fora da empresa, compartilhamento da experiência e novos conhecimentos, entre outros.

Ao retomar e apresentar uma síntese das categorias de condições externas, internas, ações/interações e resultados. Embora o Quadro 30 indique referências que aproximam a literatura à cada uma das categorias analíticas, cabe destacar que em nenhuma referência encontrou-se um modelo que explique o fenômeno a partir da articulação de todas elas de forma conjunta. Parte-se a seguir para a análise da teoria substantiva com relação a literatura técnica, apresentada nas próximas subseções.

4.7.1 Imersão a Teoria Schumpeteriana e Neoschumpeteriana

Ao analisar as aproximações entre a teoria substantiva com a Teoria Schumpeteriana e Neoschumpeteriana resgata-se alguns pressupostos apresentados anteriormente na seção 2.1.

Schumpeter (1911, 1982), considera que o motor do capitalismo, e do desenvolvimento econômico era a inovação. Seja ela na forma de novos produtos, novas técnicas de produção, novos mercados, novas fontes de matéria-prima, novos modelos organizacionais entre outros.

Destarte, dentre os elementos comuns entre a teoria gerada e os pressupostos de Schumpeter observa-se que mesmo que o autor assuma a endogeneidade das mudanças econômicas, ele não desconsidera fatores externos que influenciam nas flutuações econômicas, como mudanças climáticas, juros, taxas, políticas governamentais, mudanças demográficas, entre outras. Enquanto os fatores internos são representados por mudanças nos gostos, métodos de produção, volume de oferta de produtos e dos fatores produtivos, entre outros aspectos (CALAZANS, 1992; SCHUMPETER, 1939). Porém, na teoria gerada no presente estudo, observa-se que aspectos externos a firma, como a conjuntura econômica, aspectos políticos, taxa de câmbio e de juros constituem aspectos externos que condicionam o processo de implementação da indústria 4.0 nas empresas analisadas. Especificamente, percebe-se que o atual contexto econômico tem imposto desafios e oportunidades para a inovação.

Ademais, para Schumpeter (1911) o agente de mudança, ou aquele que desenvolve a inovação e a insere no processo produtivo reside na figura do empresário. Porém, na fase considerada como capitalismo trustificado, há uma distinção entre a figura do capitalista e do empreendedor. Ou seja, infere-se que a função empresarial não depende da propriedade e da posse do capital. Desse modo, passa-se a considerar que o agente de inovação pode ser profissionais, pesquisadores ou empresas contratadas para desenvolver projetos, gerentes, funcionários e demais indivíduos (SCHUMPETER, 1939).

A teoria substantiva desenvolvida aproxima-se dessa visão ao evidenciar o papel central dos gerentes, executivos e demais colaboradores internos a organização para a identificação de oportunidades e o desenvolvimento dos projetos. Cabendo aos colaboradores, de um modo geral, o papel na identificação de *gaps* e oportunidades de melhorias, assim como o restante do processo de implementação, enquanto os gestores e executivos são primordiais para o reconhecimento da relevância do tema dentro da organização, cabendo a estes o estímulo e a atuação em prol do mapeamento de oportunidades, bem como a gestão dos projetos.

Ademais, percebeu-se que a disponibilidade de recursos financeiros compreende um fator essencial para a implementação de projetos no escopo da indústria 4.0. Esse aspecto também fora destacado por Schumpeter (1939, 1982), que considerava que o sistema financeiro possui um importante papel ao financiar o desenvolvimento econômico, atuando como instrumento monetário que possibilita a realização de novas combinações pelos empresários inovadores, ou seja, disponibilizando recursos para investimento em inovação.

Conforme evidenciado por O’Sullivan (2007), a inovação compreende em um processo caro, necessitando de volumes significativos de recursos financeiros para ocorrer. Desse modo, a autora supracitada destaca que Schumpeter considerava a alocação de recursos financeiros elemento central no estudo da inovação. Em suma, na perspectiva Schumpeteriana, a evolução do sistema financeiro consiste num elemento determinante para as ondas de inovação, as quais eram consideradas a força motriz do desenvolvimento econômico.

Nesse sentido, observou-se que as empresas industriais comumente contam com recursos próprios, e em alguns casos de programas de financiamento específicos para o custeio da implementação da indústria 4.0. Relaciona-se a esse aspecto, o papel do Governo como principal fonte de recursos dessa natureza. Ademais, destaca-se que a tomada de decisão com relação aos projetos adotados leva em consideração, em grande medida, aspectos financeiros como o montante do capital e o retorno sobre o investimento, haja vista que as empresas dispõem de recursos limitados para investimentos dessa natureza.

Pode-se observar que as circunstâncias relacionadas ao ambiente competitivo e ao comportamento dos concorrentes, retratados por meio da categoria “Era da complexidade”, perfazem elementos capazes de influenciar a adoção das tecnologias da indústria 4.0 pelas organizações. Em suma, percebe-se que o ambiente competitivo condiciona a organização no sentido de buscar mudanças para garantir sua sobrevivência no mercado. Esse aspecto, combinado com as constantes mudanças definem o direcionamento estratégico da firma, se ela buscará se adaptar as mudanças, ou será disruptiva. Acerca desse último, percebe-se que a própria organização ao implementar tecnologias é capaz obter diferencial competitivo sobre suas concorrentes, e, movimentar o mercado. Sobre isso, Schumpeter (1939, 1982) expõe que a inovação é o estímulo para a concorrência entre empresas inovadoras e as empresas imitadoras na busca pelos lucros empresariais, processo que ocorre variando entre a disponibilização da inovação ao mercado e os lucros de monopólio pela firma inovadora, até a eliminação das diferenças entre as firmas através da imitação. Esse processo consiste na concorrência schumpeteriana.

O autor supracitado insere na teoria econômica, elementos sobre os quais as firmas competem, através da abertura de novos mercados, novos métodos de produção e organização do trabalho, novos produtos, novas fontes de matéria-prima, entre outros. Para se obter essas vantagens sobre seus concorrentes, a empresa desempenha atividades de inovação e/ou imitação. Conforme já mencionado, esse processo constante de inovação para auferir lucros acaba contribuindo com a difusão das inovações tecnológicas, aspecto que deflagra o papel da organização no progresso técnico. Esse comportamento é vislumbrado na teoria substantiva

desenvolvida. Como resultado do processo de implementação de projetos com o escopo da Indústria 4.0 as firmas geram novos conhecimentos e experiências, as quais contribuem para o desenvolvimento tecnológico, e que podem ser acessadas, em parte, pelas outras firmas através da imitação, *benchmarking*, entre outros.

Os autores neoschumpeterianos evidenciam que o progresso técnico é resultado de fatores de natureza institucionais. Sob o ponto de vista evolucionista, os autores sugerem a análise das rotinas das organizações, haja vista as suas especificidades e a heterogeneidade observada na evolução destas (DOSI; MALERBA, 1996). Conforme destacado por Nelson (2006), a compreensão dos processos, regras e padrões reside na aprendizagem organizacional. Esses processos são individuais e específicos às firmas, e resultam na grande diversidade no processo de inovação. Desse modo, os autores neoschumpeterianos evidenciam a identificação da natureza das rotinas (como geram, utilizam, absorvem, desenvolvem e transferem tecnologias), as quais são seguidas pelas organizações, e são compostas pelo conhecimento e pelas habilidades destas.

Nelson e Winter (1982) caracterizam as rotinas desde rotinas técnicas, voltadas para a realização de atividade produtiva, até rotinas voltadas à inovação. Percebe-se a influência da teoria evolucionária da biologia, em aspectos como a reação às variáveis do ambiente econômico, que podem desencadear no processo de inovação na firma como uma alternativa de sobrevivência. A análise dos autores supracitados gira em torno do processo de busca por inovações, ou progresso técnico, e os impactos nas estruturas industriais, o que de fato as firmas fazem e como ocorre a interação entre elas.

Hodgson (1999) argumenta que a investigação evolucionária reconhece que o mundo real é permeado de constantes mudanças e incertezas, que em certa medida é oriunda da emergência e difusão das novas tecnologias. Feitosa (2011) contribui ao destacar que a abordagem evolucionista é centrada no sentido de que as mudanças resultam da busca por parte das empresas de introduzir inovações, as quais são submetidas aos mecanismos de seleção do mercado que consiste na concorrência (aduzindo a seleção natural darwiniana). Desse modo, passa-se a reconhecer que o progresso técnico é permeado de incertezas, desequilíbrios e assimetrias, num ambiente em constantes mudanças.

Sobre esses aspectos, percebe-se pontos de coerência com a teoria substantiva gerada, ao passo que as empresas industriais têm os aspectos externos à organização, como a conjuntura econômica, ambiente competitivo e as constantes mudanças, de um modo geral, como impulsionadores no processo de desenvolvimento de projetos e a implementação das tecnologias da indústria 4.0, ou seja, na mudança dentro da organização.

De modo mais específico, as firmas empreendem o processo de busca por novas oportunidades, baseando no contexto tecnológico. Sob o aspecto de incerteza, não há uma seleção evidentemente melhor nessa altura, ao passo que, o mercado seleciona posteriormente as melhores técnicas. Esse processo consiste na busca e seleção, motivadas pela criação de posições privilegiadas no mercado. Por esse motivo que a competição capitalista é considerada a base para o comportamento inovativo. E, a busca pela resolução dos problemas na firma e a realização das rotinas consiste num processo de aprendizagem, capacitando a organização na resoluções de problemas futuros e na identificação de novas oportunidades (AREND; CARIO; ENDERLE, 2012).

O processo de aprendizagem ocorre de diferentes formas, a saber: *learning by doing*, *learning by using*, *learning for advance*, *learning for spillover*, *learning by interacting*, e *learning by searching*. As diferentes tipologias de aprendizado propostas por Malerba (1992) são exploradas no Quadro 31.

Quadro 31 - Tipologia da aprendizagem

Tipo de aprendizagem	Nível à organização	Relacionada a/ao
Aprendizagem pelo fazer (<i>by doing</i>)	Interno	Atividade de produção
Aprendizagem por uso (<i>by using</i>)	Interno	Uso de produtos, maquinários e insumos
Aprendizagem por pesquisa (<i>by searching</i>)	Interno	Atividades formalizadas (como P&D) orientadas à geração de novos conhecimentos
Aprendizagem a partir de avanços em ciência e tecnologia (<i>for advance</i>)	Externo	Absorção de novos desenvolvimentos de ciência e tecnologia
Aprendizagem a partir de excedentes inter-indústrias (<i>from inter-industry spillovers</i>)	Externo	O que competidores e outras firmas na indústria estão fazendo
Aprendizagem por interação (<i>by interacting</i>)	Externo	Interação com fontes de conhecimento diversas, como fornecedores ou usuários, ou cooperação com outras firmas na indústria

Fonte: Antunes Júnior et al. (2011); Malerba (1992).

Em diferentes momentos da pesquisa, observou-se atividades relacionadas aos diferentes modos de aprendizagem, vislumbrando-se as contribuições de Malerba (1992) ao modelo teórico explicativo. Especialmente através dos efeitos do ecossistema de inovação, desenvolvimento tecnológico e da era da complexidade sobre o processo analisado. Conforme

já mencionado, a era da complexidade, comumente estimula a organização à mudança. Ademais, percebe-se que os agentes do ecossistema de inovação são capazes de estimular a adoção através do trabalho conjunto, o compartilhamento de informações e o desenvolvimento de conhecimentos. A exemplo das universidades e centros de ensino que formam mão-de-obra especializada. Também, é possível observar atividades de aprendizagem através de *benchmarking* e o compartilhamento de experiências com outras organizações.

Quando a organização considera que não possui *know-how* suficiente para a realização de todo o processo ou de alguma etapa específica da implementação, esta busca parceiros e fornecedores para que estes desenvolvam essas atividades. Internamente, percebe-se a composição e o desenvolvimento de rotinas, a busca pela resolução de problemas através do diagnóstico, desenvolvimento de projetos e implementação, configurando aprendizagem pelo fazer e pelo uso por parte da organização, aspectos que acabam contribuindo para a propensão à identificação de novas oportunidades no futuro, devido a cumulatividade do conhecimento.

Freeman (1994) destaca que o comportamento inovador por parte da organização depende da sua capacidade de aprendizado através da acumulação de conhecimentos obtidos por meio da resolução de problemas, e demais experiências de desenvolvimento de projetos, produção e comercialização dos seus produtos/serviços. Conforme o autor evidencia, para a consolidação do aprendizado, é necessário haver interações entre os conhecimentos dos diferentes agentes. Vislumbra-se que o processo de aprendizagem é cumulativo, ou seja, a empresa vai agregando novos conhecimentos (*path-dependent*), ao passo que, contribui para a identificação de novas oportunidades de inovação no futuro (capacidade tecnológica). Conforme destacado por Zawislak (1996), as organizações possuem recursos como valores, cultura e experiência que são não-mercantilizáveis. De modo que não podem ser vendidos, nem comprados, mas desenvolvidos internamente, que comumente leva anos para ocorrer. Esses aspectos apontam para a dificuldade de internalização por outras empresas de conhecimentos codificados.

Conforme argumentam Pereira e Dathein (2012) as inovações são determinadas pelo processo de aprendizagem em ambientes internos e interativo da firma. Assim como Coriat, Dosi (2002), os autores evidenciam que o aprendizado resulta de relações internas (como atividade de pesquisa e inovação) e externas a organização (e a sua capacidade da organização em absorver um modelo ou conhecimentos que não foram gerados por ela) (CORIAT; DOSI, 2002; MALERBA, 1992; PEREIRA; DATHEIN, 2012). Hodgson (1999) destaca que o conhecimento, seja ele tácito ou codificado, depende da capacidade do indivíduo, bem como da interação deste com outros. Com base nesses argumentos, fica claro que o aprendizado é um

fenômeno coletivo, ao passo que torna-se necessário criar um ambiente favorável ao aprendizado e a inovação (DOSI; MALERBA, 1996; PEREIRA; DATHEIN, 2012). Ademais, sobressai a importância do SNI para a trajetória interativa das firmas.

O arcabouço teórico corrobora com a importância das forças da demanda e da oferta (*technology push* e *demand pull*). A influência da demanda se dá através da seleção da trajetória tecnológica pelo mercado e as estratégias da empresa com relação a P&D, por outro lado, a lógica da tecnologia se dá na busca de novas oportunidades tecnológicas através da seleção (CARIO; PEREIRA, 2002; POSSAS, 1989). Também, reconhece-se a existência de paradigmas tecnológicos, os quais figuram “modelos” ou “padrões” de soluções de problemas tecnológicos (DOSI, 1982; POSSAS, 1989).

Especificamente, Dosi (1982) evidencia que a tecnologia consiste no conjunto de conhecimentos, *know-how*, métodos, experiências, equipamentos, entre outros. Ao passo que, a tecnologia é a base do paradigma, o qual é capaz de direcionar o caminho do progresso técnico, inclusive que oportunidades serão seguidas (DOSI, 1988). Esse aspecto fica evidente no modelo desenvolvido, pois observa-se a influência do desenvolvimento tecnológico no processo de implementação. De modo específico na definição dos métodos e das tecnologias que poderão ser adotadas pela empresa industrial, tendo como base as experiências prévias das outras firmas, a maturidade de adoção no setor, a adoção de tecnologias no país e a maturidade das tecnologias disponíveis. Desse modo, percebe-se a aproximação da categoria “desenvolvimento tecnológico” com o paradigma tecnológico evidenciado pela teoria neoschumpeteriana.

As condições institucionais também influenciam no processo inovativo, o qual é repleto de incertezas, e variáveis como interesses econômicos em determinadas áreas tecnológicas, história tecnológica das firmas, e as variáveis institucionais como os órgãos públicos, militares, entre outros, operam para direções definidas de desenvolvimento tecnológico (DOSI, 1982; DOSI; ORSENIGO, 1988). Os evolucionistas destacam que o processo de inovação não é aleatório, pois segue um mecanismo de busca e seleção, e as inovações são cumulativas com relação ao estado-da-arte das tecnologias que já estão em uso, bem como o conhecimento que a organização dispõe (MACHADO, 1998). Observa-se que há uma interdependência micro e macro no progresso técnico, havendo alguns aspectos endógenos às empresas, mas também aspectos exógenos, como o desenvolvimento de conhecimentos pelas universidades e laboratórios, por exemplo, aspecto exposto na teoria desenvolvida.

Desse modo, fica evidente que a geração de inovações não depende somente das competências da firma individualmente, como também da capacidade dos demais agentes que

integram o sistema econômico. Edquist (2005) destaca a natureza sistêmica dos processos de inovação, haja vista que as empresas não inovam de forma isolada. Conforme o autor, outras organizações (como clientes, concorrentes, fornecedores, universidades, governo) empenham incentivos ou obstáculos para o processo inovativo. O termo Sistema Nacional de Inovação, cunhado por Freeman (1987) figura esses aspectos. Dentre os atores importantes do SNI destacam-se as empresas, universidades, organizações de capital de risco, agências responsáveis pela política de inovação, concorrência ou regulamentação, institutos de pesquisa, governo, além de instituições (que determinam explícita ou implicitamente as regras do jogo, hábitos, normas, rotinas que regulam as relações).

Esses agentes, de um modo geral desempenham atividades importantes ao sistema de inovação, tais como: atividades de P&D, desenvolvimento de conhecimentos, desenvolvimento de competências na força de trabalho, formação de mercados, mudanças organizacionais, atuação integrativa (aprendizagem por exemplo), criação de instituições (leis, regulamentos, entre outros), atividades de incubação, financiamento do processo de inovação, e a prestação de serviços para o processo inovativo a medida que aumentam o conhecimento (EDQUIST, 2005). Cabe mencionar que os sistemas nacionais de inovação podem ser formados por meio de ações planejadas ou não-planejadas. Ao passo que, através do sistema de inovação a firma pode acessar fluxos de informação e de conhecimentos científicos e tecnológicos para seu desempenho inovador. Os agentes como um todo, são capazes de gerar, implementar e difundir as inovações tecnológicas (ALBUQUERQUE, 1996a; LUNDVALL, 1992; NELSON, 1993). Contrastes entre os sistemas nacionais de inovação de diferentes regiões do mundo são explorados em estudo como os de Nelson (1993), Freeman (1995) e Albuquerque (1996b, 1999).

A teoria neoschumpeteriana evidencia que o avanço tecnológico ocorre através da interação entre diversos atores, quais seja a abrangência, nacional ou setorial (MALERBA, 2003), a interação entre os diferentes agentes são vislumbrados na teoria fundamentada gerada por meio da percepção dos indivíduos inseridos em empresas industriais no Brasil. Percebe-se a atuação de fornecedores através do fornecimento de tecnologias e de serviços de apoio à implementação destas; do governo, responsável pelos incentivos, estratégias e regulamentação; ICTs e centros de ensino, capazes de desenvolver pesquisa básica e aplicada, além da formação de mão-de-obra qualificada; e as associações setoriais e de tecnologias.

Ainda, retoma-se os aspectos evidenciados em Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988) e Cimoli e Dosi (1992), em que os autores argumentam que o processo de aprendizagem comumente ocorre por meio de externalidades intersetoriais (difusão de informações e

expertise, mobilidade de mão-de-obra e serviços especializados), processos informais de acumulação tecnológica dentro das empresas (*learning*), e de processos de pesquisa. Cabe mencionar que através da pesquisa, foi possível observar a busca por parte das empresas industriais por estabelecimento compartilhamento de *expertise* e *benchmarking* com outras firmas para a troca de conhecimentos e experiências, conforme já mencionado.

Acerca das demais categorias que compõem a teoria substantiva, os teóricos neoschumpeterianos, alinhados ao pensamento de Schumpeter acerca do capital, evidenciam a necessidade de financiamento das atividades de P&D. Conforme destaca Perez (2007; 2009), as finanças acompanham a maioria das inovações. Através das decisões de investimento e de financiamento, os empresários também podem indicar esforços de pesquisa em determinadas direções, o processo de decisão não é aleatório, leva-se em consideração diferentes aspectos, como preços relativos, potencial de mercado, fatores regulatórios e institucionais. Vislumbra-se esses aspectos no sentido de que as empresas industriais analisadas destacaram a disponibilidade de recursos financeiros como um elemento condicionante ao processo. Também, observam-se esses aspectos nas rotinas adotadas pelos gestores para a tomada de decisão, seleção e priorização dos projetos que serão implementados.

Ainda, na teoria gerada observa-se o destaque para a cultura e as pessoas, seus comportamentos e a capacidade destas em identificar oportunidades dentro da empresa. Sob a perspectiva de Nelson e Winter (1982), os recursos humanos são centrais em todos os níveis da firma, pois estes realizam diferentes atividades, com base em suas qualificações, competências e habilidades. Essas distintas qualificações dos indivíduos consistem no corpo de conhecimento da firma. Bell e Pavitt (1993) inferem que os indivíduos acumulam e incorporam recursos necessários para a geração e gestão de mudanças, através de suas aptidões, conhecimentos e experiências. Ao passo que, a capacidade tecnológica da firma está armazenada e acumulada nas pessoas, além de sistemas técnicos físicos, tecido organizacional, produtos e serviços. Conforme evidenciado pelos autores, o aprendizado é configurado por relações entre os indivíduos e desses com a empresa, e com relações fora desta. O processo de aprendizado é desenvolvido sob a ótica dos indivíduos e das organizações (BELL; PAVITT, 1995).

Ademais, com relação aos efeitos e resultados observados através do processo de implementação da indústria 4.0 em empresas industriais, destaca-se a geração e disseminação de conhecimento. Observa-se que os argumentos de Dosi (1984) estão alinhados aos achados, pois o autor coloca que a difusão do conhecimento possui um papel fundamental para o desenvolvimento econômico. Percebe-se em alguma medida que a experiência das empresas industriais é capaz de gerar esses novos conhecimentos, os quais são lançados para o mercado.

Conforme evidenciado por Possas (1989), diante das rotinas adotadas pelas organizações e o resultante processo de aprendizagem, após a seleção, pode ocorrer a difusão para o mercado e entre as empresas daquela inovação já validada. Em que a própria organização substitui o antigo pelo novo, pode-se observar também a imitação pelas outras empresas. Ao passo que, a interação entre as organizações e o mercado estabelece o processo de geração e difusão de inovação a partir da busca e seleção destas.

4.7.2 Outras evidências empíricas

Conforme evidenciado anteriormente, a temática Indústria 4.0 tem sido bastante explorada na literatura nos últimos anos. Esta seção apresenta a comparação da teoria substantiva gerada com tal literatura. Diante disso, inicialmente são expostos alguns estudos abrangentes que se relacionam com as categorias que emergiram nesse trabalho. Posteriormente, discorre-se acerca dos condicionantes externos, internos, categorias de ação e resultados, de forma mais específica.

Em seu estudo Bücken *et al.* (2016) definem um modelo para a transformação das organizações em direção à indústria 4.0, tendo como base a literatura e entrevistas com gestores. O *framework* desenvolvido consiste em três estágios principais, a saber: a) desenvolvimento de um cenário da indústria 4.0: avaliação dos projetos internos, que áreas são importantes para implementar a indústria 4.0, determinação de como os processos podem ser feitos no futuro, etc); b) desenvolvimento de um plano estratégico: plano de implementação, baseado no modelo de maturidade e tecnologias específicas); implementação: realização do plano estratégico, também podem ser utilizados teste piloto de tecnologias.

Com base na experiência de gerentes de empresas de manufatura da Alemanha, o estudo de Veile *et al.* (2019) ilustra as ações consideradas relevantes pelos gestores, os quais tecem recomendações para a implementação da indústria 4.0, tais como: desenvolvimento de *know-how* específico para a indústria 4.0, a garantia de recursos financeiros para essa finalidade, integração dos funcionários no processo de implementação, estabelecimento de uma cultura corporativa aberta e flexível, além de planejamentos abrangentes, cooperação com parceiros externos, estrutura organizacional adaptável, entre outros aspectos.

Algumas recomendações merecem destaque, os gestores argumentam que a implementação da indústria 4.0 é um processo que exige mudança na cultura da corporação. Devido ao nível de dificuldade da mudança cultural, isso deve ocorrer de cima para baixo, gradativamente, liderado pelo exemplo. Desse modo, fica evidente o papel dos líderes nesse

processo. Dentre as características necessárias na cultura destaca-se: disposição para aprender, abertura para coisas novas, criatividade e geração de ideias e mentalidade empreendedora (VEILE et al., 2019).

As mudanças necessárias também dizem respeito a modificação do conteúdo do trabalho, condições de trabalho e *design* do local de trabalho. Além do desenvolvimento de novas habilidades e competências, nesse aspecto diferentes ações mostraram-se eficazes (treinamento, workshops, aprendizagem baseada em cenários, aprender fazendo, mentoria, por exemplo). Ainda, os resultados também indicam para a necessidade da empresa em rever sua estrutura organizacional, a fim de estabelecer condições propícias para a indústria 4.0, como hierarquias, estruturas e processos flexíveis e descentralizadas (VEILE et al., 2019).

Ademais, os resultados empíricos mostram que as empresas de manufatura seguem dois modelos básicos de financiamento das atividades de P&D relacionadas a indústria 4.0 e sua implementação, através da alocação de orçamento fixos ou pelo financiamento de projetos específicos. Esta última mostrou-se mais adequada, os especialistas utilizaram análises de custo-benefício para determinar o orçamento do projeto, e as informações concretas sobre os custos e os potenciais do projeto foram obtidas por meio de projetos piloto. Posterior a implementação, os projetos são medidos através de indicadores de rentabilidade, retorno sobre investimento, economia de custos, indicadores de eficiência e de tempo (lançamento no mercado, prazo de entrega) (VEILE et al., 2019).

Gubert (2019) evidencia em seu estudo, que as empresas que decidem embarcar em direção a indústria 4.0 devem integrar a inovação como um negócio estratégico, ao passo que, a inovação sistemática figurará o *design* estratégico, e a implementação de um roteiro para tal. Também é necessário desenvolvimento de uma estrutura organizacional e habilidades (intraempreendedorismo). Ainda, o autor infere na necessidade da realização de um diagnóstico, através da avaliação do nível de maturidade da organização com a implementação da indústria 4.0, ao mesmo tempo em que são elucidados os objetivos da empresa nesse sentido.

