



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Mecânica

LUIZ ARNALDO BIAGIO

**Um Método para a Migração dos Recursos de
Transformação em Empresas Manufatureiras
Sistemistas para a Indústria 4.0**

CAMPINAS
2022

LUIZ ARNALDO BIAGIO

**Um Método para a Migração dos Recursos
de Transformação em Empresas
Manufatureiras Sistemistas para a Indústria
4.0**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia
Mecânica da Universidade Estadual de Campinas
como parte dos requisitos exigidos para obtenção
do título de Doutor em Engenharia Mecânica, na
Área de Materiais e Processos de Fabricação.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Batocchio

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À
VERSÃO FINAL DA TESE DO ALUNO
LUIZ ARNALDO BIAGIO ORIENTADO
PELO PROFESSOR DR. ANTONIO
BATOCCHIO

**CAMPINAS
2022**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

B47m Biagio, Luiz Arnaldo, 1956-
Um método para a migração dos recursos de transformação em empresas
manufatureiras sistematizadas para a Indústria 4.0 / Luiz Arnaldo Biagio. –
Campinas, SP : [s.n.], 2022.

Orientador: Antônio Batocchio.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Engenharia Mecânica.

1. Indústria 4.0. 2. Engenharia de manufatura. 3. Planejamento dos
recursos de manufatura. 4. Modelagem de processos. 5. Prototipagem rápida.
I. Batocchio, Antônio, 1953-. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: A method for migrating transformation resources in systemist
manufacturing companies to Industry 4.0

Palavras-chave em inglês:

Industry 4.0

Manufacturing engineering

Manufacturing resource planning

Process modeling

Rapid prototyping

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Doutor em Engenharia Mecânica

Banca examinadora:

Antônio Batocchio [Orientador]

Orlando Fontes Lima Júnior

Olívio Novaski

Arthur José Vieira Porto

Lin Chau Jen

Data de defesa: 27-09-2022

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Mecânica

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-1055-650x>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/1696581506190207>

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

TESE DE DOUTORADO ACADÊMICO

**Um Método para a Migração dos Recursos
de Transformação em Empresas
Manufatureiras Sistemistas para a Indústria
4.0**

Autor: Luiz Arnaldo Biagio

Orientador: Prof. Dr. Antonio Batocchio

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Tese:

**Prof. Dr. Antonio Batocchio, Presidente
FEM/Unicamp**

**Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnio
FECFAU/Unicamp**

**Prof. Dr. Olívio Navaski
FEM/Unicamp**

**Prof. Dr. Arthur José Vieira Porto
EESC/USP**

**Prof. Dr. Lin Chau Jen
INDÚSTRIA/IFSP-Campus Salto**

A Ata de Defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

Campinas, 27 de setembro de 2022.

Dedicatória

Este trabalho é dedicado

aos meus pais (*in memoriam*), por acreditarem que a escola era o melhor caminho para a minha formação e que os livros eram a chave do sucesso.

Aos meus filhos Alexandre e Gabriela, simplesmente as razões dos meus sonhos das minhas realizações.

À minha netinha Odara, um pedacinho de felicidade que iluminou meu viver.

À minha esposa Maria Rita, minha amada, que me permitiu realizar sonhos e crescer como ser humano.

Por fim, mas não menos importante, dedico este trabalho, à Nossa Senhora Aparecida, que segurou nas minhas mãos e me ajudou a superar o momento mais difícil da minha vida.

Agradecimentos

O termino deste trabalho somente tornou-se possível com a participação de algumas pessoas às quais presto minha homenagem:

- Ao Prof. Dr. Antonio Batocchio, meu orientador, que além da orientação teve muita paciência durante as minhas idas e vindas na elaboração da pesquisa. Obrigado, meu amigo, você estará para sempre na minha mente e no meu coração.
- Ao Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho (*in memoriam*) pelo incentivo, motivação e pelo exemplo de homem e profissional que me transmitiu. Professor, esteja onde estiver, tenha a certeza de que seu exemplo de vida marcou a minha vida.
- Aos professores, funcionários e colegas do DEF/FEM que muito me horaram com a dedicação e amizade.
- À Bruna Freitas Romero da Secretaria de Pós-Graduação pela disponibilidade e presteza no auxílio ao meu filho e minha esposa para a realização da minha matrícula no SIGA, enquanto eu me encontrava hospitalizado, vitimado pela Covid-19.
- Ao IFSP – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, que através do Edital DDGP-PRODI-CPPD N° 02/2020 permitiu com meu afastamento remunerado, a estrutura fundamental para a conclusão deste trabalho.
- Aos meus colegas de trabalho do IFSP – Campus Salto pela torcida, motivação e apoio nos momentos de angústia e ansiedade.
- À minha esposa Maria Rita, meus filhos, Alexandre e Gabriela, minha neta Odara, pela compreensão durante as horas de minha ausência.
- À equipe médica, gestores, assistentes sociais e pessoal do atendimento do Hospital Municipal de Itu que não mediram esforços e dedicação para a minha pronta recuperação diante da Covid-19.
- À Deus e Nossa Senhora Aparecida, pela saúde, pela coragem diante dos obstáculos, pela minha total recuperação, enfim pela vida, razão maior de nossa existência.

Resumo

Este trabalho tem por objetivo propor um método para analisar e identificar os principais recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas e desenvolver as estratégias para estabelecer o nível de aderência destas empresas ao processo de migração dos principais recursos de transformação para a “Indústria 4.0”. Através da revisão bibliográfica buscou-se a sedimentação dos principais conceitos e definições acerca dos temas envolvidos, com o objetivo de comprovar o potencial do método proposto como instrumento para a tomada de decisão das empresas manufatureiras sistemistas diante da migração de seus recursos de transformação para a Indústria 4.0. Durante a revisão bibliográfica, não foi identificado nenhuma ferramenta que apontasse para aplicações sobre o tema, o que destaca a contribuição desta pesquisa no âmbito das empresas manufatureiras sistemistas. O método tratou do desenvolvimento de um mapa do processo de migração, determinando onde uma empresa manufatureira sistemista deve chegar para atuar no âmbito da Indústria 4.0, guardadas as tecnologias existentes atualmente. O mapa do processo de migração foi desenvolvido através de uma pesquisa bibliográfica que compôs a base teórica do mapeamento e uma pesquisa exploratória levada a cabo em sete empresas manufatureiras sistemistas pertencentes à cadeia de suprimentos de uma empresa fabricante de eletrodomésticos da linha branca. A aderência das empresas sistemistas ao mapa do processo de migração foi estabelecida através de um diagnóstico aplicado em uma das sete empresas participantes da pesquisa exploratória, escolhida ao acaso e em uma empresa manufatureira sistemista pertencente à cadeia de suprimentos de uma empresa fabricante de automóveis. A análise dos resultados obtidos pelo método desenvolvido tanto do “Mapa do Processo de Migração”, quanto da aplicação do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” em períodos regulares de tempo, permitiu concluir que a administração da empresa manufatureira sistemista terá à sua disposição, um leque de informações que permitirá a tomada de decisão de tal forma que irá reduzir os impactos causados pela Indústria 4.0 no seu ambiente geral.

Palavras Chave: Indústria 4.0; manufatura sistemista; recursos de manufatura; método de migração, recursos de transformação.

Abstract

This work aims to propose a method to analyze and identify the main transformation resources of systemic manufacturing companies and to develop strategies to establish the level of adherence of these companies to the process of migration of the main transformation resources to “Industry 4.0”. Through the bibliographic review, we sought to consolidate the main concepts and definitions of the themes involved, to prove the potential of the proposed method as an instrument for decision-making by systemist manufacturing companies in the face of the migration of their transformation resources to Industry 4.0. During the bibliographic review, no tool was identified that pointed to applications on the subject, which highlights the contribution of this research within the scope of systemic manufacturing companies. The method dealt with the development of a map of the migration process, determining where a systemist manufacturing company should arrive to act within the scope of Industry 4.0, keeping the currently existing technologies. The migration process map was developed through bibliographical research that formed the theoretical basis of the mapping and exploratory research carried out in seven systemic manufacturing companies belonging to the supply chain of a White-line home appliance manufacturer. The adherence of the systemist companies to the migration process map was established through a diagnosis applied in one of the seven companies participating in the exploratory research, chosen at random and in a systemist manufacturing company belonging to the supply chain of a car manufacturing company. From the results obtained by the method developed both for the “Map of the Migration Process”, and the application of the “Diagnosis to Assess the Adherence of the Map of the Migration Process” in regular periods, it was possible to conclude that the management of the systemic manufacturing company will have them at your disposal, a range of information that will allow decision-making in such a way that will reduce the impacts caused by Industry 4.0 on your general environment.

Keywords: Industry 4.0; systemist manufacturing; manufacturing resources; migration method, transformation resources.

Lista de Ilustrações

Figura 1: Contexto histórico da 4ª Revolução Industrial	19
Figura 2: Fluxograma abordando a aprendizagem baseada no trabalho por meio da Indústria 4.0	40
Figura 3: Fluxograma do roteiro estratégico para a transição da Indústria 4.0	46
Figura 4: Descrição a metodologia para diversificação colaborativa da Indústria 4.0	47
Figura 5: Parcela do setor manufatureiro no valor adicionado total regional entre 1970 e 2015	50
Figura 6: Gráfico com a participação com valor adicionado mundial da indústria de transformação para os 16 maiores produtores em 2019 (%)	51
Figura 7: Representação esquemática de um sistema de produção	53
Figura 8: Representação esquemática da composição dos tipos de operações	54
Figura 9: Representação esquemática das áreas de influência dos tipos de processo de manufatura	57
Figura 10: Fluxograma do roteiro das estratégias de manufatura para a transição da Indústria 4.0	61
Figura 11: Fluxograma das estratégias de gestão da cadeia de suprimentos para a transição da Indústria 4.0	61
Figura 12: Estrutura conceitual do modelo sociotécnico para manufatura inteligente	62
Figura 13: Modelo de sistema de manufatura ampliado	64
Figura 14: A organização, os níveis de seus ambientes e os componentes desses níveis	65
Figura 15: Cadeia de valor genérica	65
Figura 16: Maturidade industrial e estágios de implementação	76
Figura 17: Modelo de maturidade para a revolução industrial	78
Figura 18: Fluxograma da metodologia da pesquisa	89
Figura 19: Gráfico com as publicações selecionadas ao longo dos últimos 10 anos	97
Figura 20: Gráfico dos resultados das respostas para as dimensões dos recursos de transformação verticais	110
Figura 21: Gráfico dos resultados das respostas para as dimensões dos recursos de transformação transversais	110
Figura 22: Fluxograma do desenvolvimento do mapa do processo de migração	114
Figura 23: Representação esquemática das áreas de influência dos tipos de processos de manufatura sistêmica	117
Figura 24: Representação esquemática de um mapa geral de operações para empresas manufatureiras	120

Figura 25: Representação esquemática de um mapa do processo de operações para empresas manufatureiras sistemistas	121
Figura 26: Representação esquemática das áreas de influência dos tipos de processos de manufatura da Indústria 4.0	123
Figura 27: Representação esquemática do mapa do processo de migração para empresas manufatureiras sistemistas na Indústria 4.0	124
Figura28: Modelo esquemático do diagnóstico	134
Figura 29: Curva de distribuição normal com a indicação das áreas de desempenho	140
Figura 30: Curva de distribuição normal achatada	140
Figura 31: Curva de distribuição normal assimétrica	141
Figura 32: Exemplo de curva de distribuição normal com comparação de desempenho.	141
Figura 33: Fluxograma com as etapas de aplicação do diagnóstico	142
Figura 34: Fluxograma com os elementos da etapa de planejamento	143
Figura 35: Fluxograma com os elementos da etapa de preparação	144
Figura 36: Fluxograma com os elementos da etapa de realização	146
Figura 37: Fluxograma com os elementos da etapa de finalização	147
Figura 38: Gráfico com os resultados do diagnóstico na “Empresa A”	154
Figura 39: Gráfico com os resultados do diagnóstico na “Empresa Z”	155
Figura 40: Curva de distribuição normal da “Empresa A”	156
Figura 41: Curva de distribuição normal da “Empresa Z”	156
Figura 42: Curvas de distribuição normal conjunta das “Empresas A e Z”	158
Figura 43: Gráfico radar conjunto das “Empresas A e Z”	163

Lista de Tabelas

Tabela 1: Resultados da busca preliminar por documentos pertinentes à pesquisa	93
Tabela 2: Resultado da busca 2 – associação de grupos de termos	95
Tabela 3: Número de artigos por bancos de dados	97
Tabela 4: Periódicos com maiores números de publicações identificadas	98
Tabela 5: Dimensões por modelos da Indústria 4.0 identificados na pesquisa bibliográfica	102
Tabela 6: Dimensões classificadas nos modelos analisados	103
Tabela 7: Tabulação dos resultados das respostas para as dimensões dos recursos de transformação verticais	109
Tabela 8: Tabulação dos resultados das respostas para as dimensões dos recursos de transformação transversais	109
Tabela 9: Pontuação para a relação “dimensões dos modelos x tipos de modelos”	116
Tabela 10: Classificação dos modelos	118
Tabela 11: Relevância dos recursos de transformação em função do número de publicações	136
Tabela 12: Tabulação dos resultados do diagnóstico na “Empresa A”	153
Tabela 13: Tabulação dos resultados do diagnóstico na “Empresa Z”	154
Tabela 14: Resultados dos cálculos estatísticos da “Empresa A”	155
Tabela 15: Resultados dos cálculos estatísticos da “Empresa Z”	156
Tabela 16: Resultados dos cálculos estatísticos conjunto das “Empresas A e Z”	158
Tabela 17: Resultados da aplicação do Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração nas Empresas “A” e “Z”	162

Lista de Quadros

Quadro 1: Ciclos dos processos de gestão da produção	17
Quadro 2: Ciclos dos processos de gestão da produção x ciclos das revoluções industriais	21
Quadro 3: Resumo das classificações da pesquisa	27
Quadro 4: Classificação das formas modernas de manufatura distribuída	33
Quadro 5: Impactos da 4ª Revolução Industrial na sustentabilidade das empresas	34
Quadro 6: Tecnologias da manufatura inteligente	43
Quadro 7: Principais tendências de tecnologia na Indústria 4.0	44
Quadro 8: Forças motrizes e barreiras da Indústria 4.0	48
Quadro 9: Definições dos recursos de entrada em um sistema de manufatura.....	59
Quadro 10: Requisitos para o desenvolvimento da modelagem de negócios	69
Quadro 11: Resumo da revisão da literatura	74
Quadro 12: Visão geral dos modelos de maturidade PSS	75
Quadro 13: Dimensões de maturidade e alguns itens de maturidade exemplares	77
Quadro 14: Análise dos modelos de diagnósticos	81
Quadro 15: Classificação das pesquisas	85
Quadro 16: Tipos de revisão sistemática	90
Quadro 17: Tipos de revisão sistemática mista	91
Quadro 18: Lista das bases de dados mais consolidadas	92
Quadro 19: Escala de classificação dos artigos selecionados quanto à relevância	98
Quadro 20: Relação dos artigos que representam a fronteira do conhecimento no tema desta tese	99
Quadro 21: Temas transversais e respectivas numerações das questões no formulário ...	107
Quadro 22: Comparativo entre as dimensões dos modelos e os recursos de transformação das pesquisas	122
Quadro 23: Cronograma de aplicação do diagnóstico	151

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Contexto	17
1.2	Hipóteses	24
1.3	Objetivos	24
1.3.1	Objetivo geral	24
1.3.2	Objetivos específicos	25
1.4	Justificativa da pesquisa	25
1.5	Delimitação da pesquisa	26
1.6	Organização do trabalho	27
2	CONCEITOS E INDÚSTRIA 4.0	30
2.1	Introdução	30
2.2	Quarta Revolução Industrial	30
2.2.1	Indústria 4.0	36
2.2.1.1	Tecnologias da Indústria 4.0	42
2.2.1.2	Estratégias para a Indústria 4.0	45
2.2.1.3	Organização industrial para a Indústria 4.0	46
2.3	Manufatura	50
2.3.1	Sistemas de manufatura	52
2.3.2	Operações de manufatura	54
2.3.2.1	Tipos de empresas em operações de manufatura	54
2.3.2.1.1	Empresa mantenedora	55
2.3.2.1.2	Empresa sistemista	55
2.3.2.2	Tipos de processos em operações de manufatura	55
2.3.3	Recursos de transformação	58
2.3.4	Manufatura inteligente	60
2.4	Modelos nas operações de manufatura	63
2.4.1.	O arcabouço dos modelos	63
2.4.2.	Modelos de gestão	64
2.4.3.	Modelos de negócios para manufaturas	66
2.4.3.1.	Modelos de negócios para a Indústria 4.0	68
2.4.4.	Modelos de maturidade	71

2.4.5.	Dimensões dos modelos	78
2.5.	Medição da prontidão para a Indústria 4.0	79
2.6.	Diagnósticos empresariais	79
2.7	Considerações sobre os conceitos e Indústria 4.0	82
3	MÉTODO DE PESQUISA	84
3.1	Introdução	84
3.2	Dimensões da pesquisa	86
3.2.1	Dimensão epistemológica	86
3.2.2	Dimensão metódica	87
3.3	Revisão sistemática da literatura e dos métodos e modelos	89
3.3.1	Delimitação da questão	91
3.3.2	Seleção da base de dados	92
3.3.3	Estratégia de busca e critérios de escolha	93
3.4	Pesquisa exploratória	100
3.4.1	Estabelecimento das dimensões do modelo de referência	101
3.4.1.1	Dimensões estabelecidas pela pesquisa bibliográfica	101
3.4.1.2	Dimensões estabelecidas por formulários	103
3.4.1.3	Entrevistas	108
3.4.1.4	Tabulação e apresentação dos resultados	108
3.4.2	Considerações sobre os resultados	111
3.5	Comentários finais sobre o método de pesquisa.	111
4	DESENVOLVIMENTO DO MAPA DO PROCESSO DE MIGRAÇÃO	113
4.1	Introdução	113
4.2	Os componentes da criação do mapa do processo de migração	115
4.2.1	Pesquisa e seleção de modelos existentes	115
4.2.2	Identificação dos modelos de influência	116
4.2.3	Identificação dos tipos de processos em operações de manufatura	117
4.2.4	Tipos de modelos	117
4.2.4.1	Modelos de organização	118
4.2.4.2	Modelos de operação	119
4.2.4.3	Modelos de negócios	119
4.2.5	Mapa geral do processo de operações para as empresas sistemistas	120
4.2.6	Definição das dimensões-chave do mapa do processo de migração	121
4.2.7	Tipos de processos em operações de manufatura na Indústria 4.0	122

4.3	Mapa do processo de migração para empresas sistemistas na Indústria 4.0	123
4.4	Considerações sobre o mapa do processo de migração desenvolvido	124
4.5	Comentários sobre o mapa do processo de migração	125
5.	DESENVOLVIMENTO DA ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO	126
5.1	Introdução	126
5.2	Os níveis do diagnóstico de avaliação	128
5.3	O sistema de pontuação	132
5.4	A estrutura do diagnóstico	133
5.5	Avaliação dos resultados do diagnóstico	134
5.6	Aplicação do diagnóstico	141
5.6.1	Etapa de planejamento	142
5.6.2	Etapa de preparação	143
5.6.3	Etapa de realização	144
5.6.4	Etapa de finalização	146
5.7	Comentários sobre o desenvolvimento do diagnóstico e as análises recorrentes	147
5.8	Considerações sobre a estratégia de avaliação	148
6	AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA DO MAPA DO PROCESSO DE MIGRAÇÃO	149
6.1	Contexto	149
6.2	Aplicação do diagnóstico	150
6.2.1	Etapa de planejamento	151
6.2.2	Etapa de preparação	152
6.2.3	Etapa de realização	152
6.2.4	Etapa de finalização	153
6.3	Análise e discussão dos resultados obtidos	157
6.4	Considerações sobre a aplicação do diagnóstico de avaliação	159
7	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	160
7.1	Conclusões	160
7.2	Originalidade do trabalho	164
7.3	Limitações da pesquisa	164
7.4	Trabalhos futuros	165
	REFERÊNCIAS	167
	APÊNDICE A - Quadro de Equivalência de Dimensões de Modelos e Classificação	181
	APÊNDICE B - Radar de Migração dos Recursos de Transformação	186

APÊNDICE C - Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Modelo de Referência	208
APÊNDICE D - Modelo de Lista de Verificação	218
APÊNDICE E - Breve descrição da técnica 5W2H	220
ANEXO A – Página da Plataforma Brasil com Aprovação da Pesquisa no CEP	221

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o contexto no qual o presente trabalho está inserido, os problemas e os questionamentos que o trabalho busca responder, as hipóteses para as soluções, os objetivos do trabalho, as justificativas e a originalidade, e por fim, a apresentação da disposição e organização dos capítulos e documentos anexos.

1.1 CONTEXTO

Notadamente, de tempos em tempos, a economia mundial passa por processos de mudanças onde a vida das pessoas são impactadas de tal forma que fica difícil imaginar como conseguiam viver sem os benefícios trazidos pelos novos contextos. Estes ciclos ou ondas de desenvolvimento já foram comprovados por diversos autores ao longo da história, destacando-se Kondratieff (2014) e a Teoria do Investimento do Capital, onde o autor analisou os efeitos dos ciclos na economia mundial, e Schumpeter (1949) e a Teoria da Inovação, onde o autor analisou o efeito das grandes descobertas científicas nos ciclos de desenvolvimento.

Savage (1996) estudou a influência dos ciclos no gerenciamento dos processos de produção, onde os tipos de organização, as fontes de riqueza e os princípios de gestão foram sendo moldados em consonância com os ciclos de desenvolvimento da produção de bens de consumo, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Ciclos dos processos de gestão da produção.

ERAS HISTÓRICAS	AGRICULTURA FINAL	INDUSTRIAL INICIAL	INDUSTRIAL FINAL	CONHECIMENTO INICIAL
Fontes de riqueza	Terra	Trabalho	Capital	Conhecimento
Tipos de organização	Feudal	Direito de propriedade	Hierarquias definidas	Redes humanas
Princípios conceituais		Divisão do trabalho	Divisão do gerenciamento	Redes sem hierarquia
		Interesse próprio	Separação proprietário/Administrador	Processos integrados
		Pagamento por tarefa	Separação fazer/pensar	Trabalho com diálogo

Fonte: Adaptado de Savage (1996)

A inovação tecnológica é a responsável pela aceleração dos ciclos, ou seja, à medida que novos patamares de desenvolvimento da tecnologia são atingidos, os tempos dos ciclos de desenvolvimento econômico estão ficando cada vez menores devido ao desenvolvimento tecnológico ser realizado em escala exponencial. Segundo Lee; Kao e Yang (2014) a descoberta de novas tecnologias acompanhou o desenvolvimento da indústria, desde a adoção antecipada de sistemas mecânicos para apoiar os processos de produção, até as linhas de montagem altamente automatizadas de hoje, para responder e se adaptar às exigências e demandas dinâmicas do mercado.

Levando-se em consideração a aplicação das teorias dos ciclos de desenvolvimento somente aos processos de produção, pode-se identificar rapidamente que a tecnologia provocou, ao longo da linha do tempo, grandes mudanças nos processos de produção e nos arranjos da organização industrial. A primeira destas grandes mudanças iniciou-se em 1750 com James Watt e a invenção do motor a vapor e consequente proliferação das ferrovias como meio de transportes nos países mais desenvolvidos do mundo. A este ciclo deu-se o nome de “Revolução Industrial”. Depois de aproximadamente 150 anos, no início do século XX, um novo processo de mudança alterou de forma abrupta e radical a produção industrial de bens de consumo, impulsionado pela descoberta da energia elétrica, pela disseminação dos princípios da produção em larga escala e pelos aumentos das quantidades produzidas devido à implementação da linha de montagem. Este novo ciclo foi denominado “Segunda Revolução Industrial”.

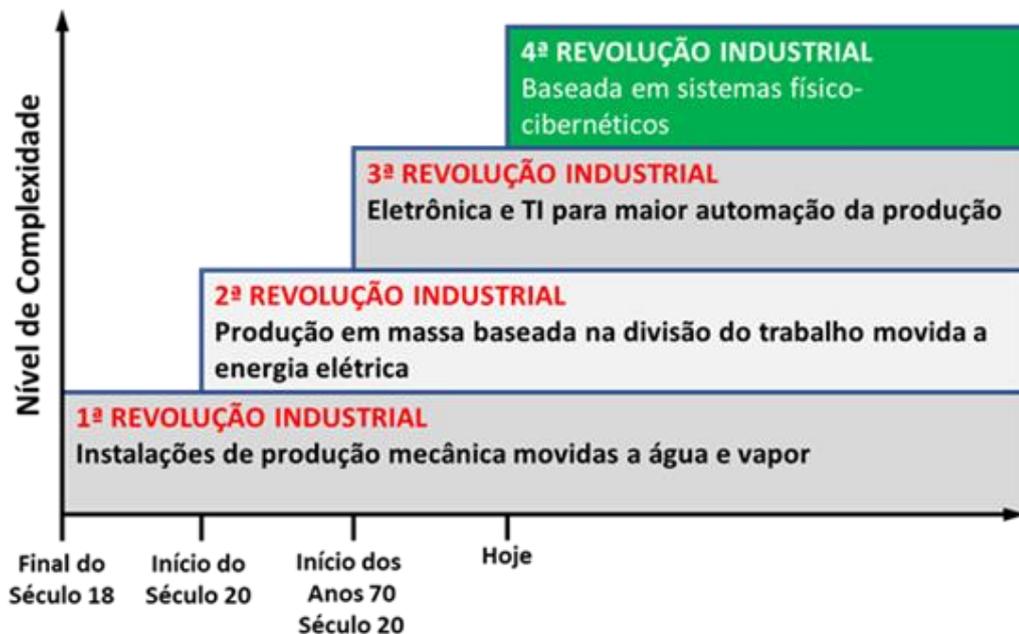
Apenas 50 anos depois, na década de 1960, um novo processo de mudança transformou o cenário da produção industrial. A descoberta dos semicondutores, a disseminação do uso dos computadores e a introdução dos robôs nas linhas de produção, deram início à chamada “Terceira Revolução Industrial”.

Nota-se que entre a invenção do motor à vapor e a invenção da linha de montagem, marco tecnológico da “Segunda Revolução Industrial” passaram-se mais de um século e meio, porém entre a invenção da linha de montagem e a introdução dos robôs nas linhas de produção, passaram-se aproximadamente 60 anos, o que confirma a aceleração dos ciclos em função do desenvolvimento exponencial da tecnologia.

Segundo Neugebauer *et al.* (2016) a “Quarta Revolução Industrial” representa a próxima etapa na produção industrial, com o objetivo central de atender às necessidades individuais dos clientes. Assim, afeta todos os processos de uma empresa, desde a emissão de pedidos, passando pelas áreas de pesquisa e desenvolvimento, pelo gerenciamento da fabricação, pelo comissionamento, e pela logística de distribuição até o controle da utilização do produto pelo

cliente e a logística reversa para a reciclagem dos produtos produzidos. Neugebauer *et al.* (2016) analisou também a relação da linha do tempo e o nível de complexidade na divisão das revoluções industriais, obtendo como resultado o gráfico ilustrativo apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Contexto histórico da 4ª Revolução Industrial.



Fonte: Neugebauer *et al.* (2016)

Atualmente, devido à rápida incorporação das tecnologias digitais nos meios de produção industrial, o mundo está entrando em um novo ciclo: a “Quarta Revolução Industrial”. Segundo Schwab (2016) a “Quarta Revolução Industrial” é a revolução digital que leva no seu âmago as seguintes tecnologias transformadoras: internet móvel, inteligência artificial, automação, “machine learning” (robôs e computadores que podem se auto programar e buscar soluções otimizadas), sensores menores e mais potentes que possibilitarão o uso disseminado da internet das coisas. “A ideia por trás desse termo é que, as três primeiras revoluções industriais ocorreram como resultado da mecanização, eletricidade e TI (Tecnologia da Informação). Agora, a introdução da IoT (Internet das Coisas) e CPS (Sistemas Ciber-físicos) no ambiente de fabricação está dando início à 4ª Revolução Industrial” (WEYER *et al.* 2015).

Ainda segundo Schwab (2016), a “Quarta Revolução Industrial” será marcada não apenas pelo aparecimento de inovações tecnológicas disruptivas, tais como: IoT, Internet 5G, dentre outras; mas pela integração completa de disciplinas e tecnologias divergentes, unindo domínios digitais, físicos e biológicos. Isso significa que pela primeira vez, uma revolução industrial

atingirá a economia como um todo, desde a indústria propriamente dita, até o agronegócio, a medicina, a educação, a comercialização, etc.

Por outro lado, as revoluções industriais anteriores foram marcadas pela ampliação dos recursos de produção, que segundo Vasconcelos e Garcia (2000); Montoro *et al.* (1993); Heller (1987); Rossetti (1994) também são chamados de fatores de produção, e desde os primórdios dos estudos de economia, são classificados em: trabalho, materiais e capital. Com o advento da “Segunda Revolução Industrial” e da “Terceira Revolução Industrial”, os recursos de produção foram sendo ampliados e segundo Slack *et al.* (2008), Ritzman e Krajewski (2004), Gaitner e Frazier (2001), Davis *et al.* (2001), Heizer e Render (2001), Moreira (2008) passaram a fazer parte deste grupo: métodos e processos, máquinas e equipamentos, ambiente e instalações, medidas, informações e mensagens, e energia. Porém, segundo Schwab (2016) a “Quarta Revolução Industrial” será marcada pela redução drástica de um dos recursos de produção fundamentais: a mão-de-obra; o que deverá causar um enorme impacto social, ou, conforme Stewart (1998) pelo menos a migração da mão-de-obra para “*brain-power*”, ou seja, os trabalhadores mudando de uma atividade física e manual para uma atividade intelectual.

Existe um consenso entre os especialistas e pesquisadores de que a dinâmica do mercado consumidor atual, acelerado pela “Quarta Revolução Industrial” está diminuindo significativamente o ciclo de vida dos produtos o que leva o empreendedor a buscar retorno para os investimentos em períodos de tempo cada vez menores. Por outro lado, o ciclo de desenvolvimento de novos produtos também está sendo reduzido, o que obriga os empreendedores a desenvolver novas ferramentas para identificar as necessidades do mercado e apresentar propostas de valor que rapidamente possam tornar-se maduras e solucionar os problemas dos consumidores antes da concorrência e antes que surja uma nova tecnologia que cause uma nova ruptura na cadeia de valor. O Quadro 02 apresenta uma situação comparativa entre os ciclos dos processos de gestão da produção de Savage (1996) e os ciclos das revoluções industriais de Neugebauer *et al.* (2016).

Observa-se que ao final da “Terceira Revolução Industrial” o capital intelectual passou a ser o fator agregador da força inovadora de uma empresa. O capital intelectual começou a ser considerado como o elemento de ligação do conhecimento de todos, e principal determinante da vantagem competitiva de uma empresa, como pode ser observado pela extrema valorização de mercado das empresas de tecnologia, onde o valor dos ativos intangíveis superam, e muito, os ativos contábeis.

Uma empresa, de qualquer segmento de mercado ou qualquer tamanho, terá dificuldades para auferir lucros ou ser competitiva, se não considerar a inovação nos seus produtos e processos, como sua base de sustentação estratégica e não considerar seu capital intelectual na elaboração das suas estratégias.

Quadro 2 - Ciclos dos processos de gestão da produção x Ciclos das revoluções industriais.

PERÍODOS HISTÓRICOS		PRODUÇÃO ARTESANAL	1ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	2ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	3ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	4ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL
VARIÁVEIS						
RECURSOS DE PRODUÇÃO	MATERIAIS	Ferro, madeira, fibras naturais.	Ferro, madeira, fibras naturais	Aço, madeira, vidro, borracha, fibras naturais, etc.	Aço, madeira, vidro, plástico, fibras, etc.	Materiais reciclados
	INSTALAÇÕES	Oficinas artesanais	Oficinas industriais	Grandes instalações com produção rígida	Grandes Cadeias de Suprimentos com produção flexível	Pequenas instalações com produção flexível e operação em rede.
	MÃO-DE-OBRA	Braçal e artesanal	Operários sem qualificação	Especialistas funcionais	Multi-especialistas	Trabalho intelectual
	MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	Ferramentas manuais	Máquinas universais mecanizadas	Linha de montagem, Máquinas universais	CNCs, Robôs, AGVs.	Máquinas inteligentes, Sistemas Ciber-físicos
	MÉTODOS	Habilidade do artesão	Habilidade do operário	Formal e padronizado	Softwares	Flexíveis e auto-aprendizado.
	MEDIDAS	---	Numero de trabalhadores, volume de produção	Sistema métrico, volume de produção	Sistema métrico, Produtividade, ROI.	Sistema métrico, Valor para o Mercado
	INFORMAÇÕES E MENSAGENS	Verbais	Verbais / manuscritas	Formulários manuscritos / datilografados	Formulários impressos / eletrônicos	Eletrônicos
	CAPITAL FINANCEIRO	Moeda cunhada em metais	Moeda cunhada em metais / papel moeda	Papel moeda	Cartões	Virtual
ENERGIA	Carvão, lenha	Vapor, Carvão, Lenha, Querosene.	Gasolina, Hidrelétrica	Gasolina, Hidrelétrica	Solar, Eólica, Hidrogênio, Hidrelétrica	
TIPOS DE COMUNICAÇÃO	Pessoas/Pessoas	Pessoas/Pessoas	Pessoas/Pessoas	Pessoas/Máquinas	Máquinas/Máquinas	
FONTES DE RIQUEZA	Habilidades dos artesãos	Força de trabalho	Capital financeiro	Tecnologia / Capital Intelectual	Capacidade de inovação	
PRINCÍPIOS CONCEITUAIS		Direito de propriedade Gestão do património físico	Divisão do Trabalho Gestão da Produção e Financeira	Redes Humanas Gestão da Produtividade e Qualidade	Inteligência Artificial Gestão do Conhecimento	
CARACTERÍSTICAS	Produção manual	Produção mecanizada	Produção em massa e padronizada	Automação da produção	Produção integrada e por controle remoto	
TECNOLOGIA DE ALAVANAGEM		Máquina à vapor	Eletricidade	Robótica	Internet Sistemas Ciber-físicos Internet das coisas	

Fonte: adaptado de Savage (1996) e Neugebauer *et al.* (2016)

Por outro lado, segundo Schuh *et al.* (2015) o cerne das revoluções industriais é um aumento na produtividade. A “Terceira Revolução Industrial” teve um forte impacto no chão de fábrica e nos processos de produção devido a automatização dos equipamentos, assim como as empresas obtiveram maior produtividade na utilização do motor a vapor (1ª Revolução Industrial), na utilização da eletricidade e da linha de montagem (2ª Revolução Industrial), e na utilização dos robôs e AGVs (*Automated guided vehicle*). O impacto da 4ª Revolução Industrial, no entanto, é mais extenso e afeta, além da produção, também os departamentos indiretos, especialmente os processos de engenharia. Isso significa que o potencial de crescimento da produtividade está particularmente na melhoria do trabalho intelectual e nos processos de tomada de decisão.

Conforme apontou Weyer *et al.* (2015) especificamente no tocante às áreas de produção industrial, a “Quarta Revolução Industrial” está sendo denominada “Indústria 4.0”, uma tendência com origem na Alemanha. Assim, como esta tese diz respeito à um método para migração dos recursos de transformação em empresas manufatureiras sistemistas, notadamente uma área de produção industrial, a “Quarta Revolução Industrial” passará a ser tratada como “Indústria 4.0” seguindo a forma como é tratada na Alemanha, reconhecidamente o país mais avançado nos estudos sobre as aplicações destes novos conceitos produtivos. A que se destacar que quando a referência for ao mercado de forma geral, a denominação “Quarta Revolução Industrial” será mantida.

De acordo com Prinz *et al.* (2017) a “Indústria 4.0” abrange várias áreas relativas a soluções tecnológicas, organizacionais e de capital humano que visam aumentar a competitividade das empresas manufatureiras no mercado mundial. A “Indústria 4.0” pretende promover uma integração técnica horizontal e vertical de sistemas ciber-físicos (CPS) em processos de produção e logística.

É importante ressaltar ainda que a “Indústria 4.0” trabalha com a “personalização em massa” ao invés da produção em massa como ocorria desde os primórdios da 2ª Revolução Industrial. Segundo Matt; Rauch e Dallasega (2015) personalização em massa refere-se a uma produção em massa individual e orientada ao cliente para um mercado (relativamente) grande, que atende às diferentes necessidades de cada demandante desses produtos a custos comparáveis aos de uma produção em massa de produtos padronizados. Avançar para esta ruptura nos modelos de gestão industrial demanda muita capacidade de inovação e requer investimentos, tanto em ativos físicos, quanto em desenvolvimento do capital intelectual.

Assim, conforme Roblek (2016), as empresas da “Indústria 4.0” serão caracterizadas pelo aumento da competitividade por meio do uso de equipamentos inteligentes, com o aproveitamento de informações sobre locais de altos salários, mudanças demográficas, recursos, eficiência da energia e produção urbana. Por outro lado, segundo Liebrecht *et al.* (2017) existem diversas barreiras para as empresas manufatureiras que pretendem capitalizar as oportunidades da “Quarta Revolução Industrial”, desde os altos custos de investimento até a falta de uma visão e estratégias claras sobre como implementar as tecnologias necessárias, além de limitações sobre o conhecimento necessário para a utilizar e se beneficiar das vantagens proporcionadas por essas tecnologias.

Brettel *et al.* (2016) acrescenta que em países de altos salários, a qualidade e a confiabilidade dos produtos funcionam como qualificadores de pedido, sendo a dissolução dos

custos de flexibilidade um dilema de importância estratégica vital. Nestes casos as técnicas de manufatura da “Indústria 4.0” combinadas com processo iterativo de desenvolvimento, apresenta uma abordagem de uso da flexibilidade de fabricação como estratégias de manufatura. Sobre esta afirmação compete destacar a questão dos “países de altos salários” onde o mercado é mais fértil e promissor para os produtos oriundos da “Indústria 4.0”, bem como o aparato tecnológico necessário é mais desenvolvido.

Por outro lado, Pla-Julian e Guevara (2019) destacam que o aumento da população mundial, que atualmente está na faixa de 7,3 bilhões de pessoas, e estima-se que atingirá 9,7 bilhões em 2050, não pode ser sustentado pelas fontes globais de abastecimento que já apresentam sintomas de declínio. A demanda crescente e o significativo aumento nas taxas de demanda, pressão ambiental e lacunas de desigualdade na qualidade de vida entre os diversos países são barreiras para a “Indústria 4.0”, cujo principal foco é a fabricação de produtos customizados, ou personalização em massa ao invés de produção em massa.

Segundo Blöchl e Schneider (2016) a “Indústria 4.0” terá impacto em todas as dimensões de uma empresa, tais como: tecnologia, organização, pessoas, e modelos de negócios. Isto significa dizer que as empresas manufatureiras enfrentarão maior complexidade nos ambientes externo e interno devido ao desafio de aumentar a flexibilidade de produção com um número acentuadamente maior das variantes de produção.

Mas, segundo Qian; Zhong e Du (2017) ainda existem grandes desafios a serem enfrentados em relação às teorias e técnicas de engenharia para a realização da manufatura dentro da “Indústria 4.0” no que tange a integração da informatização e da industrialização. Estes autores destacam como desafios, a tomada de decisão operacional, a configuração dos recursos do sistema de controle para o planejamento da produção, a otimização dos processos, e todas as demais ações que ainda são dependentes da experiência pessoal. Por outro lado, os dispositivos físicos, as informações e a sociedade não estão integradas de tal forma a promover uma fabricação inteligente e ideal na indústria manufatureira, visto que a fabricação visa melhorar o desempenho dos funcionários, garantir eficiência e segurança ambiental, e produzir benefícios sociais positivos. Acrescenta-se à estas dificuldades a falta de preparação dos mercados e da cadeia de distribuição para absorver os produtos manufaturados oriundos da “Indústria 4.0”.

Assim, nem todos os mercados migrarão para a “Quarta Revolução Industrial” ao mesmo tempo, guardando-se o poder aquisitivo das pessoas, a necessidade dos produtos, o aparato tecnológico disponível, a legislação e os costumes sociais. Dentro deste cenário complexo, fruto

das intensas transformações que o mundo vive atualmente, segundo Ghobakhloo (2018), torna-se necessário uma análise estratégica das condições ambientais para que uma empresa saiba exatamente quando, como e quanto investir na migração dos seus recursos de produção para a “Indústria 4.0”.

1.2 HIPÓTESES

Assim, esta tese se propõe a avaliar as seguintes hipóteses:

- A possibilidade de identificação do momento em que o mercado está pronto para que uma empresa manufatureira sistemista possa iniciar a migração dos recursos de transformação para a 4ª Revolução Industrial.
- A possibilidade de identificação e mapeamento dos principais recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas na migração para a 4ª Revolução Industrial.
- A possibilidade de melhoria no desempenho futuro das empresas manufatureiras sistemistas a partir da identificação dos fatores causadores de restrições à inserção destas empresas na 4ª Revolução Industrial.
- A premissa de que as ações e subsídios para a tomada de decisão derivados do mapeamento e análise da migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas possam mitigar os impactos causados pela 4ª Revolução Industrial nos planos econômicos, sociais, tecnológicos e ambientais.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Propor um método para analisar e identificar os principais recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas e desenvolver as estratégias para estabelecer o nível de aderência destas empresas ao processo de migração dos principais recursos de transformação para a “Indústria 4.0”.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar os recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas que se destacam na migração para a “Indústria 4.0”.
- Desenvolver um mapa do processo de migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas para a “Indústria 4.0”.
- Propor a estratégia de avaliação do nível de aderência de uma empresa manufatureira sistemista ao mapa do processo de migração dos recursos de transformação para a “Indústria 4.0”.
- Selecionar uma ou mais empresa manufatureira sistemista para a aplicação da estratégia de avaliação da aderência ao mapa do processo de migração proposto.
- Realizar a aplicação da estratégia de avaliação do nível de aderência ao mapa do processo de migração dos recursos de transformação da(s) empresa(s) manufatureira(s) sistemistas(s) selecionada(s) e avaliar os resultados obtidos.

1.4 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Segundo Arias-Peres e Durang-Yepes (2015) a criação de métodos e mapas para a Indústria 4.0 é um desafio à medida que as dimensões-chave não ficam restritas somente no âmbito de uma empresa, mas se espalha por toda a cadeia de suprimentos e utiliza a perspectiva interpretativa. Isso, aumenta a dificuldade e os desafios na articulação das áreas funcionais que integram o mapeamento, especialmente no tocante ao envolvimento na implantação dos vários componentes.

Para Toro; Barandiaran e Posada (2015) no cenário de incertezas já mencionado, várias questões importantes devem ser respondidas pelos tomadores de decisão, antes de colocar uma empresa no rumo da “Indústria 4.0”, e para tanto, um método de análise estratégica do ambiente externo e interno das organizações deve ser desenvolvido para facilitar a compreensão e fornecer subsídios para a tomada de decisão.

Assim, segundo Neugebauer *et al.* (2016), o ato de desenvolver um método para analisar a migração dos recursos da transformação nas empresas manufatureiras sistemistas da “Indústria 4.0”, torna-se importante pelo fato de que uma empresa não possui meios para que

ela consiga reconhecer o melhor momento para investir nas novas tecnologias e na capitalização dos valores que ficam ocultos no processo de produção, seja este de qual natureza for.

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A composição da pesquisa contida nesta tese está baseada na elaboração de um método para a migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas para “Indústria 4.0”, aplicado à uma empresa manufatureira sistemista do setor de eletrodomésticos da linha branca, e uma empresa manufatureira sistemista do setor automotivo, ambas localizadas na região de Itu, Estado de São Paulo, limitando-se à suas respectivas cadeias de valor, seus modelos de negócio, seus fornecedores e clientes, e seus ambientes de operação (interno e externo).

Pretende-se com esta tese, mapear os fluxos dos recursos de transformação existentes entre os atores da cadeia de valor das empresas manufatureiras sistemistas através de seus ativos de conhecimento, para isso será realizada pesquisas bibliográfica e pesquisa exploratória para a identificação destes recursos, com suas características, localização, dimensão e potencial, possibilitando o desenvolvimento de um método de análise e migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas para o ambiente da Indústria 4.0. Por fim, será realizada a aplicação da estratégia elaborada para avaliar a aderência ao método desenvolvido, como forma de validar o método para uso das empresas manufatureiras sistemistas na migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0.

Nesta tese, os recursos de transformação têm um papel importante, e como tal caracterizá-los e identificar seus fluxos de conhecimento, torna-se uma ação relevante para o entendimento do método proposto.

A metodologia de triangulação entre as metodologias de pesquisa, conforme Denzin, (1970); Flick, (2005); Minayo *et al.* (2005) *apud* Labiak Jr. (2012), caracterizada pela interdisciplinaridade, irá balizar esta pesquisa e será definida no capítulo relativo aos procedimentos metodológicos e desenvolvimento do método, onde está caracterizada a visão de produção que norteia este trabalho, assim como delimita a forma de abordagem metodológica de pesquisa.

Segundo Flick (2005) *apud* Labiak Jr. (2012), a triangulação de métodos não é uma simples combinação de múltiplas práticas metodológicas, resultados empíricos, perspectivas e observações um único estudo. Para Flick (2005) *apud* Labiak Jr. (2012) essa combinação é

necessária, em função da complexidade, da riqueza e da profundidade que o conhecimento das realidades pesquisadas exige.

De acordo com Higgins (1994) quando se trata de inovação e o ambiente da Indústria 4.0 tem se caracterizado como tal, as previsões estatísticas baseadas em dados do passado não funcionam, pois não existe passado, nem presente. Existe somente o futuro e este é intuitivo. No campo de estudos da “Indústria 4.0”, os assuntos tecnológicos são dirigidos para as inovações e neste caso não cabe o desenvolvimento de modelos matemáticos, pois não existe base estatística para a projeção de previsões. Assim, esta pesquisa pode ser classificada quanto aos procedimentos como pesquisa exploratória somando pesquisa bibliográfica, e estudo de aplicação. A classificação como pesquisa bibliográfica justifica-se devido à realização de levantamento bibliográfico sobre os principais elementos que envolvem o tema. A classificação como pesquisa exploratória justifica-se pela aplicação de formulários para a coleta de dados junto aos atores do mercado. A classificação como estudo de aplicação deve-se à estratégia de avaliação da aderência de uma empresa manufatureira sistêmica ao método proposto. No Quadro 3 está representado um resumo das classificações das pesquisas descritas neste subcapítulo.