Na etapa da implementação, a utilização de projetos piloto corrobora com a experimentação, rápida aprendizagem e baixo custo. O resultado destes definirão a aplicação dos projetos em escala. Devido a complexidade, é necessário a adoção de uma perspectiva de ecossistema, pois as empresas acabam tendo que recorrer a diferentes agentes nesse processo, pois muitas vezes as empresas não dispõem de conhecimentos e de recursos necessários para o desenvolvimento dos projetos. Sendo necessária uma abertura para que o conhecimento e as tecnologias fluem bidireccionalmente. Também, pode-se explorar alternativas disruptivas externas, como a colaboração com empresas de tecnologia, como *startups* (GUBERT, 2019).

Ao aplicar a teoria fundamentada nos dados, com base em 26 entrevistas aplicadas a líderes de empresas, diretores digitais e diretores executivos na Hungria, Horváth e Szabó (2019) buscaram identificar as principais barreiras e forças motrizes da implementação da indústria 4.0. Dentre as forças motrizes identificadas, destacam-se: o aumento da escassez de mão-de-obra; recursos financeiros e lucratividade, haja vista que a implementação oferece uma série de benefícios financeiros, porém, a introdução dessas tecnologias requer um montante significativo de recursos financeiros, que pode atrapalhar as empresas; intensa competição no mercado e pressão dos concorrentes; as expectativas da administração pode ser um fator encorajador da introdução de tecnologias, assim como a realidade desta (líderes com habilidades para controlar os projetos), ainda, os entrevistados que um planejamento adequado é essencial desde o início dos projetos, para definir os objetivos, etapas e recursos necessários.

Ademais, o estudo elenca os principais obstáculos do ponto de vista dos gestores: falta de flexibilidade na estrutura organizacional, resistência e gerenciamento inadequado, entre outros aspectos. Caberia à organização criar um entendimento comum da mudança visando abreviar esses obstáculos. Os autores sugerem também a cooperação ativa com universidades e outras instituições educacionais para desenvolver programas educacionais em diferentes áreas (HORVÁTH; SZABÓ, 2019).

De modo semelhante, Ghadge *et al.* (2020) evidenciam, através de uma revisão crítica de literatura, os principais motivadores e barreiras para implementação da indústria 4.0. especificamente, com relação as barreiras vislumbram-se aspectos relacionados a: restrições financeiras, falta de suporte de gerenciamento (colaboração multifuncional), resistência a mudança, falta de especialização, questões jurídicas (a respeito de privacidade e segurança dos dados), falta de políticas e apoio do governo, entre outros aspectos.

Outro estudo abrangente foi desenvolvido por Hoyer, Gunawan e Reaiche (2020), através de uma revisão sistemática de literatura os autores objetivaram estabelecer uma base para futuras pesquisas e orientar profissionais e agentes do governo acerca dos fatores que influenciam a adoção da indústria 4.0 devido a sua natureza complexa. No estudo são elencados seis fatores externos, seis fatores internos e dois fatores relacionados a características da empresa. Desse modo, limita-se nesse momento a elencar os aspectos observados no estudo similares a teoria substantiva gerada.

- 1- Apoio político: observou-se a importância do governo como um facilitador da implementação da indústria 4.0, a exemplo de opções de financiamento no país, assim como outras medidas como redução de impostos, criação de um ambiente apropriado

para as empresas, incluindo definições legais, e ampliação da banda larga, entre outros aspectos;

- 2- Cooperação corporativa e institucional: necessidade de maior cooperação entre empresas, universidades e governo para lidar com os aspectos da indústria 4.0;
- 3- Custos e opções de financiamento disponíveis: o alto custo das tecnologias compreende numa forte barreira a implementação. Além de dificuldades em mensurar a rentabilidade dos investimentos;
- 4- Conhecimento disponível e educação: as empresas carecem de metodologias, estruturas e modelos que facilitem a tomada de decisão. Além disso, diante da complexidade a transferência de conhecimento para outras empresas é dificultada. Percebe-se também que as empresas têm buscado fontes de informação e o recrutamento de força de trabalho com o conhecimento necessário.
- 5- Pressão para se adaptar: em um ambiente em mudança a capacidade de se adaptar é importante. Aspectos que são intensificados pela demanda dos clientes e a construção de infraestruturas de cooperação.
- 6- Consideração estratégica: tendo em vista a complexidade e o enfrentamento de obstáculos ao longo do processo de implementação, o desenvolvimento de uma estratégia corrobora com o sucesso da implementação, pois o alinhamento de uma estratégia evita diferentes compreensões acerca do processo.
- 7- Maturidade da infraestrutura de tecnologia da informação: reflete na capacidade de a empresa lidar com a complexidade da indústria 4.0. Consiste nas habilidades e conhecimentos dos funcionários, compatibilidade das tecnologias usadas atualmente, entre outros aspectos. Esses aspectos determinam as soluções que serão propostas.

Evidenciados os estudos com aproximações em diversos aspectos com a teoria substantiva desenvolvida, analisa-se de modo mais específica as aproximações de cada categoria com a literatura. Acerca da influência da conjuntura econômica sobre as ações em prol da implementação da indústria 4.0, percebe-se um volume reduzido de estudos. Švarcová et al. (2019) exploram o impacto de recessões econômicas nos indicadores de P&D na República Tcheca. Ao passo que, foi possível verificar, por intermédio de análise de estatística multivariada, que setores específicos possuem níveis diferentes de P&D em tempos de crise econômica. Pavelková et al. (2018) também observaram que momentos de crise afetam a introdução de novos projetos pelas empresas.

Sob o prisma da inovação, Mykhailivna (2016) destaca que períodos de turbulência criam ameaças a introdução de novas tecnologias e implementação de projetos inovadores,

devido ao aumento no risco. Dentre as barreiras mais significativas ao desenvolvimento inovador estão a redução do financiamento, desvalorização cambial, inflação e restrições de moeda. Especificamente no contexto brasileiro, Abrita (2018) verificou que o aumento na taxa básica de juros, aceleração inflacionária e depreciação cambial são prejudiciais para as atividades de inovação, devido ao encarecimento do custo dos aspectos que envolvem o processo inovativo.

O envolvimento e a contribuição dos diferentes atores para com o desenvolvimento de ações e a implementação da indústria 4.0 pelas firmas, tem sido amplamente discutido, alguns estudos exploram a influência de agentes específicos, enquanto outros avaliam sob diferentes prismas teóricos, como formação de redes colaborativas, ecossistemas e clusters. O estudo de Maresova et al. (2018) evidencia o papel do governo e de suas políticas para com o desenvolvimento da manufatura, a exemplo do desenvolvimento de planos educacionais voltados a fabricação, língua estrangeira e informática para operadores, incentivos e investimentos também para empresas de médio porte, políticas para lidar com problemas sociais, como baixa natalidade, instabilidade de renda, e outros.

Baseando-se em análise estatística, bem como numa análise qualitativa, o estudo desenvolvido por Feng, Zhang e Zhou (2018) avaliou a situação da indústria de manufatura chinesa na era da indústria 4.0, e apresenta contramedidas para impulsionar a inovação tecnológica nesse contexto. A ideia central consiste no fortalecimento da cooperação entre a indústria, universidades, centros de pesquisa e clientes. Haja vista que essa aliança se mostra capaz de mobilizar recursos, encorajar o desenvolvimento e a promoção de tecnologias, entre outros aspectos.

Rocha, Mamédio e Quandt (2019) analisam como as colaborações com *startups* podem influenciar a inovação digital nas manufaturas brasileiras. O resultado do estudo de caso múltiplo indica que as fontes de conhecimento e de inovação por meio de parcerias das *startups* com empresas, universidades governo, agência de desenvolvimento e incubadora, caracterizam processos de inovação aberta. A colaboração tem se mostrado como um acelerador, ou ao menos um facilitador para as empresas migrarem para a digitalização.

Ademais, os resultados encontrados no presente estudos também coadunam com os achados de Enke et al. (2020), os quais argumentam que a interação entre universidade-empresa na indústria 4.0 resulta em benefício para as partes, através do compartilhamento de conhecimento, recursos e instalações, capacitação, inovação e co-criação. Destaca-se que essas colaborações podem se fortalecer com o tempo, firmando parcerias em aspectos como

transferência de tecnologia e desenvolvimento de equipes e de profissionais qualificados orientados as demandas do mercado.

Também sob o contexto brasileiro, Benitez, Ayala e Frank (2020) avaliaram como são consolidados e como evoluem os ecossistemas de inovação no contexto da indústria 4.0. Dentre os achados, destaca-se que há alterações de reciprocidade entre os atores, os gestores podem aprender a desenvolver estratégias em prol da indústria 4.0 no ecossistema, enquanto os formuladores de políticas podem aprender a organizar a evolução do próprio ecossistema. Ademais, reconhece-se a atuação das associações (apoio normativo e político), universidades (suporte de P&D e compartilhamento de conhecimento), organizações de pesquisa e tecnologia (fornecimento de tecnologias avançadas), e a contribuição do governo para com o desenvolvimento de soluções 4.0 pelas empresas. Observa-se também que a qualidade institucional favorecem a capacidade inovadora das firmas (MOSCONI; D'INGIULLO, 2021).

Dentro do arcabouço teórico de *clusters* também encontram-se aproximações com a categoria “ecossistema de inovação”. Estudos como os de Götz (2019, 2020) tem explorado a formação de *clusters* no contexto da indústria 4.0. A autora argumenta que a formação desses agrupamentos parece trazer vários benefícios, os quais auxiliam no enfrentamento dos desafios impostos pelo processo de implementação da indústria 4.0. Pois estabelecem um ambiente favorável ao conhecimento, redução da incerteza, entre outros aspectos.

A categoria “era da complexidade” ilustra os aspectos externos a organização que condicionam a implementação da indústria 4.0. Como os aspectos relacionados ao ambiente competitivo, comportamento dos concorrentes, constantes mudanças e demanda. Nesse sentido, Bauer et al. (2015) destacam que os mercados voláteis, as redes globais e interindustriais tem criado um mercado mais dinâmico, impactando na demanda da implementação dos novos recursos. É possível observar na literatura alguns estudos que tem buscado evidenciar os fatores que levam as empresas a implementar a indústria 4.0. No contexto de empresas da República Tcheca Basl (2017) verificou influência de fatores como a visão estratégica da empresa, pressão dos clientes, busca pela redução de custos, atividades dos concorrentes, requisitos do mercado, entre outros. Apesar da importância da definição estratégica para a indústria 4.0, a maioria das empresas não possuíam estratégia formalizada nesse sentido.

Lin et al. (2018) corroboram ao testar estatisticamente essas relações na indústria automotiva chinesa, observando que a maturidade da empresa com relação a tecnologias da informação, incentivo da tecnologia, benefício percebido, pressão externa e a política governamental possuem impactos positivos no aumento da utilização de tecnologias avançadas na produção. Cabe destacar que se considera pressões externas a necessidade de adaptação

devido ao ambiente competitivo, mudanças repentinas e transformações do consumo. Com frequência tem-se utilizado o termo VUCA para ilustrar esses aspectos da transformação digital como um todo. O termo consiste num acrônimo para descrever ambientes voláteis, incertos, complexos e ambíguos. Basáñez (2020) argumenta que o termo descreve o contexto pós crise de 2008, e ganhou força com a crise gerada pela Covid-19. Momento em que percebe-se grande volatilidade, devido ao volume de mudanças e a velocidade com que ocorrem, configurando um cenário de mudança e hostilidade que desafia todas as organizações. Ao passo que, através da transformação digital estas são capazes de se adaptar e ainda tirar vantagem disso.

Ainda sobre os condicionantes externos a organização, resumidamente a categoria “desenvolvimento tecnológico” compreende em aspectos relacionados a experiências prévias de outras empresas, benchmarking, discussões no meio, maturidade do setor, nível de adoção de tecnologias no país e a maturidade das tecnologias. Destaca-se que é amplamente discutido na literatura as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 (CNI, 2016a; HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). Ademais, verificam-se alguns estudos alinhados a esses achados, Silva (2019) avalia o processo de transferência de tecnologia no contexto da indústria 4.0. O autor estabelece algumas fases desse processo, dentre as quais observam-se a análise da maturidade da indústria no contexto tecnológico, pois externamente a empresa estão disponíveis conhecimentos e experiências, a empresa também deve realizar a análise de tecnologias no mercado, essa atividade consiste na análise das tecnologias (máquinas e/ou sistemas) disponíveis no mercado. Dentre os diferentes mecanismos de acesso estão a participação em palestras, feiras tecnológicas, cursos, estágios, visitas técnicas, realização de *benchmarking*, entre outros. Adicionalmente, o estudo de Medase e Abdul-Basit (2020) observou algumas fontes de informação que ainda não haviam sido tratadas na literatura, caso da contratação de novos funcionário e a participação em conferências e *workshops*.

Em análise aos países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), Erro-Garcés e Aranaz-Núñez (2020) destacam que a implementação nesses países depende de fatores como a implementação de políticas públicas, cooperação com centro de educação e do papel das multinacionais. Dentre os aspectos que contribuem para o processo de implementação está o nível tecnológico do país, a presença de empresas multinacionais e a cooperação entre empresas.

Acerca do aspecto maturidade observado na pesquisa, de um modo geral voltado aos níveis de adoção de tecnologias no país, maturidade do setor, e a própria maturidade da tecnologia destaca-se a recente emergência do 5G para o mercado brasileiro. Esse aspecto coaduna com os achados dessa pesquisa, pois demonstra que a maturidade tecnológica e a adoção de

tecnologias no país (caso do 5G) são capazes de definir as tecnologias e os rumos tomados pelas empresas no sentido da indústria 4.0. Gidlund, Lennvall e Akerberg (2017) frisaram no sentido de que a tecnologia 5G ofereceria suporte para as aplicações de automação industrial. Para além disso, Pasinato e Campana (2020) destacam que tecnologias típicas da indústria 4.0, caso do IIoT, atuam no sentido de coletar volumes maciços de dados, conexão e comunicação entre robôs, rastreamento de peças, máquinas e produtos no chão de fábrica. Ao passo que, o aprimoramento da aplicação dessa tecnologia na indústria requer latência, confiabilidade, segurança e privacidade com relação transferência de dados.

Partindo para a análise das condicionantes internas a organização, especificamente sobre a categoria “cultura e pessoas” observa-se que na literatura o tema tem sido amplamente discutido. Pois, os indivíduos são essenciais em momentos de mudança, como esse (WHYSALL; OWTRAM; BRITAIN, 2019). A vista disso, o estudo de Tortorella et al. (2021) evidencia que o envolvimento dos funcionários (engajamento) exerce um efeito de mediação entre a adoção e a melhoria de desempenho operacional. Em outras palavras, o estudo demonstra que as empresas brasileiras que reforçam o engajamento dos funcionários podem melhorar de modo significativo o desempenho operacional, o que reforça a necessidade da participação dos indivíduos, principalmente em fabricantes de setores com maiores níveis de intensidade tecnológica.

Ademais, preocupados com a desatenção do fator humano no contexto da indústria 4.0, Neumann et al. (2021) desenvolveram uma estrutura conceitual que considera de maneira sistemática os fatores humanos nos projetos e na implementação da indústria 4.0. conforme evidenciado pelos autores, o modelo contribui para uma transformação bem-sucedida, evitando a “armadilha da inovação” sem atenção aos fatores humanos.

Ainda sobre os recursos humanos, a categoria “alta direção” consiste em aspectos relacionados ao comportamento e as atitudes dos gestores e executivos da organização, diante do processo de implementação da indústria 4.0. Observam-se algumas aproximações na literatura, especialmente acerca do padrão de liderança exercido por esses indivíduos. A exemplo disso, Balasingham (2016) em análise do contexto alemão, evidencia que a implementação da mudança não requer apoio somente dos funcionários, mas também do nível superior da empresa. Ao passo que, toda a organização precisa estar envolvida nesse processo, e cabe a gestão servir de modelo. Reconhece-se que os períodos de mudança podem apresentar resistências, por parte dos funcionários e devido a falta de apoio dos gestores. Desse modo, o autor observou que essa relutância em mudar afetam os procedimentos adotados na

implementação da indústria 4.0, assim como a infraestrutura e maturidade da empresa, recursos financeiros e competência dos funcionários.

O estudo de Schutz et al. (2018) elenca que capacidades como a flexibilidade para se adaptar as mudanças, criatividade, competência, visão multidisciplinar além da habilidade em ser um facilitador para gerar bons resultados, figuram competências necessárias para o líder no contexto da indústria 4.0. Pawłyszyn et al. (2020) defendem que os parâmetros mais importantes relacionados com a difusão do conhecimento na indústria 4.0 referem-se ao envolvimento da gestão e dos funcionários, plano de elaboração bem elaborado, consistência nas ações e a cultura da empresa.

Complementarmente, a análise desenvolvida por Bianco (2020) destaca as competências de um líder Lean que sustentarão as competências de líderes atuantes da indústria 4.0. As quais destacam-se as seguintes competências: exercer uma governança proativa, prover recursos necessários para a implantação de melhorias e mudanças, estimular e motivar os trabalhadores em prol da mudança, eliminar ou mitigar barreiras, promover confiança, propagar a cultura, entre outros. Dentre os aspectos mencionados anteriormente, percebe-se um entendimento por parte dos participantes do presente estudo, a importância de aspectos que também são mencionados por Bianco (2020), caso da atuação no sentido da eliminação de barreiras, e principalmente, apoio ao processo.

Ademais, cabe mencionar que o estudo de Shamim et al. (2016) faz uma ponte entre as categorias “alta direção” e “propensão à identificação de oportunidades de inovação” do presente trabalho. Os autores defendem que o estilo de liderança orientado para o conhecimento é voltada para a aprendizagem e a inovação, e pode ser orientada para ser usada na indústria 4.0. Podendo acelerar o ritmo de inovação e aprendizagem para que a organização seja compatível com a indústria 4.0. Pois considera-se a capacidade de inovação crucial para o sucesso da implementação. E, se a empresa precisa ser inteligente, esta precisa de funcionários inteligentes e clima para o aprendizado e a inovação, o que requer práticas de gestão adequadas. Santos, Schimidt e Asthon (2019) contribuem ao afirmar que práticas de gestão apropriadas levar à aprendizagem, reforço de capacidades, inovação e enfrentamento dos desafios.

Observam-se diversos estudos voltados para as habilidades e conhecimentos necessários aos indivíduos no escopo da indústria 4.0. Alguns estudos corroboram com as evidências da categoria “propensão a identificação de oportunidades de inovação”, como o trabalho desenvolvido por Santos et al. (2018a) que evidencia a importância de as empresas formatarem a criatividade e habilidades dos trabalhadores. Dentre as aptidões destacadas por Pereira, Pereira e Campos (2018) estão a multidisciplinaridade, criatividade e capacidade de

innovar. Aires, Moreira e Freire (2017); Silva e Olave (2020), Kruger e Steyn (2021) destacam a necessidade de habilidades voltadas a inovação, empreendedorismo, solução de problemas complexos, criatividade, entre outros.

Estudos sob o arcabouço teórico de Capacidades Dinâmicas (TEECE, 2007) também coadunam com os achados nesse trabalho. Conforme observado em Perdomo (2019) as capacidades dinâmicas relacionadas a sentir o ambiente, aproveitar oportunidades, transformar e reconfigurar, contribuem do modo significativo para a transformação digital. Pois capacitam a empresa a compreender o mercado, identificar as oportunidades e necessidades dos clientes, e transformar isso em produto ou serviço, com base nas novas tecnologias. Semelhantemente, Lin, Sheng e Jeng Wang (2020) desenvolveram uma estrutura para avaliar a maturidade de organizações com base nas capacidades dinâmicas. Ou seja, inclui aspectos de capacidade dinâmica nos modelos de maturidade voltados a indústria 4.0.

Conforme já evidenciado, observou-se que as tecnologias pré-existentes na empresa, como o pacote tecnológico adotados, tecnologias e modelos de gestão que a empresa dispõe exercem influencia no desenvolvimento de projetos da indústria 4.0. Esses aspectos corroboram com os achados de Agostini e Filippini (2019). Os autores verificaram que as práticas organizacionais (relacionados aos recursos humanos, cadeia de suprimentos, processos, infraestrutura de TIC, conectividade e outros) impactam na implementação das tecnologias da indústria 4.0. Diante disso, o estudo indaga que aparentemente alguns fatores organizacionais estabelecem o caminho para a introdução das novas tecnologias, como funcionários qualificados em termos de inovação e tecnologias digitais, bem como a adoção de métodos enxutos.

Sobre isso, percebe-se uma disposição na literatura com relação a filosofia *lean* e a indústria 4.0, alguns estudos destacam que a importância da integração entre ambas. Sony (2018) destaca que o *lean manufacturing* pode ser usada como uma diretriz filosófica para implementação da indústria 4.0 na organização, e desenvolve um modelo teórico para essa integração. Essa possibilidade está fundamentada em pesquisas que demonstram a implementação da indústria 4.0 em empresas que já contam com a manufatura enxuta, acorrendo em melhorias (BUER; STRANDHAGEN; CHAN, 2018; TORTORELLA; FETTERMANN, 2018). Especificamente, o estudo desenvolvido por Tortorella e Fettermann (2018) indica que as empresas de economias emergentes que tem implementado a manufatura enxuta são mais propensas a adotar simultaneamente as tecnologias da indústria 4.0. Apesar de a manufatura enxuta ser considerada como uma abordagem de baixa tecnologia, seus benefícios podem ser intensificados com a adoção das tecnologias da indústria 4.0.

Fechando o bloco de condicionantes internos, aspectos relacionados a disponibilidade de recursos financeiros emergiram dos dados no sentido de que a organização depende de recursos financeiros, sejam eles próprios ou de terceiros, para empreender atividades em prol da indústria 4.0. Esses aspectos são frequentemente elencados ao se tratar dos requisitos necessários para a implementação das tecnologias 4.0 (HORVÁTH; SZABÓ, 2019). Müller, Kiel e Voigt (2018) destacam que para as pequenas e médias empresas esse cenário é desafiador, devido a escassez de recursos financeiros, ao passo que a adaptação dos sistemas requer um volume de recursos.

O estudo desenvolvido por Vlckova, Zeman e Alina (2019) demonstra que a introdução da indústria 4.0 aumenta as necessidades e instabilidades financeiras da organização, refletido em contas como ativos totais, recebíveis de curto prazo, patrimônio líquido e passivos totais (empréstimos e outros). O comportamento observado é que as empresas financiam os ativos fixos com recursos de longo prazo. Nesse sentido, Yuan et al. (2021) argumentam haver relação positiva entre gastos com financiamento de P&D com as atividades de inovação. Desse modo, foi possível verificar que o financiamento bancário de atividades de P&D consiste num fator responsável pela inovação tecnológica em países do G7. Similarmente, He et al. (2021) evidenciam que o financiamento bancário, não bancário e o risco financeiro são capazes de explicar a inovação tecnológica na China. O aumento no risco financeiro altera a relação entre o financiamento e a inovação tecnológica, perfazendo um obstáculo à inovação.

Hamidi et al. (2018) destacam que a estratégia e organização são cruciais na implementação da indústria 4.0. Pois, as empresas precisam compreender a importância da implementação e como isso beneficia o seu negócio. Além disso, Tadeu et al. (2018) ressaltam que as organizações com níveis mais baixos de maturidade digital são aquelas que não possuem definições estratégicas, e acabam desenvolvendo projetos isolados. Por outro lado, empresas com níveis maiores de maturidade, possuem estratégias alinhadas com as principais transformações.

Vrchota, Vlčková e Frantíková (2020) argumentam que a literatura já tem indicado que as empresas devem contar com a implementação da indústria 4.0 em suas estratégias de longo prazo. A vista disso, os autores verificaram, através de análise estatística, que nas pequenas e médias empresas da República Tcheca há uma relação entre a estratégia elaborada e a indústria 4.0. Dhanpat et al. (2020) também argumentam acerca da necessidade da mudança estratégica para garantir eficiência na indústria 4.0. Esses achados alinham-se aos aspectos que constituem a categoria “tornando o tema estratégico na empresa”, pois, reconhece-se que a

definição estratégica do tema indústria 4.0 possibilita a gestão e o direcionamento das ações, facilitando o entendimento e a implementação.

Acerca da categoria “buscando parceiros”, já foram mencionados os estudos de Veile *et al.* (2019) e Gubert (2019) que destacam a necessidade da perspectiva de ecossistema entre os agentes, haja vista que a empresa irá recorrer a estes portando diferentes demandas, como a necessidade de desenvolvimento de habilidades específicas. Para além destes, não foram localizados outros estudos que evidenciassem especificamente essa ação de busca. Fica evidente que outras categorias contribuem nesse aspecto, como o “desenvolvimento tecnológico” e o “ecossistema de inovação”, pois estes compreendem as fontes externas aos quais as empresas estão “buscando” de fato.

Dentre as aquelas já mencionadas, aspectos relacionados a categoria “diagnosticando operações” são os que apresentam maior desenvolvimento na literatura, pois estão fortemente relacionadas com a parte técnica e operacional do processo. Desse modo, a literatura apresenta diversas ferramentas para a mensuração do nível de maturidade das empresas no contexto da indústria 4.0 (AKDIL; USTUNDAG; CEVIKCAN, 2018; HAJOARY, 2021; HAMIDI *et al.*, 2018; LIZARRALDE *et al.*, 2020; SANTOS; MARTINHO, 2019; SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016; SÜTÖOVÁ; ŠOOŠ; KÓČA, 2020; TADEU *et al.*, 2018).

No modelo de maturidade digital desenvolvido por Tadeu *et al.* (2018) observa-se que são avaliados aspectos relacionados as demais categorias da teoria substantiva desenvolvida no presente trabalho, a saber: a) estratégia digital: definição de um plano abrangente, definindo as características e objetivos relacionais nas tecnologias digitais. Consiste num fator fundamental para a evolução da maturidade da empresa; b) tecnologias digitais e habilidades analíticas: relacionadas as tecnologias que a empresa dispõe e capacidade em inovar; c) relacionamento em rede: compreensão do processo como uma rede, que envolve diferentes agentes; d) estrutura organizacional e processos; e) pessoas e cultura: cultura, formação de pessoas, atitudes, comportamentos, fluência digital, abertura a mudanças, entre outros. Ferramentas como essa são utilizadas para realizar um diagnostico inicial e definir um roteiro para a implementação da indústria 4.0, podendo ser utilizadas como avaliações de monitoramento com a implementação já em andamento (SANTOS; MARTINHO, 2019).