Quadro 3 - Resumo das classificações da pesquisa.

TIPO DE CLASSIFICAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Natureza	Aplicada
Objetivos	Exploratória
Abordagem	Qualitativa
Procedimentos	Pesquisa Bibliográfica, Pesquisa Exploratória e Estudo de Aplicação

Fonte: adaptado de Gil (2010)

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta tese, no tocante ao seu plano de redação, está dividida em 7 capítulos, sendo:

- Capítulo 1 – Introdução. Este capítulo apresenta um panorama geral do trabalho, demonstrando o panorama atual e em um futuro próximo para a economia, mais especificamente para as empresas manufatureiras, explicando a importância de se analisar e mapear a migração dos recursos de transformação na transição para a Indústria 4.0 e a maturidade da empresa e do mercado como fatores críticos para a tomada de decisão. Neste capítulo, demonstra-se a formulação das hipóteses, dos objetivos do trabalho e das justificativas para a elaboração de um mapa do processo de

migração e a estratégia de avaliação da aderência das empresas manufatureiras sistêmicas para proceder a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0.

- Capítulo 2 – Conceitos e Indústria 4.0. Como o próprio título do capítulo denomina, aqui é apresentada a fundamentação teórica sobre os conceitos dos recursos de transformação, sobre os modelos de negócios, sobre a 4ª Revolução Industrial e Indústria 4.0, sobre os modelos de maturidade, sobre os diagnósticos empresariais e sobre os níveis de prontidão, e sobre os métodos de análise dos sistemas de produção considerando o ponto de vista da migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0.
- Capítulo 3 – Método de Pesquisa. Este capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado, iniciando pela Revisão Sistemática da Literatura onde buscou-se identificar a fronteira do conhecimento sobre o tema, bem como a delimitação da pesquisa. Este capítulo apresenta também os parâmetros e as análises dos resultados de uma pesquisa exploratória realizada através da aplicação de um questionário – “Radar de Migração dos Recursos de Transformação” (APÊNDICE B) - junto aos principais atores envolvidos nas cadeias de suprimentos de uma empresa manufatureira de eletrodomésticos da linha branca.
- Capítulo 4 – Desenvolvimento do Método. Este capítulo apresenta o desenvolvimento do método proposto pela tese, bem como as considerações sobre o método e sua correlação com os modelos existentes.
- Capítulo 5 – Desenvolvimento da estratégia de avaliação. Este capítulo apresenta o desenvolvimento de uma estratégia para avaliar a aderência das empresas manufatureiras sistêmicas ao método desenvolvido para a migração dos recursos de transformação na Indústria 4.0.
- Capítulo 6 – Aplicação da estratégia de avaliação. Este capítulo concentra-se na aplicação da estratégia de avaliação da aderência das empresas manufatureiras sistêmicas ao método proposto em si, através do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência ao Mapa do Processo de Migração” (APÊNDICE C), na análise dos impactos da migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0, na análise dos resultados obtidos quanto a aderência das empresas manufatureiras sistêmicas ao método proposto, e nas discussões sobre os resultados.

- Capítulo 7 – Conclusões e sugestões de trabalhos futuros. Este capítulo apresenta as conclusões obtidas com esta tese frente às hipóteses e aos objetivos identificados no Capítulo 1. Este capítulo apresenta ainda uma relação de possíveis trabalhos que poderão ser desenvolvidos a partir dos conceitos discutidos nesta tese.

2 CONCEITOS E INDÚSTRIA 4.0

2.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem a finalidade de demonstrar os conceitos fundamentais que serviram de embasamento para a redação desta tese, para o desenvolvimento do método para migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas para a Indústria 4.0 e a estratégia de avaliação da aderência ao método proposto por parte das empresas manufatureiras sistemistas, além das mudanças das características organizacionais das empresas manufatureiras sistemistas na transição da 3ª para a 4ª Revolução Industrial à luz da influência do modelo de negócio adotado. Assim, estão expostos aqui os princípios fundamentais sobre as operações de manufatura e suas características principais, tanto técnicas, quanto organizacionais e estratégicas, sobre Indústria 4.0 e suas tecnologias básicas, sobre os modelos de prontidão e maturidade, modelos de negócios, modelos de gestão, sobre a mão-de-obra e sobre as mudanças na gestão das operações manuais para operações digitais e também na cadeia de suprimentos.

Também são apresentados os conceitos de estratégias empresariais focadas em inovação e Indústria 4.0 sob o ponto de vista de diversos autores que, de forma positiva, construíram os fundamentos teóricos que foram considerados para a criação do método para a migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas na transição da 3ª para a 4ª Revolução Industrial, objeto maior desta tese.

2.2 QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

De acordo com Schuh *et al.* (2015), o ponto principal de todas as revoluções industriais foi o aumento da produtividade. As revoluções industriais anteriores sempre tiveram um forte impacto no nível operacional e nos processos de produção através da obtenção por parte das empresas de aumentos representativos da produtividade com o uso de novas tecnologias como o motor a vapor, a eletricidade, a informática e automação, e mais recentemente com a mudança da tecnologia analógica para a digital e o uso da Internet. O impacto da 4ª Revolução Industrial

afetar, além do nível operacional, os departamentos indiretos, em particular os processos de engenharia.

Segundo Weyer *et al.* (2015) a 4ª Revolução Industrial é marcada pela transformação das fábricas da forma atual conhecida para fábricas inteligentes, que visam enfrentar e superar os desafios atuais de ciclos de vida dos produtos mais curtos, produtos altamente personalizados e forte concorrência global.

Já para Schwab (2016) a 4ª Revolução Industrial trará um enorme “*portfólio*” de benefícios para todas as pessoas, mas também trará grandes desafios, gerados pelo aumento desigualdade social, com as inovações disruptivas afetando todas as classes sociais e mudando os padrões de vida e bem-estar de muitas formas.

Lembrando que Christensen (2012) introduziu o conceito de inovação de ruptura ou disruptiva, segundo o qual, existem inovações excessivamente radicais que provocam mudanças nos modelos de negócios das empresas. Quando a empresa não consegue enxergar a possibilidade da ocorrência desta profunda mudança ela acaba sucumbindo aos concorrentes mais competitivos.

De acordo com Lee, Kao e Yang (2014) a 4ª Revolução Industrial propõe a produção preditiva na indústria futura. As máquinas estarão conectadas como uma comunidade colaborativa. Essa evolução irá requerer a utilização de ferramentas avançadas de previsão, para que os dados possam ser sistematicamente processados em informações que possam explicar as incertezas e, assim, tomar decisões mais fundamentadas. Logo, os sistemas de gestão e os modelos de negócios interligados, serão peça chave no sucesso das empresas industriais do futuro.

Qin, Liu e Grosvenor (2016) defendem a existência de um consenso básico entre muitos pesquisadores de que as revoluções industriais exigem um longo período de maturação para que possam surtir resultados para a sociedade e para os empreendedores. Neste caso, a revolução industrial deve abranger os quatro aspectos considerados como as visões futuras da manufatura:

- **Fábrica.** É um dos principais componentes da 4ª Revolução Industrial. A fábrica do futuro deverá ser conectada integralmente, onde todos os recursos de fabricação (materiais, computadores, sensores, atuadores, máquinas, robôs, transportadores, pessoas, ferramentas, etc.) estarão conectados, trocarão informações automaticamente e tomarão decisões em tempo real. A fábrica do futuro será consciente e inteligente e fará previsões de manutenções das máquinas; controlará o processo de produção e

gerenciará o sistema de fabricação. Também, os processos de: desenvolvimento e projeto de produto, planejamento de produção, engenharia de produção e produção e serviços, serão simulados como modulares e conectados estreitamente de ponta a ponta, o que significa que esses processos não são comandados apenas por um sistema descentralizado, mas também controlado de forma interdependente. É o conceito de Fábrica Inteligente.

- **O negócio.** A Quarta Revolução Industrial pressupõe que existirá uma rede de comunicação completa entre toda a cadeia de suprimentos, envolvendo várias empresas, fábricas, fornecedores, logística, recursos, clientes, etc. Cada elo desta cadeia de suprimentos otimizará sua configuração em tempo real, dependendo das demandas e posicionamentos dos demais elos associados à rede, o que torna o lucro máximo para toda a cadeia com recursos limitados de compartilhamento. A futura rede de negócios será influenciada por cada elo da cadeia de suprimentos, que pode alcançar uma posição de auto-organização e transmitir as respostas em tempo real.
- **Produtos.** A Quarta Revolução Industrial promoverá novos tipos de produtos gerados na manufatura: os produtos inteligentes. Esses produtos inteligentes serão dotados de sensores e irão possuir identificação individual dos componentes, além de processadores que deverão transmitir informações e conhecimentos para a orientação sobre o melhor uso aos clientes e transmitirão o retorno para o fabricante, da forma como o produto está sendo utilizado pelo consumidor final. Com esses elementos, muitas funções poderão ser adicionadas aos produtos, por exemplo, medição do estado de produtos ou usuários, transporte dessas informações, rastreabilidade dos produtos e análise dos resultados. Além disso, um registro completo de informações de produção poderá ser incorporado ao produto, auxiliando o desenvolvedor do produto a otimizar o “design”, a previsão e a manutenção.
- **Clientes.** Os clientes também terão muitas vantagens na 4ª Revolução Industrial. O produto inteligente típico da 4ª Revolução Industrial permitirá um novo método de comercialização, onde o cliente poderá escolher funções específicas para o produto, e adquirir quaisquer quantidades de produtos, mesmo que seja apenas um produto. Os clientes também poderão alterar seus pedidos a qualquer momento, inclusive alterando a configuração do produto durante a produção e sem custo adicional. Por outro lado,

os produtos inteligentes permitirão ao cliente acompanhar o produto durante a fase de fabricação e conhecer as informações de produção do produto, assim como receber conselhos de utilização adequados à finalidade que o cliente pretende dar ao produto.

Para Matt, Rauch e Dallasega (2015) até o mercado consumidor acomodar e a 4ª Revolução Industrial estar plenamente estabilizada, existirão consumidores que aceitarão, e terão como pagar, por produtos personalizados e produzidos localmente, enquanto que outros, por questões diversas, continuarão consumindo produtos fabricados em larga escala e de forma padronizada. Essa aparente dicotomia, provocará uma enorme diversificação nas formas de manufatura distribuída e nos modelos de negócios. O Quadro 4 apresenta um grupo de 8 (oito) tipos de formas de manufatura distribuídas.

Quadro 4 - Classificação de formas modernas de manufatura distribuída.

ESTAGIOS DE EVOLUÇÃO DE FÁBRICAS DE MODELO DISTRIBUIDOS			FORMAS ESPECIAIS DE DECENTRALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO		
Tipo	Classificação	Descrição e características	Tipo	Classificação	Descrição e características
1	Fábrica modelo replicada e padronizada	Fábricas de modelos replicáveis e padronizados para distribuição geográfica de produtos definidos com um número definido de unidades	5	Modelo de serviço de fabricação de contrato industrial	Fornecedores de serviços de produção e intermediários para a fabricação de contrato industrial distribuída de diferentes produtos com etapas de fabricação semelhantes e quantidades variadas em nome de diversos clientes
2	Fábrica modelo escalar e modular	Fábricas de modelos modulares para produção geograficamente distribuída de produtos definidos com flexibilidade em relação à quantificação de itens e, portanto, escalabilidade do sistema de fabricação.	6	Modelo de fábrica móvel e não vinculada à localização	Modelos de fábricas móveis, sem localização e altamente flexíveis e escalonáveis, para requisitos de produção temporários, reduzindo o transporte de compras e/ou distribuição.
3	Fábrica modelo flexível e reconfigurável	Fábricas modelo flexíveis e rapidamente reconfiguráveis para fabricação de produtos distribuídos geograficamente em diferentes variantes (flexibilidade do produto) e várias quantidades (quantificação da flexibilidade)	7	Franquia de produção	Modelo de fábrica operada de forma independente por franqueados com unidades de produção mais ou menos flexíveis e adaptáveis para produção geograficamente distribuída de produtos em uma rede de franquias.
4	Fábrica modelo mutável e inteligente	Fábricas de modelos inteligentes e auto-otimizáveis, com um alto grau de adaptabilidade à produção distribuída geograficamente de diferentes produtos, com etapas de fabricação semelhantes e quantidades variáveis.	8	Fabricação aditiva em laboratórios de produção (Produção em nuvem)	Laboratórios capilares altamente flexíveis e geograficamente distribuídos para a produção de vários produtos com processos de fabricação generativos (impressão em 3 D) por meio de dados CAD transmitidos digitalmente a partir da "Nuvem".

Fonte: Matt, Rauch e Dallasega (2015).

Segundo Erol *et al.* (2016) a integração precisa ocorrer no eixo horizontal (em todos os participantes de toda a cadeia de valor) e no eixo vertical (em todos os níveis organizacionais). Fábricas, máquinas e produtos totalmente integrados e em rede precisam então agir de maneira inteligente e parcialmente autônoma, o que requer intervenções manuais mínimas.

Para Schönsleben, Fontana e Duchi (2017) todos os desenvolvimentos tecnológicos ocorreram sem iniciativas planejadas e continuarão ocorrendo no futuro. Visto em todos os setores e tecnologias, a médio prazo, a digitalização em curso nos próximos anos continuará sendo um processo progressivo, e não revolucionário e disruptivo. No entanto, para alguns

setores e algumas tecnologias, as mudanças podem ocorrer muito rapidamente e podem ser muito perturbadoras.

Siltori (2020) desenvolveu um estudo sobre os impactos que poderão ser causados pelas rupturas advindas da 4ª Revolução Industrial na sustentabilidade das empresas, apresentado de forma resumida no Quadro 5.

Quadro 5 - Impactos da 4ª Revolução Industrial na sustentabilidade das empresas.

IMPACTO	DESCRIÇÃO
IMPACTO 1	Com a Indústria 4.0 será possível atuar de forma descentralizada na produção de itens; como consequência, haverá redução no fluxo de atividades logísticas e isso permitirá menor impacto ambiental, visto que as atividades de transporte serão reduzidas e exigirão menor consumo de energia e/ou combustível (Gerlitz, 2015; Qin et al., 2019; Hermann et al., 2016; Zhou et al., 2017; Schumacher et al., 2016; Kagermann; Wahlster; Helbig, 2016; Hermann; Pentek; Otto, 2016).
IMPACTO 2	Com a Indústria 4.0 será possível a utilização mais precisa dos recursos energéticos nos equipamentos e das matérias primas devido ao aumento de eficiência dos processos e do aprendizado de máquina; como consequência, haverá menor impacto ambiental proporcionado pelo processo produtivo (Beier et al. 2017; Kagermann et al, 2016; Stock & Seliger, 2016; Sartori; Latrónico; Campos, 2014).
IMPACTO 3	De forma adicional ao item anteriormente citado, os conceitos da indústria 4.0 também possibilitarão compreender melhor as reais necessidades dos clientes, sendo possível assim produzir pequenos lotes voltados a determinadas demandas e produtos customizados, o que também possibilitará menor impacto ambiental do processo produtivo (Gerlitz, 2015; Schwab, 2016; Coelho, 2016; Shafiq et al., 2015; Stock & Seliger 2016; Monostori, 2014; Kagermann, 2013; Hermann; Pentek; Otto, 2015).
IMPACTO 4	A customização em massa, por sua vez, aumentará o consumo de produtos e serviços, visto que os mesmos serão mais "atraentes" aos olhos dos consumidores, gerando assim maior quantidade de resíduos no pós-uso (Schwab, 2016; CARLOS et al., 2009; Coelho, 2016; Borlido, 2017; Kagermann, 2016; OLIVEIRA; SIMÕES, 2017).
IMPACTO 5	Os conceitos da Indústria 4.0 tornarão os processos fabris mais autônomos e eficientes, exigindo assim menor uso da força de trabalho humano em várias tarefas manuais e repetitivas quando comparado aos processos industriais atuais; tal mudança proporcionará um menor número de empregos e afetará boa parte dos trabalhadores que não conseguirão se qualificar no mesmo ritmo das modernizações (Schwab, 2016; Hermann et al., 2016; Aires; Freire; Souza, 2018; Buhr, 2015).
IMPACTO 6	Se por um lado a indústria 4.0 reduzirá a oferta de empregos para atividades manuais e mais repetitivas, por outro proporcionará o surgimento de novas profissões de alto valor agregado do ponto de vista do conhecimento e exigirá que a força de trabalho se qualifique do ponto de vista técnico e educacional, contribuindo assim para o desenvolvimento das pessoas (Schwab, 2016; Kagermann et al, 2016; Hermann; Pentek; Otto, 2015).
IMPACTO 7	Com maior poder de automação e maior capacidade de decisão, robôs poderão substituir seres humanos em tarefas consideradas perigosas e, como consequência, haverá a redução do número de acidentes de trabalho quando comparado aos processos atuais. O ambiente de trabalho também se tornará mais agradável e proporcionará melhor qualidade de vida ao funcionário (Kagermann et al, 2016; Qin et al., 2019; Pfohl et al., 2015; Roblek; Mesko; Krapez, 2016; Teuteberg, 2016).
IMPACTO 8	A adoção dos conceitos da indústria 4.0 proporcionará maiores oportunidades no mercado de trabalho para pessoas que tenham algum tipo de necessidade especial, visto que muitos processos funcionarão por meio do reconhecimento de voz e realidade virtual; permitirá assim maior participação das mesmas no ambiente industrial (Rubmann et al., 2015; Roblek; Mesko; Krapez, 2016).
IMPACTO 9	Para muitos autores, a indústria 4.0 exigirá das profissionais habilidades intelectuais e cognitivas, além de multidisciplinaridade e capacidade de atuação em equipe. Tais características permitirão o aumento do número de mulheres nas organizações visto que as mesmas no geral se destacam nas características supracitadas (Schwab, 2016; Hecklau, 2016; Kagermann, 2016; Hermann, Pentek e Otto, 2016).
IMPACTO 10	A grande quantidade de sensores nos produtos e nos equipamentos produtivos permitirá identificar situações danosas ao ser humanos, contribuindo assim para ganhos do ponto de vista da ergonomia física e cognitiva (Kagermann; Wahlster; Helbig, 2016; Bauer et al, 2015; Roblek; Mesko; Krapez, 2016).
IMPACTO 11	As etapas de cadeia de valor serão incorporadas desde o desenvolvimento até a pós venda e com isso passará a ser mais colaborativa desde o fornecimento da matéria prima até o cliente final; isso permitirá uma melhor análise dos impactos ambientais, sociais e econômicos que um produto proporciona (Cni, 2016; Gerlitz, 2015; Kagermann; Wahlster; Helbig, 2013; Hermann; Pentek; Otto, 2016).
IMPACTO 12	Com o advento da indústria 4.0 surgirão oportunidades para modelos de negócios inovadores e isso favorecerá o surgimento de startups companies e pequenas empresas, permitindo assim maior participação de profissionais no mercado de trabalho (Stock & Seliger 2016; Schwab, 2016; Kagermann, 2016; Buhr, 2017; Cni, 2016).

Fonte: Siltori, (2020)

Kagermann *et al.* (2013) mostraram também em seu trabalho as chamadas tecnologias habilitadoras, como: Big Data, Segurança Cibernética, Computação em Nuvem e Simulação Virtual. Dentre estas tecnologias são destacados alguns pontos importantes sobre a Segurança Cibernética. São eles:

- Estratégias, arquiteturas e padrões integrados de segurança e proteção;
- Identidades (IDs) exclusivas e seguras para produtos, processos e máquinas;
- Uma estratégia de migração da Indústria 3.0 para a Indústria 4.0;
- Soluções de segurança e proteção fáceis de usar;
- Segurança e proteção em um contexto de gerenciamento de negócios;

- Proteção segura contra pirataria de produtos;
- Treinamento e CPD (*Continuing Professional Development*);
- “Construção Comunitária” para proteção de dados da Indústria 4.0.

A Roland Berger GMBH (2016) analisou o impacto da migração de um fabricante de autopeças para a Indústria 4.0, e apontou que esta mudança é baseada em cinco fatores principais:

- **Fábricas virtuais:** para permitir que os novos produtos sejam fabricados virtualmente antes da produção física propriamente dita. Esta estratégia diminui o tempo de desenvolvimento de novos produtos e aumenta a capacidade de lançamento rapidamente, reduzindo os tempos na produção e não interrompendo as linhas de produção físicas para a fabricação de protótipos ou lotes pilotos.
- **Fluxos automatizados:** formado por veículos autônomos e “cobots”, esse sistema automatizado será capaz de realizar tarefas que estão além das capacidades humana, com uma grande combinação de fluxos e diversidade de peças exigidas pela personalização. O objetivo não é a automação simplesmente, mas tornar todo o sistema mais flexível e ágil, reduzindo os níveis de estoque e aumentando o rendimento.
- **Máquinas inteligentes:** são capazes de se corrigir e podem operar separadamente e em conexão entre si, precisando muito menos de operadores que as máquinas tradicionais. Dada a sua capacidade de operar por muito mais tempo por conta própria, o operador pode assumir tarefas mais complexas que apenas solucionar ou corrigir problemas.
- **Sistemas de manutenção preditiva:** permite um melhor planejamento do tempo de máquina parada, desde que se torne previsível. Isso garante que as máquinas e ferramentas sejam utilizadas de forma eficiente.
- **Sistema de produção cibernética:** é o nível superior de comando da fábrica e de seus fornecedores, que permite a customização em massa e o replanejamento da produção mais afinado com as variações da demanda.

Por outro lado, segundo Bauer *et al.* (2015) o paradigma da flexibilidade da capacidade é visto como a chave para lidar com sucesso com situações voláteis do mercado, como é o caso das expectativas dos clientes no cenário da 4ª Revolução Industrial. Os objetivos tradicionais de planejamento e controle da produção - ou seja, prazos curtos para entrega e alta capacidade

de entrega combinados com estoques mínimos e boa utilização da capacidade disponível - ainda se aplicam.

Para Albers *et al.* (2016), a 4ª Revolução Industrial representa um novo nível de organização e regulamentação de toda a cadeia de valor de um produto ao longo de seu ciclo de vida. A migração dos recursos de produção das empresas manufatureiras para a 4ª Revolução Industrial vem acompanhado de um notável aumento de desempenho. Seus estudos apontam um aumento de produtividade em até 50% e mais de 80% das empresas pesquisadas indicam um aumento de eficiência. O aumento da satisfação dos clientes está apontando para mais de 45% das empresas, que também experimentam uma diminuição dos defeitos dos produtos.

Mas, segundo Paprocki (2016) *apud* Magruk (2016) existem três fenômenos não definidos que são consideradas barreiras para o desenvolvimento da 4ª Revolução Industrial:

- Digitalização universal e garantia de comunicação constante entre as pessoas, entre as pessoas e dispositivos, e entre dispositivos e dispositivos, sem perdas de dados ou informações e com segurança.
- Implementação de inovações tecnológicas disruptivas que afetam a produtividade do sistema socioeconômico de forma abrupta, provocando mudanças nos modelos de negócio e nos valores da sociedade.
- A implementação de máquinas autônomas com capacidade de tomada de decisão através do uso do processo de controle da inteligência artificial.

Porém, segundo estudos do GTAI – GERMANY TRADE & INVESTMENT (2014), por enquanto as condições que tornam a 4ª Revolução Industrial possíveis são exclusivas para a Alemanha, uma vez que neste país existem condições básicas para a sustentação das mudanças, pois a indústria de transformação é uma das mais competitivas e inovadoras do mercado mundial, além do país ser líder em pesquisa e desenvolvimento na produção industrial e o mercado consumidor é caracterizado por alto poder aquisitivo mantido por uma grande massa de altos salários e capital humano altamente capacitado.

2.2.1 Indústria 4.0

Como já exposto, a 4ª Revolução Industrial atingirá, indistintamente todas as atividades econômicas, e ao seu devido tempo, todos os mercados sentirão os efeitos com maior ou menor

intensidade. Conforme apontou Weyer *et al.* (2015) especificamente no tocante às áreas de produção industrial, a 4ª Revolução Industrial está sendo denominada Indústria 4.0, uma tendência com origem na Alemanha,

Segundo Qian, Zhong e Du (2017) a Indústria 4.0 é uma revolução que integra profundamente informação e tecnologia da comunicação com tecnologia de fabricação e visa atingir integração e cooperação perfeitas entre produtos, equipamentos, seres humanos e organizações. Para Hecklau *et al.* (2016), o conceito da Indústria 4.0 descreve a digitalização crescente de toda a cadeia de valor e a interconexão resultante de pessoas, objetos e sistemas através da troca de dados em tempo real. Já para Schumacher, Erol e Sihn (2016) a Indústria 4.0 diz respeito às tecnologias mais recentes e inovadoras dentro das quais destaca-se a Internet, as tecnologias embarcadas que servem como cerne da integração através das fronteiras organizacionais de produtos, pessoas, máquinas inteligentes, linhas de produção e processos operacionais com o intuito formar um novo tipo de inteligência, rede e cadeia de valor ágil.

Para Nosalska *et al.* (2020) a Indústria 4.0 é um conceito de mudanças organizacionais e tecnológicas que envolvem a integração das cadeias de valor e o desenvolvimento de novos modelos de negócios direcionados pelas necessidades dos clientes e requisitos de customização em massa.

De acordo com Neugebauer *et al.* (2016) a Indústria 4.0 representa a próxima etapa na produção industrial, com o objetivo central de atender às necessidades individuais dos clientes. Assim, as mudanças são sentidas em toda a empresa, desde a área de emissão de pedidos, a área de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento), a área de produção, as atividades de comissionamento, a entrega dos produtos e até a utilização por parte do consumidor final. A base para a capitalização das novas oportunidades são as informações disponíveis em todos os lugares e todas as horas. Para possibilitar isso, todos os recursos envolvidos, como pessoas, objetos e sistemas, devem ser integrados a sistemas dinâmicos, auto-organizados, relacionais e autônomos com valor agregado otimizado.

Para Meissner, Ilse e Aurich (2016) de uma maneira mais geral, a Indústria 4.0 pode ser entendida como a integração das tecnologias de informação e comunicação (TIC) e os sistemas produtivos. “O conceito Indústria 4.0 nasceu da iniciativa de acadêmicos, industriais e do governo alemão, com o objetivo de fortalecer a competitividade do setor manufatureiro no país, através da sobreposição das tecnologias de produção industrial e de informação e comunicação (TIC). Essa tendência utiliza tecnologias como Internet das Coisas (IoT) e serviços (IoS), Sistemas Ciber-Físicos (CPS), automação industrial, conectividade e informações contínuas,

segurança cibernética, robótica inteligente, *Product Lifecycle Management* (PLM), tecnologias semânticas, big data industrial e visão computacional para melhorar a produtividade dos sistemas industriais de fabricação” (BAENA 2017).

Pan *et al.* (2015); Tantik e Anderl (2017) complementam este conceito de Indústria 4.0 como sendo a capacidade dos componentes industriais se comunicarem entre si. Para isso, propõe-se associar cada componente técnico em uma planta com sua própria representação semântica, que também incluirá modelos matemáticos executáveis. Estes autores consideram que uma das principais motivações para a Indústria 4.0 é a criação de sistemas de manufatura automatizados, que podem produzir produtos feitos sob medida para o cliente em altos níveis de eficiência.

Para Strandhagen *et al.* (2017) *apud* Zoubek e Simon (2021) as aplicações das novas tecnologias da Indústria 4.0 devem ser realizadas a partir dos seus quatro princípios básicos:

- **Suporte à tomada de decisão:** utilizar a inteligência artificial e a análise de “big data” na automatização de processos de tomada de decisão ou para embasar as decisões humanas.
- **Identificação e conectividade:** utilizar IoT (Internet das Coisas) e sensores inteligentes na identificação de produtos e materiais de tal forma de melhorar o rastreamento dos produtos dentro das cadeias logísticas, tanto interna quanto externa.
- **Fluxo de informações:** utilizar a integração vertical dos Sistemas de Tecnologia da Informação e computação em nuvem para processar dados em tempo real e desta forma melhorar a resposta do planejamento de produção em tempo real.
- **Automação, robótica e novas tecnologias de produção:** utilizar novos equipamentos e sistemas de transporte inteligentes em substituição ao trabalho humano nas atividades manuais.

Deve-se levar em conta também que não apenas os componentes industriais se comuniquem entre si, mas o sistema deve possibilitar também a automação do planejamento e programação das operações, bem como comissionamento e a manutenção de forma segura, tanto nas questões operacionais quanto nas questões da informação. A consequência econômica, social e legal é a formação de uma estrutura de fabricação sem intervenção humana direta.

Segundo Landherr, Schneider e Bauernhansi (2016), a Academia Nacional Alemã de Ciência e Engenharia (ACATECH) posiciona a fábrica inteligente como o cerne para a análise de oportunidades e desafios da digitalização e conexão de humanos, objetos e sistemas na

manufatura. Esse novo nível de organização e controle de todo o sistema de agregação de valor, considerando o ciclo de vida completo do produto, com o intuito de atender às necessidades personalizadas de cada cliente, pode ser classificado como Indústria 4.0.

Assim, segundo Schuh *et al.* (2015) o impacto da 4ª Revolução Industrial, é mais extenso e afeta, além da produção, também os departamentos indiretos, especialmente os processos de engenharia. Isso significa que o potencial de crescimento da produtividade está particularmente na melhoria do trabalho intelectual e nos processos de tomada de decisão. A colaboração em todos os níveis pode ajudar a acelerar esse processo.

Para Stock e Seliger (2016) a criação de valor industrial nos países industrializados é atualmente moldada pelo desenvolvimento rumo à quarta etapa da industrialização, a chamada Indústria 4.0. Esse movimento pode ser visto como um passo adiante da 3ª Revolução Industrial, iniciada no início da década de 1970 e baseada em eletrônicos e tecnologias da informação para obter um alto nível de automação na fabricação.

Ao mesmo tempo em o valor é ampliado intensamente pela Indústria 4.0, ocorre uma migração do trabalho físico realizado pela mão-de-obra direta para o trabalho intelectual realizado pela mão-de-obra indireta. Segundo Schuh *et al.* (2015) o atual desenvolvimento da Indústria 4.0 está intimamente ligado ao surgimento de novas tecnologias e ao aprimoramento de soluções tecnológicas existentes que, além de amplas oportunidades de controle da produção, também oferecem chances de promover a aprendizagem baseada no trabalho.

Ainda de acordo com Schuh *et al.* (2015) as inovações técnicas na estrutura da Indústria 4.0 baseiam-se principalmente na recém-desenvolvida Internet das Coisas e Serviços. Os sistemas de produção física cibernética correspondentes, não apenas permitem a comunicação em tempo real, transparência e consistência nos níveis hierárquicos e limites organizacionais, como também trazem grandes mudanças no nível da fábrica. Para traduzir as mudanças Schuh *et al.* (2015) propuseram um fluxograma representando as características da Indústria 4.0 relacionado com as necessidades de absorção das tecnologias com foco no aprendizado para diminuir o impacto nas empresas provocado pelo processo de migração da 3ª para a 4ª Revolução Industrial, conforme explicitado na Figura 2.

Para Lee, Kao e Yang (2014) em uma fábrica da Indústria 4.0, os equipamentos são conectados em rede e atuam em intensa colaboração e troca de informações. Essa evolução requer a utilização de ferramentas de previsão prévia, para que os dados possam ser sistematicamente processados em informações para explicar incertezas e, assim, tomar decisões

mais acuradas. Esta posição reforça a necessidade de um modelo para análise da migração dos recursos de produção nas empresas manufatureiras para a 4ª Revolução Industrial.

Figura 2: Fluxograma abordando a aprendizagem baseada no trabalho por meio da Indústria 4.0



(Fonte: Schuh *et al.* 2015)

Lee, Kao e Yang (2014) apontam que a transformação do status de hoje em máquinas mais inteligentes exige mais avanços na ciência, abordando várias questões fundamentais. Essas questões podem ser classificadas em cinco categorias distintas, como segue:

- **Interação entre gerente e operador:** atualmente, os operadores controlam máquinas, os gerentes projetam cronogramas logísticos e as máquinas estão executando apenas as tarefas atribuídas. Embora essas tarefas geralmente sejam otimizadas por operadores e gerentes especializados, um fator significativamente importante está ausente nessas decisões: a condição de saúde dos componentes da máquina.
- **Conjunto de Máquinas:** é muito comum que máquinas semelhantes ou idênticas (conjunto de máquinas) estejam sendo expostas a condições de trabalho completamente diferentes para diferentes tarefas. Por outro lado, os métodos mais preditivos e prognósticos são projetados para suportar um número único ou limitado de máquinas e condições de trabalho. Atualmente, os métodos prognósticos e de gerenciamento de manutenção disponíveis não estão tirando vantagem de considerar

essas máquinas idênticas como um conjunto, reunindo conhecimento valioso de diferentes instâncias.

- **Qualidade do produto e do processo:** como resultado final do processo de fabricação, a qualidade do produto pode fornecer muitas informações sobre as condições da máquina por meio de algoritmos de raciocínio reverso. A qualidade do produto pode fornecer “*feedback*” para o gerenciamento do sistema, que pode ser usado para melhorar o agendamento da produção. Atualmente, esse ciclo de “*feedback*” não existe e precisa de mais pesquisas.
- **“Big Data e Cloud”:** o gerenciamento e a distribuição de dados no ambiente de “*Big Data*” são críticos para alcançar máquinas autoconscientes e de autoaprendizagem. A importância de alavancar flexibilidade e recursos adicionais oferecidos pela computação em nuvem é inevitável, mas a adaptação de algoritmos de prognóstico e gerenciamento de saúde para implementar com eficiência as tecnologias atuais de gerenciamento de dados requer mais pesquisa e desenvolvimento.
- **Rede de sensores e controladores:** os sensores são o “*gateway*” da máquina para detectar seu ambiente físico circundante. No entanto, a falha e degradação do sensor podem passar leituras erradas e imprecisas para os algoritmos de tomada de decisão, o que levará a um resultado incorreto.

De acordo com Weyer *et al.* (2015) os aspectos centrais da Indústria 4.0 podem ser especificados com mais profundidade através de três paradigmas: o Produto Inteligente, a Máquina Inteligente e o Operador Aumentado. A ideia norteadora do Produto Inteligente é estender o papel da peça de trabalho a uma parte ativa do sistema. Os produtos recebem uma memória na qual os dados e requisitos operacionais são armazenados diretamente como um plano de construção individual. Entende-se também que o “Operador Aumentado”, citado por Weyer *et al.* (2015) diz respeito ao “Operador Multitarefa” onde os trabalhadores serão confrontados com uma grande variedade de tarefas, desde especificação e monitoramento até verificação de estratégias de produção, intervindo manualmente no sistema de produção organizado de forma autônoma, sempre que houver necessidade.

Para Schlehtendahl *et al.* (2015) uma fábrica da Indústria 4.0 é um sistema no qual todos os atores estão interconectados e compartilham informações entre eles em tempo real. Daí surge a vantagem competitiva, pois as informações são rapidamente acessíveis a quaisquer operações

e as demandas podem ser invocadas imediatamente. Esta abordagem é conhecida na área de automação como CPPS – Sistema de Produção Físico-Cibernético. Em um ambiente CPPS sistemas de produção inteligentes estão ligados uns aos outros para uma troca de dados fácil e rápida. No entanto, apenas uma pequena porcentagem dos sistemas de produção instalados são CPPS, portanto, são sistemas reticulados.

Uhlemann, Lehmann e Steinhilper (2017) alertam que os métodos da Indústria 4.0 estão sub-representados nas operações de fabricação devido às definições não uniformes da Indústria 4.0 e as dificuldades comuns como padrões inexistentes e incertezas quanto aos benefícios econômicos, ao mesmo tempo que exigem altos investimentos e a percepção ainda incerta da questão de segurança de dados.

Ao final pode-se adotar a definição da GTAI – Germany Trade & Investment (2014) para a qual, Indústria 4.0 é uma revolução industrial e não política. Ou seja, não haverá uma definição única de um evento que ocorre, mas sim um período de desenvolvimento dinâmico. Novas eficiências de recursos e processos de otimização tornam ambientalmente a produção amigável e urbana a custos aceitáveis, possíveis no futuro próximo.

2.2.1.1 Tecnologias da Indústria 4.0

Segundo Bag, Gupta e Kumar (2021), as tecnologias desenvolvidas para a Indústria 4.0 auxiliam nas transformações digitais no sentido de fazer as empresas de manufatura atingir seus objetivos de desenvolvimento econômico e sustentável. Sung (2018); Raj *et al.* (2019) *apud* Bag, Gupta e Kumar (2021) consideram também que as tecnologias da Indústria 4.0 representam um desafio na sua implantação, uma vez que são relativamente novas e as empresas de manufatura enfrentam dificuldades devido as lacunas de habilidades dos funcionários, restrições financeiras e complexidades operacionais em projetos da Indústria 4.0. A superação destes desafios passa pelo desenvolvimento de um sistema de entrega adequado, uma vez que comprovadamente, a Indústria 4.0 oferece mais visibilidade às empresas. Para Tortorella *et al.* (2021) o desenvolvimento de um sistema de entrega I4.0 é uma grande oportunidade para o aprendizado organizacional e a capacitação para a operação de linhas de produção usando componentes reciclados, reconicionados e remanufaturados. Chuks e Telukdarie (2018) *apud* Bag, Gupta e Kumar (2021) complementam que as operações podem ser facilmente otimizadas com a implementação de sistemas e processos operacionais padrão alinhado com a Indústria

4.0, que forneçam várias opções para otimizar os processos de negócios e reduzir os recursos e os prazos de entrega.

Frank, Dalenogare e Ayala (2019) classificaram como tecnologias básicas aquelas que alavancam as dimensões da Indústria 4.0, tornando a interconectividade possível e fornecem a inteligência dos sistemas de manufatura inteligente. São as chamadas novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs): Internet das Coisas (IoT), Serviços em Nuvem, Big Data e Análises. Frank, Dalenogare e Ayala (2019), além de identificarem as tecnologias em relação à dimensão da Manufatura Inteligente, também as categorizaram em seis finalidades principais, conforme indicado no Quadro 6.

Quadro 6 - Tecnologias de manufatura inteligente

Categories	Tecnologias para manufatura inteligente	Referências
Integração vertical	Sensores, atuadores e controladores lógicos programáveis (PLC) Controle de supervisão e aquisição de dados (SCADA) Sistema de execução de fabricação (MES) Planejamento de Recursos Empresariais (ERP) Comunicação máquina a máquina (M2M)	Jeschke et al. (2017); Lee et al. (2015) Jeschke et al. (2017) Telukdarie et al. (2018); Jeschke et al. (2017) Jeschke et al. (2017) Gilchrist (2016)
Virtualização	Comissionamento Virtual Simulação de processos (por exemplo, manufatura digital) Inteligência Artificial para manutenção preditiva Inteligência Artificial para planejamento de produção	Mortensen e Madsen (2018); Tao et al. (2018c) Jeschke et al. (2017) Tao et al. (2018c) Gilchrist (2016)
Automação	Comunicação máquina a máquina (M2M) Robôs (por exemplo, robôs industriais, veículos autônomos guiados ou semelhantes) Identificação automática de não conformidades na produção	Gilchrist (2016) Gilchrist (2016) Gilchrist (2016); Jeschke et al. (2017)
Rastreabilidade	Identificação e rastreabilidade de matérias-primas Identificação e rastreabilidade dos produtos finais	Angeles (2009)
Flexibilidade	Manufatura aditiva Linhas flexíveis e autônomas	Weller et al. (2015); D'Aveni (2015) Balogun e Popplewell (1999); Wang et al. (2016a)
Gerenciamento de energia	Sistema de monitoramento de eficiência energética Sistema de melhoria da eficiência energética	Gilchrist (2016); Kagermann et al. (2013) Jeschke et al. (2017); Kagermann et al. (2013)

. Fonte: Frank, Dalenogare e Ayala (2019).

Butt (2020) identificou e definiu 11 (onze) tecnologias, as quais foram denominadas como as principais tendências de tecnologia na Indústria 4.0. Cimini *et al.* (2020) desenvolveu trabalho semelhante denominando tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. As tecnologias identificadas estão resumidas e indicadas no Quadro 7.

No entanto, Zheng *et al.* (2021) argumenta que não existe uma lista de tecnologias capacitadoras da Indústria 4.0 na literatura. O paradigma da Indústria 4.0 é caracterizado por uma onda de tecnologias diferentes e existem divergências até mesmo em documentos oficiais dos governos sobre as políticas industriais da Indústria 4.0. Dalegonare *et al.* (2018) apud Zheng *et al.* (2021) afirma que além das inconsistências entre diferentes domínios da literatura no caso das tecnologias capacitadoras, algumas tecnologias parecem ser muito mais promissoras do que outras.

Quadro 7 - Principais tendências de tecnologia na Indústria 4.0.

TECNOLOGIA	DESCRIÇÃO	EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO
MANUFATURA ADITIVA	É um processo de fabricação de objetos tridimensionais através da adição de camadas umas sobre as outras, usando diferentes materiais a partir de um arquivo de projeto auxiliado por computador.	Desenvolvimento de protótipos.
REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE VIRTUAL	É um método de sobreposição de gráficos usada em conjunto com a Realidade Virtual. A Realidade Aumentada insere os gráficos 3D em um ambiente do mundo real, enquanto a Realidade Virtual é um ambiente artificial criado através de um software que quando sobrepostos e apresentado ao usuário faz com que o aceite como um ambiente real.	Desenvolvimento de projetos
SIMULAÇÃO E MODELAGEM	É um conjunto de técnicas de representação visual de um produto ou processo, mostrando os efeitos de diferentes condições em um ambiente virtual, em geral disponíveis em pacotes de software. Estas técnicas não apenas reduzem custos ao otimizar a geometria ou recursos dos fluxos de processos, mas também podem estados futuros com base em diferentes modelos matemáticos.	Projetos de linhas de produção e layouts
ROBÔS AUTÔNOMOS	Também chamados de “Cobots”, são projetados para preencher as lacunas entre os robôs convencionais e especialistas humanos, levando a novas fronteiras para automação. Eles tem como objetivos funcionar como as pessoas, com capacidade adicional de analisar e transmitir informações em tempo real.	Linhas de produção no manuseio e montagem de produtos.
INTERNET DAS COISAS (IoT)	É um sistema de dispositivos interconectados implantados com sensores, softwares e eletrônicos para iniciar a troca e o agrupamento de dados. Na indústria de manufatura, é conhecida como Internet das Coisas Industriais (IIoT) que facilita a comunicação entre pessoas, produtos e máquinas. É concebida como uma arquitetura modular em quatro camadas de tecnologia digital: dispositivo, rede, serviço e conteúdo.	Comunicação e análise de dados em tempo real
BIG DATA ANALYTICS	Refere-se a uma coleção de grandes conjuntos de dados que não podem ser analisados por meios convencionais. Existem quatro tipos de dados, ou seja, estruturados, semiestruturados, quase estruturados e não estruturados. Com base nos dados, quatro tipos de análises podem ser realizados: descritiva, que proporciona uma visualização eficaz do negócio atual; diagnóstico, que ajuda a identificar as causas dos problemas; preditiva, que faz uso de dados históricos e algoritmos para prever as necessidades futuras dos negócios; e prescritiva, que recomenda ações e estratégias baseadas em ferramentas analíticas avançadas	Análise de dados de alta capacidade
COMPUTAÇÃO EM NUVEM	O Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia dos Estados Unidos (NIST) definiu a computação em nuvem como um modelo para permitir acesso à rede conveniente e sob demanda a um pool compartilhado de recursos de computação configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento, aplicativos e serviços) que podem ser rapidamente provisionado e liberado com o mínimo de esforço de gerenciamento ou interação do provedor de nuvem.	Integração aos recursos de manufatura distribuídos
SEGURANÇA CIBERNÉTICA	São regras de proteção de dados em todo o mundo, como o Regulamento Geral de Proteção de Dados (GDPR) da União Europeia e o Ato de Proteção de Dados do Reino Unido de 2018. Eles descrevem os regulamentos para tratamento de dados pessoais e medidas de precaução. Também é necessário padronizar os protocolos de CS, para inspirar confiança na organização do usuário.	Proteção da informação e dos dados
INTEGRAÇÃO VERTICAL E HORIZONTAL	Visa desenvolver estratégias em toda a organização para compartilhamento de informações, para criar a base para uma cadeia de valor e fornecimento automatizada. A integração horizontal trata da digitalização em toda a cadeia de valor e fornecimento. A integração vertical cria uma solução abrangente, integrando sistemas de TI em vários níveis hierárquicos de produção e manufatura	Solução de problemas em tempo real
SISTEMA CYBER-FÍSICO (CPS)	São sistemas de entidades computacionais colaborativas que estão em intensa conexão com o mundo físico circundante e seus processos em andamento, fornecendo e usando o acesso a dados, bem como serviços de processamento de dados disponíveis na Internet, simultaneamente. O CPS é geralmente baseado em uma arquitetura 5C de conexão, conversão, cibernética, cognição e configuração. No entanto, foi estendido para incluir cliente, conteúdo e coalizão	Comunicação máquina-máquina com aprendizado
MANUFATURA CIBERNÉTICA	É um conceito derivado do CPS e se refere a um sistema que oferece um ambiente transparente de informações para facilitar o gerenciamento de ativos, fornecer reconfigurabilidade e manter a produtividade. Envolve a conversão de dados de sistemas interconectados em operações preditivas e prescritivas para atingir um desempenho resiliente [96]. As tecnologias de capacitação de CM incluem IoT, BDA e CPS.	Reconfiguração de ativos de produção em tempo real
TECNOLOGIAS MULTIAGENTES	Os sistemas multiagentes (MAS) são um conjunto organizado de agentes que representam o comportamento dos objetos de um sistema, capazes de interagir e negociar entre eles para atingir objetivos individuais.	Construção de sistemas complexos

Fonte: Butt (2020) e Cimini (2020).

2.2.1.2 Estratégias para a Indústria 4.0

Segundo Ivanov *et al.* (2016); Lee *et al.* (2013) *apud* Ghobakhloo (2018), no momento em que o direcionamento e as opções futuras são obscuras ou incertas, em se tratando do campo da tecnologia, como é o caso da Indústria 4.0, as empresas devem formular estratégias para o planejamento com vistas a interagir com os desenvolvimentos tecnológicos. Para Sarvari *et al.* (2018), a Indústria 4.0 requer um mapeamento (“*roadmapping*”) abrangente que apresenta cada etapa a ser transpostas de uma rota em direção a uma empresa totalmente digital.