Acerca do processo de implementação da indústria 4.0 como um todo, Hamzeh, Zhong e Xu (2018) sugerem um modelo com seis etapas: a) conscientização do conceito (visando a compreensão de gerentes, geração de conhecimento, desenvolvimento de habilidades, entre outros aspectos); b) prontidão para a indústria 4.0: abrangente compreensão da maturidade da empresa; c) planejamento: desenvolvimento de um roteiro e seleção das tecnologias para

implementação; d) projeto piloto: prova de conceito para demonstrar as tecnologias e sanar possíveis lacunas; e) análise: avaliação dos resultados; f) digitalização: esforço para utilizar as tecnologias para agregar valor ao cliente.

Percebe-se que o modelo de Hamzeh, Zhong e Xu (2018) sugere o desenvolvimento de um roteiro e seleção das tecnologias. Essa etapa coaduna com a categoria “desenvolvendo projetos de inovação” da teoria substantiva gerada. Esse processo consiste no desenvolvimento de um *roadmap* de projetos, bem como a seleção e a priorização daqueles que serão implementados. Conforme argumenta Demircan Keskin (2020) na transição para a indústria 4.0 a seleção do portfólio mais alinhado aos objetivos organizacional compreende num fator de sucesso da implementação. O que, devido ao risco envolvido, torna a avaliação mais complicada.

Cientes da incerteza envolvida nesse processo, Haviernikova e Kral'ova (2018) desenvolveram um modelo de gerenciamento de risco associado ao conceito de indústria 4.0. Sua aplicação visa a gestão mais eficaz dos riscos de projeto, cumprimento das expectativas e aderência ao orçamento. Cabe mencionar é possível observar na literatura, diferentes estudos que propõem etapas para a definição do *roadmap* de projetos, a exemplo o estudo de Sarvari et al. (2018) que define duas etapas principais: a) fase estratégica: avaliação da maturidade digital e a definição de metas; b) fase de desenvolvimento de novos produtos e processos: geração de ideias, desenvolvimento das ideias, determinação de potenciais projetos, seleção do portfólio de projetos, priorização, programação e implementação. Cabe mencionar que o processo é cíclico, após a implementação é possível retornar à geração de novas ideias, com o tempo a organização vai adquirindo maturidade. Ainda, os autores destacam que o portfólio deve estar na fronteira eficiente (relação entre retorno e risco).

Isikli et al. (2018) sugerem um modelo de seleção de portfólio baseado em programação linear, enquanto Richard et al. (2020) sugerem uma abordagem para o gerenciamento do portfólio, seleção e priorização de projetos visando o alinhamento estratégico e valor do portfólio. Semelhantemente, Demircan Keskin (2020) desenvolveu uma abordagem voltada para a seleção de projetos, através da definição de dependências internas e externas, definição de pesos das prioridades e critérios, e a avaliação de cada projeto e o cálculo da desejabilidade.

No modelo desenvolvido, a categoria “implementando projetos de inovação” compreende na implantação de mudanças com relação as pessoas, estrutura e tecnologias, além de ações para lida com a incerteza, e a realização de testes piloto para a posterior implementação em maior escala. Observa-se na literatura alguns estudos que coadunam com esses achados.

Sjödín et al. (2018) destacam a importância de criar uma cultura voltada a implementação da fábrica inteligente, ou seja, uma cultura de inovação contínua, em que a tecnologia seja vista como solução. Ziaei Nafchi e Mohelská (2019) desenvolveram um índice para avaliar a cultura organizacional das empresas com ênfase na definição de pré-condições para a implementação da indústria 4.0 voltados para a cultura organizacional. Os autores evidenciam que a cultura inovadora compreende em um pré-requisito nesse contexto, pois é mais flexível e lida melhor com o risco. Reconhecendo a importância de mudanças na cultura e pessoas em prol da implementação da indústria 4.0.

Cimini et al. (2020) demonstram a relação das mudanças nas estruturas organizacionais concomitantemente a introdução das tecnologias 4.0. Tidas como uma consequência natural de adaptação as novas máquinas, tarefas e ambiente de trabalho. De maneira específica, constatou-se que a mudança na estrutura antecipou a adoção de tecnologias no caso da introdução da cultura enxuta. Ademais, algumas empresas experimentam processos de redução de níveis hierárquicos e a ampliação da amplitude do controle ligadas a introdução de tecnologias da indústria 4.0. Vislumbra-se também o desenvolvimento de um novo perfil de trabalho, caracterizados principalmente pelo maior grau de autonomia.

Por fim, observa-se que a implementação da indústria 4.0 incide em diferentes consequências/resultados. A literatura apresenta diferentes evidências que corroboram com esses achados. Sjödín et al. (2018) elencam resultados em termos de aumento da eficiência do processo, redução no custo operacional, aumento da qualidade do produto, maior segurança e sustentabilidade. Milijić, Bogdanović e Nikolić (2019) adicionam impactos em fatores de segurança ocupacional, ou seja, níveis de segurança no trabalho.

Sob a perspectiva de empresas de logística na Polônia e no Canadá, Ślusarczyk e Haque (2019) encontraram evidências do impacto das tecnologias da indústria 4.0 sob o desempenho dessas empresas. Cagliano et al. (2019) expõem que a adoção da manufatura inteligente afeta a organização do trabalho conforme os níveis de complexidade das tecnologias, em aspectos como o design do trabalho, autonomia e amplitude do trabalho do operador, demanda cognitiva, interação social, e, num nível macro a estrutura organizacional e os níveis hierárquicos da empresa. Ademais, projetam-se resultados em termos de integração vertical, horizontal e de ponta-a-ponta (SONY; NAIK, 2020).

De modo geral, ao longo desta seção observou-se que as categorias que emergiram nesta pesquisa já têm sido exploradas na literatura, conforme exposto no Quadro 30. Para além da ênfase sobre as categorias que emergiram dos dados, muitos modelos e ferramentas já foram desenvolvidos para o auxílio às empresas no sentido da implementação da Indústria 4.0. De

modo específico, inúmeros modelos de maturidade são encontrados na literatura, os quais elencam os aspectos que devem ser considerados pela organização para que esta adquira maturidade digital. Os quais, não se limitam a aspectos tecnológicos, mas também relacionados aos indivíduos e a própria organização.

Porém, cabe mencionar que o modelo desenvolvido nesse trabalho amplia a compreensão e integra esses aspectos já abordados na literatura, ao esclarecer os elementos, processos e as interações que envolvem as categorias (sejam elas condicionantes externos, internos, ações ou resultados) que figuram o fenômeno investigado. Ou seja, para além de evidenciar os elementos e estratégias adotados pelas empresas, o estudo revela como esses aspectos interagem entre si. Ou ainda, como e em que influenciam no processo de implementação, e que resultados ou consequências são geradas a partir desse processo.

Por fim, o estudo ressalta que este fenômeno analisado, ou seja, a implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais, deve ser compreendido como um processo complexo e não linear, que ocorre dentro das organizações, sob as mais diferentes influências, e é capaz de gerar resultados e de influenciar o sistema em que está inserida.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese teve como objetivo desenvolver um modelo teórico explicativo acerca do processo de implementação da Indústria 4.0 em empresas industriais no Brasil. Visando atender a esse objetivo, foi empregada a teoria fundamentada nos dados como estratégia de pesquisa, ao passo que, foram realizadas dezoito entrevistas com indivíduos envolvidos no desenvolvimento de projetos voltados à indústria 4.0, em empresas de médio e grande porte, fabricantes de máquinas, aparelhos e materiais elétricos, e fabricantes de máquinas e equipamentos. Os entrevistados são oriundos de três grupos amostrais: fornecedores, empresas e instituições (universidade, associações e outros).

O primeiro objetivo específico compreendeu na descrição dos mecanismos, estratégias e elementos que permeiam a implementação do novo modelo industrial pelas firmas, desse modo, identificou-se que esse processo ocorre, sobretudo, por pressões e incentivos externos (como a concorrência, mudanças na demanda, busca por competitividade, cenário econômico, envolvimento com outros agentes, entre outros), além de aspectos internos (como questões comportamentais dos gestores e dos demais colaboradores, habilidades disponíveis, cultura, tecnologias de gestão e produção disponíveis, capital e outros). Ademais, ficou evidente o aspecto cumulativo desse processo, pois a implementação ocorre de modo gradual, considerada pelos envolvidos como uma “jornada” rumo a indústria 4.0.

No que tange o segundo objetivo específico, revelar as interações e os condicionantes entre os processos e os elementos implícitos ao fenômeno, sob o ponto de vista dos agentes envolvidos, contou-se com o modelo analítico de Corbin e Strauss (2015) e o modelo desenvolvido por Marchi (2014) na perspectiva dos sistemas complexos adaptativos. Sob a perspectiva no processo analítico característico da teoria fundamentada nos dados, circularidade e comparação constante, as interpretações da etapa inicial da coleta de dados eram comparadas com uma nova imersão ao campo, processo de interpretação e de teorização desenvolvido em toda a pesquisa, que resultaram na definição das categorias da teoria substantiva.

Desse modo, constituiu-se uma teoria substantiva sobre o processo de implementação da Indústria 4.0. Ao passo que, tendo como base o processo de análise da TFD, foram constituídas quinze categorias que expressão o fenômeno analisado, a saber: tornando o tema estratégico na empresa, buscando parceiros, diagnosticando operações, desenvolvendo projetos de inovação, implementando projetos de inovação, conjuntura econômica, ecossistema de inovação era da complexidade, desenvolvimento tecnológico, cultura e pessoas, alta direção, propensão à identificação de oportunidades de inovação, tecnologias pré-existentes na empresa,

disponibilidade de recursos financeiros e resultados da implementação. Afora as categorias, o modelo conceitual é composto por quinze proposições que expressam as relações entre as categorias.

De maneira geral, as categorias e as proposições formam a teoria substantiva, a qual consiste na tese de que **a implementação da indústria 4.0 em médias e grandes empresas fabricantes de máquinas e equipamentos, e máquinas, aparelhos e materiais elétricos no Brasil é iniciada em diferentes níveis organizacionais, a depender das características da organização, e orienta-se para resultados; é permeada pelo sistema de produção e as condições e capacidades técnicas, tecnológicas e comportamentais da empresa; interrelaciona-se com condições externas ao ambiente de produção, como o ecossistema de inovação, consumidores e concorrentes; e, avança a partir de interações com o ambiente, desenvolvimento de soluções, novas tecnologias, experiências prévias, novos conhecimentos, discussão sobre o tema no ambiente de atuação, entre outros.** Cabe mencionar que a tese consiste numa teoria substantiva, e limita-se a um contexto específico em análise, mencionado anteriormente. A pesquisa de campo ocorreu entre setembro de 2019 e fevereiro de 2021.

5.1 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS

Conforme fora evidenciado na introdução desse trabalho, o campo de estudo apresenta lacunas teóricas, práticas e metodológicas. Acerca das lacunas teóricas, percebe-se aspectos como a fragmentação teórica, ausência de investigação sobre os fatores que influenciam o processo de adoção, e impactos observados, além da concentração de estudos voltados ao desenvolvimento das tecnologias propriamente ditas, modelos e ferramentas para a incorporação da indústria 4.0, oriundas de áreas da engenharia e ciência da computação. Diante disso, a presente tese apresenta contribuições ao identificar os aspectos que condicionam o fenômeno analisado, além de apresentar uma visão holística e integrativa do processo.

Ademais, a tese apresenta aspectos que condicionam o fenômeno, em destaque a interação com agentes que contribuem para a instauração e o desenvolvimento do conceito dentro da empresa. Também, aspectos internos a organização como a cultura, propensão à identificação de oportunidades, habilidades, pacote tecnológico utilizado e capacidade financeira contribuíram para o desenvolvimento e a implementação de projetos no contexto da indústria 4.0.

Uma relevante contribuição foi a compreensão do fenômeno no contexto de países emergentes, caso do Brasil. Cujas literaturas tem evidenciado o enfrentamento de diferentes desafios nesse contexto. Ficando evidente como aspectos como a conjuntura econômica, disponibilidade de capital, concorrência, constantes mudanças e o ambiente institucional afetam o processo. Também se associa as categorias emergentes com diferentes perspectivas observadas na literatura técnica, especialmente a teoria schumpeteriana e neoschumpeteriana.

5.2 CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS

As lacunas que eram observadas inicialmente centravam-se na ausência de estudos que abordassem o contexto econômico e social, complexidade, gestão do conhecimento, difusão e transferência de inovação dentro e fora das organizações, entre outros. Desse modo, a presente tese contribui no sentido de auxiliar os gestores na tomada de decisão acerca da implementação da indústria 4.0 em seus negócios, considerando os aspectos inerentes ao processo e as consequências.

Destaca-se que o processo ainda é incipiente no país, e ainda está em desenvolvimento dentro da indústria. Desse modo, o trabalho apresenta aspectos do ambiente externo e interno que condicionam a implementação, bem como as ações desenvolvidas pelas empresas para a consolidação da implementação da indústria 4.0, que resultam em melhorias em termos de competitividade, eficiência produtiva, conhecimento, retorno sobre o investimento, entre outros. Mais especificamente, as quinze proposições geradas através da pesquisa podem auxiliar os gestores na análise estratégica e na compreensão das relações complexas entre os aspectos internos e externos, ações e os resultados auferidos.

5.3 CONTRIBUIÇÕES METODOLÓGICAS

Conforme mencionado anteriormente, estudos relacionados a indústria 4.0 concentram-se em áreas da engenharia e da informática, no desenvolvimento de tecnologias ou com vieses quantitativos. Desse modo, a tese contribui para o desenvolvimento de pesquisas de abordagem qualitativa, por meio do estudo em profundidade do fenômeno. Ademais, ampliam-se a utilização da TFD na área da administração, especialmente a vertente straussiana (CORBIN; STRAUSS, 2015). Ao passo que, prezou-se para o detalhamento do processo de coleta e análise de dados, para que possa colaborar com outros pesquisadores interessados na TFD.

5.4 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES FUTURAS

Dentre os aspectos limitantes ao processo de pesquisa, destaca-se a dificuldade de acesso ao campo de estudo, distância geográfica e o acesso aos participantes através de meios formais. Diante disso, a técnica de “bola de neve” mostrou-se eficaz, bem como a disponibilidade dos participantes em realizar a maioria das entrevistas através de videoconferência. Porém, o acesso a organizações não foi possível à todas as indicadas pelos participantes, as quais poderiam contribuir para a pesquisa, fora prejudicada.

Com a terceira rodada de entrevistas a ser iniciada, em março de 2020 a Organização Mundial da Saúde decretou estado de calamidade em virtude da pandemia de Covid-19. Diante desse cenário de incerteza, alguns gestores declinaram da realização das entrevistas e decidiu-se aguardar um momento mais favorável, ao passo que, a coleta de dados através de entrevistas ficou suspenso. Nesse período empreendeu-se a busca de novos dados em outras fontes, como documentos, vídeos e workshops envolvendo as empresas em análise. Em setembro de 2020 os contatos foram reestabelecidos e ocorreram o terceiro e quarto ciclo de entrevistas.

Destaca-se também que na fase de validação do modelo, em fevereiro de 2021, etapa que coincidiu com o agravamento da pandemia no país, houve dificuldade de estabelecer contato com os participantes da pesquisa, pois, dos cinco entrevistados que haviam concordado com o novo contato para validação, apenas dois estavam disponíveis e contribuíram com a validação. Dentre o argumento acerca da indisponibilidade, estava a priorização do gestor em lidar com os problemas que estavam incorrendo no seu negócio, como a queda de faturamento, aumento de casos de Covid-19 entre os funcionários e a suspensão das atividades produtivas.

Ademais, as análises resultam da imersão da pesquisadora nos dados. E, seguindo os pressupostos da TFD, as interpretações foram validadas através de sucessivas entrevistas, estabelecendo-se a visão dos participantes acerca do fenômeno. Também se destaca que o modelo conceitual desenvolvido se aplica à área substantiva que fora delimitada, não se tratando de uma teoria formal.

Como sugestão para pesquisas futuras indica-se: a) empregar estudo semelhante com empresas de outros setores ou outros portes, visando a integração em uma teoria mais geral; b) realizar estudo aprofundando o impacto de aspectos do macroambiente, como a conjuntura econômica em processos inovativos e/ou na implementação da indústria 4.0; c) investigar o processo de aprendizagem e as rotinas em contextos de intensa adoção de tecnologias; e e)

analisar o fenômeno partindo de diferentes lentes teóricas, como clusters, redes e capacidades dinâmicas.

REFERÊNCIAS

- ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Uma contribuição ao debate sobre as políticas de desenvolvimento produtivo: inovação e manufatura avançada**. 1. ed. Brasília: ABDI, 2017.
- ABRITA, Mateus Boldrine. **Ensaio sobre inflação no Brasil : indexação e arranjo institucional, inércia comparada com outros países e relações de variáveis macroeconômicas com inovação tecnológica**. 2018. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/187613>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- ACIOLY, Luciana; LEÃO, Rodrigo. **Crise Financeira Global: mudanças estruturais e impactos sobre os emergentes e o Brasil**. Brasília: IPEA, 2011.
- AGOSTINI, Lara; FILIPPINI, Roberto. Organizational and managerial challenges in the path toward Industry 4.0. **European Journal of Innovation Management**, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 406–421, 2019. DOI: 10.1108/EJIM-02-2018-0030.
- AIRES, R. W. A.; MOREIRA, F. K.; FREIRE, P. S. INDÚSTRIA 4.0: COMPETÊNCIAS REQUERIDAS AOS PROFISSIONAIS DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL. *In*: ANAIS DO CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONHECIMENTO E INOVAÇÃO – CIKI 2017, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu Disponível em: <https://proceeding.ciki.ufsc.br/index.php/ciki/article/view/314>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- AKDIL, Kartal Yagiz; USTUNDAG, Alp; CEVIKCAN, Emre. Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy. *In*: USTUNDAG, A.; CEVIKCAN, E. (org.). **Industry 4.0: Managing The Digital Transformation**. [s.l.] : Springer, Cham, 2018. p. 61–94. DOI: 10.1007/978-3-319-57870-5_4. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-57870-5_4. Acesso em: 28 mar. 2021.
- ALAMMAR, Fahad M.; INTEZARI, Ali; CARDOW, Andrew; J. PAULEEN, David. Grounded Theory in Practice: Novice Researchers’ Choice Between Straussian and Glaserian. **Journal of Management Inquiry**, [S. l.], v. 28, n. 2, p. 228–245, 2019. DOI: 10.1177/1056492618770743. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1056492618770743>. Acesso em: 31 jul. 2020.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. Sistema nacional de inovação no Brasil : uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e a tecnologia. **Brazilian journal of political economy**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 56–72, 1996. a.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. National systems of innovation and non-OECD countries: notes about a rudimentary and tentative. **Brazilian Journal of Political Economy**, [S. l.], v. 19, n. 4, 1999.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. Celso Furtado, a polaridade modernização-marginalização e uma agenda para a construção dos sistemas de inovação e de bem-estar social. *In*: SABOIA, João (org.). **Celso Furtado e o século XXI**. Rio de Janeiro: Instituto de Economia da UFRJ, 2007. p. 18–203.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Notas sobre a contribuição de Kenneth Arrow para a

fundamentação teórica dos “sistemas nacionais de inovação”. **Revista Brasileira de Economia - RBE**, [S. l.], v. 50, n. 2, 1996. b. Disponível em: <https://econpapers.repec.org/RePEc:fgv:epgrbe:v:50:y:1996:i:2:a:670>. Acesso em: 14 mar. 2021.

ANDERL, Reiner. Industrie 4.0 - Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production. In: 19TH INTERNATIONAL SEMINAR ON HIGH TECHNOLOGY 2014, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270390939_Industrie_40_-_Advanced_Engineering_of_Smart_Products_and_Smart_Production. Acesso em: 6 ago. 2020.

ANTUNES JÚNIOR, José Antônio Valle; PELLEGRIN, Ivan De; LEIS, Rodrigo Pinto; ZIMMER, Marco; VACCARO, Guilherme Luís Roehle; LACERDA, Daniel Pacheco. Os processos de aprendizagem organizacional e a inovação: um estudo de caso longitudinal (1986-1995) em uma empresa do setor petrolífero brasileiro. **Revista Produção Online**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 526, 2011. DOI: 10.14488/1676-1901.v11i2.774. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/774/808>. Acesso em: 24 mar. 2021.

ARBIX, Glauco; DE NEGRI, João Alberto. TRANSFORMAÇÕES NA INDÚSTRIA E O NOVO EMPREENDEDORISMO NO BRASIL: HIPÓTESE ORIENTADORA DA PAEDI. In: TURCHI, Lenita Maria; DE NEGRI, João Alberto; COMIN, Alvaro (org.). **PAEDI - Pesquisa sobre Atitudes Empresariais para Desenvolvimento e Inovação**. Brasília: IPEA, 2012. p. 31–62. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=15365. Acesso em: 5 ago. 2020.

ARBIX, Glauco; MIRANDA, Zil; TOLEDO, Demétrio; ZANCUL, Eduardo. Made in China 2025 and Industrie 4.0: The difficult Chinese transition from catching up to an economy driven by innovation. **Tempo Social**, [S. l.], v. 30, n. 3, p. 143–170, 2018. DOI: 10.11606/0103-2070.ts.2018.144303. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20702018000300143. Acesso em: 31 jul. 2020.

ARBIX, Glauco; SALERNO, Mario Sergio; ZANCUL, Eduardo; AMARAL, Guilherme; LINS, Leonardo Melo. O Brasil E A nova onda de manufatura avançada. **Novos Estudos CEBRAP**, [S. l.], v. 36, n. 3, p. 29–49, 2017. DOI: 10.25091/S0101-3300201700030003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002017000300029&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 31 jul. 2020.

AREND, Marcelo; CARIO, Silvio Antonio Ferraz; ENDERLE, Rogério. INSTITUIÇÕES, INOVAÇÕES E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Pesquisa & Debate**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 110–133, 2012. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/rpe/article/view/12381>. Acesso em: 31 jul. 2020.

ASQ, AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY. **Manufacturing Growth Continues but Economy Still a Challenge, According to ASQ Outlook Survey**. 2013. Disponível em: <http://asq.org/newsroom/news-releases/2013/20131223-manufacturing-outlook.html>. Acesso em: 14 ago. 2020.

AZEVEDO, Marcelo. **Transformação Digital na Indústria: Indústria 4.0 e a Rede de**

Água Inteligente no Brasil. 2017. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-28062017-110639/publico/MarceloTeixeiradeAzevedoCorr17.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2020.

BAGGIO, Maria Aparecida; ERDMANN, Alacoque Lorenzini. Teoria fundamentada nos dados ou Grounded theory e o uso na investigação em Enfermagem no Brasil. **Revista de Enfermagem Referência**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 177–185, 2011. Disponível em: <http://www.index-f.com/referencia/2011pdf/33-177.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2020.

BALASINGHAM, Kajanth. **Industry 4.0: Securing the Future for German Manufacturing Companies.** Enschede. Disponível em: https://essay.utwente.nl/70665/1/Balasingham_BA_MA.pdf. Acesso em: 31 mar. 2021.

BALASSIANO, Moisés. Estudos confirmatórios e exploratórios em administração. In: BOTELHO, Delane; ZOUAIN, Deborah Moraes (org.). **(Orgs.). Pesquisa quantitativa em administração.** São Paulo: Atlas, 2006.

BANDEIRA-DE-MELLO, Rodrigo; CUNHA, Cristiano José Castro de Almeida. OPERACIONALIZANDO O MÉTODO DA GROUNDED THEORY NAS PESQUISAS EM ESTRATÉGIA: TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE COM APOIO DO SOFTWARE ATLAS/TI. In: ENCONTRO DE ESTUDOS EM ESTRATÉGIA 2003, Curitiba. **Anais [...].** Curitiba: ANPAD, 2003. p. 18. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/3es2003-39.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2020.

BANDEIRA-DE-MELLO, Rodrigo; CUNHA, Cristiano José Castro de Almeida. Grounded Theory. In: GODOI, Christiane Kleinubing; BANDEIRA-DE-MELLO, Rodrigo; DA SILVA, Anielson Barbosa (org.). **Pesquisa Qualitativa em Organizações: Paradigmas, Estratégias e Métodos.** 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2006. v. 1p. 241–266.

BANDEIRA-DE-MELLO, Rodrigo; CUNHA, Cristiano José Castro de Almeida. Grounded Theory. In: DA SILVA, Anielson Barbosa; GODOI, Christiane Kleinubing; BANDEIRA-DE-MELLO, Rodrigo (org.). **Pesquisa Qualitativa em Estudos Organizacionais: Paradigmas, Estratégias e Métodos.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

BASÁÑEZ, Elena Berges. **Implementación y mejora de la digitalización del sistema de seguimiento del avance de la producción en el marco de la industria 4.0 dentro del sector aeroespacial.** 2020. Universidad de Sevilla, Sevilla, 2020. Disponível em: https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/105167/TFG-3165-BERGES_BASÁÑEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 30 mar. 2021.

BASL, Josef. Pilot Study of Readiness of Czech Companies to Implement the Principles of Industry 4.0. **Management and Production Engineering Review**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 3–8, 2017. DOI: 10.1515/mper-2017-0012.

BAUER, Wilhelm; HÄMMERLE, Moritz; SCHLUND, Sebastian; VOCKE, Christian. Transforming to a Hyper-connected Society and Economy – Towards an “Industry 4.0”. **Procedia Manufacturing**, [S. l.], v. 3, p. 417–424, 2015. DOI: 10.1016/j.promfg.2015.07.200.

BELINSKI, Ricardo; PEIXE, Adriana M. M.; FREDERICO, Guilherme F.; GARZA-REYES, Jose Arturo. Organizational learning and Industry 4.0: findings from a systematic literature review and research agenda. **Benchmarking**, [S. l.], v. 27, n. 8, p. 2435–2457, 2020. DOI:

10.1108/BIJ-04-2020-0158.

BELL, M.; PAVITT, K. The development of technological capabilities. *In*: UL HAQUE, I.; BELL, M.; DAHLMAN, C.; LALL, S.; PAVITT, K. (org.). **Trade, technology and international competitiveness**. Washington: The World Bank, 1995. p. 69–101.

BELL, MARTIN; PAVITT, KEITH. Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrasts Between Developed and Developing Countries. **Industrial and Corporate Change**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 157–210, 1993. DOI: 10.1093/ICC/2.2.157. Disponível em: <https://academic.oup.com/icc/article/2/2/157/888431>. Acesso em: 31 jul. 2020.

BENITEZ, Guilherme Brittes; AYALA, Néstor Fabián; FRANK, Alejandro G. Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation. **International Journal of Production Economics**, [S. l.], v. 228, p. 107735, 2020. DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107735.

BENITEZ, Guilherme Brittes; FERREIRA-LIMA, Mateus; AYALA, Néstor F.; FRANK, Alejandro G. Industry 4.0 technology provision: the moderating role of supply chain partners to support technology providers. **Supply Chain Management: An International Journal**, [S. l.], v. ahead-of-print, n. ahead-of-print, 2021. DOI: 10.1108/SCM-07-2020-0304. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SCM-07-2020-0304/full/html>. Acesso em: 24 fev. 2021.

BERTERO, Carlos Osmar; CALDAS, Miguel P.; WOOD JR., Thomaz. **Produção Científica em Administração no Brasil: O Estado-da-Arte**. São Paulo: Atlas, 2005.

BERTO, Andreia Maria. **UMA TEORIA SUBSTANTIVA ACERCA DA ACREDITAÇÃO HOSPITALAR EM UM HOSPITAL PÚBLICO**. 2018. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Centro Sócioeconômico. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/192803/PCAD1061-T.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Acesso em: 7 ago. 2020.

BERTO, Andreia Maria; ERDMANN, Rolf Hermann. Grounded Theory gerando teorias na Administração. *In*: SIMPOI - SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES 2017, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: FGV, 2017.

BIANCHI, Eliane Maria Pires Giavina; IKEDA, Ana Akemi. Usos e Aplicações da Grounded Theory em Administração. **Gestão.Org - Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 231–248, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/gestaoorg/article/view/21521>. Acesso em: 31 jul. 2020.

BIANCO, Débora. **Competências da liderança no lean manufacturing e na indústria 4.0: identificação e relacionamentos**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13240>. Acesso em: 31 mar. 2021.

BIERNACKI, Patrick; WALDORF, Dan. Snowball Sampling: Problems and Techniques of Chain Referral Sampling. **Sociological Methods & Research**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 141–163, 1981. DOI: 10.1177/004912418101000205. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/004912418101000205>. Acesso em: 31 jul. 2020.

BLIZNETS, Ivan Anatol'yevich; KARTSKHIYA, Aleksandr Amiranovich; SMIRNOV, Mikhail Guramovich. Technology Transfer in Digital Era: Legal Environment. **Journal of History Culture and Art Research**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 354, 2018. DOI: 10.7596/taksad.v7i1.1466. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7596/taksad.v7i1.1466>. Acesso em: 31 jul. 2020.

BOGLE, Ian David Lockhart. A Perspective on Smart Process Manufacturing Research Challenges for Process Systems Engineers. **Engineering**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 161–165, 2017. DOI: 10.1016/J.ENG.2017.02.003.

BRASIL, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, Inovações e Comunicações (MCTIC). Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil Brasília, 2017. p. 1–68. Disponível em:

http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/Cartilha-Plano-de-CTI_WEB.pdf. Acesso em: 13 ago. 2020.

BRASIL. LEI Nº 10.973, DE 2 DE DEZEMBRO DE 2004/2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm. Acesso em: 24 fev. 2021.

BRASIL. SELEÇÃO PÚBLICA MCTI/FINEP/FNDCT Subvenção Econômica à Inovação – 04/2020 Tecnologias 4.0. . 2020 a, p. 22.

BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **ESTRATÉGIA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO 2016-2022**. Brasília.

Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/a-finep/Politica/16_03_2018_Estrategia_Nacional_de_Ciencia_Tecnologia_e_Inovacao_2016_2022.pdf. Acesso em: 13 ago. 2020.

BRASIL, Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação. MCTI participa de lançamento do BNDES Crédito e Serviços 4.0. **MCTIC**, Brasília, 2020. b. Disponível em:

<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/09/mcti-participa-de-lancamento-do-bndes-credito-e-servicos-4.0>. Acesso em: 18 fev. 2021.

BRESCHI, Stefano; MALERBA, Franco; ORSENIGO, Luigi. Technological regimes and schumpeterian patterns of innovation. **Economic Journal**, [S. l.], v. 110, n. 463, p. 388–410, 2000. DOI: 10.1111/1468-0297.00530. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1468-0297.00530>. Acesso em: 31 jul. 2020.

BRYANT, Antony. Re-grounding Grounded Theory. **The Journal of Information Technology Theory and Application**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 25–42, 2002.

BÜCKER, Isabel; HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Towards a methodology for Industrie 4.0 transformation. In: LECTURE NOTES IN BUSINESS INFORMATION PROCESSING 2016, **Anais [...]**. : Springer Verlag, 2016. p. 209–221. DOI: 10.1007/978-3-319-39426-8_17. Disponível em:

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-39426-8_17. Acesso em: 28 mar. 2021.

BUER, Sven Vegard; STRANDHAGEN, Jan Ola; CHAN, Felix T. S. The link between industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research and establishing a research agenda. **International Journal of Production Research**, [S. l.], v. 56, n. 8, p. 2924–2940, 2018. DOI: 10.1080/00207543.2018.1442945. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2018.1442945>. Acesso em: 31 mar. 2021.

BURREL, Gibson; MORGAN, Gareth. **Sociological paradigms and organizational analysis**. London: Heinemann, 1979.

BYRNE, G.; AHEARNE, E.; COTTERELL, M.; MULLANY, B.; O'DONNELL, G. E.; SAMMLER, F. High Performance Cutting (HPC) in the New Era of Digital Manufacturing - A Roadmap. **Procedia CIRP**, [S. l.], v. 46, p. 1–6, 2016. DOI: 10.1016/j.procir.2016.05.038.

CAGLIANO, Raffaella; CANTERINO, Filomena; LONGONI, Annachiara; BARTEZZAGHI, Emilio. The interplay between smart manufacturing technologies and work organization: The role of technological complexity. **International Journal of Operations and Production Management**, [S. l.], v. 39, p. 913–934, 2019. DOI: 10.1108/IJOPM-01-2019-0093.

CALAZANS, Roberto Balau. A LÓGICA DE UM DISCURSO: O EMPRESÁRIO SCHUMPETERIANO. **Ensaio FEE**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 640–667, 1992. Disponível em: <http://financasrs.com.br/wp-content/uploads/2020/08/1992-A-logica-de-um-discurso-o-empresario-schumpeteriano-FEE.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

CALDWELL, Eldon. Re-formulating the theoretical principles of lean manufacturing in the Fourth Industrial Revolution: A Grounded Theory Approach. *In*: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT 2018, Bandung. **Anais [...]**. Bandung: IEOM Society Internacional, 2018. Disponível em: <http://ieomsociety.org/ieom2018/papers/79.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2020.

CARIO, Silvio Antonio Ferraz; LEMOS, Daniela C.; BITTENCOURT, Pablo F. SISTEMA REGIONAL DE INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO 2016, Araraquara. **Anais [...]**. Araraquara: Editora Blucher, 2016. p. 1352–1369. DOI: 10.5151/engpro-1enei-075. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/25348>. Acesso em: 5 ago. 2020.

CARIO, Silvio Antonio Ferraz; PEREIRA, F. F. C. Inovação e desenvolvimento capitalista: contribuições de Schumpeter e dos neo-schumpeterianos para uma teoria econômica dinâmica. **Revista de Ciências Humanas Universidade do Extremo Sul Catarinense**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 81–102, 2002.

CASSIANI, Silvia Helena de Bortoli; CALIRI, Maria Helena Larcher; PELÁ, Nilza Teresa Rotter. A teoria fundamentada nos dados como abordagem da pesquisa interpretativa. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 75–88, 1996. DOI: 10.1590/s0104-11691996000300007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-11691996000300007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 31 jul. 2020.

CASSIOLATO, José E.; LASTRES, Helena M. M. Celso Furtado e os dilemas da indústria e inovação no Brasil. **Cadernos do Desenvolvimento**, [S. l.], v. 10, n. 17, p. 188–213, 2015.

CASTELLACCI, Fulvio. Technological paradigms, regimes and trajectories: Manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation. **Research Policy**, [S. l.], v. 37, n. 6–7, p. 978–994, 2008. Disponível em:

<https://econpapers.repec.org/RePEc:eee:respol:v:37:y:2008:i:6-7:p:978-994>. Acesso em: 31 jul. 2020.

CAVALCANTE, Caroline Gobbo Sá; DE ALMEIDA, Tatiana Domingues. The benefits of Industry 4.0 for companies' management | Sá Cavalcante | Journal of Lean Systems. **Journal of Lean Systems**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 125–152, 2018. Disponível em: <http://www.nexos.ufsc.br/index.php/lean/article/view/2064>. Acesso em: 31 jul. 2020.

CAVALCANTE, Luiz Ricardo; JACINTO, Paulo de Andrade; DE NEGRI, Fernanda. P&D, INOVAÇÃO E PRODUTIVIDADE NA INDÚSTRIA BRASILEIRA. In: DE NEGRI, Fernanda; CAVALCANTE, Luiz Ricardo (org.). **Produtividade no Brasil : desempenho e determinantes**. 2. ed. Brasília: ABDI, 2015. p. 43–68. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luis_Kubota/publication/282324846_O_impacto_da_adocao_de_ERP_na_produtividade_das_firmas_industriais_no_Brasil/links/561f80c008aea35f267de306/O-impacto-da-adocao-de-ERP-na-produtividade-das-firmas-industriais-no-Brasil.pdf. Acesso em: 7 ago. 2020.

CEZARINO, Luciana Oranges; LIBONI, Lara Bartocci; OLIVEIRA STEFANELLI, Nelson; OLIVEIRA, Bruno Garcia; STOCCO, Lucas Conde. Diving into emerging economies bottleneck: Industry 4.0 and implications for circular economy. **Management Decision**, [S. l.], 2019. DOI: 10.1108/MD-10-2018-1084.

CHARMAZ, Kathy. Grounded theory: objectivist and constructivist methods. In: DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yonna (org.). **Handbook of qualitative research**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage, 2000.

CHARMAZ, Kathy. **A construção da teoria fundamentada: guia prático para análise qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

CHARMAZ, Kathy. **A construção da teoria fundamentada: guia prático para análise qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

CIMINI, Chiara; BOFFELLI, Albachiara; LAGORIO, Alexandra; KALCHSCHMIDT, Matteo; PINTO, Roberto. How do industry 4.0 technologies influence organisational change? An empirical analysis of Italian SMEs. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [S. l.], 2020. DOI: 10.1108/JMTM-04-2019-0135.

CIMOLI, Mario; DOSI, G. Tecnologia y desarrollo: algunas consideraciones sobre los recientes avances en la economía de la innovación. In: GOMEZ; SANCHEZ; DE LA PUERTA (org.). **El cambio tecnológico hacia el nuevo milenio: debates e nuevas teorías**. Barcelona: Icaria, 1992. p. 21–64.

CINTRA, Marcos Antonio Macedo; PRATES, Daniela Magalhães. Os países em desenvolvimento diante da crise financeira global. In: ACIOLY, Luciana; LEÃO, Rodrigo Pimentel Ferreira (org.). **Crise Financeira Global: mudanças estruturais e impactos sobre os emergentes e o Brasil**. Brasília: IPEA, 2011. p. 127. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=8476. Acesso em: 5 ago. 2020.

CLARKE, Adele E. **Situational Analysis: Grounded Theory After the Postmodern Turn**. 1. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2005.

CNI, Confederação Nacional da Indústria. DESAFIOS PARA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL Brasília, 2016a. p. 34. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/d6/cb/d6cbfbba-4d7e-43a0-9784-86365061a366/desafios_para_industria_40_no_brasil.pdf. Acesso em: 6 ago. 2020.

CNI, Confederação Nacional da Indústria. Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira. Brasília, 2016b.

CNI, Confederação Nacional da Indústria. INVESTIMENTOS EM INDÚSTRIA 4.0 Brasília, 2018. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/8b/0f/8b0f5599-9794-4b66-ac83-e84a4d118af9/investimentos_em_industria_40_junho2018.pdf. Acesso em: 18 fev. 2021.

CNI, Confederação Nacional da Indústria. CRITÉRIOS PARA UMA NOVA AGENDA DE POLÍTICA INDUSTRIAL Brasília, 2019. p. 1–70. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/c9/1a/c91a8c34-27cc-4a3d-9abe-5165211a8261/criterios_para_uma_nova_agenda_de_politica_industrial.pdf. Acesso em: 28 ago. 2020.

COHEN, Wesley M.; LEVINTHAL, Daniel A. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. **Administrative Science Quarterly**, Technology, organizations, and innovation. [S. l.], v. 35, n. 1, Technology, organizations, and innovation, p. 128–152, 1990. Disponível em: <http://www.questia.com/PM.qst?a=o&se=gglsc&d=5000112879>.

COLLIS, Jill; HUSSEY, Roger. **Pesquisa em administração : um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

CONCEIÇÃO, Cesar S. **Padrões históricos da mudança tecnológica e a propagação tardia das revoluções tecnológicas para a periferia**. Porto Alegre. Disponível em: <https://arquivofee.rs.gov.br/wp-content/uploads/2014/07/20140730padroes-historicos-da-mudanca-tecnologica-e-a-propagacao-tardia-das-revolucoes-tecnologicas-para-a-periferia.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2020.

CONCEIÇÃO, Octávio Augusto Camargo. A centralidade do conceito de inovação tecnológica no processo de mudança estrutural | Conceição | Ensaio FEE. **Ensaio FEE**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 58–76, 2000. Disponível em: <https://revistas.fee.tc.br/index.php/ensaios/article/view/1973>. Acesso em: 31 jul. 2020.

CORBIN, Juliet; STRAUSS, Anselm Leonard. **Basics of qualitative research: techniques and procedures for developing Grounded Theory**. 4th. ed. Los Angeles: Sage Publications, 2015.

CORIAT, B.; DOSI, G. The nature and accumulation of organizational competences/capabilities. **Revista Brasileira de Inovação**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 275–326, 2002. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/23743/the-nature-and-accumulation-of-organizational-competences-capabilities>. Acesso em: 27 abr. 2021.

CRESWELL, John W. **Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa**. 3. ed. Porto Alegre: Penso Editora, 2014.

DA COSTA, Alessandra de Sá Mello; BARROS, Denise Franca; MARTINS, Paulo Emílio

Matos. Historical perspective in management: New objects, new problems, new approaches. **RAE Revista de Administracao de Empresas**, [S. l.], v. 50, n. 3, p. 288–299, 2010. DOI: 10.1590/S0034-75902010000300005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75902010000300005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 31 jul. 2020.

DA SILVA, Vander Luiz; KOVALESKI, João Luiz; PAGANI, Regina Negri. Technology transfer in the supply chain oriented to industry 4.0: a literature review. **Technology Analysis and Strategic Management**, [S. l.], v. 31, n. 5, p. 546–562, 2019. DOI: 10.1080/09537325.2018.1524135. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537325.2018.1524135>. Acesso em: 3 ago. 2020.

DALENOGARE, Lucas Santos; BENITEZ, Guilherme Brittes; AYALA, Néstor Fabián; FRANK, Alejandro Germán. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics**, [S. l.], v. 204, p. 383–394, 2018. DOI: 10.1016/j.ijpe.2018.08.019.

DANTAS, Claudia de Carvalho; LEITE, Joséte Luzia; DE LIMA, Suzinara Beatriz Soares; STIPP, Marlucci Andrade Conceição. Teoria fundamentada nos dados - aspectos conceituais e operacionais: metodologia possível de ser aplicada na pesquisa em enfermagem. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 573–579, 2009. DOI: 10.1590/S0104-11692009000400021. Disponível em: www.eerp.usp.br/rlae. Acesso em: 31 jul. 2020.

DATHEIN, Ricardo. Teoria neoschumpeteriana e desenvolvimento econômico. *In*: DATHEIN, R. (org.). **Desenvolvimentismo: o conceito, as bases teóricas e as políticas**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

DAVIS, Jim; EDGAR, Thomas; PORTER, James; BERNADEN, John; SARLI, Michael. Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance. **Computers and Chemical Engineering**, [S. l.], v. 47, p. 145–156, 2012. DOI: 10.1016/j.compchemeng.2012.06.037.

DE ALVARENGA, Linda Omar Bernardes. **A FORMAÇÃO DE PÓS-GRADUANDOS PARA O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E PARA A INOVAÇÃO EM SAÚDE NO BRASIL. UM ESTUDO A PARTIR DA GRANDE ÁREA CIÊNCIAS DA SAÚDE-MEDICINA III**. 2017. Tese (Doutorado) - Escola Paulista de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Medicina Translacional. Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <http://cirurgiaonline.med.br/arquivos/13.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2020.

DE CARVALHO, Marly Monteiro. **Inovação: estratégias e comunidades de conhecimento**. São Paulo: Atlas, 2009.

DE LIMA, Franciose Iatski. **A RELAÇÃO UNIVERSIDADE-EMPRESA E A REDE DE EQUIVALÊNCIA E BIOEQUIVALÊNCIA NO PARANÁ: O CASO DO CENTRO DE ESTUDOS EM BIOFARMÁCIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**. 2009. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: [https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/20945/R - D - FRANCIOSE IATSKI DE LIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/20945/R-D-FRANCIOSE_IATSKI_DE_LIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 7 ago. 2020.

DE NEGRI, Fernanda; CAVALCANTE, Luiz Ricardo. **Análise dos dados da PINTEC 2011** <http://www.ipea.gov.br>. [s.l.] : Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2013. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/5978>. Acesso em: 7 ago. 2020.

DE NEGRI, Fernanda; CAVALCANTE, Luiz Ricardo. (Orgs.). **Produtividade no Brasil : desempenho e determinantes**. Brasília: ABDI, 2014.

DE NEGRI, João Alberto; SALERNO, Mario Sergio. (Orgs.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.

Disponível em:

https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/Inovacao_Padrees_tecnologicos_e_desempenho.pdf. Acesso em: 7 ago. 2020.

DE NEGRI, João Alberto; SALERNO, Mario Sergio; DE CASTRO, Antonio Barros. Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras . *In*: DE NEGRI, João Alberto; SALERNO, Mario Sergio (org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005. p. 5–46. Disponível em:

https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/Inovacao_Padrees_tecnologicos_e_desempenho.pdf. Acesso em: 7 ago. 2020.

DE OLIVEIRA, Marta Olivia Rovedder; BORDEAUX-REGO, Bruno; ALVES, Denise Avancini; NEDWED, Fernanda; SLONGO, Luiz Antonio. UMA COMPARAÇÃO ENTRE ENTREVISTAS FACE TO FACE E ENTREVISTAS ON-LINE VIA CHAT, APLICANDO-SE A TÉCNICA LADDERING A COMPARISON BETWEEN FACE-TO-FACE AND WEB-BASED CHAT INTERVIEWS APPLYING THE LADDERING TECHNIQUE RESUMO. *Gestão & Regionalidade*, [S. l.], v. 25, n. 75, p. 57–72, 2009. DOI:

10.13037/GR.VOL25N75.195. Disponível em:

https://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_gestao/article/view/195. Acesso em: 4 set. 2020.

DE PAULA, Ana Paula Paes. Para além dos paradigmas nos Estudos Organizacionais: o Círculo das Matrizes Epistêmicas. *Cadernos EBAPE.BR*, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 24–46, 2016. DOI: 10.1590/1679-395131419. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1679-395131419>. Acesso em: 31 jul. 2020.

DEMIRCAN KESKIN, Fatma. A two-stage fuzzy approach for Industry 4.0 project portfolio selection within criteria and project interdependencies context. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, [S. l.], v. 27, n. 1–2, p. 65–83, 2020. DOI: 10.1002/mcda.1691.

Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mcda.1691>. Acesso em: 28 mar. 2021.

DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yonna. A disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. *In*: DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yonna (org.). **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yonna. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. *In*: DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yonna (org.). (Orgs.). **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 2. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2010.

DEZA, Xavier Vence. **Economía de la innovación y del cambio tecnológico: una revisión crítica**. [s.l.] : Siglo Veintiuno Editores, 1995. Disponível em:

https://books.google.com.br/books/about/Economía_de_la_innovación_y_del_cambio.html?id=5ATdVSUKOAOc&redir_esc=y. Acesso em: 7 ago. 2020.

DHANPAT, Nelesh; BUTHELEZI, Zanele P.; JOE, Marilyn R.; MAPHELA, Tshepo V.; SHONGWE, Nonduduzo. Industry 4.0: The role of human resource professionals. **SA Journal of Human Resource Management**, [S. l.], v. 18, n. 0, p. 10, 2020. DOI: 10.4102/sajhrm.v18i0.1302. Disponível em: <https://doi>. Acesso em: 28 mar. 2021.

DOSI, G.; ORSENIGO, L. Coordination and transformation : an overview of structures, behaviours and change in evolutionary environments. *In*: DOSI, Giovanni; FREEMAN, Christopher; NELSON, Nelson; SILVERBERG, Gerald; SOETE, Luc (org.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988. p. 13–37. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000093&pid=S1415-6555199800020000800005&lng=en. Acesso em: 24 mar. 2021.

DOSI, Giovanni. Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 147–162, 1982. DOI: 10.1016/0048-7333(82)90016-6.

DOSI, Giovanni. **Technical Change and Industrial Transformation: The Patterns of Industrial Dynamics**. London: Palgrave Macmillan UK, 1984. DOI: 10.1007/978-1-349-17521-5_3.

DOSI, Giovanni. The nature of the innovative process. *In*: DOSI, Giovanni; FREEMAN, Christopher; NELSON, Richard; SILVERBERG, Gerald; SOETE, Luc (org.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter Pub Ltd, 1988. p. 221–238.

DOSI, Giovanni; MALERBA, Franco. Organizational Learning and Institutional Embeddedness. *In*: DOSI, Giovanni; MALERBA, Franco (org.). **Organization and Strategy in the Evolution of the Enterprise**. 1. ed. London: Palgrave Macmillan, 1996. p. 1–24. DOI: 10.1007/978-1-349-13389-5_1.

DRATH, Rainer. Industrie 4.0 – eine Einführung. **Open Automation**, [S. l.], 2014. Disponível em: <https://www.smart-production.de/open-automation/news-detailansicht/nsctrl/detail/News/industrie-40-eine-einfuehrung-2014999/np/5/>. Acesso em: 6 ago. 2020.

DRATH, Rainer; HORCH, Alexander. Industrie 4.0: Hit or hype? . **IEEE Industrial Electronics Magazine**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 56–58, 2014. DOI: 10.1109/MIE.2014.2312079.

EDQUIST, Charles. Systems of innovation: perspectives and challenges. *In*: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; NELSON, Richard R. (org.). **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2005.

ENKE, E. J. F. L.; MARTENS, M. L.; MARTENS, C. D. P.; PEDRON, C. D.; BACHIM, T. A COLABORAÇÃO UNIVERSIDADE-EMPRESA NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0. *In*: CONGRESSO TRANSFORMAÇÃO DIGITAL 2020 2020, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo

EROL, Selim; SCHUMACHER, Andreas; SIHN, Wilfried. Strategic guidance towards Industry 4.0 – a three-stage process model. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPETITIVE MANUFACTURING 2016 (COMA '16) 2016, Stellenbosch. **Anais [...]**.

Stellenbosch p. 495–501. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/286937652_Strategic_guidance_towards_Industry_40_-_a_three-stage_process_model. Acesso em: 11 ago. 2020.

ERRO-GARCÉS, Amaya; ARANAZ-NÚÑEZ, Irene. Catching the wave: Industry 4.0 in BRICS. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [S. l.], v. 31, n. 6, p. 1169–1184, 2020. DOI: 10.1108/JMTM-09-2019-0344.

FEITOSA, Cid Olival. A importância da inovação para o desenvolvimento econômico local. | FEITOSA | REVISTA ECONOMIA POLÍTICA DO DESENVOLVIMENTO. **Economia Política do Desenvolvimento**, [S. l.], v. 4, n. 12, p. 29–50, 2011. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/repd/article/view/786/502>. Acesso em: 31 jul. 2020.

FENG, Lei; ZHANG, Xuehui; ZHOU, Kaige. Current problems in China's manufacturing and countermeasures for industry 4.0. **Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking**, [S. l.], n. 1, p. 90, 2018. DOI: 10.1186/s13638-018-1113-6. Disponível em: <https://jwcn-urasipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/s13638-018-1113-6>. Acesso em: 29 mar. 2021.

FENG, Shaw C.; BERNSTEIN, William Z.; HEDBERG, Thomas; BARNARD FEENEY, Allison. Towards Knowledge Management for Smart Manufacturing. **Journal of Computing and Information Science in Engineering**, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 031016, 2017. DOI: 10.1115/1.4037178. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28966561/>. Acesso em: 31 jul. 2020.

FEOP, Fundação Educativa de Ouro Preto. **Agenda Brasileira para Indústria 4.0, Programa Nacional Startup Indústria e HUBS de Inovação**. Ouro Preto. DOI: 10.13140/RG.2.2.10862.51526. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325428596_CANDEA_2018_-_Agenda_Brasileira_para_Industria_40_Programa_Nacional_Startup_Industria_e_HUBS_de_Inovacao?channel=doi&linkId=5b0d9ceb4585157f8722249a&showFulltext=true. Acesso em: 15 ago. 2020.

FERREIRA, Fábio Vizeu. Potentials of historical analysis in Brazilian organization studies. **RAE Revista de Administração de Empresas**, [S. l.], v. 50, n. 1, p. 37–47, 2010. DOI: 10.1590/S0034-75902010000100004.

FIGUEIREDO JUNIOR, João Carlos Frota; DA COSTA, Ricardo André. A eficiência do financiamento à inovação no Brasil: uma análise dos dados da Pintec de 2000 a 2014. **Revista Nexos Econômicos**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 46–74, 2019. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/revnexeco/article/view/37026/21184>. Acesso em: 11 ago. 2020.

FIGUEIREDO, Paulo N. Learning, capability accumulation and firms differences: evidence from latecomer steel. **Industrial and Corporate Change**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 607–643, 2003. DOI: 10.1093/ICC/12.3.607. Disponível em: <https://academic.oup.com/icc/article/12/3/607/868736>. Acesso em: 31 jul. 2020.

FIGUEIREDO, Paulo N. Acumulação tecnológica e inovação industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil. **São Paulo em Perspectiva**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 54–69, 2005. DOI: 10.1590/s0102-88392005000100005. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392005000100005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 31 jul. 2020.

FIGUEIREDO, PAULO N. Aprendizagem tecnológica e inovação industrial em economia emergentes: uma breve contribuição para o desenho e implementação de estudos empíricos e estratégias no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 323–361, 2004. Disponível em: [http://www.carlosrighi.com.br/177/Textos Inovacao/Aprendizagem tecnologica e inovação industrial.pdf](http://www.carlosrighi.com.br/177/Textos%20Inovacao/Aprendizagem%20tecnologica%20e%20inovacao%20industrial.pdf). Acesso em: 7 ago. 2020.