Por outro lado, Gilchirst (2016), afirma que a transição digital exigida pela Indústria 4.0 exige novas estratégias, novos modelos organizacionais e mudanças na infraestrutura física, nas operações de manufatura, nos recursos humanos e nos processos de gestão. Assim, o mapeamento da transição para a Indústria 4.0 passa necessariamente pela definição das estratégias, pela organização operacional da empresa e pelo modelo de negócios adotado.

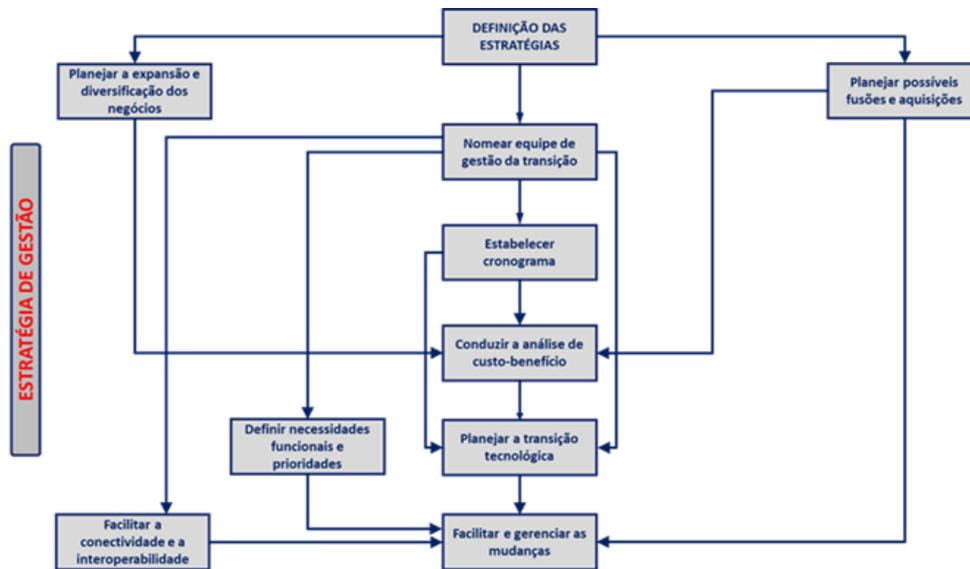
Segundo Schumacher, Eron e Sihm (2016), a primeira fase do mapeamento é a definição das estratégias de curto, médio e longo prazo da Indústria 4.0. A definição dessas estratégias deve ser com base em uma linha temporal que identifica o momento em que a empresa se encontra. Como a digitalização e a transição para a Indústria 4.0 exigem comprometimento da liderança e alocação de recursos, a empresa deve nomear uma equipe de transição da Indústria 4.0 para gerenciar e liderar a transformação digital e a integração de sistemas e infraestrutura (MÜLLER *et al.*, 2018, USTUNDAG e CEVIKCAN, 2017, *apud* GHOBAKLOO, 2018).

Ghobakhloo (2018), desenvolveu o mapa das ações estratégicas necessárias para a transição de uma empresa para a Indústria 4.0, representado em formato de fluxograma na Figura 3.

Vogelsang *et al.* (2018) identificaram três áreas estratégicas de concentração de fatores críticos de sucesso na migração dos recursos de produção para a 4ª Revolução Industrial, como segue:

- **Fatores de sucesso organizacional.** A maior mudança esperada é o controle dos processos de produção que muda de uma organização centralizada para uma organização descentralizada controlada por máquinas. A qualificação das pessoas e o apoio da gestão são dois fatores essenciais a todo sistema sociotécnico. Ambos os fatores se referem à prontidão para entender quais as possibilidades futuras que se abrem com a transformação digital.

Figura 3 - Fluxograma do roteiro estratégico para a transição da Indústria 4.0



Fonte: Adaptado de Ghobakhloo, 2018.

- **Fatores de sucesso ambiental.** É necessário um ambiente de trabalho mais colaborativo não apenas dentro da empresa, mas além das fronteiras da empresa. O pensamento de cooperação requer repensar a posição individual na empresa e também na rede de clientes e fornecedores. O papel das empresas de manufatura muda para uma postura mais orientada a serviços (produção híbrida). Isso implica também uma mudança no papel do cliente que passa não apenas a receptor de um produto e serviços, mas também como fornecedor de dados. Esta dimensão implica uma modificação na estratégia de geração de valor das empresas.
- **Fatores de sucesso técnico.** Os sistemas devem fornecer confiabilidade, adaptabilidade e disponibilidade. As tecnologias devem ser adaptadas às empresas.

Segundo Karimi e Walter (2015) *apud* Vogelsang *et al.* (2018) as empresas devem desenvolver competências para detectar tendências e serem capazes de transformar seus negócios de acordo com sua estratégia. A capacidade de descobrir inovações úteis e usá-las com sucesso é mais importante do que nunca.

2.2.1.3 Organização industrial para a Indústria 4.0

Segundo Caiado *et al.* (2021), pela visão da organização industrial para a Indústria 4.0, existe uma clara mudança na integração de Sistemas Ciber-Físicos (CPS), Sistema de Execução

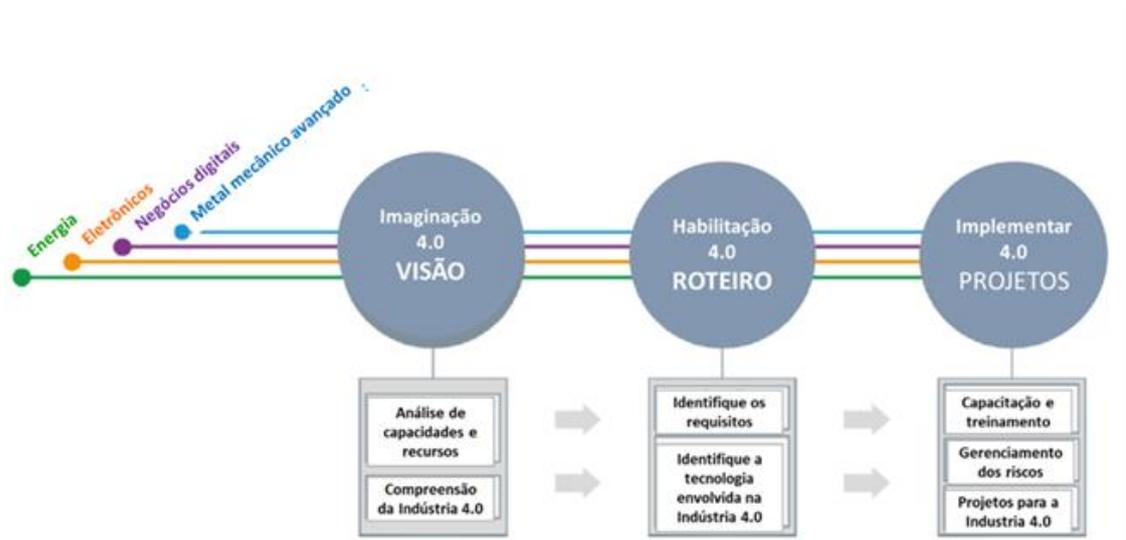
de Manufatura (MES) para controle de chão de fábrica e Sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP) para Aquisição de Dados na Produção (BDA). Frank *et al.* (2019) *apud* Caiado *et al.* (2021) afirma que ainda não existe consenso sobre as várias tecnologias digitais e paradigmas associados que compõem a Indústria 4.0 e assim as empresas manufatureiras devem focar nas suas necessidades particulares ao priorizar a migração dos seus recursos de transformação para a Indústria 4.0.

Conforme Dos Santos, Costa e Kothe (2021) existe atualmente uma tendência da exploração das redes colaborativas no contexto da Indústria 4.0. Camarinha-Matos *et al.* (2019) *apud* Dos Santos, Costa e Kothe (2021) afirmam que a implementação das tecnologias pertinentes à Indústria 4.0 dependem diretamente das redes colaborativas entre empresas, com novas ferramentas e processos industriais, demonstrando ainda que o uso intensivo das redes colaborativas dentro de um processo de integração horizontal pode ajudar as empresas a atingir elevados níveis de responsividade do mercado.

Dos Santos, Costa e Kothe (2021) destacam a existência de cinco redes colaborativas com potencial para alavancar a Indústria 4.0. Tais redes se concentram em: manufatura inteligente, plataformas tecnológicas, reatividade do mercado, produtos inteligentes e flexibilidade.

Gazarain e Errasti (2016) desenvolveram um modelo em estágios para orientar as empresas na busca de estratégias para a Indústria 4.0, com vistas a orientar as empresas na identificação das novas oportunidades de negócios ofertadas pelo mercado no rumo da Indústria 4.0. A Figura 4 descreve o modelo em detalhes.

Figura 4 - Descrição da Metodologia para Diversificação Colaborativa da Indústria 4.0.



Fonte: Gazarain e Errasti (2016)

Para Hamada (2019) na intensa produção e competição no mundo globalizado, as empresas precisam acompanhar a aceleração do desenvolvimento tecnológico para manterem-se competitivas e com ganhos de produtividade. A Indústria 4.0 mudará, não somente os locais de produção, a organização, a operação e o marketing de uma empresa, mas irá alterar substancialmente o equilíbrio do setor de mercado frente aos concorrentes. Certamente haverá uma diferenciação clara entre as empresas que optaram pela Indústria 4.0 e adaptaram seus modelos de negócios e aquelas que não adaptaram. Esta diferenciação se dará em termos de vantagens competitivas e poderá alterar a liderança do setor.

Hamada (2019) conclui que as empresas devem promover atitudes positivas dos tomadores de decisão, melhorar a aquisição de conhecimento e complementar a falta de recursos dos trabalhadores como itens fundamentais para a migração dos recursos de transformação da 3ª para a 4ª Revolução Industrial.

Quadro 8 - Forças motrizes e barreiras da Indústria 4.0.

FORÇA MOTRIZ	FATOR	BARREIRA
Aumento da escassez de mão de obra Reduzindo o trabalho humano Alocando força de trabalho para outras áreas (maior valor agregado)	RECURSOS HUMANOS	Falta de competências adequadas e força de trabalho qualificada Maior tempo de aprendizagem (treinamento da equipe)
Reduzindo custos, por exemplo recursos humanos, gestão de estoque e custos operacionais	RECURSOS FINANCEIROS E LUCRATIVIDADE	Falta de recursos financeiros Retorno e lucratividade Deficiências nos sistemas de licitação Longo período de avaliação para propostas
Competição de Mercado Siga as tendências do mercado Aumento da pressão dos concorrentes Inovação do modelo de negócios	CONDIÇÕES DE MERCADO E COMPETIDORES	REALIDADE DE GESTÃO
Demanda por maior controle (da alta administração) Monitoramento contínuo do desempenho da empresa	EXPECTATIVAS DE GESTÃO	
Reduzindo a taxa de erro Melhorar os prazos de entrega (conformidade com as condições de mercado) Melhorando a eficiência Garantir uma operação confiável (por exemplo, menos tempo de inatividade)	FATORES ORGANIZACIONAIS	Estrutura organizacional e organização de processos inadequadas Interesses contraditórios em diferentes unidades organizacionais Resistência de funcionários e média gerência
	PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA	INTEGRAÇÃO TECNOLÓGICA E DE PROCESSOS, COOPERAÇÃO
		Falta de um protocolo de comunicação unificado Falta de sistemas back-end para integração Falta de vontade de cooperar (no nível da cadeia de abastecimento) Falta de padrões incl. tecnologia e processos Falta de pensamento comum adequado Sistemas de armazenamento de dados inseguros A necessidade de grandes quantidades de capacidade de armazenamento

Fonte: Horvath e Szabó (2019)

Horvath e Szabó (2019) identificaram as forças motrizes e barreiras para que uma empresa proceda a migração de seus recursos de produção para a 4ª Revolução Industrial, conforme demonstrado no Quadro 8.

Para Saucedo-Martinez *et al.* (2018) que a necessária reorganização das operações para a Indústria 4.0 não deve marcar uma mudança radical no funcionamento da empresa, mas sim uma adaptação da tecnologia e da gestão dos novos níveis dos sistemas operacionais e ferramentas que criam valor para as atividades. Mas, Saucedo-Martinez *et al.* (2018) afirmam também que o processo de mudança é imprescindível em qualquer organização, pois desenvolve vantagem competitiva nos mercados onde a liberalização econômica é uma diretriz básica.

Por outro lado, a questão dos recursos humanos merece especial destaque na organização industrial. Segundo Vereycken e Ramioul (2021) o "Operador 4.0" como operadores inteligentes e qualificados do futuro, que serão assistidos por sistemas automatizados proporcionando um alívio sustentável do estresse físico e mental e permitindo que os operadores utilizem e desenvolvam suas habilidades criativas, inovadoras e de improvisação, sem comprometer os objetivos de produção. Portanto, a Indústria 4.0 requer o desenvolvimento de três das principais práticas de Recursos Humanos:

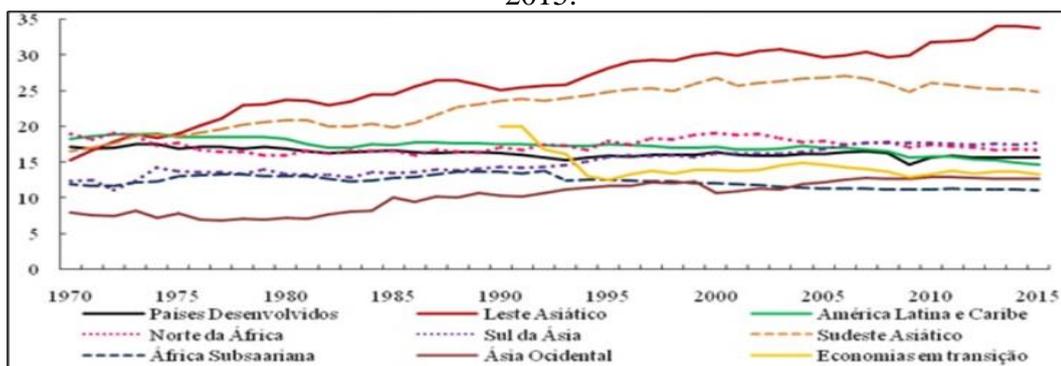
- Como os funcionários devem utilizar a criatividade no trabalho diário, eles precisarão de maior comprometimento e envolvimento. Segundo Mowbray *et al.* (2019) *apud* Vereycken e Ramioul (2021), o envolvimento e o comprometimento dos funcionários refere-se a todas as formas e meios pelos quais os funcionários podem ter uma palavra a dizer e influenciar o seu trabalho e de seus parceiros da sua empresa.
- Os sistemas automatizados irão assumir as tarefas físicas mais exigentes e estressantes o que levará a necessidade de adaptação no “*design*” do trabalho. De Treville e Antonakis (2006) *apud* Vereycken e Ramioul (2021), apontam que o projeto do trabalho das pessoas faz referência às tarefas que compõem um determinado trabalho.
- Desenvolvimento de novas habilidades entre os funcionários de tal forma que eles possam enfrentar os desafios dos novos processos de produção. Neste caso existem duas correntes antagônicas: a primeira defendida por Romero *et al.* (2018); Taylor *et al.* (2020) *apud* Vereycken e Ramioul (2021) propõe que os funcionários estejam preparados para a transição para a Indústria 4.0 e assim sejam classificados como fator de excelência para a inovação tecnológica; a segunda defendida por Goos *et al.* (2018);

Buyst *et al.* (2018) *apud* Vereycken e Ramioul (2021) afirma que a inovação tecnológica favorece os funcionários altamente qualificados, mas é considerada como substituta dos funcionários de baixa qualificação.

2.3 MANUFATURA

A escolha do setor industrial de manufatura para a base de desenvolvimento do método proposto nesta tese, deve-se à importância deste setor no panorama econômico mundial. Um estudo publicado pela EFFRA – EUROPEAN FACTORIES OF THE FUTURE RESEARCH ASSOCIATION (2020), aponta que cerca de uma em cada dez (9,8%) de todas as empresas na economia empresarial não financeira da UE-27 foi classificada como indústria transformadora em 2009, um total de 2 milhões de empresas. O setor manufatureiro empregou 31 milhões de pessoas em 2009, gerou 5.812 bilhões de euros de volume de negócios e 1.400 bilhões de euros de valor agregado. O volume de negócios do setor manufatureiro cresceu de 2009 a 2010 em EUR 600 bilhões, atingindo em 2010 EUR 6.400 bilhões. Por estas medidas, a indústria transformadora e manufatureira foi a segunda maior das seções da NACE na economia empresarial não financeira da UE-27 em termos de contribuição para o emprego (22,8%) e o maior contribuinte para o valor agregado da economia empresarial não financeira, representando um quarto (25,0%) do total. As exportações da UE consistem principalmente de produtos manufaturados: a sua parte tem sido anualmente superior a 80% do total das exportações da UE. Em 2011, as exportações de “máquinas e veículos” e “outros produtos manufaturados” em conjunto atingiram 1 bilhão de euros, com um aumento de cerca de 40% em comparação com o nível mais baixo de 2009.

Figura 5: Parcela do setor manufatureiro no valor adicionado total regional entre 1970 e 2015.



Fonte: UNCTAD, 2017.

Por outro lado, segundo Araújo (2019), o setor manufatureiro vem sofrendo com o fenômeno da desindustrialização, cujo principal ponto é a transferência do emprego para o setor de serviços, especialmente com a automatização dos processos de produção industrial característicos da 3ª Revolução Industrial, como pode ser observado no gráfico da Figura 5. Porém, apesar desta tendência, o setor manufatureiro segue como um dos principais setores geradores de renda e emprego no nível mundial, conforme o gráfico da Figura 6 apresentando a participação no PIB mundial dos 16 maiores produtores em 2019.

Figura 6: Gráfico com a participação com o valor adicionado mundial da indústria de transformação para os 16 maiores produtores em 2019 (%).



Fonte: CNI, 2020.

Para Bosman, Hartman e Sutherland (2020) a manufatura é como se fosse o motor da economia impulsionando a inovação e a prosperidade, gerando empregos e ofertando uma ampla variedade de produtos que incluem desde alimentos até produtos com alta tecnologia embarcada como por exemplo aviões à jato. O National Association of Manufacturers (2016) *apud* Bosman, Hartman e Sutherland (2020) aponta a existência de 251.774 empresas manufatureiras nos EUA, com faturamento total de US\$ 2.175 bilhões e empregando 12,3 milhões de trabalhadores. Toda a extensão deste crescimento econômico impulsionado pelas empresas manufatureiras é devido ao desenvolvimento de novos produtos e novas tecnologias de produção, combinadas com maiores acessos às informações sobre os produtos e processos, dentro do novo paradigma denominado Indústria 4.0 como está sendo chamada a 4ª Revolução Industrial aplicada às empresas manufatureiras e suas cadeias de suprimentos.

Conforme Simons, Abé e Naser (2017) a indústria manufatureira enfrenta o desafio de mudar da produção em massa para a produção customizada, ao mesmo tempo que enfrenta uma

alta pressão dos custos de produção. A produtividade, a qualidade e a flexibilidade da produção devem ser aumentadas, enquanto que os prazos de entrega, os estoques e o tempo para mercado de novos produtos devem ser reduzidos. Esta complexidade de operações demanda fábricas e produtos inteligentes e consequente migração das características técnicas, organizacionais e estratégicas para os conceitos da 4ª Revolução Industrial.

Para Cimini *et al.* (2021) a migração das empresas manufatureiras para os conceitos da 4ª Revolução Industrial não representa apenas desafios econômicos, científicos e tecnológicos, mas envolve também as áreas social e política. Segundo Frank, Dalenogare e Ayala (2019) o paradigma Indústria 4.0 possibilita agregar valor a todo o ciclo de vida de um produto, mas exige uma evolução sociotécnica do papel humano no sistema de manufatura e a integração de um conjunto de tecnologias inovadoras.

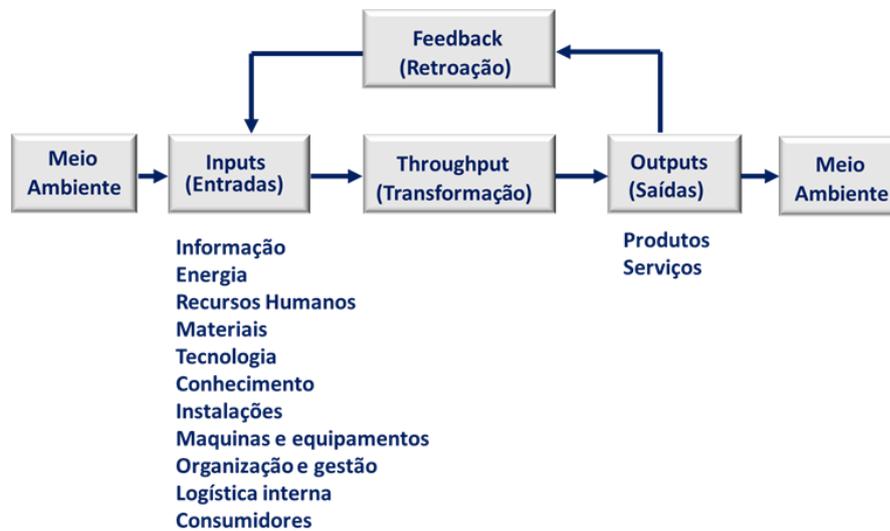
2.3.1 Sistemas de manufatura

Slack *et al.* (2008), Ritzman e Krajewski (2004), Gaitner e Frazier (2001), Davis *et al.* (2001), Heizer e Render (2001), Moreira (2008), ao longo dos anos, definiram os sistemas de produção, como um processo essencialmente de transformação de entradas (recursos de entrada para Slack *et al.* (2002), Heizer e Render (2001) ou insumos para Davis *et al.* (2001), Ritzman e Krajewski (2004), Gaitner e Frazier (2001), Moreira (2008)) em saídas (produtos e serviços). Uma representação esquemática de um sistema de produção é apresentada na Figura 7. Um sistema de produção consome recursos oferecidos pela sociedade ou meio-ambiente, transforma estes recursos em produtos e serviços, devolvendo-os para a sociedade ou meio-ambiente, que no caso das saídas, são os consumidores dos produtos e serviços.

Para Aleksic e Markovic (2019) gerenciar um sistema de produção é moldar e manter um ambiente particular com vistas a atingir objetivos e tais objetivos se resumem em buscar o melhor equilíbrio possível entre as entradas e as saídas durante um determinado período de tempo, sem negligenciar a qualidade, ou seja, produzir mais rápido, melhor e mais barato. Esta é a essência da produtividade, representada pela equação 2.1.

$$Produtividade = \frac{\sum saídas}{\sum entradas} < 1 \quad (2.1)$$

Figura 7 - Representação esquemática de um sistema de produção.



Adaptado de SLACK *et al.* (2008)

Há que se observar ainda que entre as saídas e entradas no sistema produtivo existe o processo de “*feedback*” ou retroação, onde a gestão da empresa controla a transformação comparando os resultados das saídas com as entradas ofertadas. A relação entre as saídas e as entradas é chamada de produtividade do sistema. Como nenhum sistema é 100% eficiente, ou seja, sempre haverá perda de algum recurso, pode-se afirmar que a produtividade será sempre um valor menor que 1.

Segundo Slack *et al.* (2008) os recursos de entrada agem com intensidade diferentes sobre os produtos e serviços (saídas) em função do tipo de operações, considerando que os tipos de operações são formados por uma composição de produtos e serviços, conforme esquematizado na Figura 8.

Analisando a Figura 8, observa-se que quanto mais o tipo de operação se aproxima do “serviço puro”, é maior o uso intensivo de mão-de-obra, ao passo que a aproximação do produto puro, aumenta o uso intensivo da automação das máquinas e equipamentos. Para as empresas manufatureiras, que ocupam a parte central da representação esquemática da Figura 8, notadamente marcadas pelo equilíbrio entre o uso intensivo de mão-de-obra e o uso intensivo de automação, formam o conjunto mais complexo de gestão sob o ponto de vista dos recursos de entrada no sistema de manufatura e sua migração para os conceitos da 4ª Revolução Industrial.

Figura 8 - Representação esquemática da composição dos tipos de operações



. Adaptado de SLACK *et al.* (2008)

2.3.2. Operações de manufatura

2.3.2.1 Tipos de empresas em operações de manufatura

De acordo com o IBGE-CNAE – Classificação Nacional de Atividade Empresarial (2022), as empresas manufatureiras estão classificadas como indústria de transformação, cujas atividades se dividem em quatro grupos:

- **Indústria de base:** são as empresas que produzem ou fabricam matérias-primas a serem utilizadas por empresas de outros setores. Exemplo: fabricantes de aço.
- **Indústria de bens de capital:** são as empresas que produzem produtos necessários para a produção de outros bens ou para o fornecimento de serviços. O bem de capital não é diretamente incorporado no produto final, mas será usado por outras indústrias ou outros setores de atividade no processo produtivo. Exemplo: fabricantes de máquinas e ferramentas.
- **Indústria de bens intermediários:** são as empresas que produzem produtos que serão novamente transformados por outras indústrias. Exemplo: fabricantes de auto-peças.
- **Indústria de bens de consumo:** são as empresas responsáveis por produzir e encaminhar a produção ao mercado consumidor. Se dividem em indústrias de bens duráveis e não duráveis. Bens duráveis são aqueles que podem ser usadas por muito tempo, como eletrodomésticos, automóveis, roupas e calçados. Os não duráveis são as mercadorias perecíveis, com prazo de validade mais curto, como alimentos e remédios.

2.3.2.1.1 Empresa mantenedora

Com o aparecimento de novos modelos de negócios para as empresas manufatureiras, surgiu um tipo de empresa denominada como “Empresa Mantenedora”, classificada pelo IBGE como Indústria de Bens de Consumo, porém ela se diferencia das demais por prover recursos necessários para outras entidades, incubadoras de empresas ou “clusters de fornecedores sistemistas”.

Em alguns casos a empresa mantenedora fornece como recurso o gerenciamento da marca, o projeto do produto final, as instalações físicas, o conhecimento dos processos, e a gestão da cadeia de distribuição, como é o caso dos consórcios modulares. Em outros casos, a empresa mantenedora monta o produto final a partir de “sub-conjuntos” fabricados por um pequeno número de fornecedores denominados “sistemistas”.

2.3.2.1.2 Empresa sistemista

Os novos modelos de negócios para as empresas manufatureiras fizeram surgir também um tipo de empresa denominada como “Empresa Sistemista”, classificada pelo IBGE como Indústria de Bens Intermediários.

Segundo Amato Neto e D’Angelo (2005) neste modelo de negócio de manufatura, o fornecedor atua nas suas próprias instalações, localizadas de preferência próximas às instalações da empresa mantenedora, ou dentro de um condomínio industrial formado por outros sistemistas da mesma cadeia de suprimentos que recebe a denominação de “cluster”. A manufatureira sistemista, entrega para a empresa mantenedora, um subconjunto completamente montado e testado, ou de outra forma, uma empresa sistemista fornece produtos complexos que possuem função primária em um produto final ofertado por uma empresa mantenedora.

2.3.2.2 Tipos de processos em operações de manufatura

Há que se levar em conta ainda, os tipos de processos em operações de manufatura utilizados. Segundo Stevenson (2001), Slack *et al.* (2008), Heizer e Render (2001), Ritzman e Krajewski (2004), Davis *et al.* (2001), os tipos de processos em operações de manufatura são determinados em função do custo unitário desejado para o produto final, a variedade de produtos a ser produzido, e o volume de produtos demandados pelo mercado. Segundo estes

mesmos autores, existem cinco tipos diferentes de processos em operações de manufatura apresentando características de organização diferentes:

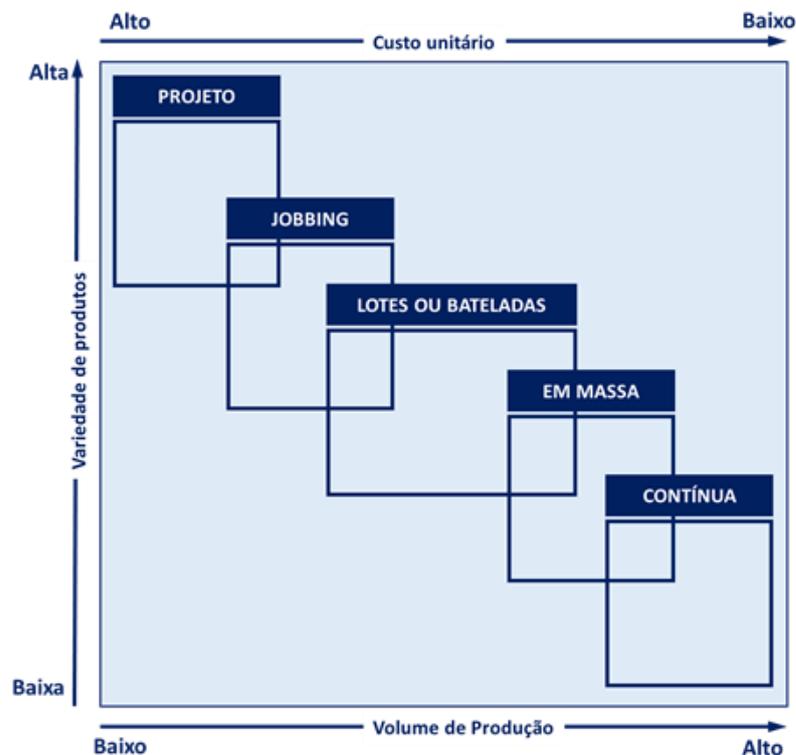
- **Processos de projeto:** é o tipo de processo em operações de manufatura que lida com produtos discretos e muito customizados. Em geral, são produtos fabricados sob encomenda e tem a característica de serem únicos. Nestes casos, o tempo de fabricação do produto é longo, e algumas alterações podem ocorrer durante a execução do produto. Exemplos: fabricação de navios, construção de pontes, etc.
- **Processos de “jobbing”:** é o tipo de processo em operações de manufatura que lida com pequenos lotes de produtos, em geral, fabricados apenas uma vez. Enquanto que nos processos de projeto os produtos possuem recursos dedicados, aqui os produtos compartilham os recursos de produção com outros produtos. Exemplos: fabricação de ferramentas, restauração de móveis, etc.
- **Processos em lotes ou bateladas:** esse tipo de processo de operações de manufatura pressupõe a fabricação de um grande número de produtos de forma repetitiva, porém com as quantidades desses produtos respeitando o “tamanho do lote”. Os recursos de produção também são compartilhados por lotes de produtos. Exemplos: fabricantes de autopeças, fabricantes de roupas de moda “*prêt-à-porter*”, etc.
- **Processos de produção em massa:** é nesse tipo de processo de operações de manufatura que se fabricam grandes quantidades de produtos através de atividades altamente repetitivas, amplamente previsíveis e fabricação de produtos bastante padronizados, tendo como objetivo a redução do custo unitário do produto e com isso ganhar economia de escala. São caracterizados por recursos com pouca flexibilidade, ofertando pequena variedade de produtos, constituída de poucas variáveis em torno de um modelo básico padrão. Exemplos: montadora de automóveis, eletrodomésticos, computadores, etc.
- **Processos de produção contínuos:** esse tipo de processo de operações de manufatura situa-se um passo além dos processos de produção em massa, operando volumes ainda maiores e variedade bastante reduzida. É caracterizado pela fabricação de produtos inseparáveis e fabricados através de um fluxo ininterrupto. Na maioria das vezes, os processos contínuos estão ligados ao uso de tecnologias rígidas, com instalações, máquinas e equipamentos projetados especificamente para a fabricação de um único

produto, são caracterizados pelo uso de capital intensivo e fluxo altamente previsível. Exemplos: refinarias de petróleo, petroquímicas, siderúrgicas, usinas hidrelétricas, etc.

Segundo Slack *et al.* (2008), cada tipo de processo de manufatura demanda uma forma diferente de organizar as operações de manufatura, contando com tipos de instalações diferentes, uso de máquinas e equipamentos diferentes, uso de sistemas de distribuição dos produtos diferentes, uso de sistemas de planejamento, programação e controle de produção também diferentes. Tudo isso implica em arranjos produtivos diferentes e que fazem tornar diferentes também os modelos de negócios.

Assim, pode-se afirmar que o volume de produção, a variedade de produtos ofertados e o custo unitário dos produtos são fatores determinantes na escolha do tipo de processo de manufatura e por conseguinte influem no modelo de negócio da empresa manufatureira. A Figura 9 apresenta de forma esquemática as áreas de influência de cada tipo de processo de manufatura.

Figura 9 - Representação esquemática das áreas de influência dos tipos de processos de manufatura.



Fonte: Slack et al. (2008)

2.3.3 Recursos de Transformação

Dentro da busca das respostas para a formulação do método proposto nesta tese, quatro expressões foram destacadas como mais relevantes e embora apresentando-se isoladamente entre si, estão relacionadas a ponto de serem confundidas em termos de semântica. Tais expressões foram assim definidas e conceituadas:

- **Recursos de produção.** Segundo autores da área de economia, a saber: Vasconcelos e Garcia (2000); Montoro *et al.* (1993); Heller (1987); Rossetti (1994); os recursos de produção, também chamados de fatores de produção são os elementos fundamentais de todos os processos produtivos que envolvem a produção de bens de consumo. Referem-se aos insumos, que desde os primórdios dos estudos de economia, são classificados em: trabalho, matéria-prima e capital.
- **Meios de produção.** Para os autores já citados da área econômica, os meios de produção são sinônimos dos recursos de produção, porém para os autores da área de gestão da produção, a saber: Slack *et al.* (2008), Ritzman e Krajewski (2004), Gaitner e Frazier (2001), Davis *et al.* (2001), Heizer e Render (2001), Moreira (2008); consideram que os meios de produção são as máquinas, equipamentos, ferramentas, instrumentos e utensílios utilizados nos processos de fabricação e montagem, mas não fazem parte dos componentes produzidos, sendo propriedade da empresa fabricante e podendo ser reutilizados na produção de outros bens de consumo.
- **Recursos de transformação.** Segundo Slack *et al.* (2008), Ritzman e Krajewski (2004), Gaitner e Frazier (2001), Davis *et al.* (2001), Heizer e Render (2001), Moreira (2008), os recursos de transformação se dividem em dois grupos: os recursos a serem transformados que para as empresas de manufatura são os materiais, insumos e componentes e os recursos de transformação que são compostos pelo conhecimento (métodos de trabalho, fichas técnicas, etc.), instalações (prédios, equipamentos, tecnologia) e funcionários (pessoas que operam as instalações).

No caso desta tese, por se tratar de um método voltado para empresas manufatureiras é mais adequado utilizar “Recursos de Transformação” para delimitar os elementos que serão determinantes na migração das empresas manufatureiras sistêmicas para a Indústria 4.0.

Okpighe (2015), depois validar um estudo de caso sobre produtividade com a aplicação da Função de Cobb-Douglas, classificou os recursos de transformação em sete grupos, criando

o acrônimo “M5I1T1”: Materiais (M1), Moeda (M2), Máquinas (M3), Mão de obra (M4), Gestão (M5), Informação (I) e Tempo (T).

De acordo com Lee *et al.* (2013) *apud* Magruk (2016), a definição básica de uma produção é descrita como um sistema 5M que consiste em: materiais (propriedades e funções); máquinas (precisão e capacidades); métodos (eficiência e produtividade); medições (detecção e melhoria) e modelagem (previsão, otimização e prevenção). Lee *et al.* (2013) *apud* Magruk (2016), afirmam ainda que o sistema de produção poder ser mais aprimorado com a incorporação das funções 5C, que podem ser definidas como: conexão (sensores e redes); nuvem (dados sob demanda e a qualquer momento); conteúdo (correlação e significado); comunidade (compartilhamento e social); e personalização (personalização e valor).

Por outro lado, Boglioni (2019), sustenta que os recursos de transformação que possuem maiores afinidades podem ser agrupados, afim de melhor analisar os efeitos provocados pelo conjunto na produção, assim como Slack *et al.* (2008) já havia proposto dividir os recursos de entrada em dois grupos: recursos de entrada transformados e recursos de entrada de transformação, conforme representado no Quadro 9.

Quadro 9 - Definições dos recursos de entrada em um sistema de manufatura.

RECURSOS DE ENTRADA		DEFINIÇÃO
RECURSOS TRANSFORMADOS	MATERIAIS	Compreende a matéria-prima, componente, ou insumo utilizados pelos processos de transformação na fabricação de um produto físico ou virtual, ou ainda na execução de um serviço. Exemplo: uma empresa de brinquedos processa materiais plásticos para fabricar seus produtos.
	ENERGIA	Como toda ação de produção envolve trabalho e fisicamente o trabalho envolve consumo de alguma espécie de energia, o recursos de transformação “energia” diz respeito ao tipo de energia utilizada na produção de um produto ou na execução de um serviço.
RECURSOS DE TRANSFORMAÇÃO	RECURSOS HUMANOS	Diz respeito às pessoas que atuam diretamente na produção dos produtos ou na prestação de um serviço, seja na operação de máquinas e equipamentos, seja na execução de atividades manuais auxiliares ou principais, ou ainda nas atividades de transporte, armazenamento e movimentação dos materiais.
	TECNOLOGIA	Envolve a tecnologia utilizada para a produção de um determinado produto, bem como a prestação de um serviço, agregando fatores como, softwares, fichas técnicas, planejamento e controle da produção, roteiros de fabricação, etc.
	CONHECIMENTO	Envolve os ativos intangíveis que agregam valor aos produtos e serviços de uma empresa, tais como: “know-how” técnico, projeto do produto, entendimento das necessidades do cliente, visão de marketing, criatividade e inovação.
	INSTALAÇÕES	Diz respeito aos prédios, terrenos ou quaisquer outros meios que abrigam os demais recursos de entrada no processo de transformação. Envolve ainda as instalações auxiliares tais como: redes de ar comprimido, redes de energia, redes hidráulicas, redes de comunicações, etc.
	MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	Envolve todo tipo de equipamento utilizado na produção de determinado produto ou na prestação do serviço. Envolve também os equipamentos de transporte e ferramentas.
	ORGANIZAÇÃO E GESTÃO	Diz respeito a toda e qualquer comunicação realizada entre as etapas produtivas que abordem informações relativas à produção de um determinado produto ou prestação de um serviço. Envolve os relatórios da qualidade, as Ordens de Fabricação, as Ordens de Serviços, os Mapas de Planejamento de Produção, etc.

Adaptado de SLACK *et al.* (2008)

2.3.4 Manufatura inteligente

A GTAI – Germany Trade & Investment (2014) afirma que a 4ª Revolução Industrial mudará as cadeias de valor existentes, influenciando nos sistemas produtivos estabelecidos no nível mundial. Nas cadeias de valor as empresas são integradas de forma horizontal com os processos de negócios e isto fará com que os processos de negócios - incluindo a engenharia - sejam consistentemente projetados e gerenciados em toda a cadeia de valor. Os sistemas de produção serão projetados em redes - integrando o fornecedor ao cliente. Essas redes de negócios altamente dinâmicas oferecem potencial para inovação e novos modelos de negócios. O mesmo também se aplica a uma melhor geração de dados, avaliação e gestão.

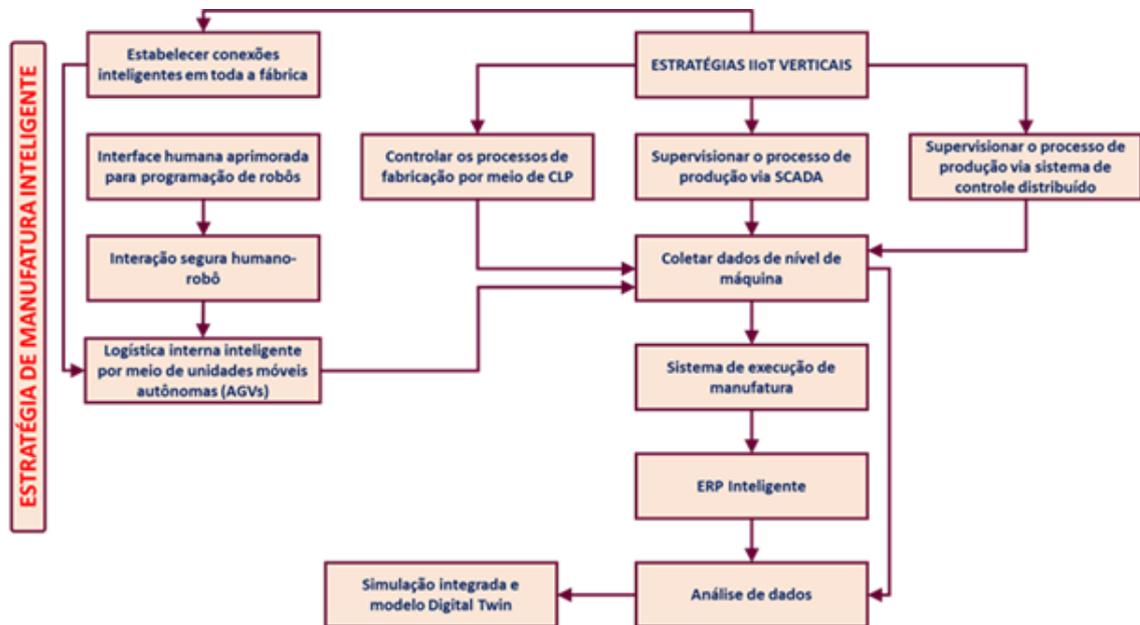
Para Frank, Dalenogare e Ayala (2019) a manufatura inteligente é o princípio e o primeiro objetivo da Indústria 4.0, seguindo a evolução cronológica do conceito de Indústria 4.0, cujas raízes emanam dos sistemas avançados de manufatura e suas interações.

Segundo Bag, Gupta e Kumar (2021) a manufatura inteligente, utiliza sistemas baseados na Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA) para planejar e controlar os fluxos de produção, programar e controlar a movimentação dos veículos de entregas, tanto na logística interna quanto na externa. Já para Kang *et al.* (2016) apud Ghobakhloo (2018), a manufatura inteligente é caracterizada pela conectividade, integração, transparência, proatividade e agilidade, visando a mudança da automação tradicional para um sistema interconectado e flexível evoluindo em um fluxo constante de análise de dados utilizados para o aprendizado e adaptação às demandas de um ambiente externo em constante mudanças.

Conforme Ghobakhloo (2018) preconizou, à medida que os conceitos de manufatura inteligente se espalham pela cadeia de valor, os parceiros precisam criar uma rede de fornecimento digital e para atingir esse objetivo, os parceiros de negócios precisam, em primeiro lugar, desenvolver a integração do sistema de aplicativos da cadeia de suprimentos.

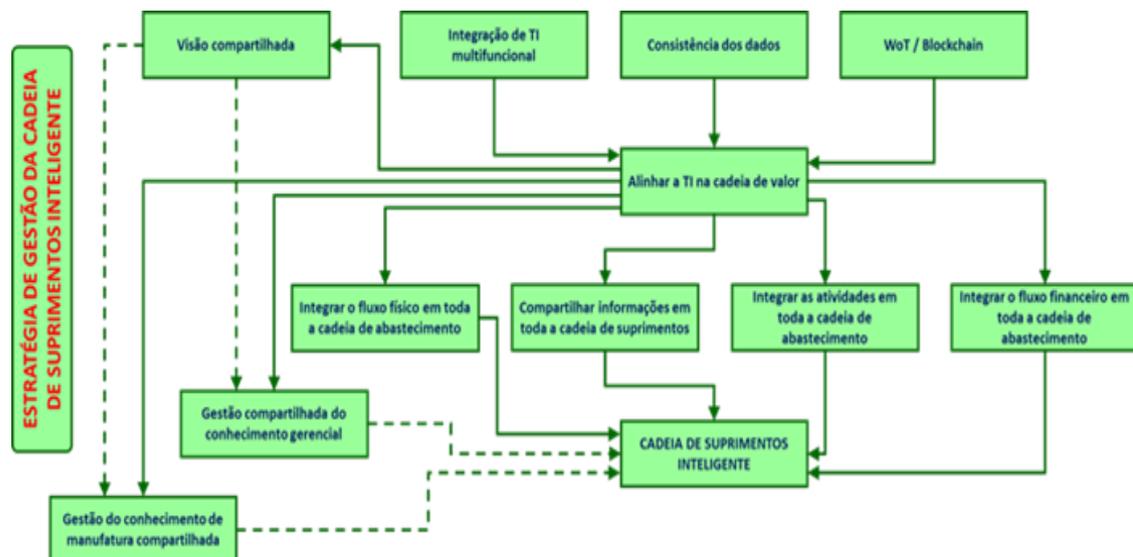
Ghobakhloo (2018) pontuou também que o desenvolvimento de um sistema de manufatura inteligente acompanhado do gerenciamento inteligente da cadeia de suprimentos permitindo a integração dos dados e dos sistemas de negócios, oferece uma abordagem holística dos processos inerentes da cadeia de suprimentos e gera valor agregado adicional em toda a rede de suprimentos. Ghobakhloo (2018), desenvolveu também um mapa das ações estratégicas necessárias para a transição de uma empresa manufatureira convencional para a Manufatura Inteligente e para a Gestão da Cadeia de Suprimentos Inteligente, representado em formato de fluxograma nas Figura 10 e Figura 11, respectivamente.

Figura 10 - Fluxograma do roteiro das estratégias de Manufatura para a transição da Indústria 4.0



Fonte: Adaptado de Ghobakhloo, 2018.

Figura 11: Fluxograma do roteiro das estratégias de Gestão da Cadeia de Suprimentos para a transição da Indústria 4.0.



Fonte: Adaptado de Ghobakhloo, 2018.

A partir dos estudos desenvolvidos ao longo do tempo por diversos autores, Cimini *et al.* (2021) desenvolveu um modelo sociotécnico teórico para a manufatura inteligente concentrado

em duas dimensões: tecnologia e organização. A Figura 12 apresenta estrutura conceitual do modelo sociotécnico para a manufatura inteligente.

Figura 12: Estrutura conceitual do modelo sociotécnico para a manufatura inteligente.



Fonte: Cimini *et al.* 2021

Slazak, 2015; Stein, 2016 *apud* Magruk, 2016 afirmaram que as principais características da manufatura inteligente são:

- Utilização das inovações tecnológicas disponíveis no mercado para identificar em tempo real os equipamentos, as pessoas, os processos e os materiais para execução dos produtos.
- Eficiência na comunicação engenharia-máquina e engenharia-máquina-máquina (M2M).
- Capacidade de adaptação ao ambiente de constantes mudanças.
- Eficiência na aplicação de recursos e na ergonomia.
- Integração de usuários, clientes e parceiros de negócios em todos os níveis.
- Ligação entre a cadeia de suprimentos estendida e a distribuição criando fluxos dinâmicos de trabalho.
- Altos níveis de segurança cibernética.