FRANK, Alejandro G.; MENDES, Glauco H. S.; AYALA, Néstor Fabián; GHEZZI, Antonio. Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, [S. l.], v. 141, p. 341–351, 2019. DOI: 10.1016/j.techfore.2019.01.014.

FRANK, Alejandro Germán; CORTIMIGLIA, Marcelo Nogueira; RIBEIRO, José Luis Duarte; OLIVEIRA, Lindomar Subtil De. The effect of innovation activities on innovation outputs in the Brazilian industry: Market-orientation vs. technology-acquisition strategies. **Research Policy**, [S. l.], v. 45, n. 3, p. 577–592, 2016. DOI: 10.1016/j.respol.2015.11.011.

FRANK, Alejandro Germán; DALENOGARE, Lucas Santos; AYALA, Néstor Fabián. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, [S. l.], v. 210, p. 15–26, 2019. DOI: 10.1016/j.ijpe.2019.01.004.

FREEMAN, Chris. The economics of technical change. **Cambridge Journal of Economics**, [S. l.], v. 18, n. 5, p. 463–514, 1994. DOI: 10.1093/oxfordjournals.cje.a035286. Disponível em: <https://academic.oup.com/cje/article/1671013/The>. Acesso em: 25 mar. 2021.

FREEMAN, Chris. The ‘National System of Innovation’ in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 5–24, 1995. DOI: 10.1093/oxfordjournals.cje.a035309. Disponível em: <https://academic.oup.com/cje/article/19/1/5/1708372/The-National-System-of-Innovation-in-historical>. Acesso em: 25 mar. 2021.

FREEMAN, Christopher. INNOVATION AND LONG CYCLES OF ECONOMIC DEVELOPMENT. *In: INTERNACIONAL SEMINAR ON INNOVATION AND DEVELOPMENT AT THE INDUSTRIAL SECTOR 1982a*, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: UNICAMP, 1982. p. 13. Disponível em: http://www.globelicsacademy.org/pdf/JoseCassiolato_2.pdf. Acesso em: 7 ago. 2020.

FREEMAN, Christopher. **TECHNOLOGICAL INFRASTRUCTURE AND INTERNATIONAL COMPETITIVENESS**. Paris. Disponível em: http://www.redesist.ie.ufrj.br/globelics/pdfs/GLOBELICS_0079_Freeman.pdf. Acesso em: 7 ago. 2020b.

FREEMAN, Christopher. **The economics of industrial innovation**. 2. ed. London: Pinter, 1982. c.

FREEMAN, Christopher. **Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan**. Londres: Pinter Pub Ltd, 1987. Disponível em: <https://www.amazon.com/Technology-Policy-Economic-Performance-Lessons/dp/0861879287>. Acesso em: 5 ago. 2020.

FREEMAN, Christopher. Japan: a new National System of Innovation? *In*: DOSI, Giovanni; FREEMAN, Christopher; NELSON, Richard R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (org.). **Technical Change and Economic Theory**. London: Printer, 1988.

FREEMAN, Christopher. The “National System of Innovation” in historical perspective. *In*: ARCHIBUGI, D.; MICHIE, J. (org.). **Technology, Globalisation and Economic Performance**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. p. 24–49.

FREEMAN, Christopher; SOETE, Luc. **The Economics of Industrial Innovation**. 3. ed. Cambridge: MIT Press, 1997.

GASQUE, Kelley Cristine Gonçalves Dias. Teoria fundamentada: nova perspectiva à pesquisa exploratória. *In*: MACHADO, Suzana Pinheiro (org.). **(Org.). Métodos para a pesquisa em Ciência da Informação**. Brasília: Thesaurus, 2007. p. 83–118. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/9610>. Acesso em: 15 ago. 2020.

GHADGE, A.; ER KARA, M.; MORADLOU, H.; GOSWAMI, M. The Impact of Industry 4.0 Implementation on Supply Chain . **Journal of Manufacturing Technology Management**, [S. l.], 2020. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3517821. Acesso em: 27 mar. 2021.

GIDLUND, Mikael; LENNVALL, Tomas; AKERBERG, Johan. Will 5G become yet another wireless technology for industrial automation? *In*: PROCEEDINGS OF THE IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL TECHNOLOGY 2017, **Anais [...]**. : Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2017. p. 1319–1324. DOI: 10.1109/ICIT.2017.7915554. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7915554/>. Acesso em: 30 mar. 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GLASER, Barney. **Theoretical sensitivity: Advances in the methodology of grounded theory**. Mill Valley: Sociology Press, 1978.

GLASER, Barney G. Constructivist grounded theory? **Forum Qualitative Sozialforschung**, [S. l.], v. 3, n. 3, 2002. DOI: 10.17169/fqs-3.3.825. Disponível em: <https://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/viewArticle/825/1792>. Acesso em: 17 ago. 2020.

GLASER, Barney G.; HOLTON, Judith. Remodeling grounded theory. **Forum Qualitative Sozialforschung**, [S. l.], v. 5, n. 2, 2004. DOI: 10.17169/fqs-5.2.607. Disponível em: <https://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/607>. Acesso em: 17 ago. 2020.

GLASER, Barney; STRAUSS, Anselm Leonard. **The discovery of grounded theory**. New York: Aldene de Gruyter, 1967.

GLIGOR, David M.; HOLCOMB, Mary C. Understanding the role of logistics capabilities in achieving supply chain agility: A systematic literature review. **Supply Chain Management**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 438–453, 2012. DOI: 10.1108/13598541211246594.

GOBO JÚNIOR, Paulo. **UM MODELO DE MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0**

APLICADO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS. 2020. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2020. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/29484/TA_Paulo_Gobo_Versão_Final_Definitiva_PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 1 jun. 2021.

GOMES, Ingrid Meireles; HERMANN, Ana Paula; WOLFF, Lillian Daisy Gonçalves; PERES, Aida Maris; RIBEIRO, Maria Lacerda. TEORIA FUNDAMENTADA NOS DADOS NA ENFERMAGEM: REVISÃO INTEGRATIVA. **Rev enferm UFPE on line**, [S. l.], v. 9, n. supl. 1, p. 466–474, 2015. DOI: 10.5205/reuol.5221-43270-1-RV.0901supl201527.

GOMES, Pedro F. O.; BORDINI, Giovani A.; LOURES, Eduardo F. R.; SANTOS, Eduardo A. P. Industry 4.0 through organizational interoperability perspective: A multicriteria decision analysis. *In*: PERUZZINI, Margherita; PELLICCIARI, Marcello; BIL, Cees; STJEPANDIĆ, Josip; WOGNUM, Nel (org.). **Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0**. Amsterdam: IOS Press, 2018. v. 7p. 72–81. DOI: 10.3233/978-1-61499-898-3-72. Disponível em: <http://ebooks.iospress.nl/publication/49787>. Acesso em: 6 ago. 2020.

GONÇALVES, Ramiro; BARROSO, João; VARAJÃO, João; BULAS-CRUZ, José. Modelo de las iniciativas del comercio electrónico en organizaciones portuguesas. **Interciencia**, [S. l.], v. 33, n. 2, 2008. Disponível em: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008000200008. Acesso em: 2 out. 2020.

GORECKY, Dominic; KHAMIS, Mohamed; MURA, Katharina. Introduction and establishment of virtual training in the factory of the future. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 182–190, 2017. DOI: 10.1080/0951192X.2015.1067918. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0951192X.2015.1067918>. Acesso em: 31 jul. 2020.

GÖTZ, Marta. Unpacking the provision of the industrial commons in Industry 4.0 cluster. **Economics and Business Review**, [S. l.], v. 5, n. 4, p. 23–48, 2019. DOI: 10.18559/ebr.2019.4.2.

GÖTZ, Marta. Cluster role in industry 4.0 – a pilot study from Germany. **Competitiveness Review**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 54–82, 2020. DOI: 10.1108/CR-10-2019-0091.

GOULDING, Christina. Grounded Theory: A Magical Formula or a Potential Nightmare. **The Marketing Review**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 21–33, 2001. DOI: 10.1362/1469347012569409.

GOULDING, Christina. **Grounded theory, a practical guide for management, business and market researchers**. Berlin: Sage Publications Ltd., 2002.

GRAGLIA, Marcelo Augusto Vieira; LAZZARESCHI, Noêmia. A Indústria 4.0 e o Futuro do Trabalho: Tensões e Perspectivas. **Revista Brasileira de Sociologia - RBS**, [S. l.], v. 6, n. 14, 2018. DOI: 10.20336/rbs.424.

GUBERT, Xavier Ayneto. La industria 4.0, el nuevo motor de la innovación industrial. **Dirección y Organización**, [S. l.], v. 69, n. 69, p. 99–110, 2019. DOI: 10.37610/dyo.v0i69.563. Disponível em: <https://www.revistadyo.es/DyO/index.php/dyo/article/view/563>. Acesso em: 28 mar. 2021.

HAIR JR., Joseph F.; BABIN, Barry; MONEY, Arthur H.; SAMOUEL, Phillip. **Fundamentos de Métodos de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Bookman, 2005.

HAJOARY, Pinosh Kumar. Industry 4.0 Maturity and Readiness Models: A Systematic Literature Review and Future Framework. **International Journal of Innovation and Technology Management**, [S. l.], 2021. DOI: 10.1142/S0219877020300050.

HALL, Wendy A.; CALLERY, Peter. Enhancing the rigor of grounded theory: Incorporating reflexivity and relationality. **Qualitative Health Research**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 257–272, 2001. DOI: 10.1177/104973201129119082. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/104973201129119082>. Acesso em: 19 fev. 2021.

HAMIDI, Saidatul Rahah; AZIZ, Azara Abdul; SHUHIDAN, Shuhaida Mohammed; AZIZ, Azhar Abdul; MOKHSIN, Mudiana. SMEs maturity model assessment of IR4.0 digital transformation. *In: ADVANCES IN INTELLIGENT SYSTEMS AND COMPUTING 2018, Anais [...]*. : Springer Verlag, 2018. p. 721–732. DOI: 10.1007/978-981-10-8612-0_75. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-8612-0_75. Acesso em: 30 mar. 2021.

HAMZEH, Reza; ZHONG, Ray; XU, Xun William. A Survey Study on Industry 4.0 for New Zealand Manufacturing. **Procedia Manufacturing**, [S. l.], v. 26, p. 49–57, 2018. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.07.007. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2351978918306772>. Acesso em: 30 mar. 2021.

HAVIERNIKOVA, K.; KRAL'OVA, K. ANALYSIS OF SELECTED ISSUES RELATED TO HUMAN RESOURCES AND INDUSTRY 4.0 IN CASE OF ENGAGEMENT INTO CLUSTER COOPERATION ON EXAMPLE OF TECHNOLOGICAL SME. *In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON THE IMPACT OF INDUSTRY 4.0 ON JOB CREATION 2018, Trencianske Teplice. Anais [...]*. Trencianske Teplice p. 145.

HE, Xingxing; XIONG, Deping; KHALIFA, Wagdi M. S.; LI, Xin. Chinese banking sector: A major stakeholder in bringing fourth industrial revolution in the country. **Technological Forecasting and Social Change**, [S. l.], v. 165, p. 120519, 2021. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120519.

HEINDL, Andreas; WERBIK, Alexander; WINTER, Johannes; MAYER, Bernd dos Santos; ZARPELLON, Bruno Vath; REMANN, Florian. **Industrie 4.0 - Possibilidades de colaboração com a cooperação para o desenvolvimento e a economia alemã na área de tecnologia / transferência de know-how para o Brasil**. Bonn. Disponível em: http://www.ahkbrasil.com/downloads/Arquivos/GIZ_Abschlussbericht_07_10_2016_FINAL_portugues_FR_clean.pdf. Acesso em: 13 ago. 2020.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design principles for industrie 4.0 scenarios. *In: PROCEEDINGS OF THE ANNUAL HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES 2016, Koloa. Anais [...]*. Koloa: IEEE Computer Society, 2016. p. 3928–3937. DOI: 10.1109/HICSS.2016.488. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7427673>. Acesso em: 5 ago. 2020.

HODGSON, G. M. **Evolution and institutions**. Cheltenham: Edward Elgar, 1999. Disponível em: <https://ideas.repec.org/b/elg/eebook/1481.html>. Acesso em: 24 mar. 2021.

HOLTON, Judith A. The Coding Process and Its Challenges. **The Grounded Theory**

Review, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 20–40, 2010. DOI: 10.4135/9781848607941.n13.

HOPFER, Kátia Regina; MACIEL-LIMA, Sandra Mara. Grounded Theory: avaliação crítica do método nos estudos organizacionais. **Revista da FAE**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 15–24, 2008. Disponível em: <https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/267>. Acesso em: 3 ago. 2020.

HORVÁTH, Dóra; SZABÓ, Roland Zs. Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? **Technological Forecasting and Social Change**, [S. l.], v. 146, p. 119–132, 2019. DOI: 10.1016/j.techfore.2019.05.021.

HOYER, Christian; GUNAWAN, Indra; REAICHE, Carmen Haule. The Implementation of Industry 4.0 - A Systematic Literature Review of the Key Factors. **Systems Research and Behavioral Science**, [S. l.], v. 37, n. 4, p. 557–578, 2020. DOI: 10.1002/sres.2701. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/sres.2701>. Acesso em: 28 mar. 2021.

HUNTER, Andrew; MURPHY, Kathy; GREALISH, Annmarie; CASEY, Dympna; KEADY, John. Navigating the grounded theory terrain. Part 1. **Nurse Researcher**, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 6, 2011. DOI: 10.7748/nr2011.07.18.4.6.c8636. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21853886/>. Acesso em: 3 ago. 2020.

HUSSEIN, Mohamed El; KENNEDY, Andrea; OLIVER, Brent. Grounded Theory and the Conundrum of Literature Review: Framework for Novice Researchers. **The Qualitative Report**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 1198–1210, 2017. Disponível em: <https://nsuworks.nova.edu/tqr/vol22/iss4/16>. Acesso em: 15 ago. 2020.

IEDI, Instituto de estudos para o desenvolvimento industrial. **O futuro da indústria**. São Paulo. Disponível em: https://iedi.org.br/media/site/artigos/20170904_o_futuro_da_industria.pdf. Acesso em: 6 ago. 2020a.

IEDI, Instituto de estudos para o desenvolvimento industrial. **O desafio 4.0 para a indústria brasileira**. São Paulo. Disponível em: https://iedi.org.br/media/site/artigos/20181214_desafio_ind_bras.pdf. Acesso em: 6 ago. 2020b.

IEDI, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Faça como a Índia**. São Paulo. Disponível em: https://iedi.org.br/media/site/artigos/20151211_faca_como_a_india.pdf. Acesso em: 14 ago. 2020.

IEDI, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **INDÚSTRIA 4.0: A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E OS DESAFIOS PARA A INDÚSTRIA E PARA O DESENVOLVIMENTO BRASILEIRO**. São Paulo. Disponível em: https://iedi.org.br/media/site/artigos/20170721_iedi_industria_4_0.pdf. Acesso em: 13 ago. 2020c.

IEDI, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **POLÍTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL**. São Paulo. Disponível em: https://www.iedi.org.br/media/site/artigos/20180710_politicas_para_o_desenvolvimento_da_industria_4_0_no_brasil.pdf. Acesso em: 13 ago. 2020a.

IEDI, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Iniciativas para avançar a**

inovação no Brasil. São Paulo. Disponível em:

https://iedi.org.br/media/site/artigos/20180712_para_avancar_a_inovacao_no_brasil_Pth8C8D.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020b.

IEDI, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **ESTRATÉGIAS NACIONAIS PARA A INDÚSTRIA 4.0.** São Paulo. Disponível em:

https://www.iedi.org.br/media/site/artigos/20180705-estrategias_nacionais_para_a_industria_4_0.pdf. Acesso em: 5 ago. 2020c.

IEDI, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Indústria 4.0 em perspectiva comparada Análise IEDI.** São Paulo. Disponível em:

https://iedi.org.br/artigos/top/analise/analise_iedi_20180705_inovacao.html. Acesso em: 5 ago. 2020d.

IEDI, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **O ranking da indústria mundial sob a Covid-19 - Carta IEDI 1021.** São Paulo. Disponível em:

https://www.iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_1021.html. Acesso em: 25 ago. 2020a.

IEDI, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **A Crise do Coronavírus e a Estratégia Industrial.** São Paulo. Disponível em:

https://www.iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_1000.html. Acesso em: 27 ago. 2020b.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. Relatório Síntese da Pesquisa de Campo: Análise agregada dos resultados Brasília, 2017. p. 37. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/ee/6d/ee6d5b12-a1cb-4eba-9536-8e1cf83b51c2/relatorio_sintese_da_pesquisa_de_campo.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. Síntese dos resultados. Volume 1 – Tecnologias disruptivas e indústria: Situação atual e avaliação prospectiva Brasília, 2018a. p. 162. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/8c/13/8c13f007-35c7-4fa2-89e9-3550bca42a16/sintese_dos_resultados.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. Estudo de sistema produtivo aeroespacial e defesa Brasília, 2018b. p. 100. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/54/63/54634360-4b77-4197-841c-602a75017ab5/nota_tecnica_-_aeroespacial_e_defesa.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. Position Paper University of Cambridge Brasília, 2018c. p. 110.

Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/36/85/3685e664-7029-49ab-86b4-9c6f5137c480/industria_2027_capa_01_-_university_of_cambridge.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. **PROJETO INDÚSTRIA 2027 Riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas, Estudo de sistema produtivo tecnologias de informação e comunicação.** Brasília. Disponível em:

https://www.assespropr.org.br/index.php?pre_dir_acc_61co625547=5b0cc44283ace&custom_181191. Acesso em: 15 ago. 2020d.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. PROJETO INDÚSTRIA 2027 Riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas, Estudo de sistema produtivo química Brasília, 2018e. p. 137. Disponível em: <https://bucket-gw-cni-static-cms->

si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/c1/03/c103b0eb-5feb-40f1-becb-ba370199017b/nota_tecnica_-_quimica.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. Estudo de sistema produtivo petróleo e gás Brasília, 2018f. p. 73. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/d1/ea/d1ea2a89-bbed-4a65-8d37-381bce6cc8aa/nota_tecnica_-_petroleo_e_gas.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. Estudo de sistema produtivo insumos básicos Brasília, 2018g. p. 101. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/82/e6/82e68076-a564-4bb6-9af0-4422ec9d3f8c/nota_tecnica_-_insumos_basicos.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. PROJETO INDÚSTRIA 2027 Riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas, Estudo de sistema produtivo farmacêutica Brasília, 2018h. p. 98. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/45/4b/454b4381-1918-447a-b59c-987b88ec4d00/nota_tecnica_-_farmaceutica.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. Estudo de sistema produtivo bens de capital Brasília, 2018i. p. 94. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/d1/dd/d1ddd2cc-c80c-47e6-98ee-1f7c33cc27f9/nota_tecnica_-_bens_de_capital.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. PROJETO INDÚSTRIA 2027 Riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas, Estudo de sistema produtivo automotivo Brasília, 2018j. p. 97. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/7c/09/7c09e04d-55f9-4eb1-b97f-7a6399a65840/nota_tecnica_-_automotivo.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. PROJETO INDÚSTRIA 2027 Riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas, Estudo de sistema produtivo agroindústria Brasília, 2018k. p. 116. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/ce/16/ce16611a-cd9d-4559-aacf-abdd2be2c4e3/nota_tecnica_-_agroindustria.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. Estudo de sistema produtivo bens de consumo Brasília, 2018l. p. 91. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/a2/20/a2209d63-fd8a-4268-8934-e65c12ddaa35/nota_tecnica_-_bens_de_consumo.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

IMF, International Monetary Fund. **World Economic Outlook Update June 2020**. Washington. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/06/24/WEOUpdateJune2020>.

ISIKLI, Erkan; YANIK, Seda; CEVIKCAN, Emre; USTUNDAG, Alp. Project Portfolio Selection for the Digital Transformation Era. *In*: USTUNDAG, Alp; CEVIKCAN, Emre (org.). **Industry 4.0: Managing the Digital Transformation**. [s.l.] : Springer, Cham, 2018. p. 105–121. DOI: 10.1007/978-3-319-57870-5_6. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-57870-5_6. Acesso em: 28 mar. 2021.

IVANOV, Dmitry; DOLGUI, Alexandre; SOKOLOV, Boris; WERNER, Frank; IVANOVA,

Marina. A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. **International Journal of Production Research**, [S. l.], v. 54, n. 2, p. 386–402, 2016. DOI: 10.1080/00207543.2014.999958.

JABBOUR, Ana Beatriz Lopes de Sousa; JABBOUR, Charbel Jose Chiappetta; FOROPON, Cyril; GODINHO FILHO, Moacir. When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. **Technological Forecasting and Social Change**, [S. l.], v. 132, p. 18–25, 2018. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.01.017.

JACOBUS, Artur Eugênio; DE SOUZA, Yeda Swirski; BITENCOURT, Cláudia Cristina. O que Fazem Afinal os Pesquisadores que Praticam Grounded Theory? *In*: XXXVI ENCONTRO DA ANPAD 2012, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ANPAD, 2012. p. 1–15. Disponível em: http://www.anpad.org.br/diversos/down_zips/63/2012_EPQ1663.pdf. Acesso em: 7 ago. 2020.

JORGE, Jéssica Mendes; DE OLIVEIRA, Alexandre Crepory Abbott; DOS SANTOS, Andrea Cristina. Analyzing how university is preparing engineering students for industry 4.0. *In*: ADVANCES IN TRANSDISCIPLINARY ENGINEERING 2020, **Anais [...]**. : IOS Press BV, 2020. p. 82–91. DOI: 10.3233/ATDE200064.

JUSTUS, Alvaro Dos Santos; RAMOS, Luiz Felipe Pierin; LOURES, Eduardo de Freitas Rocha. A capability assessment model of industry 4.0 technologies for viability analysis of poc (proof of concept) in an automotive company. *In*: PERUZZINI, Margherita; PELLICCIARI, Marcello; BIL, Cees; STJEPANDIĆ, Josip; WOGNUM, Nel (org.). **Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0**. Amsterdam: IOS Press, 2018. v. 7p. 936–945. DOI: 10.3233/978-1-61499-898-3-936. Disponível em: <http://ebooks.iospress.nl/publication/49880>. Acesso em: 6 ago. 2020.

KAGERMANN, Henning; ANDERL, Reiner; GAUSEMEIER, Jürgen; SCHUH, Günther; WAHLSTER, Wolfgang. **acatech Study Industrie 4.0 in a Global Context Strategies for Cooperating with International Partners**. Munich. Disponível em: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2016/11/acatech_eng_STUDIE_Industrie40_global_Web.pdf. Acesso em: 13 ago. 2020.

KAGERMANN, Henning; LUKAS, Wolf-Dieter; WAHLSTER, Wolfgang. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. **VDI nachrichten, n. 13, s. 2**, Düsseldorf, 2011. Disponível em: https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf. Acesso em: 11 ago. 2020.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes. **Bericht der Promotorengruppe Kommunikation - Im Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 Handlungsempfehlungen zur Umsetzung**. Berlin. Disponível em: https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub_hts/kommunikation_bericht_2012-1.pdf. Acesso em: 13 ago. 2020.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0**. Frankfurt. Disponível em: <https://en.acatech.de/wp->

content/uploads/sites/6/2018/03/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf. Acesso em: 6 ago. 2020.

KAHLE, Júlia Hofmeister; MARCON, Érico; GHEZZI, Antonio; FRANK, Alejandro G. Smart Products value creation in SMEs innovation ecosystems. **Technological Forecasting and Social Change**, [S. l.], v. 156, 2020. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120024.

KANS, Mirka; INGWALD, Anders. Business Model Development Towards Service Management 4.0. **Procedia CIRP**, [S. l.], v. 47, p. 489–494, 2016. DOI: 10.1016/j.procir.2016.03.228.

KATZ, Raúl; JUNG, Juan; CALLORDA, Fernando. **El estado de la digitalización de América Latina frente a la pandemia del COVID-19**. Caracas: CAF, 2020. v. 1 Disponível em: https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1540/El_estado_de_la_digitalizacion_de_America_Latina_frente_a_la_pandemia_del_COVID-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 21 ago. 2020.

KENNY, Méabh; FOURIE, Robert. Tracing the History of Grounded Theory Methodology: From Formation to Fragmentation. **The Qualitative Report**, [S. l.], v. 19, n. 52, p. 1–9, 2014. Disponível em: <https://nsuworks.nova.edu/tqr/vol19/iss52/1>. Acesso em: 3 ago. 2020.

KENNY, Méabh; FOURIE, Robert. Contrasting Classic, Straussian, and Constructivist Grounded Theory: Methodological and Philosophical Conflicts. **The Qualitative Report**, [S. l.], v. 20, n. 8, p. 1270–1289, 2015. Disponível em: <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR20/8/kenny1.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.

KIPPER, Liane Mahlmann; IEPSEN, Sandra; DAL FORNO, Ana Julia; FROZZA, Rejane; FURSTENAU, Leonardo; AGNES, Jéssica; COSSUL, Danielli. Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0. **Technology in Society**, [S. l.], v. 64, 2021. DOI: 10.1016/j.techsoc.2020.101454.

KLEVORICK, Alvin K.; LEVIN, Richard C.; NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. **Research Policy**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 185–205, 1995. DOI: 10.1016/0048-7333(93)00762-I.

KOERICH, Cintia; COPELLI, Fernanda Hannah da Silva; LANZONI, Gabriela Marcelino de Mello; MAGALHÃES, Aline Lima Pestana; ERDMANN, Alacoque Lorenzini. Grounded theory: evidencing divergences and contributions for nursing research. **Reme Revista Mineira de Enfermagem**, [S. l.], v. 22, n. 0, p. 1084, 2018. DOI: 10.5935/1415-2762.20180014. Disponível em: <http://www.reme.org.br/artigo/detalhes/1222>. Acesso em: 19 fev. 2021.

KRUGER, Sean; STEYN, Adriana Aletta. A conceptual model of entrepreneurial competencies needed to utilise technologies of Industry 4.0. **The International Journal of Entrepreneurship and Innovation**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 56–67, 2021. DOI: 10.1177/1465750320927359. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1465750320927359>. Acesso em: 28 mar. 2021.