Kamble *et al.* (2020) desenvolveu um modelo de medição do desempenho para SMS – Sistema de Manufatura Inteligente, o qual foi reconhecido como uma das questões mais críticas sob o ponto de vista gerencial. O modelo apresentado por Kamble *et al.* (2020) para determinar as medidas do desempenho foi desenvolvido com o apoio dos diferentes parceiros da cadeia de

suprimentos em termos de colaboração, recursos humanos, coordenação, capacidades organizacionais e tecnológicas.

O sistema de medição de desempenho da manufatura inteligente desenvolvido por Kamble *et al.* (2020) identificou dez dimensões de desempenho, como segue: custo, qualidade, flexibilidade, tempo, integração, produtividade otimizada, diagnóstico e prognóstico em tempo real, informática, sustentabilidade social e ecológica, que podem ser consideradas como os benefícios competitivos resultantes de um investimento em Serviço de Mensagens Curtas (SMS).

2.4 MODELOS NAS OPERAÇÕES DE MANUFATURA

2.4.1 O arcabouço dos modelos

O arcabouço dos modelos é portador de subsídios que permitem diagnosticar a influência dos modelos de produção e suas interações com o mercado e o ambiente externo da empresa manufatureira, sobre a migração dos recursos de transformação.

Dependendo da área de estudo, o modelo assume definições específicas, mas existem modelos matemáticos, modelos comportamentais, modelos arquitetônicos, modelos de negócios, etc. Porém, em uma definição geral, segundo o Dicionário Houaiss (2001), um modelo é uma representação ou interpretação simplificada da realidade, ou um entendimento de apenas uma parte de um sistema realizada de acordo com uma estrutura de conceitual mental ou experimental.

Segundo Bertalanffy (1977), um modelo é um conjunto estruturado de sugestões da sua própria extensão e generalização. Ao elaborar a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), Bertalanffy (1977) apontou o isomorfismo das ciências, propondo a derrubada dos limites e o preenchimento dos espaços vazios. A Teoria Geral dos Sistemas é totalizante e entende que o mundo, o universo, e as empresas incluindo aí sua rede de fornecedores como uma grande malha interconectada, de tal forma que os sistemas não podem ser compreendidos se analisados exclusivamente pelas suas partes, devido ao sistema completo ter maiores implicações do que o estudo de cada uma das suas partes isoladamente, e também que, pelo modelo e por meio das transformações e operações proporcionadas por suas leis estruturais, pode-se elaborar previsões da realidade.

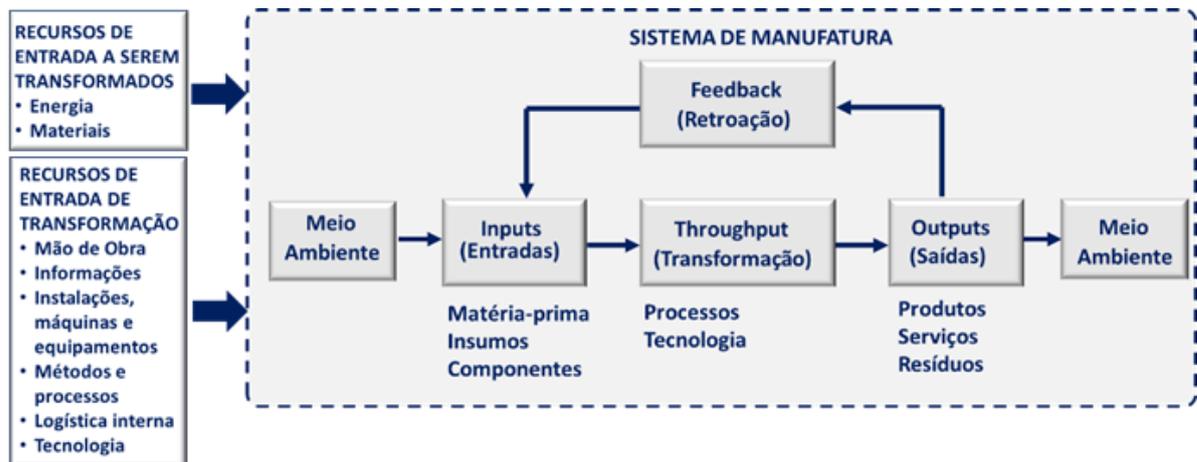
Segundo Chiavenato (2014) o uso dos modelos baseia-se em três premissas principais:

- Manipular pessoas ou organizações é inaceitável sob o ponto de vista da sociedade ou proibido sob o ponto de vista legal.
- As incertezas inerentes aos processos de gestão crescem em escala exponencial, ao mesmo tempo que aumenta também em escala exponencial as consequências pelos erros cometidos.
- Com o advento do computador a capacidade de simular a realidade através de modelos aumentou consideravelmente.

2.4.2 Modelos de gestão

Especificamente para empresas manufatureiras, o modelo do sistema de manufatura ampliado representado na Figura 13 é o ponto de partida do estudo de modelos de gestão.

Figura 13: Modelo de sistema de manufatura ampliado.

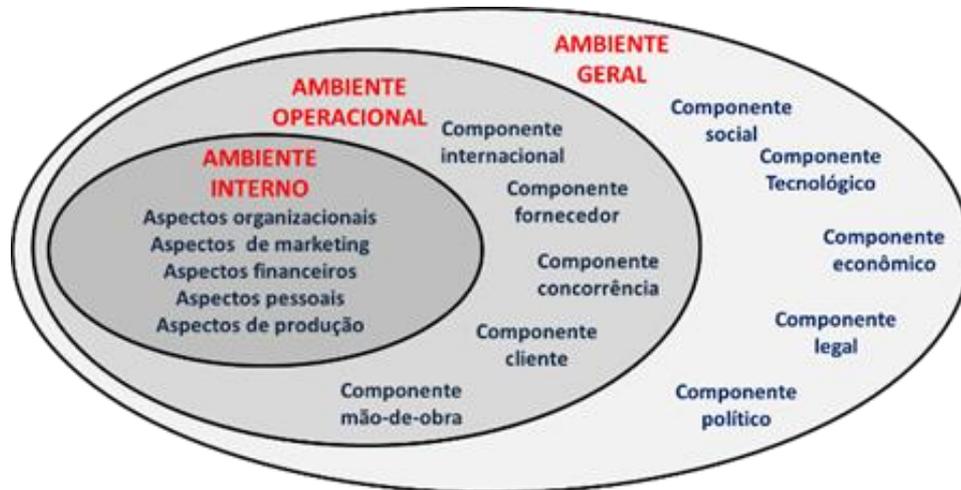


Fonte: Slack *et al.* (2008)

Konstantinos *et al.* (2016), Cornelis de Man e Strandhagen (2017), Huxtable e Schaefer (2016), Hecklau *et al.* (2016), e Zezulka *et al.* (2016), avaliam que não basta uma empresa analisar apenas seus processos internos, mas para que um modelo seja efetivo, segundo os princípios da Teoria Geral dos Sistemas, todo o ambiente precisa ser enquadrado no modelo e objeto de análise. Assim, torna-se necessário expandir as fronteiras do sistema incluindo também as variantes do ambiente externo, formado pelo ambiente operacional, incluindo os componentes: internacional, fornecedores, concorrentes, clientes e mão de obra; e pelo ambiente geral, incluindo os componentes: social, tecnológico, econômico, legal e político; conforme o modelo desenvolvido por Certo e Peter (1993) indicado na Figura 14. É importante

destacar que o modelo em questão envolve também o ambiente interno da empresa, já detalhado sob outra abordagem no modelo dos sistemas de manufatura de Slack *et al.* (2008).

Figura 14: A organização, os níveis de seus ambientes e os componentes desses níveis.



Fonte: Certo e Peter (1993)

Dentro da análise de modelos de negócios, também foi incluída o modelo da cadeia de valores de Porter (1990), onde são considerados os processos de suporte e os processos primários, conforme apontado na Figura 15. Importante salientar que a cadeia de valor genérica deve ser adaptada para a aplicação em empresas manufatureiras, especialmente aquelas que trabalham com demanda dependente, como é o caso das empresas focadas nesta tese.

Figura 15: Cadeia de valor genérica.



Fonte: Porter (1990)

Embora os modelos já analisados, tanto o modelo de sistema de manufatura de Slack *et al.* (2008) representado na Figura 13, quanto o modelo de organização, os níveis de seus

ambientes e os componentes desses níveis de Certo e Peter (1993), representado na Figura 14, ou modelo da cadeia de valor genérica de Porter (1990), representado na Figura 15, completam a extensão das fronteiras do sistema, conforme pregado pela Teoria Geral dos Sistemas, ainda falta o elo de ligação entre o ambiente interno da empresa representado pelo modelo de sistema de manufatura e o ambiente externo representado pelo modelo de organização e seus níveis e este elo é representado pelo modelo de negócio utilizado.

2.4.3 Modelos de negócios para manufaturas

De acordo com Stevenson (2001), Slack *et al.* (2008), Heizer e Render (2001), Ritzman e Krajewski (2004), Davis *et al.* (2001), tendo em vista uma abordagem de mercado, existem dois modelos de negócios básicos para as indústrias manufatureiras:

- a) **Demanda dependente:** neste caso, o produto da empresa manufatureira é vinculado ao produto de seu cliente, também indústria manufatureira, ou seja, o produto da indústria manufatureira fornecedora é um componente, ou subconjunto do produto principal ofertado ao mercado pela indústria manufatureira cliente, também conhecida como empresa montadora ou empresa mantenedora. Este é o caso da relação entre os fabricantes de autopeças e as indústrias montadoras no mercado automotivo. Há que se considerar ainda que este modelo de negócio foi, ao longo do tempo, desdobrado em outros modelos tais como: produção empurrada, produção puxada, consórcio modular, sistemistas, e plataforma multilateral. Em todos estes casos fica caracterizado a demanda dependente.
- **Produção empurrada:** este é o modelo mais comum, existente desde a 2ª Revolução Industrial, tendo origem nos processos de horizontalização das grandes montadoras do mercado automobilístico. Neste caso, as oscilações da demanda são absorvidas pelos estoques formados ao longo da cadeia de suprimentos. É chamada “produção empurrada” pois o fornecedor “empurra” o lote de produtos ao cliente mediante uma programação de entregas com prazos e quantidades rígidas.
 - **Produção puxada:** também conhecido como “JIT – *Just-in-Time*”, onde o cliente “puxa” somente a quantidade de produtos que necessita e no tempo que ele necessita. Neste modelo o ritmo de produção é estabelecido pela demanda do

cliente. O objetivo é atender a demanda com estoques mínimos e abastecimento contínuo das linhas de produção e montagem. Este modelo acabou se desdobrando para outras abordagens mais abrangentes, como a Manufatura Enxuta, por exemplo, mas conservando a mesma base filosófica.

- **Consórcio modular:** neste modelo de negócio de manufatura, o fornecedor atua dentro da empresa mantenedora, pois além de fornecer um subconjunto ainda é encarregado da montagem no produto principal dentro das instalações do cliente (RESENDE *et al.*, 2002).
 - **Sistemistas:** segundo Amato Neto e D'Angelo (2005) neste modelo de negócio a manufatureira sistemista, fabrica os componentes principais e adquire os componentes complementares de uma extensa rede de sub-fornecedores, montando um sub-conjunto denominado “sistema” e os entrega para a empresa mantenedora, completamente montado e testado. A empresa mantenedora cuida da montagem de cada sistema no produto final e se encarrega da distribuição aos consumidores.
 - **Plataforma multilateral:** segundo Evans e Schmalensee (2016) neste modelo de negócio, o fornecedor assume completamente as operações do cliente, ficando encarregado inclusive da distribuição do produto final. A empresa mantenedora é a responsável pelo projeto do produto, pelo marketing e pela gestão da marca.
- b) **Demanda independente:** neste caso, a demanda varia de acordo com o fluxo de pedidos do consumidor final e assim, é sujeita a uma grande quantidade de variáveis, tanto econômicas, quanto sociais ou políticas, ou ainda sujeitas a comportamentos de consumo das pessoas e ações de marketing. Todos os fabricantes de bens de consumo duráveis ou não, e que atendem ao consumidor final, atuam no modelo de demanda independente, porém em função do seu poderio financeiro, estes fabricantes conseguem impor cotas de compras aos seus distribuidores, transformando uma demanda independente em uma demanda mais previsível e isenta de algumas variáveis do ambiente geral.

2.4.3.1 Modelos de negócios para a Indústria 4.0

Hecklau *et al.* (2016), concluiu que a 4ª Revolução Industrial cria um grande número de novas oportunidades para as empresas, o que demanda novos modelos de negócios para superar os desafios macro ambientais decorrentes da automação e digitalização em curso.

Segundo Konstantinos, *et al* (2016) as características fundamentais dos modelos conceituais são amplamente observadas na Teoria Geral dos Modelos, e os modelos de negócios não fogem à estas regras:

- **Mapeamento:** um modelo conceitual deve ser uma reprodução fiel de um modelo original, podendo este ser um cenário do mundo real ou outro modelo.
- **Redução:** o modelo conceitual consiste em um subconjunto de elementos contidos no original, considerando que somente os pontos relevantes para serem adotados no modelo.
- **Pragmatismo:** a seleção dos tópicos para o modelo é orientada pelo objetivo do modelo e pela demanda de informações do modelador. O pragmatismo determina o nível de redução e a estrutura do modelo.

Cornelis de Man e Strandhagen (2017) consideram que os modelos de negócios da Indústria 4.0 não podem suportar os modelos de negócios neoclássicos, pois precisam incluir fatores sociais e ambientais. Por outro lado, os modelos de negócios da Indústria 4.0 precisam considerar firmemente quatro elementos: proposta de valor, cadeia de suprimentos, interface do cliente e modelo financeiro. Huxtable e Schaefer (2016) defendem a mudança dos modelos de negócios das manufatureiras que são formados pelo ciclo de aquisição de materiais, transformação e venda de produtos, para os modelos de negócios da 4ª Revolução Industrial que vendem serviços ou “soluções” sendo conhecidos como servitização.

Cortimiglia; Ghezzi e Frank (2016), procuraram identificar como as empresas elaboram seus modelos de negócios e onde eles estão localizados dentro do planejamento estratégico e descobriram que os modelos de negócios são definidos apenas no final do processo de formulação das estratégias, o que demonstra que o modelo de negócio é apenas uma formalidade em vez de uma abordagem estratégica. Neste mesmo sentido, Globocnik, Faullant e Parastuty (2020) concluíram que os modelos de negócios são usados apenas em três situações:

- Ferramenta de comunicação para ancoragem de estratégia.
- Ferramenta exploratória para fazer opções de estratégia.

- Explicar os confusos limites entre modelo de negócio e estratégia de negócio.

Globocnik, Faullant e Parastuty (2020) propõem uma estrutura de gestão integrada com quatro níveis distintos: estratégia, portfólio de modelos de negócios, táticas de modelos de negócios e operações de modelos de negócios. A estratégia determina o campo no qual a empresa deseja ter sucesso, e o modelo de negócios traduz a direção estratégica em uma definição operativa.

Para Jäger *et al.* (2016), em geral, um modelo de negócios da 4ª Revolução Industrial descreve como a empresa se organiza internamente para poder oferecer um benefício ou valor aos seus clientes sob forma de produtos ou serviços e também como comercializá-los para estes mesmos clientes. No quesito relação com o mercado, o modelo de negócios deve descrever com quais produtos ou serviços a empresa se conecta aos clientes, como inicia os contatos e como é realizada a relação com os vários segmentos de clientes. No quesito da empresa, o foco deve ser concentrado na fabricação interna e na logística de fornecimento do produto e serviço.

Berio e Vernadat (2021) estabeleceram uma lista de requisitos necessários para o desenvolvimento da modelagem de negócios, abordando grupos de parâmetros conforme apresentado no Quadro 10.

Quadro 10: Requisitos para o desenvolvimento da modelagem de negócios.

GRUPOS DE PARÂMETROS	REQUISITOS	DESCRIÇÃO
TIPOS FUNDAMENTAIS DE FLUXOS	Fluxos de materiais	Objetos físicos como produtos, ferramentas, matérias-primas, etc.
	Fluxos de informação	Documentos, dados, arquivos de computador, telefonemas, etc.
	Fluxos de decisão / controle	Sequência de operações
VISÕES DE MODELAGEM	Visão de função	Abordando a funcionalidade da empresa (o que deve ser feito) e o comportamento da empresa (em que ordem o trabalho deve ser feito)
	Visão de informação	Quais são os objetos a serem processados ou a serem usados.
	Visão de recursos	Quem / o que faz o que?
	Visão de organização	Unidades de organização e seus relacionamentos, que é responsável pelo que ou quem tem autoridade sobre o que, empoderamento das pessoas, etc.
	Outros aspectos que podem ser considerados	Visão econômica, visão de ergonomia, etc.
NÍVEIS DE MODELAGEM	Definição de requisitos	Para representar “a voz dos usuários”, isto é, o que é necessário, expressa de forma detalhada e inequívoca.
	Especificação de projeto	Para definir formalmente uma ou mais soluções que satisfaçam o conjunto de requisitos, para analisar suas propriedades e selecionar o “melhor”.
	Descrição da implementação	Para indicar detalhadamente a solução de implementação levando em consideração restrições e técnicas.

Fonte: Berio e Vernadat (2021)

Há que se considerar ainda os impactos sociais gerados pelos modelos de negócios da Indústria 4.0. Para a Associação Internacional de Avaliação de Impacto – IAIA (2015) *apud* Matos e Jacinto (2019), “os impactos sociais incluem todas as questões associadas a uma intervenção planejada, ou seja, um projeto que afeta ou preocupa as pessoas, direta ou indiretamente. Especificamente, um impacto social é considerado algo que é experimentado ou percebido em um sentido perceptivo (cognitivo) ou corporal, em qualquer nível, por exemplo, no nível de um indivíduo, uma unidade econômica (família), um grupo social (círculo de amigos), um local de trabalho (empresa) ou pela comunidade em geral. Esses diferentes níveis são afetados de maneiras diferentes por um impacto ou ação causadora de impacto”. Segundo Latané (1981) *apud* Matos e Jacinto (2019) um impacto social é definido como alterações em estados fisiológicos e sentimentos subjetivos, motivos e emoções, cognição e crenças, valores e comportamento, que ocorrem nas pessoas como resultado da presença ou de ações de outras pessoas. Estas definições deixam claro a necessidade de se considerar os impactos sociais quando na elaboração de um modelo de negócios sob pena de rejeição pela sociedade da proposta de valor desenvolvida.

Neste mesmo sentido, Neumann *et al.* (2021) desenvolveu uma estrutura que permite uma avaliação sistemática dos impactos da implementação dos conceitos da Indústria 4.0 sobre os trabalhadores e sobre o desempenho do sistema. Essa estrutura está fundamentada em cinco conceitos-chave de Fator Humano (HF):

- 1) Indústria 4.0 são sistemas sociotécnicos que envolvem pessoas. Não existem sistemas projetados sem seres humanos.
- 2) As necessidades das pessoas devem ser consideradas por meio do projeto do sistema. Os seres humanos não podem ser reprojitados, logo os designs devem ser feitos para se adequar a eles.
- 3) As pessoas tem capacidades e limitações perceptivas, cognitivas e motoras. As pessoas possuem características conhecidas que precisam ser acomodadas.
- 4) As pessoas tem necessidades psicossociais. Os humanos possuem necessidades de relacionamento com outros humanos assim como características comportamentais particulares. O sistema deve levar isso em consideração
- 5) Sistemas complexos frequentemente derivam para estados inseguros. Estados inseguros geram resistências por parte dos humanos, tanto dos trabalhadores, quanto dos consumidores.

Ainda, segundo Neumann *et al.* (2021) os quatro primeiros conceitos-chave mencionados são axiomáticos. Não existem sistemas projetados sem seres humanos.

Conforme Sommer (2015), a implementação da Indústria 4.0 em economias tipicamente manufatureiras despertam um potencial aumento da competitividade internacional, calcado em aumento da flexibilidade de produção, melhor adequação às expectativas dos clientes e novos modelos de negócios. Porém, uma pesquisa da McKinsey & Company (2016) identificou que o aumento de competitividade verificada pelo advento da Indústria 4.0 é atribuído mais a melhorias na eficácia operacional do que a mudanças nos modelos de negócios. Na Alemanha, 91% dos entrevistados esperam que a Indústria 4.0 aumente a eficácia operacional da sua empresa, mas apenas 76% preveem impacto em seu modelo de negócios. Por outro lado, apenas 55% das empresas alemãs esperam que concorrentes de fora de seu setor usem a Indústria 4.0 para atacar os participantes tradicionais do setor, enquanto 81% das empresas americanas e 75% das empresas japonesas acreditam que esse cenário adverso, provavelmente ocorrerá.

2.4.4 Modelos de maturidade

Segundo Klötzer e Pflaum (2017) os modelos de maturidade compartilham a propriedade comum de definir a quantidade de dimensões ou recursos de transformação nas diversas etapas discretas ou níveis de maturidade. Assim, tal modelo idealmente contém os seguintes componentes: um número de níveis ou estágios, uma denominação para cada nível, uma descrição ou resumo de cada nível, um número de dimensões ou áreas de processo, bem como elementos ou atividades específicas para eles, e uma descrição das atividades relevantes como elas podem ser realizadas em cada nível de maturidade.

Segundo Exner, Zimpfer e Stark (2017) os modelos de maturidade foram desenvolvidos na década de 1970 para descrever as categorias de liderança. Desde então, esses modelos evoluíram para descrever tipologias em várias disciplinas a fim de definir certos graus de maturidade. Por exemplo, em processos de desenvolvimento, o grau de maturidade compreende a "concretização crescente" de, por exemplo, amostra de laboratório para um produto de teste piloto.

Para Santos e Martinho (2020) os Modelos de Maturidade são ferramentas utilizadas para identificar e mensurar o nível de adesão de uma empresa a um determinado processo relacionado a uma posição estratégica futura. Em geral, os Modelos de Maturidade têm como propósito quantificar as atividades realizadas, fazendo-as mensuráveis e consistentes durante

um determinado período de tempo. Os Modelos de Maturidade são, em geral, baseados na ideia de que pessoas, organizações, áreas de trabalho e processos, evoluem em direção a um nível de desenvolvimento mais avançado, através da implementação de ações planejadas.

Segundo Becker *et al.* (2009) *apud* Caiado (2021) os Modelos de Maturidade são um meio estabelecido de apoiar requisitos como avaliação do posicionamento atual, definição de uma situação futura desejada e estabelecimento dos direcionamentos a serem seguidos para a evolução. Conforme Marx *et al.* (2012) *apud* Caiado (2021), os Modelos de Maturidade são usados regularmente como “*benchmarking*” e para aplicação de ferramentas de melhoria contínua.

Para Van Looy *et al.* (2013, 2014) *apud* Machado *et al.* (2017) os Modelos de Maturidade são processos, ferramentas e técnicas de melhoria importantes para lidar com demandas complexas, uma vez que a sequência de níveis e seus requisitos, definindo objetivos e práticas, levam a empresa à excelência de desempenho. Assim, maturidade significa desenvolvimento pleno, ou melhor, ao se atingir um determinado nível de maturidade a empresa tem domínio completo de todos os processos pertinentes à aquele nível e consegue atingir o máximo de desempenho dentro do nível atingido.