KUCKERTZ, Andreas; BRÄNDLE, Leif; GAUDIG, Anja; HINDERER, Sebastian; MORALES, Arturo; PROCHOTTA, Alicia; STEINBRINK, Kathrin; BERGER, Elisabeth S. C. Startups in Times of Crisis – A Rapid Response to the COVID-19 Pandemic. **Journal of**

Business Venturing Insights, [S. l.], 2020. DOI: 10.2139/ssrn.3580647. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/abstract=3580647>. Acesso em: 3 ago. 2020.

KUSIAK, Andrew. Smart manufacturing. **International Journal of Production Research**, [S. l.], v. 56, n. 1–2, p. 508–517, 2018. DOI: 10.1080/00207543.2017.1351644. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2017.1351644>. Acesso em: 3 ago. 2020.

KÜSTERS, Dennis; PRASS, Nicolina; GLOY, Yves Simon. Textile Learning Factory 4.0 – Preparing Germany’s Textile Industry for the Digital Future. **Procedia Manufacturing**, [S. l.], v. 9, p. 214–221, 2017. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.04.035.

LAPLANE, Mariano. Inovações e dinâmica capitalista. In: CARNEIRO, Ricardo de Medeiros (org.). **Os clássicos da economia**. São Paulo: Atica, 1997. p. 59–67.

LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; KAO, Hung An. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, [S. l.], v. 3, p. 18–23, 2015. DOI: 10.1016/j.mfglet.2014.12.001.

LEMOS, Danyela Cunha; CARIO, Silvio Antonio Ferraz. Os sistemas nacional e regional de inovação e sua influência na interação universidade-empresa em Santa Catarina. **REGE Revista de Gestão**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 45–57, 2017. DOI: 10.1016/j.rege.2016.05.002. Disponível em: <http://www.regeusp.com.br/REGE-RevistadeGestão24>. Acesso em: 3 ago. 2020.

LEMOS, Mauro Borges; MORO, Sueli; DOMINGUES, Edson Paulo; RUIZ, Ricardo Machado. A organização territorial da indústria no Brasil. In: DE NEGRI, João Alberto; SALERNO, Mario Sergio (org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005. p. 325–364. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/Inovacao_Padrees_tecnologicos_e_desempenho.pdf. Acesso em: 7 ago. 2020.

LEVERS, Merry-Jo D. Philosophical Paradigms, Grounded Theory, and Perspectives on Emergence. **SAGE Open**, [S. l.], p. 1–6, 2013. DOI: 10.1177/2158244013517243. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2158244013517243>. Acesso em: 3 ago. 2020.

LIBONI, Lara Bartocci; CEZARINO, Luciana Oranges; JABBOUR, Charbel José Chiappetta; OLIVEIRA, Bruno Garcia; STEFANELLI, Nelson Oliveira. Smart industry and the pathways to HRM 4.0: implications for SCM. **Supply Chain Management**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 124–146, 2019. DOI: 10.1108/SCM-03-2018-0150.

LIERE-NETHELER, Kirsten. Analysis of Adoption Processes in Industry 4.0. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING AND WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS 2017, Larache. **Anais [...]**. Larache: ACM, 2017. p. 7. Disponível em: <http://ceur-ws.org/Vol-1854/Paper9.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2020.

LIMA, Victor Bittencourt. **Contribuição de Lean Thinking para a implementação da Indústria 4.0**. 2018. Universidade do Minho, Braga, 2018. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/57168>. Acesso em: 13 ago. 2020.

LIN, Danping; LEE, C. K. M.; LAU, Henry; YANG, Yang. Strategic response to Industry

4.0: an empirical investigation on the Chinese automotive industry. **Industrial Management & Data Systems**, [S. l.], v. 118, n. 3, p. 589–605, 2018. DOI: 10.1108/IMDS-09-2017-0403. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IMDS-09-2017-0403/full/html>. Acesso em: 30 mar. 2021.

LIN, Tzu Chieh; SHENG, Margaret L.; JENG WANG, Kung. Dynamic capabilities for smart manufacturing transformation by manufacturing enterprises. **Asian Journal of Technology Innovation**, [S. l.], v. 28, n. 3, p. 403–426, 2020. DOI: 10.1080/19761597.2020.1769486. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19761597.2020.1769486>. Acesso em: 31 mar. 2021.

LIZARRALDE, R. Dorronsoro; GANZARAIN, Jaione Epelde; LÓPEZ, Cristina; SERRANO, Ibon Lasa. An Industry 4.0 maturity model for machine tool companies. **Technological Forecasting and Social Change**, [S. l.], v. 159, p. 120203, 2020. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120203.

LOPES, Herton Castiglioni. Os determinantes do desenvolvimento (catching up) na abordagem neoschumpeteriana: integrando a teoria microeconômica evolucionária com conceito de revoluções tecnológicas. **Revista Nexos Econômicos**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 57, 2014. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/revnexeco/article/view/9284>. Acesso em: 3 ago. 2020.

LORENZ, Markus; RÜSSMANN, Michael; WALDNER, Manuela; ENGEL, Pascal; HARNISCH, Michael; GERBERT, Philipp; JUSTUS, Jan. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. 2015. Disponível em: https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries. Acesso em: 13 ago. 2020.

LOWENBERG, J. S. Interpretive research methodology: broadening the dialogue. **ANS - Advances in Nursing Science**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 57–69, 1993. DOI: 10.1097/00012272-199312000-00006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7508706/>. Acesso em: 3 ago. 2020.

LU, Yang. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. **Journal of Industrial Information Integration**, [S. l.], v. 6, p. 1–10, 2017. DOI: 10.1016/j.jii.2017.04.005.

LUNDEVALL, B. A. **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. London: Pinter Publishers, 1992.

LUNDEVALL, Bengt Åke. **Product innovation and user-producer interaction**. Aalborg: Aalborg University Press, 1985.

LUNDEVALL, Bengt Åke. Interactive learning, social capital and economic performance. In: FORAY, D.; KAHIN, B. (org.). **Advancing Knowledge and the Knowledge Economy**. [s.l.] : Harvard University Press, 2006.

LUNDEVALL, Bengt Åke. National innovation systems - Analytical concept and development tool. **Industry and Innovation**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 95–119, 2007. DOI: 10.1080/13662710601130863.

MACHADO, Rosa Teresa Moreira. Fundamentos sobre o estudo da dinâmica das inovações no agrusiness. **Revista de Administração Contemporânea**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 127–141, 1998. DOI: 10.1590/s1415-65551998000200008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65551998000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 24 mar. 2021.

MAJEED, M. Aabid A.; RUPASINGHE, Thashika D. Internet of Things (IoT) Embedded Future Supply Chains for Industry 4.0: An Assessment from an ERP-based Fashion Apparel and Footwear Industry. **International Journal of Supply Chain Management**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 25–40, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317041889_Internet_of_Things_IoT_Embedded_Future_Supply_Chains_for_Industry_40_An_Assessment_from_an_ERP-based_Fashion_Apparel_and_Footwear_Industry. Acesso em: 3 ago. 2020.

MALERBA, Franco. Learning by Firms and Incremental Technical Change. **The Economic Journal**, [S. l.], v. 102, n. 413, p. 859, 1992. DOI: 10.2307/2234581.

MALERBA, Franco. Sectoral systems of innovation and production. **Research Policy**, [S. l.], v. 31, n. 2, p. 247–264, 2002. DOI: 10.1016/S0048-7333(01)00139-1.

MALERBA, Franco. Sectoral systems and innovation and technology policy. **Revista Brasileira de Inovação**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 329–375, 2003. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/24006/sectoral-systems-and-innovation-and-technology-policy>. Acesso em: 25 mar. 2021.

MANCILHA, Guilherme; GOMES, Jefferson. Comparative analysis between challenges in a Brazilian perspective and worldwide initiatives in Advanced Manufacturing. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 209–223, 2018. DOI: 10.14488/bjopm.2018.v15.n2.a4. Disponível em: <https://bjopm.emnuvens.com.br/bjopm/article/view/395/593>. Acesso em: 3 ago. 2020.

MANKINS, John C. **TECHNOLOGY READINESS LEVELS**. [s.l: s.n.]. Disponível em: https://aiaa.kavi.com/apps/group_public/download.php/2212/TRLs_MankinsPaper_1995.pdf. Acesso em: 11 fev. 2021.

MARCHI, Jamur Johnas. **ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO EM EMPRESAS BRASILEIRAS: UMA TEORIA FUNDAMENTADA EM DADOS**. 2014. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Centro Socioeconômico. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/129550/328602.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 7 ago. 2020.

MARESOVA, Petra; SOUKAL, Ivan; SVOBODOVA, Libuse; HEDVICAKOVA, Martina; JAVANMARDI, Ehsan; SELAMAT, Ali; KREJCAR, Ondrej. **Consequences of industry 4.0 in business and economics** Economies MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute, , 2018. DOI: 10.3390/economies6030046. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/economies6030046>This Version is available at: <http://hdl.handle.net/10419/197095> <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/www.econstor.eu/economies>. Acesso em: 28 mar. 2021.

MEDASE, Stephen Kehinde; ABDUL-BASIT, Shoaib. External knowledge modes and firm-

level innovation performance: Empirical evidence from sub-Saharan Africa. **Journal of Innovation and Knowledge**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 81–95, 2020. DOI: 10.1016/j.jik.2019.08.001.

MEDEIROS, Angélica Pott De; SANTOS, José Luís Guedes Dos; ERDMANN, Rolf Hermann. A teoria fundamentada nos dados na pesquisa em administração: evidências e reflexões. **Revista de Ciências da Administração**, [S. l.], v. 21, n. 54, p. 95–110, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-8077.2019.e60548>. Acesso em: 7 ago. 2020.

MENDES, Philippe Scherrer. **ESFORÇO INOVATIVO E PRODUTIVIDADE INDUSTRIAL: determinantes internos e externos à firma**. 2017. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Economia, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/31945/1/Tese_Philipe_Scherrer_Mendes_versao_final.pdf. Acesso em: 7 ago. 2020.

MILJIĆ, Nenad; BOGDANOVIĆ, Dejan; NIKOLIĆ, Ivica. Projects in Industry 4.0 framework and its effects on occupational safety. *In: PROCEEDINGS OF THE 5TH IPMA SENET PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE (SENET 2019) 2019*, **Anais [...]**. : Atlantis Press, 2019. p. 92–97. DOI: 10.2991/senet-19.2019.16. Disponível em: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/senet-19/125925967>. Acesso em: 28 mar. 2021.

MITTAL, Sameer; KHAN, Muztoba Ahmad; WUEST, Thorsten. Smart manufacturing: Characteristics and technologies. *In: IFIP ADVANCES IN INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY 2016*, New York. **Anais [...]**. New York: Springer, 2016. p. 539–548. DOI: 10.1007/978-3-319-54660-5_48. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-54660-5_48. Acesso em: 13 ago. 2020.

MOEUF, Alexandre; PELLERIN, Robert; LAMOURI, Samir; TAMAYO-GIRALDO, Simon; BARBARAY, Rodolphe. The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. **International Journal of Production Research**, [S. l.], v. 56, n. 3, p. 1118–1136, 2018. DOI: 10.1080/00207543.2017.1372647. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2017.1372647>. Acesso em: 3 ago. 2020.

MONTANUS, Marnix. **Business Models for Industry 4.0 Developing a framework to determine and assess impacts on business models in the Dutch oil and gas industry**. 2016. Delft University of Technology, Delft, 2016. Disponível em: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A3177d804-06d5-455c-a508-87222c1d602a>. Acesso em: 7 ago. 2020.

MOSCONI, Franco; D'INGIULLO, Dario. Institutional quality and innovation: evidence from Emilia-Romagna. **Economics of Innovation and New Technology**, [S. l.], 2021. DOI: 10.1080/10438599.2021.1893140. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10438599.2021.1893140>. Acesso em: 27 mar. 2021.

MÜLLER, Julian Marius; KIEL, Daniel; VOIGT, Kai-Ingo. What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability. **Sustainability**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 247, 2018. DOI: 10.3390/su10010247. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2071-1050/10/1/247>. Acesso em: 30 mar. 2021.

MURPHY, Chad; KLOTZ, Anthony C.; KREINER, Glen E. Blue skies and black boxes: The promise (and practice) of grounded theory in human resource management research. **Human Resource Management Review**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 291–305, 2017. DOI: 10.1016/j.hrmr.2016.08.006.

MYKHAILIVNA, Khaustova Ksenya. ESTIMATION THE IMPACT OF MACROECONOMIC FACTORS. **Маркетинг і менеджмент інновацій**, [S. l.], n. 3, 2016. Disponível em: <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/>. Acesso em: 29 mar. 2021.

NASCIMENTO, Daniel Luiz Mattos; ALENCASTRO, Viviam; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves; CAIADO, Rodrigo Goyannes Gusmão; GARZA-REYES, Jose Arturo; LONA, Luis Rocha; TORTORELLA, Guilherme. Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [S. l.], v. 30, n. 3, p. 607–627, 2019. DOI: 10.1108/JMTM-03-2018-0071.

NELSON, Richard R. **National Innovation Systems: A Comparative Analysis**. Oxford: Oxford University Press, 1993.

NELSON, Richard R. Economic Development from the Perspective of Evolutionary Economic Theory. **The Other Canon Foundation and Tallinn University of Technology Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics**, [S. l.], 2006. Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/tth/wpaper/02.html>. Acesso em: 7 ago. 2020.

NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Harvard University Press, 1982.

NEUGEBAUER, Reimund; HIPPMANN, Sophie; LEIS, Miriam; LANDHERR, Martin. Industrie 4.0 - From the Perspective of Applied Research. **Procedia CIRP**, [S. l.], v. 57, p. 2–7, 2016. DOI: 10.1016/j.procir.2016.11.002.

NEUMANN, W. Patrick; WINKELHAUS, Sven; GROSSE, Eric H.; GLOCK, Christoph H. Industry 4.0 and the human factor – A systems framework and analysis methodology for successful development. **International Journal of Production Economics**, [S. l.], v. 233, p. 107992, 2021. DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107992.

NICOLACI-DA-COSTA, Ana Maria; ROMÃO-DIAS, Daniela; DI LUCCIO, Flávia. Use of online interviews in the Underlying Discourse Unveiling Method (UDUM). **Psicologia: Reflexao e Critica**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 36–43, 2009. DOI: 10.1590/s0102-79722009000100006. Disponível em: www.scielo.br/prc. Acesso em: 4 set. 2020.

O'REILLY, Kelley; PAPER, David; MARX, Sherry. Demystifying Grounded Theory for Business Research. **Organizational Research Methods**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 247–262, 2012. DOI: 10.1177/1094428111434559. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1094428111434559>. Acesso em: 3 ago. 2020.

O'SULLIVAN, Mary. Finance and Innovation. In: FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard R. (org.). **The Oxford Handbook of Innovation**. 3. ed. New York: Oxford University Press, 2007. p. 240–265. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0009. Disponível em: <https://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199286805.001.0001/oxfordhb-9780199286805-e-9>. Acesso em: 21 mar. 2021.

OECD/EUROSTAT/EUROPEAN UNION. **Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data: Oslo Manual: The Measurement of Scientific and Technological Activities**. Paris: OECD, 1997. DOI: 10.1787/9789264192263-en. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/proposed-guidelines-for-collecting-and-interpreting-technological-innovation-data_9789264192263-en. Acesso em: 7 ago. 2020.

OECD/EUROSTAT. **Oslo Manual 2018 Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation**. 4. ed. Paris: OECD, 2018. DOI: 10.1787/9789264304604-en. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oslo-manual-2018_9789264304604-en. Acesso em: 7 ago. 2020.

OLDEKOP, Johan A. et al. COVID-19 and the case for global development. **World Development**, [S. l.], v. 134, p. 105044, 2020. DOI: 10.1016/j.worlddev.2020.105044. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X20301704>. Acesso em: 21 ago. 2020.

OLIVEIRA JÚNIOR, Libório De. **Modelo de maturidade para indústria 4.0 para PME's brasileiras: um estudo de caso em uma indústria de ração animal**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4067/1/PB_PPGEPS_M_Oliveira Júnior%2C Libório_2018.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4067/1/PB_PPGEPS_M_Oliveira%20Libório_2018.pdf). Acesso em: 30 maio. 2021.

OZTEMEL, Ercan; GURSEV, Samet. Literature review of Industry 4.0 and related technologies. **Journal of Intelligent Manufacturing**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 127–182, 2020. DOI: 10.1007/s10845-018-1433-8. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10845-018-1433-8>. Acesso em: 3 ago. 2020.

PARK, Sung Hyun; SHIN, Wan Seon; PARK, Young Hyun; LEE, Youngjo. Building a new culture for quality management in the era of the Fourth Industrial Revolution. **Total Quality Management and Business Excellence**, [S. l.], v. 28, n. 9–10, p. 934–945, 2017. DOI: 10.1080/14783363.2017.1310703. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14783363.2017.1310703>. Acesso em: 3 ago. 2020.

PASINATO, Daniel; CAMPANA, Fabricio Liberali. IIoT: análise de aspectos tecnológicos, desafios e tendências para definições de diretrizes de implementação na indústria. **Scientia cum Industria**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 123–134, 2020. DOI: 10.18226/23185279.v8iss2p123.

PAVELKOVÁ, D.; HOMOLKA, L.; KNÁPKOVÁ, A.; KOLMAN, K.; HA, P. EVA and Key Performance Indicators: the Case of Automotive Sector in Pre-Crisis, Crisis and Post-Crisis Periods. **Economics & Sociology**, [S. l.], v. 11, n. 3, 2018. DOI: 10.14254/2071.

PAWŁYSZYN, Irena; FERTSCH, Marek; STACHOWIAK, Agnieszka; PAWŁOWSKI, Grzegorz; OLEŚKÓW-SZŁAPKA, Joanna. The Model of Diffusion of Knowledge on Industry 4.0 in Marshallian Clusters. **Sustainability**, [S. l.], v. 12, n. 9, p. 3815, 2020. DOI: 10.3390/su12093815. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/9/3815>. Acesso em: 26 mar. 2021.

PERDOMO, Roberta Saraiva. **FRAMEWORK DAS CAPACIDADES DINÂMICAS**

PARA IMPULSIONAR A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL : O Caso da Empresa de Construção Civil de Florianópolis. 2019. Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em:
<https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/000070/00007078.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2021.

PEREIRA, Adriano José; DATHEIN, Ricardo. Processo de aprendizado, acumulação de conhecimento e sistemas de inovação: a “co-evolução das tecnologias físicas e sociais” como fonte de desenvolvimento econômico. **Revista Brasileira de Inovação**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 137, 2012. DOI: 10.20396/rbi.v11i1.8649029. Disponível em:
<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8649029>. Acesso em: 26 mar. 2021.

PEREIRA, Wesley; PEREIRA, Gerlane; CAMPOS, Paola. INDUSTRIA 4.0: UM NOVO CONCEITO DE GERENCIAMENTO NAS INDUSTRIAS. **Revista Científica Semana Acadêmica**, [S. l.], v. 2018, n. 140, 2018. Disponível em:
<https://semanaacademica.org.br/artigo/industria-40-um-novo-conceito-de-gerenciamento-nas-industrias>. Acesso em: 31 mar. 2021.

PEREZ, Carlota. The double bubble at the turn of the century: technological roots and structural implications. **Cambridge Journal of Economics**, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 779–805, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/cje/bep028>. Acesso em: 5 ago. 2020.

PÉREZ, Carlota. Cambio técnico, restructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo. **El Trimestre Económico**, [S. l.], v. 59, n. 233, p. 23–64, 1992. Disponível em: <https://econpapers.repec.org/RePEc:elt:journl:v:59:y:1992:i:233:p:23-64>. Acesso em: 3 ago. 2020.

PÉREZ, Carlota. CAMBIO TECNOLÓGICO Y OPORTUNIDADES DE DESARROLLO COMO BLANCO MÓVIL * * * *. **Revista de la CEPAL**, [S. l.], v. 75, p. 115–136, 2001. Disponível em: <https://www.cepal.org/prensa/noticias/comunicados/8/7598/CarlotaPerez.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.

PÉREZ, Carlota. **Technological Revolutions and Financial Capital: the dynamics of bubbles and golden ages**. Cheltenham: Edward Elgar, 2002.

PÉREZ, Carlota. **Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza**. [s.l.] : Siglo XXI, 2004.

PÉREZ, Carlota. Finance and technical change: a long-term view. In: HANUSCH, H.; PYKA, A. (org.). **Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics**. Cheltenham: Edward Elger, 2007.

PÉREZ, Carlota. Technological Revolutions and Techno-Economic Paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 185–202, 2010. Disponível em:
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1540401. Acesso em: 3 ago. 2020.

PINTEC, PESQUISA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **PINTEC 2017**. 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, [S. l.], 2017. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 7 ago. 2020.

PINTO, Marcelo de Rezende; FREITAS, Rodrigo Cassimiro De; MENDES, Caio Alexandre Flores. Grounded theory in management studies in Brazil: among the plurality of strands, improper uses and mistaken understanding? . **Revista Gestão & Tecnologia**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 33–54, 2016. DOI: 10.20397/2177-6652/2016.v16i1.645. Disponível em: <http://revistagt.fpl.edu.br/>. Acesso em: 3 ago. 2020.

POSSAS, Mario Luiz. Em direção a um paradigma microdinâmico. *In*: AMADEO, E. (org.). **Ensaio sobre economia política moderna: teoria e história do pensamento econômico**. São Paulo: Marco Zero, 1989. p. 157–177.

POSSAS, Mario Luiz. Economia evolucionária neo-schumpeteriana: Elementos para uma integração micro-macrodinâmica. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 22, n. 63, p. 281–305, 2008. DOI: 10.1590/s0103-40142008000200021. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200021&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 3 ago. 2020.

PREDEBON, Eduardo Angonesi; RITOSSA, Caudia Monica; DE SOUSA, Paulo Daniel Batista; VERDU, Fabiane Cortez; AGUIAR, Edson Cezar. GROUNDED THEORY: MELHORANDO A PRÁTICA E A PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO NO BRASIL. **Revista de Administração FACES Journal**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 17–30, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277171555_GROUNDED_THEORY_MELHORANDO_A_PRATICA_E_A_PESQUISA_EM_ADMINISTRACAO_NO_BRASIL. Acesso em: 3 ago. 2020.

PRYOR, Julie; WALKER, Annette; O'CONNELL, Beverly; WORRALL-CARTER, Linda. Opting in and opting out: A grounded theory of nursing's contribution to inpatient rehabilitation. **Clinical Rehabilitation**, [S. l.], v. 23, n. 12, p. 1124–1135, 2009. DOI: 10.1177/0269215509343233. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0269215509343233>. Acesso em: 9 out. 2020.

PWC, PRICE WATER HOUSE COOPERS. **Indústria 4.0: Digitização como vantagem competitiva no Brasil**. São Paulo. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria-negocios/2016/pwc-industry-4-survey-16.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2020.

QUEIROZ, Maciel M.; FOSSO WAMBA, Samuel; MACHADO, Marcio C.; TELLES, Renato. Smart production systems drivers for business process management improvement: An integrative framework. **Business Process Management Journal**, [S. l.], 2020. DOI: 10.1108/BPMJ-03-2019-0134.

QUEIROZ, Maciel M.; PEREIRA, Susana Carla Farias; TELLES, Renato; MACHADO, Marcio C. Industry 4.0 and digital supply chain capabilities: A framework for understanding digitalisation challenges and opportunities. **Benchmarking**, [S. l.], 2019. DOI: 10.1108/BIJ-12-2018-0435.

RADANLIEV, Petar; DE ROURE, David; HUTH, Michael; NICOLESCU, Razvan. A Reference Architecture for Integrating the Industrial Internet of Things in the Industry 4.0 Security for the Internet of Things (incl. risk assessment, insider threat, smart environments, SCADA) View project PETRAS Internet of Things Hub View project A reference architecture for integrating the Industrial Internet of Things in the Industry 4.0. **Preprints**, [S. l.], 2019.

l.], v. 1, 2019. DOI: 10.20944/preprints201903.0139.v1. Disponível em: <https://www.preprints.org/manuscript/201903.0139/v1>. Acesso em: 7 ago. 2020.

RAMOS, Luiz; LOURES, Eduardo; DESCHAMPS, Fernando; GIESEL, Edson; SAVARIS, Everson. Systems evaluation methodology to attend the digital projects requirements for industry 4.0. *In*: PERUZZINI, Margherita; PELLICCIARI, Marcello; BIL, Cees; STJEPANDIĆ, Josip; WOGNUM, Nel (org.). **Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0**. Amsterdam: IOS Press, 2018. v. 7p. 3–12. DOI: 10.3233/978-1-61499-898-3-3. Disponível em: <http://ebooks.iospress.nl/publication/49780>. Acesso em: 6 ago. 2020.

RAPACCINI, Mario; SACCANI, Nicola; KOWALKOWSKI, Christian; PAIOLA, Marco; ADRODEGARI, Federico. Navigating disruptive crises through service-led growth: The impact of COVID-19 on Italian manufacturing firms. **Industrial Marketing Management**, [*S. l.*], v. 88, p. 225–237, 2020. DOI: 10.1016/j.indmarman.2020.05.017.

RICHARD, Sophie; PELLERIN, Robert; BELLEMARE, Jocelyn; PERRIER, Nathalie. A business process and portfolio management approach for Industry 4.0 transformation. **Business Process Management Journal**, [*S. l.*], 2020. DOI: 10.1108/BPMJ-05-2020-0216.

ROCHA, Clarissa Figueredo; MAMÉDIO, Diórgenes Falcão; QUANDT, Carlos Olavo. Startups and the innovation ecosystem in Industry 4.0. **Technology Analysis and Strategic Management**, [*S. l.*], v. 31, n. 12, p. 1474–1487, 2019. DOI: 10.1080/09537325.2019.1628938. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537325.2019.1628938>. Acesso em: 3 ago. 2020.

RODGERS, Beth L.; COWLES, Kathleen V. The qualitative research audit trail: A complex collection of documentation. **Research in Nursing & Health**, [*S. l.*], v. 16, n. 3, p. 219–226, 1993. DOI: 10.1002/nur.4770160309. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/nur.4770160309>. Acesso em: 19 fev. 2021.

RODRIGUES, Filipe da Costa; NASCIMENTO, Maicon Alexandre de Paula; ROCHA, Mikael Araújo; DOS SANTOS, Juliano Batista; WOBETO, RICARDO; QUEIROZ, Andréa Lúcio. Indústria 4.0: Políticas da Alemanha, EUA, Japão e China. *In*: III SINACEN - SIMPÓSIO NACIONAL DE CIÊNCIAS E ENGENHARIAS 2018, Anápolis. **Anais [...]**. Anápolis: UniEVANGÉLICA, 2018. p. 2131–3138. Disponível em: <http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/CIPEEX/article/view/2123>. Acesso em: 14 ago. 2020.

RODRIGUES, Leticia Francischini; DE JESUS, Rodrigo Aguiar; SCHÜTZER, Klaus. Industrie 4.0-Uma Revisão da Literatura . **Revista de Ciência & Tecnologia**, [*S. l.*], v. 19, n. 38, p. 33–45, 2016. Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas/revistas-unimep/index.php/cienciatecnologia/article/view/3176>. Acesso em: 3 ago. 2020.

ROMAN, Darlan José. **UMA FASE DE MUDANÇA E APRENDIZADO: UMA TEORIA SUBSTANTIVA SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE MELHORIA DE DESEMPENHO EM ORGANIZAÇÕES**. 2014. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Centro Socioeconômico. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/129633/330433.pdf?sequence=1&isAl>

lowed=y. Acesso em: 7 ago. 2020.

ROMAN, Darlan José; MARCHI, Jamur Johnas; ERDMANN, Rolf Hermann. A ABORDAGEM QUALITATIVA NA PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO NO BRASIL. **Revista de Gestão - REGE**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 131–144, 2013. DOI: 10.5700/rege491.

ROSENBAUM, Mark Scott; RUSSELL-BENNETT, Rebekah. Developing substantive theories into formal theories via disruption. **Journal of Services Marketing**, [S. l.], v. 33, n. 5, p. 572–575, 2019. DOI: 10.1108/JSM-04-2019-0158.

SANDELOWSKI, Margarete. Reembodying qualitative inquiry. **Qualitative Health Research**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 104–115, 2002. DOI: 10.1177/1049732302012001008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11797919/>. Acesso em: 19 fev. 2021.

SANDERS, Adam; ELANGESWARAN, Chola; WULFSBERG, Jens. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 811–833, 2016. DOI: 10.3926/jiem.1940. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1940>. Acesso em: 3 ago. 2020.

SANTOS, B. P.; ALBERTO, A.; LIMA, T. D. F. M.; CHARRUA-SANTOS, F. M. B. INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E OPORTUNIDADES. **Revista Produção e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 111–124, 2018. a. Disponível em: <http://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedevolvimento>. Acesso em: 31 mar. 2021.

SANTOS, Célio Monteiro; BELÉM, José De Figueiredo. Indústria 4.0 e Manufatura Aditiva: Um Estudo de Caso com os Consumidores de Calçados Produzidos nas Indústrias de Calçados de Juazeiro do Norte. **Id on Line**, [S. l.], v. 12, n. 42, p. 1059–1072, 2018. DOI: 10.14295/idonline.v12i42.1392. Disponível em: <http://idonline.emnuvens.com.br/id>. Acesso em: 3 ago. 2020.

SANTOS, José Luís Guedes Dos. Novas possibilidades da Teoria Fundamentada nos Dados para a pesquisa em enfermagem. **Revista de Enfermagem da UFSM**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 208, 2018. DOI: 10.5902/2179769231767. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reufsm/article/view/31767>. Acesso em: 3 ago. 2020.

SANTOS, José Luís Guedes Dos; CUNHA, Kamylla; ADAMY, Edlamar Kátia; BACKES, Marli Terezinha Stein; LEITE, Josete Luzia; DE SOUSA, Francisca Georgina Macedo. Data analysis: Comparison between the different methodological perspectives of the Grounded Theory. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, [S. l.], v. 52, 2018. b. DOI: 10.1590/S1980-220X2017021803303. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1980-220X2017021803303>. Acesso em: 3 ago. 2020.

SANTOS, José Luís Guedes Dos; ERDMANN, Alacoque Lorenzini; DE SOUSA, Francisca Georgina Macedo; LANZONI, Gabriela Marcelino de Melo; DE MELO, Ana Lúcia Schaefer Ferreira; LEITE, Josete Luzia. Perspectivas metodológicas para o uso da teoria fundamentada nos dados na pesquisa em enfermagem e saúde PESQUISA | RESEARCH. **Escola Anna Nery**, [S. l.], v. 20, n. 3, 2016. DOI: 10.5935/1414-8145.20160056.

SANTOS, Ester Carneiro do Couto. Papel do Estado para o desenvolvimento do SNI: lições das economias avançadas e de industrialização recente. **Economia e Sociedade**, [S. l.], v. 23,

n. 2, p. 433–464, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ecos/v23n2/0104-0618-ecos-23-02-0433.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2020.

SANTOS, Reginaldo Carreiro; MARTINHO, José Luís. An Industry 4.0 maturity model proposal. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [S. l.], 2019. DOI: 10.1108/JMTM-09-2018-0284.

SARVARI, Peiman Alipour; USTUNDAG, Alp; CEVIKCAN, Emre; KAYA, Ihsan; CEBI, Selcuk. Technology Roadmap for Industry 4.0. In: USTUNDAG, A.; CEVIKCAN, E. (org.). **Industry 4.0: Managing The Digital Transformation**. [s.l.] : Springer, Cham, 2018. p. 95–103. DOI: 10.1007/978-3-319-57870-5_5. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-57870-5_5. Acesso em: 28 mar. 2021.

SAUNDERS, Mark; LEWIS, Philip; THORNHILL, Adrian. **Research methods for business students**. Seventh ed. New York: Pearson, 2016.

SCHATZMAN, Leonard; STRAUSS, Anselm L. **Field Research: Strategies for a Natural Sociology**. Toronto: Prentice–Hall, 1973.

SCHLAEPFER, Ralf C.; KOCH, Markus; MERKOFER, Philipp. **Industry 4.0 challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**. Zurich. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2020.

SCHUH, Guenther; POTENTE, Till; VARANDANI, Rawina; SCHMITZ, Torben. Global Footprint Design based on genetic algorithms - An “industry 4.0” perspective. **CIRP Annals**, [S. l.], v. 63, n. 1, p. 433–436, 2014. DOI: 10.1016/j.cirp.2014.03.121.

SCHUMACHER, Andreas; EROL, Selim; SIHN, Wilfried. A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. **Procedia CIRP**, [S. l.], v. 52, p. 161–166, 2016. DOI: 10.1016/j.procir.2016.07.040.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **A teoria do desenvolvimento econômicos**. São Paulo: Abril Cultural, 1911.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Business cycles: a theoretical, historical, and statistical analysis of the capitalist process**. London: McGraw-Hill, 1939.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Capitalismo, socialismo e democracia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961.

SCHUMPETER, Joseph Alois. A Teoria do Desenvolvimento Econômico: uma investigação sobre lucro, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. In: Rio de Janeiro: Nova Cultural, 1982.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: ZAHAR, 1984.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Teoria do Desenvolvimento Econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. Coleção Os ed. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

SCHUTZ, Angela; ESPOLAOR, Cíntia; PACHECO, Débora; FRANCO, Luiz; AMORIM, Marcelo; DE NADAI, Rogéria. **MODELO PARA DESENVOLVIMENTO DA LIDERANÇA FRENTE AO NOVO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0**. 2018. Fundação Dom Cabral, Porto Alegre, 2018. Disponível em:

[https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/82/1/Modelo para desenvolvimento da liderança frente ao novo contexto da indústria 4.0.pdf](https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/82/1/Modelo%20para%20desenvolvimento%20da%20lideran%C3%A7a%20frente%20ao%20novo%20contexto%20da%20ind%C3%BAstria%204.0.pdf). Acesso em: 31 mar. 2021.

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. 1. ed. São Paulo: Edipro, 2016.

Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=XZSWDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=schwab&ots=Y8ff2tLlC9&sig=Dmsr7M_q3GYrWjWOhkAYgvmVExQ#v=onepage&q=schwab&f=false. Acesso em: 5 ago. 2020.

SCHWANDT, Thomas A. Três posturas epistemológicas para a investigação qualitativa: interpretativismo, hermenêutica e construcionismo social. *In*: DENZIN, Norman K. ...; LINCOLN, Yvonna S. (org.). **(Orgs). O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. p. 193–217.

SERVA, Maurício; DIAS, Taisa; ALPERSTEDT, Graziela Dias. Paradigma da complexidade e teoria das organizações: uma reflexão epistemológica. **Revista de Administração de Empresas - RAE**, [S. l.], v. 50, n. 3, p. 276–287, 2010.

SHAMIM, Saqib; CANG, Shuang; YU, Hongnian; LI, Yun. Management approaches for Industry 4.0: A human resource management perspective. *In*: 2016 IEEE CONGRESS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION, CEC 2016 2016, Vancouver. **Anais [...]**. Vancouver: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016. p. 5309–5316. DOI: 10.1109/CEC.2016.7748365. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7748365/>. Acesso em: 31 mar. 2021.

SHARP, Michael; AK, Ronay; HEDBERG JR., Thomas. A survey of the advancing use and development of machine learning in smart manufacturing. **Journal of Manufacturing Systems**, [S. l.], v. 48, p. 170–179, 2018. DOI: 10.1016/j.jmsy.2018.02.004.

SHROUF, F.; ORDIERES, J.; MIRAGLIOTTA, G. Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. *In*: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT 2014, Bandar Sunway. **Anais [...]**. Bandar Sunway: IEEE Computer Society, 2014. p. 697–701. DOI: 10.1109/IEEM.2014.7058728.

SILVA, Alexandra Marisa Aparício Da. **Impacto de soluções de Indústria 4.0 no Mercado de Trabalho em Portugal**. 2018. Universidade do Porto, Porto, 2018. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/116467/2/296427.pdf>. Acesso em: 29 maio. 2021.

SILVA, Marcio Roque Dos Santos Da; OLAVE, Maria Elena Leon. CONTRIBUIÇÕES DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS ASSOCIADAS À INDÚSTRIA 4.0 PARA A FORMAÇÃO PROFISSIONAL. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 82, 2020. DOI: 10.25112/rgd.v17i2.2047. Disponível em: <https://doi.org/10.25112/rgd.v17i2.2047>. Acesso em: 31 mar. 2021.

SILVA, Vander Luiz Da. **Análise da transferência de tecnologia externa orientada à indústria 4.0: vínculos colaborativos entre fornecedor e indústria de manufatura.** 2019. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/3947>. Acesso em: 30 mar. 2021.

SILVERBERG, Gerald; DOSI, Giovanni; ORSENIGO, Luigi. Innovation, Diversity and Diffusion: A Self-Organisation Model. **The Economic Journal**, [S. l.], v. 98, p. 1054, 1988. DOI: 10.2307/2233718.

SJÖDIN, David R.; PARIDA, Vinit; LEKSELL, Markus; PETROVIC, Aleksandar. Smart Factory Implementation and Process Innovation. **Research-Technology Management**, [S. l.], v. 61, n. 5, p. 22–31, 2018. DOI: 10.1080/08956308.2018.1471277. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08956308.2018.1471277>. Acesso em: 28 mar. 2021.

ŚLUSARCZYK, Beata; HAQUE, Adnan Ul. Public services for business environment: Challenges for implementing industry 4.0 in polish and canadian logistic enterprises. **Administratie si Management Public**, [S. l.], v. 2019, n. 33, p. 57–76, 2019. DOI: 10.24818/amp/2019.33-04.

SMITH, Anne. Introduction: “What Grounded Theory is...” **Organizational Research Methods**, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 578–580, 2015. DOI: 10.1177/1094428115604539. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1094428115604539>. Acesso em: 3 ago. 2020.

SOARES, Michelle Beltrão; MACHADO, Laêda Bezerra. Coleta de dados em ambientes virtuais: uma possibilidade para as pesquisas em educação. **Lumen**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 9–27, 2019. Disponível em: https://publicacoes.fafire.br/diretorio/lumen/lumen_v28n1_a01.pdf. Acesso em: 4 set. 2020.

SONY, Michael. Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions. **Production & Manufacturing Research**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 416–432, 2018. DOI: 10.1080/21693277.2018.1540949. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21693277.2018.1540949>. Acesso em: 28 mar. 2021.

SONY, Michael; NAIK, Subhash. Industry 4.0 integration with socio-technical systems theory: A systematic review and proposed theoretical model. **Technology in Society**, [S. l.], v. 61, p. 101248, 2020. DOI: 10.1016/j.techsoc.2020.101248.

STRAUSS, Anselm Leonard. **Qualitative analysis for social scientists.** Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

STRAUSS, Anselm Leonard; CORBIN, Juliet. **Basics of qualitative research: Grounded Theory procedures and techniques.** Newbury Park: Sage, 1990.

STRAUSS, Anselm Leonard; CORBIN, Juliet. Grounded theory methodology: An overview. In: DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yonna (org.). **Handbook of qualitative research.** [s.l.] : Sage Publications, 1994. p. 273–285.

STRAUSS, Anselm Leonard; CORBIN, Juliet. **Basics of qualitative research: grounded theory procedures and techniques.** Newbury Park: Sage Publications, 1998.

STRAUSS, Anselm Leonard; CORBIN, Juliet. **Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

SUDDABY, Roy. FROM THE EDITORS: WHAT GROUNDED THEORY IS NOT. **The Academy of Management Journal**, [S. l.], v. 49, n. 4, p. 633–642, 2006. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/20159789>. Acesso em: 3 ago. 2020.

SÜTŮOVÁ, Andrea; ŠOOŠ, Lubomír; KÓČA, Ferdinand. Learning needs determination for industry 4.0 maturity development in automotive organisations in Slovakia. **Quality Innovation Prosperity**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 122–139, 2020. DOI: 10.12776/QIP.V24I3.1521. Disponível em: <https://www.qip-journal.eu/index.php/QIP/article/view/1521>. Acesso em: 28 mar. 2021.

SUZIGAN, Wilson; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. The underestimated role of universities for the Brazilian system of innovation. **Brazilian Journal of Political Economy**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 3–30, 2011. Disponível em: <https://rep.org.br/rep/index.php/journal/article/view/390/381>. Acesso em: 25 mar. 2021.

ŠVARCOVÁ, Jena; URBÁNEK, Tomáš; POVOLNÁ, Lucie; SOBOTKOVÁ, Eliška. Implementation of R&D Results and Industry 4.0 Influenced by Selected Macroeconomic Indicators. **Applied Sciences**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. 1846, 2019. DOI: 10.3390/app9091846. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/9/1846>. Acesso em: 29 mar. 2021.

TADEU, Hugo Ferreira Braga; DUARTE, André Luis de Castro Moura; TAURION, Cezar; JAMIL, George Leal. Digital transformation: Digital maturity applied to study brazilian perspective for industry 4.0. In: ALCARAZ, Jorge Luis García; CADAVID, Leonardo Rivera; GONZÁLEZ-RAMÍREZ, Rosa Guadalupe; JAMIL, George Leal; CHONG, Mario Gustavo Chong (org.). **Best Practices in Manufacturing Processes: Experiences from Latin America**. [s.l.] : Springer International Publishing, 2018. p. 3–27. DOI: 10.1007/978-3-319-99190-0_1. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-99190-0_1. Acesso em: 6 ago. 2020.

TEECE, David J. Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. **Strategic Management Journal**, [S. l.], v. 28, n. 13, p. 1319–1350, 2007.

THOBEN, Klaus-Dieter; WIESNER, Stefan; WUEST, Thorsten. “Industrie 4.0” and Smart Manufacturing – A Review of Research Issues and Application Examples. **International Journal of Automation Technology**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 4–16, 2017. DOI: 10.20965/ijat.2017.p0004. Disponível em: <https://www.fujipress.jp/ijat/au/ijate001100010004>. Acesso em: 3 ago. 2020.

TIDD, JOE; BESSANT, JOHN. **Gestão da inovação**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=Jyj1BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Gestão+da+Inovação+tidd&ots=onqNP9yxGK&sig=iCThyqkBjQsMj1tnJJ4vieFYc0k#v=onepage&q=Gestão+da+Inovação+tidd&f=false>. Acesso em: 7 ago. 2020.

TIRONI, Luís Fernando. Política de inovação tecnológica: escolhas e propostas baseadas na Pintec. **São Paulo em Perspectiva**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 46–53, 2005. DOI: 10.1590/s0102-

88392005000100004. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392005000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)

[88392005000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392005000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em: 3 ago. 2020.

TJAHJONO, B.; ESPLUGUES, C.; ARES, E.; PELAEZ, G. What does Industry 4.0 mean to Supply Chain? **Procedia Manufacturing**, [S. l.], v. 13, p. 1175–1182, 2017. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.09.191.

TORRES, Maricel Karina López; DE OLIVEIRA, Paulo Cristiano; NUNES, Carolina Schmitt; NAKAYAMA, Marina Keiko. Análise da utilização da Grounded Theory (Teoria Fundamentada nos Dados) na produção científica brasileira entre 2008-2012. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, [S. l.], v. 11, n. 24, 2015. DOI: 10.21713/2358-2332.2014.v11.509. Disponível em:

<http://ojs.rbpg.capes.gov.br/index.php/rbpg/article/view/509>. Acesso em: 3 ago. 2020.

TORTORELLA, Guilherme Luz; CAWLEY VERGARA, Alejandro Mac; GARZA-REYES, Jose Arturo; SAWHNEY, Rapinder. Organizational learning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers. **International Journal of Production Economics**, [S. l.], v. 219, p. 284–294, 2020. a. DOI: 10.1016/j.ijpe.2019.06.023.

TORTORELLA, Guilherme Luz; FETTERMANN, Diego. Implementation of industry 4.0 and lean production in brazilian manufacturing companies. **International Journal of Production Research**, [S. l.], v. 56, n. 8, p. 2975–2987, 2018. DOI:

10.1080/00207543.2017.1391420. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2017.1391420>. Acesso em: 3 ago. 2020.

TORTORELLA, Guilherme Luz; GIGLIO, Ricardo; VAN DUN, Desirée H. Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement. **International Journal of Operations and Production Management**, [S. l.], v. 39, n. 6/7/8, p. 860–886, 2019. DOI: 10.1108/IJOPM-01-2019-0005.

TORTORELLA, Guilherme Luz; PRADHAN, Ninad; MACIAS DE ANDA, Enrique; TREVINO MARTINEZ, Samuel; SAWHNEY, Rupy; KUMAR, Maneesh. Designing lean value streams in the fourth industrial revolution era: proposition of technology-integrated guidelines. **International Journal of Production Research**, [S. l.], v. 58, n. 16, p. 5020–5033, 2020. b. DOI: 10.1080/00207543.2020.1743893. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2020.1743893>. Acesso em: 3 ago. 2020.

TORTORELLA, Guilherme Luz; ROSSINI, Matteo; COSTA, Federica; PORTIOLI STAUDACHER, Alberto; SAWHNEY, Rapinder. A comparison on Industry 4.0 and Lean Production between manufacturers from emerging and developed economies. **Total Quality Management and Business Excellence**, [S. l.], 2019. DOI:

10.1080/14783363.2019.1696184. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14783363.2019.1696184>. Acesso em: 3 ago. 2020.

TORTORELLA, Guilherme; MIORANDO, Rogério; CAIADO, Rodrigo; NASCIMENTO, Daniel; PORTIOLI STAUDACHER, Alberto. The mediating effect of employees' involvement on the relationship between Industry 4.0 and operational performance

improvement. **Total Quality Management and Business Excellence**, [S. l.], v. 32, n. 1–2, p. 119–133, 2021. DOI: 10.1080/14783363.2018.1532789.

TORTORELLA, Guilherme; MIORANDO, Rogério; MAC CAWLEY, Alejandro Francisco. The moderating effect of Industry 4.0 on the relationship between lean supply chain management and performance improvement. **Supply Chain Management**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 301–314, 2019. DOI: 10.1108/SCM-01-2018-0041.

UHLMANN, Vivian Osmari. **UMA TEORIA SUBSTANTIVA SOBRE A GESTÃO DE OPERAÇÕES SUSTENTÁVEIS: CONSIDERAÇÕES À SUSTENTABILIDADE NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM FRIGORÍFICOS BRASILEIROS**. 2017. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Centro Sócioeconômico. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/188436/PCAD1033-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 7 ago. 2020.

UHLMANN, Vivian Osmari; ERDMANN, Rolf Hermann. Usos e aplicações da Grounded Theory em Administração. In: SIMPOI - SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES 2014, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: FGV, 2014.

VEILE, Johannes W.; KIEL, Daniel; MÜLLER, Julian Marius; VOIGT, Kai Ingo. Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [S. l.], v. 31, n. 5, p. 977–997, 2019. DOI: 10.1108/JMTM-08-2018-0270.

VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de pesquisa em Administração**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

VERGARA, Sylvia Constant; CALDAS, Miguel P. Paradigma interpretacionista: a busca da superação do objetivismo funcionalista nos anos 1980 e 1990. **Revista de Administração de Empresas**, [S. l.], v. 45, n. 4, p. 66–72, 2005. DOI: 10.1590/s0034-75902005000400006.

VIEIRA, Karina Pereira; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. O financiamento às atividades inovativas na região Nordeste: uma análise descritiva a partir dos dados da Pintec. **Revista Econômica do Nordeste**, [S. l.], v. 38, n. 3, p. 365–382, 2007. Disponível em: <https://ren.emnuvens.com.br/ren/article/view/542>. Acesso em: 3 ago. 2020.

VLCKOVA, M.; ZEMAN, P.; ALINA, J. Analysis of the Financial Indicators in the Enterprises Affected by Industry 4.0. In: 14TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIBEREC ECONOMIC FORUM 2019, Liberec. **Anais [...]**. Liberec: Tech Univ Liberec, 2019.

VRCHOTA, Jaroslav; VLČKOVÁ, Miroslava; FRANTÍKOVÁ, Zuzana. Division of Enterprises and Their Strategies in Relation to Industry 4.0. **Central European Business Review**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 27–44, 2020. DOI: 10.18267/j.cebr.243. Disponível em: <http://cebr.vse.cz/doi/10.18267/j.cebr.243.html>. Acesso em: 28 mar. 2021.

WANG, Wenshan; ZHU, Xiaoxiao; WANG, Liyu; QIU, Qiang; CAO, Qixin. Ubiquitous Robotic Technology for Smart Manufacturing System. **Computational Intelligence and Neuroscience**, [S. l.], p. 1–14, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/304663294_Ubiquitous_Robotic_Technology_for_

Smart_Manufacturing_System. Acesso em: 3 ago. 2020.

WELLS, Kathleen. The strategy of grounded theory: Possibilities and problems. **Social Work Research**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 33–37, 1995. DOI: 10.1093/swr/19.1.33. Disponível em: <https://academic.oup.com/swr/article/19/1/33/1679140>. Acesso em: 15 ago. 2020.

WERLANG, Nathalia Berger. **Internacionalização de Empresas de Base Tecnológica: Um Estudo Sob a Ótica da Capacidade Absortiva e da Inovação**. 2018. Tese (doutorado) - Centro Socioeconômico, Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2018.

WERSCHING, Klaus. Schumpeterian competition, technological regimes and learning through knowledge spillover. **Journal of Economic Behavior and Organization**, [S. l.], v. 75, n. 3, p. 482–493, 2010. DOI: 10.1016/j.jebo.2010.05.005.

WHYSALL, Zara; OWTRAM, Mike; BRITAIN, Simon. The new talent management challenges of Industry 4.0. **Journal of Management Development**, [S. l.], v. 38, n. 2, p. 118–129, 2019. DOI: 10.1108/JMD-06-2018-0181.

YIN, Robert K. Yin. **Pesquisa Qualitativa do Início ao Fim**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Penso, 2016.

YUAN, Shengjun; MUSIBAU, Hammed Oluwaseyi; GENÇ, Sema Yılmaz; SHAHEEN, Riffat; AMEEN, Anam; TAN, Zhixiong. Digitalization of economy is the key factor behind fourth industrial revolution: How G7 countries are overcoming with the financing issues? **Technological Forecasting and Social Change**, [S. l.], v. 165, p. 120533, 2021. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120533.

ZAWISLAK, Paulo Antonio. Uma abordagem evolucionária para a análise de casos de atividade de inovação no Brasil. **Ensaio FEE**, [S. l.], v. 17, n. 1, 1996. Disponível em: <https://revistas.dee.sp.gov.br/index.php/ensaio/article/view/1847>. Acesso em: 24 mar. 2021.

ZHANG, Dayong; HU, Min; JI, Qiang. Financial markets under the global pandemic of COVID-19. **Finance Research Letters**, [S. l.], p. 101528, 2020. DOI: 10.1016/j.frl.2020.101528.

ZHONG, Ray Y.; XU, Chen; CHEN, Chao; HUANG, George Q. Big Data Analytics for Physical Internet-based intelligent manufacturing shop floors. **International Journal of Production Research**, [S. l.], v. 55, n. 9, p. 2610–2621, 2017. DOI: 10.1080/00207543.2015.1086037. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2015.1086037>. Acesso em: 3 ago. 2020.

ZIAEI NAFCHI, Majid; MOHELSKÁ, Hana. Industry 4.0: The Organizational Culture Perspective. [S. l.], 2019. DOI: 10.36689/uhk/hed/2019-02-058.

APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Pesquisadora: Angélica Pott de Medeiros

Coorientadora: Dra. Gabriela Gonçalves Silveira Fiates

Título da Pesquisa (provisório): Proposta de criação de um modelo teórico explicativo acerca da implementação da Indústria 4.0 em empresas brasileiras

Caro participante:

O Sr.(a) está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “Proposta de criação de um modelo teórico explicativo acerca da implementação da Indústria 4.0 em empresas brasileiras”, de responsabilidade das pesquisadoras Angélica Pott de Medeiros e Gabriela Gonçalves Silveira Fiates. Nesta pesquisa pretendemos compreender como ocorre o processo de implementação da Indústria 4.0 em empresas brasileiras.

Para esta pesquisa adotaremos a pesquisa qualitativa, realizada a partir de entrevistas abertas, com gestores responsáveis pela implementação da Indústria 4.0, a fim de compreender acerca dos processos e elementos que permeiam o fenômeno analisado. Para participar deste estudo o Sr(a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. O Sr.(a) terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento.

A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade. O pesquisador tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome, nome da empresa ou o material que indique sua participação não serão publicados. Os resultados da pesquisa serão divulgados, mas você terá a garantia do sigilo e da confidencialidade dos resultados.

Não há riscos quanto à sua participação e o benefício será ampliar a compreensão do processo de implementação do Indústria 4.0 no contexto brasileiro, o qual poderá contribuir com a tomada de decisão das empresas acerca desse processo. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos.

Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos. Caso você tenha

dúvidas sobre o comportamento dos pesquisadores ou sobre as mudanças ocorridas na pesquisa que não constam neste documento, e caso se considera prejudicado (a) na sua dignidade e autonomia, você pode entrar em contato com o (a) pesquisador(a) Angélica Pott de Medeiros pelo telefone (55)999410096.

Declaração do(a) Participante

Eu, _____, abaixo-assinado(a), tendo sido devidamente esclarecido sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa, declaro que tenho conhecimento dos direitos e das condições que me foram assegurados. E, que minha participação é livre e espontânea, assim, concordo com as condições que me foram apresentadas e, livremente, manifesto minha vontade de participar da referida pesquisa.

Florianópolis, ____ de _____ de 20 ____.

Angélica Pott de Medeiros

Programa de Pós-Graduação em Administração

Universidade Federal de Santa Catarina

E-mail: apm_angelica@yahoo.com.br

Telefone (55) 999410096

Gabriela Gonçalves Silveira Fiates

Programa de Pós-Graduação em Administração

Universidade Federal de Santa Catarina

Assinatura do(a) entrevistado(a)

APÊNDICE B – Carta convite para participação na pesquisa

Caro empresário,

Solicito a gentileza da participação dessa organização na pesquisa da candidata ao título de Doutora em Administração pela UFSC, Angélica Pott de Medeiros.

Sua tese, cujo título provisório é Proposta de criação de um modelo teórico explicativo acerca da implementação da Indústria 4.0 em empresas brasileiras, tem por objetivo compor uma explicação sobre o processo de implementação da Indústria 4.0 em empresas brasileiras. O método para a pesquisa é conhecido como Teoria Fundamentada em Dados e visa desenvolver teoria sobre o fenômeno investigado, teoria esta ancorada nos dados coletados em entrevistas. Destaca-se ainda que, a participação dessa organização irá contribuir para o desenvolvimento de teorias a partir de relevantes casos brasileiros.

A pesquisa irá ocorrer por meio de entrevistas de não mais de 60 minutos por entrevistado. As entrevistas serão sempre agendadas previamente com os candidatos. Acredita-se que iremos realizar 3 a 4 ciclos de entrevistas, com intervalos de 2 a 3 meses cada. Cada ciclo acontecerá com as pessoas do primeiro ou outras, de acordo com a necessidade do trabalho. Destaca-se que os entrevistados precisam ser integrantes da organização, que atuam ou tenham atuado em papéis de decisão relativa implementação de tecnologias no sistema produtivo, como gerentes ou diretores das diversas áreas da organização.

Estamos à disposição para qualquer pergunta sobre a pesquisa, portanto, não hesite em nos questionar. Solicitamos ainda que as entrevistas possam ser gravadas, pois assim as informações serão mais bem registradas. As informações serão tratadas como sigilosas, de uso exclusivo para a pesquisa e não oferecerão risco algum para os participantes.

APÊNDICE C – Roteiro de entrevista inicial – Rodada 1

Questões iniciais

1. Conte qual é seu papel na organização? (suas principais experiências, responsabilidades, trajetória e cargo na empresa, atividades que mais gosta e desafios que você enfrenta no dia-a-dia).
2. Qual a sua atuação no tema?
3. O que vem em mente quando você pensa em tecnologias de produção?

Questões intermediárias

4. O que significa o termo Indústria 4.0 para a instituição (e para você, caso sua percepção seja diferente da dela)?
5. A instituição desempenha atividades com empresas e empreendedores sob o prisma da Indústria 4.0?
6. O que você considera relevante na discussão sobre a Indústria 4.0?
7. Na sua opinião, quais aspectos influenciam na utilização dessas tecnologias na produção?
8. Quais as tecnologias que são relevantes?
9. Como o senhor percebe que as questões voltadas à Indústria 4.0 são tratadas pelas empresas.
10. O senhor percebe uma preocupação por parte dos gestores destas empresas?
11. Considera que as empresas no geral e as atendidas tem se esforçado para desenvolver ou adquirir tecnologias?
12. Fale-me sobre suas experiências com as empresas que buscam aspectos acerca da Indústria 4.0.
13. Quais os motivos que levam as diferentes empresas a desenvolver e implantar essas tecnologias?
14. Há avaliação prévia dos impactos esperados no processo de implementação das tecnologias?
15. Os stakeholders (fornecedores, clientes, entre outros) são integrados ao processo?
16. Há a adaptação do processo produtivo de acordo com as exigências dos mercados internacionais, como ocorre?
17. Poderia contar como estas tecnologias são desenvolvidas para as empresas?

18. Como as decisões desse tipo são tomadas? e implementadas?
19. Todas as empresas fazem assim ou tem empresas que não fazem assim?
20. Que mudanças (estruturais e comportamentais) costumam ser necessárias para que a empresa avance para a incorporação das tecnologias em suas operações?
21. Como você percebe o impacto no perfil das pessoas (forma de trabalhar, na abordagem, forma de se relacionar...) que são contratadas pelas empresas?
22. Qual a relação entre os investimentos tecnológicos para os resultados da empresa? O que muda?
23. Na sua opinião, os planos e incentivos a Indústria 4.0 realmente contribuem para implementação das tecnologias? Ou não, ela impõe mais entraves do que incentivos? Qual a sua opinião sobre a atuação das diferentes agências e o fomento?
24. Na sua opinião, qual o papel da gestão da produção na adoção de tecnologias pelas empresas?

Questões finais

25. Na sua opinião, quais caminhos você considera mais importantes para que uma organização continue no caminho da Indústria 4.0?
26. O que você acredita que poderia ser feito de outra forma?
27. Há algo mais que você considere que eu deva saber para compreender o que acontece nas organizações em termos de escolhas e decisões estratégias relativas adoção de tecnologias?
28. Há algo que você gostaria de me perguntar?

APÊNDICE D – Roteiro de entrevista – Rodada 2

Questões iniciais

1. Conte qual é seu papel na organização? (suas principais experiências, responsabilidades, trajetória e cargo na empresa, atividades que mais gosta e desafios que você enfrenta no dia-a-dia).
2. O que vem em mente quando você pensa em tecnologias de produção?

Questões intermediárias

3. O que significa o termo Indústria 4.0 para a empresa (e para você, caso sua percepção seja diferente da dela)?
4. O que você considera relevante na discussão sobre a Indústria 4.0?
5. Na sua opinião, quais aspectos influenciam na utilização de tecnologias digitais na produção?
6. Quais as tecnologias que são relevantes?
7. Há esforços sendo empreendidos para desenvolver ou adquirir tecnologias?
8. Participa deste processo? Se sim, conte-me experiências. Se não, qual o motivo de não se sentir envolvido. O que sugere para haver maior participação no processo.
9. Quais os motivos que levaram a empresa a desenvolver e implantar essas tecnologias?
10. Há avaliação prévia dos impactos esperados no processo de implementação das tecnologias? Como?
11. A iniciativa da adoção das tecnologias da Indústria 4.0 parte de dentro da empresa, ou há influencia de subsidiárias ou a matriz em outros países? caso se aplique.
12. Os stakeholders (fornecedores, clientes, entre outros) são integrados ao processo? Como?
13. O processo de implementação é todo desenvolvido pela organização? Ou outras empresas são envolvidas?
14. Há a adaptação do processo produtivo de acordo com as exigências dos mercados internacionais, como ocorre?
15. Poderia contar como estas tecnologias surgiram na empresa? Essas decisões são oriundas do nível estratégico ou operacional da organização?
16. Como as decisões desse tipo são tomadas? e implementadas?

17. Que mudanças (estruturais e comportamentais) foram necessárias para que a empresa avançasse para a incorporação das tecnologias em suas operações?
18. Como você percebe o impacto no perfil das pessoas (forma de trabalhar, na abordagem, forma de se relacionar...) que são contratadas pela empresa?
19. Qual a relação entre os investimentos tecnológicos para os resultados da empresa? O que mudou?
20. Na sua opinião, os planos e incentivos a Indústria 4.0 realmente contribuem para implementação das tecnologias? Ou não, ela impõe mais entraves do que incentivos? Qual a sua opinião sobre a atuação das agências e fomento?
21. Na sua opinião, qual o papel da gestão da produção na adoção de tecnologias pela empresa?
22. Em que medida a transformação digital e a adoção de tecnologias participa das decisões estratégicas da área de produção?
23. Como você considera a sua participação com relação a estas decisões.
24. Poderia contar o que a organização possui como propósitos prioritários?
25. Poderia exemplificar as ações direcionadas à Indústria 4.0 desenvolvidas pela empresa?

Questões finais

26. Na sua opinião, quais caminhos você considera mais importantes para que a organização continue no caminho da transformação digital?
27. O que você acredita que poderia ser feito de outra forma?
28. Há algo mais que você considere que eu deva saber para compreender o que acontece na organização em termos de escolhas e decisões estratégicas relativas a adoção de tecnologias?
29. Há algo que você gostaria de me perguntar?

APÊNDICE E – Roteiro de entrevista – Rodada 3

Questões iniciais

1. Conte qual é seu papel na instituição? (suas principais experiências, responsabilidades, trajetória e cargo na empresa, atividades, desafios que você enfrenta no dia-a-dia).
2. O tema Indústria 4.0 está presente na sua atuação?

Questões intermediárias

3. O que significa o termo Indústria 4.0 para a instituição (e para você, caso sua percepção seja diferente da dela)?
4. O que você considera relevante na discussão sobre a Indústria 4.0?
5. Quais as tecnologias que são relevantes?
6. Em que medida temas como transformação digital e Indústria 4.0 tem sido pauta na instituição?
7. A instituição desempenha atividades sob o prisma da Indústria 4.0?
8. Como o atual contexto (pandemia) tem influenciado a adoção da Indústria 4.0?
9. Que ações estão sendo desenvolvidas pela instituição para a I4.0, aprofundar.
10. Como esses planos e incentivos contribuem/irão contribuir com a digitalização da indústria?
11. Na sua opinião, quais aspectos influenciam na utilização de tecnologias digitais pelas empresas?
12. O senhor percebe uma preocupação acerca disso por parte das empresas?
13. Quais parâmetros o senhor considera como necessários para a implementação da Indústria 4.0?
14. Considera que as empresas tem se esforçado para desenvolver ou adquirir essas tecnologias?
15. Quais os motivos que levam as diferentes empresas a implantar essas tecnologias?
16. Que mudanças (estruturais e comportamentais) são necessárias para que as empresas avancem para a incorporação de tecnologias?
17. Como você percebe o impacto no perfil das pessoas (forma de trabalhar, na abordagem, forma de se relacionar...)?
18. Considera que há um ambiente favorável para a transformação digital e a adoção de tecnologias?

Questões finais

19. Na sua opinião, quais caminhos você considera mais importantes para que as empresas possam seguir no caminho da Indústria 4.0?
20. O que você acredita que poderia ser feito de outra forma?
21. Há algo mais que você considere que eu deva saber para compreender o que acontece nas organizações em termos de escolhas e decisões estratégicas relativas adoção de tecnologias?
22. Há algo que você gostaria de me perguntar?

APÊNDICE F – Roteiro de entrevista – Rodada 4

1. Conte qual é seu papel na instituição? (suas principais experiências, responsabilidades, trajetória e cargo na empresa, atividades, desafios que você enfrenta no dia-a-dia).
2. O tema Indústria 4.0 está presente na sua atuação?
3. O que significa o termo Indústria 4.0 para você? E para a empresa?
4. Que atividades estão sendo desenvolvidas pela empresa nesse escopo?
5. Como o atual contexto (pandemia) tem influenciado a adoção da Indústria 4.0?

Condicionantes Externos	Conhecimento e experiências prévias
	Conjuntura econômica
	Ecossistema de inovação
	Era exponencial
Condicionantes Internos	Cultura e Pessoas
	Disponibilidade de Recursos financeiros
	Alta direção (gestores e executivos)
	Tecnologias pré-existentes
	Propensão a identificação de oportunidades de inovação
Ações/Interações	Tornando o tema estratégico na empresa
	Buscando parceiros
	Diagnosticando operações
	Desenvolvendo projetos de inovação
	Adaptando pessoas estruturas e tecnologias
Resultados/Consequências	Resultados

6. Há algo mais que você considere que eu deva saber para compreender o que acontece nas organizações em termos de escolhas e decisões estratégicas relativas adoção de tecnologias?
7. Há algo que você gostaria de me perguntar?
8. Encaminhar validação do modelo.

APÊNDICE G – Códigos e proposições

Códigos – categoria “buscando parceiros”	
<ul style="list-style-type: none"> - Observando diferente níveis de conhecimento sobre o tema - Levando um pensamento crítico para a indústria - Trabalhando em conjunto com outras empresas em projetos de I4.0 - Identificando no mercado empresas que aplicam as tecnologias 	4a
<ul style="list-style-type: none"> - Refletindo sobre a necessidade de ação coordenada para requalificação dos profissionais para a I4.0 - Buscando integrar os agentes em prol da I4.0 - Cooperando em prol do desenvolvimento - Buscando montar seu ecossistema de inovação - Apoiando o processo de implementação nas empresas - Atuando em atividades relacionadas a I4.0 - Atuando como Font Office para os clientes industriais - Visando ser o parceiro da indústria brasileira na jornada 4.0 - Oferecendo suporte as empresas no seu desenvolvimento 4.0 - Atendendo a diferentes tamanhos de empresas que buscam projetos de inovação 	4b
<ul style="list-style-type: none"> - Buscando tecnologias em feiras - Observando a dificuldade de implementação devido ao <i>know how</i> - Buscando aproximação com as tecnologias para a avaliação da implementação - Realizando visitas em outras empresas - Estabelecendo <i>bechmarking</i> com outras empresas no exterior - Fomentando espaços de <i>open inovation</i> pela organização - Obtendo suporte na implementação com outras unidades da empresa 	5a
<ul style="list-style-type: none"> - Firmando parcerias em prol da aprendizagem - Demandando novas habilidade - Verificando a necessidade de capacitação devido ao projeto - Necessitando da formação de técnicos para atuar nas novas tecnologias - Necessitando de capacidade técnica e financeira para implementação - Identificando as novas skills necessárias para os colaboradores - Aproveitando a parada para gerar novos aprendizados e avaliar a situação - Capacitando-se diante da transformação da I4.0 - Capacitando os membros da equipe 	5b
<ul style="list-style-type: none"> - Terceirizando atividades devido a falta de know-how - Demonstrando que a implementação da I4.0 não é um trajeto solitário - Contando com o know-how dos fornecedores - Desenvolvendo projeto com parceiro - Implementando com apoio e execução de instituição - Considerando o trabalho das startups - Recrutando fornecedores de tecnologias para a I4.0 - Buscando parceria para o desenvolvimento do projeto interno de I4.0 - Contratando fornecedores para executar os projetos de I4.0 - Envolvendo diferentes modelos organizacionais - Estabelecendo parceria para identificar oportunidades 	5c
<ul style="list-style-type: none"> - Buscando integrar os agentes em prol da I4.0 - Mostrando que a implementação não é um trajeto solitário 	6a
<ul style="list-style-type: none"> - Contando com o know-how dos fornecedores - Buscando aproximação com as tecnologias para avaliação de implementação - Buscando novos conhecimentos 	6b
<ul style="list-style-type: none"> - Seguindo uma metodologia estruturada de ação 	6c
<ul style="list-style-type: none"> - Seguindo uma metodologia estruturada de ação - Analisando o estágio de maturidade da empresa e seu processo produtivo 	6d
<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvendo projeto com parceiro - Contando com o know-how dos fornecedores - Contratando os fornecedores para executar os projetos de I4.0 	6e

- Seguindo uma metodologia estruturada de ação - Buscando aproximação com as tecnologias para avaliação de implementação	
Códigos – categoria “diagnosticando as operações”	
- Implementando a I4.0 devido a uma decisão global da organização <i>top-down</i> - Forçando a organização através de decisão <i>top-down</i> - Sensibilizando <i>top-down</i> para a importância da implementação - Apadrinhando o programa de implementação da I4.0.	7a
- Desenvolvendo projeto com parceiro - Contando com o know-how dos fornecedores - Contratando os fornecedores para executar os projetos de I4.0 - Seguindo uma metodologia estruturada de ação - Analisando o estágio de maturidade da empresa e seu processo produtivo	7b
- Aproveitando que as pessoas trabalham diretamente com os gaps para identificar as oportunidades - Percebendo o desconhecimento como uma barreira - Utilizando ferramentas para análise de oportunidades de melhoria	7c
- Analisando a realidade da empresa para determinar as tecnologias	7d
- Utilizando os frutos da pesquisa de marketing para melhorar o processo - Adaptando-se as necessidades do mercado consumidor	7e
- Identificando os gaps para a definição da tecnologia apropriada - Aproveitando que as pessoas trabalham diretamente com os gaps para identificar as oportunidades - Buscando atuar nas falhas não previstas pela empresa - Iniciando do ponto mais crítico da fábrica - Visando I4.0 como soluções de problemas - Identificando os gaps para somente após envolver parceiro externo - Priorizando as resoluções de falhas e gaps no processo produtivo - Identificando gaps e oportunidades de melhorias	8a
- Utilizando os frutos da pesquisa de marketing para melhorar o processo - Adaptando-se ao mercado consumidor - Antecipando o movimento do mercado - Direcionando tecnologias conforme a demanda do mercado - Balanceando as necessidades dos mercados e as necessidades do fornecedor - Captando sugestões de melhoria dos stakeholders - Avaliando e validando sugestões através de um processo lógico e sistemático - Coletando dados para a análise do ponto de partida de melhorias - Identificando gaps e oportunidades de melhorias	8b
- Contratando fornecedores para executar os projetos de I4.0 - Identificando gaps e oportunidades de melhoria	9a
- Analisando a realidade do negócio para determinar a tecnologia	9b
Códigos – categoria “desenvolvendo projetos de inovação”	
- Observando os impactos da conjuntura econômica na implementação - Sofrendo com os impactos da retração na indústria - Observando que a conjuntura incentiva devido a impossibilidade de repassar custos	10a
- Exigindo decisões em prol da competitividade - Implementando tecnologias visando manter-se no mercado - Estando a frente dos concorrentes	10b
- Evidenciando a necessidade de sistematizar as experiências e tecnologias disponíveis - Identificando no mercado empresas que aplicam as tecnologias e há sinergia com ela - Observando diferentes níveis de conhecimento sobre o tema - Trabalhando em conjunto com outras empresas em projetos de I4.0	10c
- Considerando que as universidades poderiam incentivar mais as empresas - Impulsionando a adoção da I4.0 - Atuando em atividades relacionadas a indústria 4.0 - Atuando junto a empresa para a tomada de decisão e implementação - Atendendo as necessidades e exigências da empresa na implementação - Contribuindo para gerar inovações na indústria - Destacando a importância de empresas de base tecnológica	10d

<ul style="list-style-type: none"> - Oportunizando o financiamento a pequenas e médias empresas - Percebendo o fomento no país em alguns casos - Desenvolvendo linhas de financiamento para tecnologias 4.0 - Oferecendo suporte a empresas no seu desenvolvimento à I4.0 - Apoiando o processo de implementação nas empresas - Fornecendo produtos para que o cliente passe pela transformação digital - Compreendendo questões legais por trás da transformação - Dependendo de segurança jurídica e regulamentação para a adoção de certas tecnologias 	
<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilizando orçamento para desenvolvimento de projetos de I4.0 - Investindo em P&D por obrigação - Carecendo de incentivo financeiro para a transformação - Carecendo de fontes de financiamento dessa modernização 	10e
<ul style="list-style-type: none"> - Analisando o estágio de maturidade da empresa e seu processo produtivo - Entendendo que a adoção de certas tecnologias depende de pré-requisitos 	10f
<ul style="list-style-type: none"> - Estando aberto a inovação - Liderando a equipe de produção em prol da identificação de oportunidades de melhoria 	10g
<ul style="list-style-type: none"> - Implementando a I4.0 devido a uma decisão global da organização <i>top-down</i> - Forçando a organização através de decisão <i>top-down</i> - Sensibilizando <i>top-down</i> para a importância da implementação - Apadrinhando o programa de implementação da I4.0. - Integrando as diferentes ações empreendidas devido a uma decisão <i>top-down</i> 	10h
<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvendo projeto com parceiro - Contando com o know-how dos fornecedores - Contratando os fornecedores para executar os projetos de I4.0 - Seguindo uma metodologia estruturada de ação - Buscando aproximação com as tecnologias para avaliação de implementação 	10i
<ul style="list-style-type: none"> - Analisando a realidade da empresa para determinar as tecnologias - Identificando os gaps para a definição da tecnologia apropriada - Descartando tecnologias diante do contexto organizacional - Compartilhado os resultados do mapeamento de oportunidade com as demais áreas 	10j
<ul style="list-style-type: none"> - Adotando as tecnologias sem suspender o processo produtivo - Atendendo a requisitos de segurança do trabalho - Avaliando as especificidades do projeto para definir os limites na cadeia produtiva - Buscando a implementação com foco na melhoria - Buscando a integração dos agentes da cadeia produtiva - Buscando a salubridade no trabalho - Buscando alternativas que atendam a necessidade da empresa em relação a ferramentas da gestão da produção - Buscando assegurar a integridade das pessoas no desempenho do trabalho - Buscando assegurar a qualidade do produto através da rastreabilidade - Buscando bem-estar social com a implementação da I4.0 no país - Buscando conectar os diferentes projetos dentro da empresa para aumentar o ganho - Buscando melhorar a eficiência nos processos - Buscando resultado em termos de performance, produtividade, qualidade e rentabilidade - Centrando o foco na estrutura e análise dos dados do chão de fábrica - Conectando as tecnologias ao core business e destacando-se no mercado - Mapeamento tecnológico para o processo decisório - Mapeamento tecnológico para o processo produtivo - Mapeando as tecnologias disponíveis no mercado - Compartilhando os resultados do mapeamento das oportunidades com as demais áreas - Definindo o portfólio de tecnologias - Delineando o <i>roadmap</i> tecnológico - Demonstrando as potencialidades e impactos das tecnologias - Desenhando os projetos de I4.0 internamente - Desenvolvendo a proposta de implementação para aprovação - Desenvolvendo o processo internamente - Destacando a inviabilidade de embarcar tecnologias no produto - Percebendo a necessidade de repensar o produto oferecido 	11a

<ul style="list-style-type: none"> - Prospectando projetos - Revendo o produto oferecido - Revisando os modelos de negócios - Separando a visão de I4.0 voltada ao produto e a manufatura - Analisando a viabilidade técnica, comercial e econômica - Aprovando projetos diante do retorno e viabilidade econômica - Avaliando a efetividade do projeto de implementação - Avaliando aspectos como tempo de implementação e custo do projeto - Avaliando os impactos ergonômicos do projeto - Avaliando profundamente os investimentos em tecnologia - Decidindo através da análise dos custos de implementação - Avaliando a redução de custos devido a implementação - Definindo matrizes para priorização de implementação 	
<ul style="list-style-type: none"> - Analisando o estágio de maturidade da empresa e seu processo produtivo - Adquirindo maturidade para a I4.0 - Trabalhando a base estrutural para possibilitar a migração para a conectividade - Maturando tecnologias de produção para aprimorar a implementação da I4.0 - Implementando o conceito a partir de diferentes ferramentas de gestão da produção - Habilitando a implementação pela tecnologia 	11b
- Identificando os gaps para somente depois envolver parceiro externo	12a
- Atuando junto a empresa na tomada de decisão e implementação	12b
- Compreendendo as especificidades dos projetos de I4.0	12c
Códigos – categoria “implementando projetos de inovação”	
<ul style="list-style-type: none"> - Destacando que os investimentos e os riscos são altos - Disponibilizando orçamento para desenvolvimento de projetos de I4.0 - Necessitando de capacidade técnica e financeira 	13a
- Envolvendo os stakeholders no processo de implementação da indústria 4.0	13b
<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecendo o papel da gestão da produção - Precisando de patrocínio da alta direção - Reconhecendo o papel dos empresários na mudança 	13c
- Reconhecendo a importância das pessoas na mudança	13d
<ul style="list-style-type: none"> - Atuando junto a empresa na tomada de decisão e implementação - Delineando o <i>roadmap</i> tecnológico 	13e
<ul style="list-style-type: none"> - Confrontando o fixed mindset - Criando uma cultura organizacional de aprendizagem - Descentralizando a decisão a partir da mudança de mindset - Enfrentando desafios para a adaptação das pessoas - Inserindo novos colaboradores e abordagens a cultura organizacional - Mudança das pessoas às organizações - Mudando a cultura organizacional devido aos incentivos das unidades - Observando a resistência as mudanças - Passando a coordenar o conjunto de habilidades das pessoas - Percebendo a cultura organizacional de implementação de novas tecnologias - Permitindo a flexibilização da tomada de decisão - Quebrando a resistência as mudanças no coletivo da organização - Reconhecendo a importância de mudança na cultura organizacional 	14a
<ul style="list-style-type: none"> - Promovendo mudanças drásticas na estrutura fabril - Adotando diferentes estruturas organizacionais conforme especificidade - Atendendo as demandas dos projetos centrados em automação - Criando um setor para implementação de tecnologias - Definindo o tema como de responsabilidade de áreas da tecnologia da informação - Determinando os papéis dentro da organização para evitar sobreposição - Enfatizando a multidisciplinariedade na atuação - Expandindo a equipe responsável pelos projetos - Estabelecendo equipes - Formando um time global para o desenvolvimento e implementação - Impactando o modelo de negócios - Incorporando empresas de tecnologia 	14b

- Necessitando repensar a forma de se organizar para atender os atuais requisitos	
<ul style="list-style-type: none"> - Admitindo a possibilidade do erro controlado - Admitindo a chance de fracasso - Buscando maior certeza - Compartilhando o risco - Conscientizando que os projetos possuem maior incerteza - Considerando o risco de erros e falhas - Destacando que os investimentos e os riscos são altos - Encarando um alto risco na implementação ou arriscando desaparecer - Tolerando um risco maior na adoção de tecnologias novas 	14c
<ul style="list-style-type: none"> - Dando-se ao luxo de testar a implementação de tecnologias - Demonstrando a implementação através de um laboratório piloto - Escalando os projetos de I4.0 a partir do resultado do projeto piloto - Iniciando com um projeto piloto para minimizar investimentos 	14d
- Implementando tecnologias de formas pioneiras	15a
- Enfrentando a I4.0 como uma escalada	15b
- Criando eficiência operacional para ser mais competitivo	15c
- Gerando novos comportamentos da pessoa diante da tecnologia	15d