Mittal *et al.* (2017) descrevem os modelos de maturidade como modelos que ajudam um indivíduo ou entidade a atingir um nível de maturidade mais sofisticado (ou seja, capacidade) em pessoas / cultura, processos / estruturas e / ou objetos / tecnologias seguindo um processo de melhoria contínua passo a passo. Neste mesmo sentido Mittal *et al.* (2017) descreve também as Avaliações de Prontidão como sendo ferramentas de avaliação para analisar e determinar o nível de preparação das condições, atitudes e recursos, em todos os níveis de um sistema, necessários para que uma empresa atinja seus objetivos.

Santos e Martinho (2020) afirmam que a migração dos recursos de transformação para a 4ª Revolução Industrial envolve um aumento significativo das competências digitais na manufatura. Esta é uma mudança complexa e demorada e deve tomar tempo considerável, e as vezes anos entre o planejar e o implementar de tal forma que os impactos positivos na produtividade e na rentabilidade possam ser sentidos em etapas incrementais. Esta transformação, também pela sua alta complexidade, não pode ser executada de forma sincronizada em todos as linhas produção, instalações industriais, células de manufatura e processos de negócio, ao mesmo tempo, sob pena de perder a conexão com o mercado atual sem ter desenvolvido o mercado futuro. Para Schuh *et al.* (2017) *apud* Santos e Martinho (2020) uma empresa deve decidir qual o estágio de desenvolvimento representa um bom equilíbrio

entre custo e benefícios de uma migração dos seus recursos de produção para a 4ª Revolução Industrial, de acordo com as circunstâncias que envolvem o modelo de negócio, e com uma visão de futuro desejado.

De Carolis *et al.* (2017) descobriram que a maturidade da tecnologia, conectividade da informação, processo, organização e capacidade do pessoal são os principais pilares da manufatura inteligente.

Para Göksen e Göksen (2020), o conceito fundamental por trás do Modelo de Maturidade é orientar os tomadores de decisão a atingir o nível de maturidade digital desejado para as dimensões definidas. Vários modelos de maturidade descrevendo a prontidão do status de digitalização com diferentes níveis e dimensões foram publicados na literatura. Os níveis podem ser descritos em termos de dimensões que incluem diferentes aspectos das funções, que por sua vez indicam o estado geral de digitalização das empresas

Em pesquisa realizada por Schumacher, Erol e Sihm (2016) os especialistas entrevistados apoiaram as suposições iniciais sobre os problemas ao implementar a Indústria 4.0 na prática:

- As empresas entendem os princípios da Indústria 4.0, porém os veem como muito complexos, e de difícil implementação sem a devida orientação estratégica.
- As empresas não possuem um horizonte claro sobre a Indústria 4.0, de onde deriva as incertezas quanto à geração de resultados e obtenção de benefícios.
- As empresas desconhecem suas próprias capacidades na Indústria 4.0, e isso, por si só impede a alta administração de tomar decisões coordenadas no sentido da sua implementação.

Ao longo do tempo e mais recentemente, diversos autores publicaram análises sobre os modelos de maturidade existentes como uma forma de guiar a tomada de decisão nas empresas sobre a migração dos seus recursos de transformação para a 4ª Revolução Industrial. De Carolis *et al.* (2017) *apud* Göksen e Göksen (2020), Gökalp *et al.* (2017), Jung *et al.* (2016), Lichtblau *et al.* (2015), Schumacher; Erol e Sihm (2016), Gazarain e Errasti (2016), Akdil *et al.* (2018), Klötzer e Pflaum (2017), Schuh *et al.* (2020), Geissbauer *et al.* (2016) desenvolveram uma revisão e análise dos modelos de maturidade sob a ótica de nível e dimensão, conforme Quadro 11.

Quadro 11: Resumo da revisão da literatura.

MODELO DE MATURIDADE	NÍVEL / ESTÁGIO DE MATURIDADE	DIMENSÕES	AUTORES
Modelo DREAMY	(1) Orientado para digital (2) Integrado e interoperabilidade (3) Definido (4) Gerenciado (5) Inicial	(a) Organização (b) Tecnologia (c) Monitoramento e controle (d) Processo	De Carolis et al. (2017)
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	(1) Otimizando (2) Previsível (3) Estabelecido (4) Gerenciado (5) Realizado (6) Incompleto	(a) Alinhamento organizacional (b) Transformação do processo (c) Gerenciamento de aplicativos (d) Governança de dados (e) Gestão de ativos	Gökalp et al. (2017)
Modelo SMSRA	Valor do índice	(a) Tecnologia da informação (b) Conectividade de informação (c) Organizacional (d) Gestão de desempenho	Jung et al. (2016)
Modelo IMPULS	(1) Intérprete (2) Especialista (3) Experiente (4) Intermediário (5) Iniciante (6) Estranho	(a) Estratégia e organização (b) Produtos inteligentes (c) Operações inteligentes (d) Fábrica inteligente (e) Funcionários (f) Serviços baseados em dados	Lichtblau et al. (2015)
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Nível 5: estado da arte do necessário atributos Nível 1: total falta de atributos	(a) Liderança (b) Pessoas (c) Tecnologia (d) Estratégia (e) Produtos (f) Governança (g) Clientes (h) Cultura (i) Operações	Schumacher et al. (2016)
Modelo de Maturidade Três Estágios	(1) Detalhado (2) Transformado (3) Definido (4) Gerenciado (5) Iniciado	(a) Produto (b) Rede de valor (c) Processo (d) Mercado	Gazarain; Errasti (2016)
Modelo de Maturidade e Prontidão	(1) Maturidade (2) Sobrevivência (3) Existência (4) Ausência	(a) Estratégia e organização (b) Produtos e serviços inteligentes (c) Processos de negócios inteligentes	Akdil et al. (2018)
Modelo de Maturidade para Digitalização	(1) Consciência de digitalização (2) Produtos de rede inteligente (3) A empresa orientada para serviços (4) Pensando em sistemas de serviço (5) A empresa orientada por dados	(a) Cultura de inovação (b) Cooperação (c) Desenvolvimento de estratégia (d) Organização do processo (e) Sistema de TI complementar (f) Produto / fábrica inteligente (g) Oferecendo ao cliente (h) Competências (i) Organização estrutural	Klötzer; Pflaum (2017)
Índice de Maturidade da Indústria 4.0	(1) Informatização (2) Conectividade (3) Visibilidade (4) Transparência (5) Previsibilidade (6) Adaptabilidade	(a) Sistemas de informação (b) Cultura organizacional (c) Recursos (d) Estrutura organizacional	Schuh et al. (2020)
Construindo o Modelo Digital de Empresa	(1) novato digital (2) integrador vertical (3) colaborador horizontal (4) campeão digital	(a) Organização, funcionários e cultura digital (b) Dados e análises como capacidade principal (c) Acesso do cliente e modelos de negócios digitais (d) Segurança de conformidade, legal e fiscal (e) Digitalização de ofertas de produtos e serviços (f) Arquitetura ágil de TI (g) Digitalização e integração horizontal e vertical	Geissbauer et al. (2016)

Fonte: Göksen e Göksen (2020).

Exner, Zimpfer e Stark (2017) afirma que em Sistemas de Produtos e Serviços (PSS), mas que pode ser estendido também para as empresas manufatureiras, os modelos de maturidade, geralmente descrevem a manifestação existente entre soluções totalmente centradas no produto e soluções orientadas a serviços. Tukker (2004), Berkovich (2010), Burianek *et al.* (2007), Beyer (2007), Becker (2010), Gaiardelli *et al.* (2014), Rapaccini *et al.* (2013), Karni e Kaner (2013) *apud* Exner, Zimpfer, e Stark, (2017), desenvolveram uma revisão e análise dos modelos de maturidade sob a ótica de dimensão, conforme Quadro 12.

Quadro 12: Visão geral dos modelos de maturidade PSS

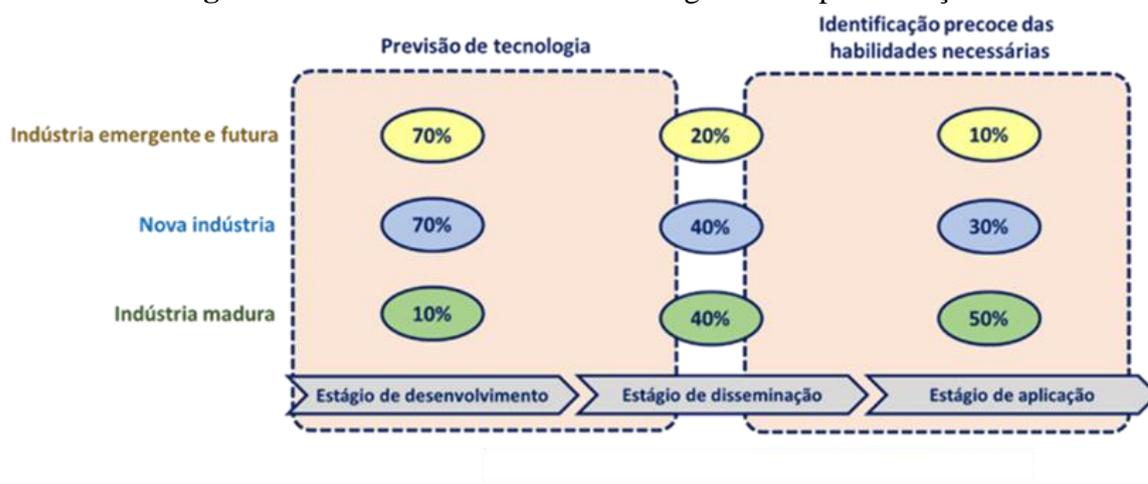
MODELO	DIMENSÃO	DESCRIÇÃO
O modelo de Tukker, A. (2004) descreve várias necessidades dos clientes, que são baseadas em diferentes combinações de produtos tangíveis e serviços intangíveis.	Três níveis principais de maturidade, que consistem em oito tipos específicos de PSS.	Intangibilidade do resultado de desempenho, orientado para o produto, orientado para o uso, orientado para o resultado.
O modelo de Berkovich, M. (2010) compreende PSS embutido na interação com clientes durante o andamento do planejamento, bem como a intangibilidade dos resultados de desempenho.	Quatro diferentes níveis de maturidade, que restringem o PSS em sua definição.	Interação com os clientes durante o andamento do planejamento, intangibilidade do resultado de desempenho.
O modelo de Burianek, F. et al. (2007) descreve sete características, que definem a complexidade do PSS e o resultado de desempenho coerente	Cada combinação das sete características cria um novo nível de maturidade	Benefício para o cliente, gama de serviços, heterogeneidade, integração técnica, individualização, dinâmica temporal, integração na criação de valor do cliente.
O modelo de Beyer, M. (2007) e Becker, J. (2010) mostra a integração gradual de serviços intangíveis de serviços adicionados a um sistema combinado de produtos tangíveis e serviços intangíveis	Três níveis principais de maturidade, que consistem em cinco tipos específicos de PSS	Orientado para o produto, orientado para o uso, orientado para os resultados, interação com o cliente, intangibilidade do resultado de desempenho.
Modelo de Gaiardelli, P. et al. (2014) combina os níveis principais do modelo de Tukker, A. (2004) com a interação inerente de cliente e fornecedor, bem como o processo holístico	30 níveis de maturidade diferentes	Orientado para o produto, orientado para o uso, orientado para os resultados, foco no produto ou processo, baseado na transação versus baseado no relacionamento
Modelo de Rapaccini, M. et al. (2013) define cinco níveis de maturidade desde o estágio inicial até um novo desenvolvimento de serviço otimizado (NSD)	Quatro dimensões com 9 elementos	Os modelos são baseados em um processo NSD e enfocam aspectos organizacionais, recursos, partes interessadas e gestão
O modelo de Karni, R.; Kaner, M. (2013) define um modelo de maturidade PSS baseado em níveis gerais de maturidade	Três dimensões com 38 fatores	O modelo enfoca o atendimento ao cliente, o ciclo de vida e a oferta

Segundo Dworschak e Zaiser (2014) um bom ponto de partida para observar as sobreposições e os pontos de alinhamento entre previsão de tecnologia e identificação precoce de necessidades de habilidades é um modelo de maturidade da indústria e de inovação tecnológica, organização do trabalho, produtos e serviços. Este modelo distingue entre indústrias emergentes, futuras, novas e maduras. O modelo também distingue três etapas relacionadas a novas maneiras de organizar o trabalho e desenvolvimentos tecnológicos, bem como inovações de produtos ou serviços:

- um estágio de desenvolvimento no qual ideias ou, por exemplo, avanços tecnológicos continuam a ser trabalhados;
- um estágio de disseminação na qual o planejamento, isto é, onde marketing de inovação acontece; e
- um estágio de execução em que os produtos estão no mercado.

Todos os três estágios podem ser identificados em indústrias emergentes e futuras, novas e maduras, embora com uma ponderação percentual diferente em cada caso, conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16: Maturidade industrial e estágios de implementação



Fonte: Dworschak e Zaiser (2014).

Schumacher, Erol e Sihm (2016) *apud* MITTAL, S. *et al.* (2018) sugerem um índice de maturidade que pode ser usado para calcular o nível de prontidão de uma empresa para adotar tecnologias da Indústria 4.0, bem como práticas de automação digital e inteligente.

O índice de maturidade foi calculado com foco em vários aspectos organizacionais na prática, e os métodos qualitativos e quantitativos foram implantados para validar o índice empiricamente. Este índice é baseado em uma pesquisa de nove dimensões, conforme mencionado em itens de maturidade exemplares no Quadro 14.

Gärtner (2018), preconiza que o Índice de Maturidade é baseado em um amplo entendimento das questões da Indústria 4.0 relacionadas à tecnologia. Para se beneficiar das novas tecnologias, as empresas precisam ajustar suas estruturas organizacionais e também sua cultura. O objetivo é uma empresa ágil, capaz de responder às mudanças do seu entorno por meio de decisões rápidas e informativas. O Índice de Maturidade ajuda as empresas a conseguir isso.

Exner, Zimpfer e Stark (2017) afirmam que em relação à avaliação, uma suposição simplificadora tem que ser considerada. Se uma empresa fornece vários produtos e serviços, o nível mais avançado (por exemplo, maior integração com o cliente) será escolhido.

Quadro 13: Dimensões de maturidade e alguns itens de maturidade exemplares.

#	DIMENSÕES DE MATURIDADE	ITENS DE MATURIDADE EXEMPLARES
1	Estratégia	<ul style="list-style-type: none"> • Implementando o roteiro da Indústria 4.0. • Percebendo os recursos disponíveis para digitalização e automação inteligente. • Adaptação do (s) modelo (s) de negócios.
2	Liderança	<ul style="list-style-type: none"> • Disposição dos líderes para abraçar o paradigma da Indústria 4.0. • Gestão de competências e métodos (digitais). • Existência de uma coordenação central para a estratégia da Indústria 4.0.
3	Consumidores	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de dados do cliente (ou seja, análises). • Digitalização de vendas e serviços. • Competência de mídia digital do cliente.
4	Produtos	<ul style="list-style-type: none"> • Individualização de produtos (ou seja, personalização). • Digitalização de produtos (ou seja, sistemas produto-serviço). • Integração do produto em outros sistemas (ou seja, produtos inteligentes).
5	Operações	<ul style="list-style-type: none"> • Descentralização de processos. • Modelagem e simulação. • Colaboração interdisciplinar e interdepartamental.
6	Cultura	<ul style="list-style-type: none"> • Compartilhamento de conhecimento. • Inovação aberta e colaboração entre empresas. • Valor das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na empresa.
7	Pessoas	<ul style="list-style-type: none"> • Competências em TIC dos funcionários. • Abertura dos funcionários às novas tecnologias. • Autonomia dos colaboradores.
8	Gestão	<ul style="list-style-type: none"> • Regulamentações trabalhistas para a indústria 4.0. • Adequação de padrões tecnológicos. • Proteção da propriedade intelectual.
9	Tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de TIC modernas. • Utilização de dispositivos móveis. • Utilização da comunicação máquina a máquina (M2M).

Fonte: Schumacher, Erol e Sihm (2016).

Gazarain e Errasti (2016), com a finalidade de facilitar a implementação do cenário Indústria 4.0 desenvolveram um Modelo de Maturidade composto de uma escala de maturidade para o modelo de processo de três estágios (vide Figura 4, abordando cinco níveis em 2.2.1.3 Organização industrial para a Indústria 4.0) com os seguintes níveis:

1. Inicial: A empresa não possui um direcionamento específico da Indústria 4.0.
2. Gerenciado: existe um roteiro da estratégia da indústria 4.0
3. Definido: segmentos de clientes, proposta de valor e recursos-chave definidos
4. Transformar: Transforme a estratégia em projetos concretos.
5. BM (*Business Model*) detalhado: Transformação do Modelo de Negócios

No Modelo de Maturidade desenvolvido por Gazarain e Errasti (2016) e ilustrado na Figura 17, as empresas que ainda não adotaram os princípios da Indústria 4.0, encontram-se no nível 1 e assim que aplicam os objetivos e práticas previstos para os processos mais avançados, o nível de maturidade também se eleva para níveis superiores até atingir o nível 5.

É importante ressaltar que a pesquisa sobre tecnologia de produção e desenvolvimento de novos produtos ainda está na fase de testes de produção e testes experimentais; as empresas

manufatureiras estão distantes de operar como manufatura virtual. Além disso, dispositivos físicos, informações e sociedade devem ser integrados mais profundamente a fim de promover uma fabricação inteligente e ideal na indústria de processo, visto que a fabricação visa melhorar o desempenho dos funcionários, garantir eficiência e segurança ambiental, e produzir benefícios sociais positivos (QIAN, ZHONG e DU, 2017).

Figura 17: Modelo de maturidade para a revolução da indústria 4.0.

	V 	B 	A 
	IMAGINAÇÃO	HABILITAÇÃO	IMPLEMENTAÇÃO
1 MM 	Não existe uma visão da indústria 4.0 específica da empresa		
2 MM 	Visão Tailorista da Indústria 4.0 	Segmentos de clientes e expectativas de clientes definidos	Projetos de portfólio sem priorização
3 MM 	Entendimentos sobre a I4.0 desenvolvidos com capacidades e recursos específicos	Segmentos e expectativas de clientes definidas e proposta de valor definida	Projeto avaliado e recursos e colaboração necessárias identificados
4 MM 	Mapa de oportunidades descrito em I4.0	Segmentos de clientes e expectativas VPM e tecnologias / recursos definidos	Projeto de portfólio atual e futuro detalhado
5 MM 	Desafios futuros da I4.0 		

Fonte: Gazarain e Errasti (2016)

2.4.5 Dimensões dos Modelos

Segundo Houaiss (2021) dimensão é tudo aquilo que pode ser medido, seja quantitativamente, quando no sentido matemático (comprimento de um objeto), seja qualitativamente quando no sentido figurado (dimensão econômica).

Segundo Slack et al. (2008) existem 4 dimensões na produção denominado 4Vs, que são utilizados como determinantes dos diferentes tipos de operações: volume de produção, variedade de produtos, variação da demanda de consumo, e grau de contato com o cliente ou consumidor final.

2.5 MEDIÇÃO DA PRONTIDÃO PARA A INDÚSTRIA 4.0

Segundo Botha (2018) a maturidade aplicada à Indústria 4.0 somente se justifica quando existe uma operação consistente dentro do novo paradigma por um período de tempo considerável e assim sendo a Indústria 4.0 ainda é jovem demais para tanto. Desta forma, Botha (2018) propõe, ao invés de um modelo de maturidade, uma avaliação da prontidão que pode ser feita para delineamentos de estruturas futuras.

Ainda segundo Botha (2018) a avaliação da prontidão para a Indústria 4.0 deve ser abordada como o futuro e como tal não pode ser previsto, e também não é pré-determinado. Existem quatro níveis de futuros: um futuro possível, um futuro plausível, um futuro provável e um futuro preferido. A avaliação da prontidão deve incluir metodologias para determinar intervenções estratégicas no presente com a finalidade de modelar o futuro através da gestão do presente.

Schumacher, Erol e Sihn (2016) entendem que a diferença entre prontidão e maturidade em determinado assunto reside em que a avaliação da prontidão ocorre antes de iniciar o processo de amadurecimento, enquanto que a avaliação da maturidade visa capturar o estado em que se encontra, enquanto processo de amadurecimento.

2.6 DIAGNÓSTICOS EMPRESARIAIS

Ao longo do tempo, um grande número de pesquisadores se encarregou de definir o que é um diagnóstico empresarial. Para Ziemski (1973) *apud* Olejniczak (2013) um diagnóstico é a identificação da situação que está sendo analisada, reconhecendo-a como um tipo ou classe conhecida, esclarecendo a causa e o propósito da situação, identificando seu “*status*” atual e seu futuro desenvolvimento esperado. Segundo Nahotko (1996) *apud* Olejniczak (2013) o diagnóstico empresarial é definido como um ramo da ciência, que identifica e explica a posição econômico-financeira de uma empresa através do uso de ferramentas especialmente desenhadas para esta finalidade, no sentido estatístico e dinâmico. Gołuchowski (1997) *apud* Olejniczak (2013), define o diagnóstico como um processo cognitivo – e seu resultado – orientado para o desenvolvimento de uma explicação racional e tão completa quanto possível das observações de uma determinada realidade.

Janicijevic (2010) *apud* Muriithi (2020), observa que o diagnóstico organizacional é um método utilizado para analisar a organização a fim de identificar deficiências organizacionais.

Zhang, Schmidt e Li (2016) *apud* Muriithi (2020), veem o diagnóstico organizacional como uma ferramenta de gestão utilizada para promover o desenvolvimento e a mudança organizacional para alcançar a sustentabilidade desejada.

Muriithi (2020) realizou uma extensa análise dos modelos de diagnósticos desenvolvidos ao longo do tempo por diversos autores, conforme apresentado no Quadro 14.

Para a OLIVER WIGHT INTERNATIONAL (2005) um diagnóstico é uma lista de verificação (“*Check-list*”) que aponta tudo aquilo que está em desacordo com o modelo ambicionado de operação. Como, em geral os modelos de operação ou de gestão são implementados por etapas, um diagnóstico indica quais ações precisam ser tomadas para que o processo analisado evolua para a etapa seguinte, geralmente de nível de desempenho superior.

A ITC – INTERNATIONAL TRADE CENTRE (2014) trata a questão do diagnóstico em duas partes: a primeira é a identificação dos sintomas, sendo sintoma visto como um desvio observável ou mensurável de uma condição normal esperada, tomada com base em um modelo. Um sintoma é uma indicação da existência de um problema subjacente, mas não é um problema em si. A segunda parte diz respeito à criação de ligações causais para determinar quais são as causas desses sintomas (ou seja, identificar o problema).

Para a ITC – INTERNATIONAL TRADE CENTER (2014) a acuracidade do diagnóstico empresarial depende do conhecimento do pesquisador sobre o modelo de negócio, da norma técnica de referência ou do padrão utilizado e de sua capacidade de fazer perguntas, observar a realidade, interpretar os achados e fazer a correta ligação entre os níveis de desempenho dos processos de negócio e as decisões gerenciais que originaram os resultados identificados.

Segundo Dworschak e Zaiser (2014) a melhor forma para verificar a aderência de um modelo de referência é a aplicação de um diagnóstico. Para Mazzarol (2019) *apud* Muriithi (2020) um diagnóstico empresarial é um levantamento da situação momentânea de todas as atividades de uma empresa obtendo-se como resultado uma posição dos processos quando comparado às melhores práticas do mercado ou a um modelo padrão reconhecido pela eficácia.

Sem um mecanismo bom e eficaz de realização de diagnóstico organizacional, as organizações tornam-se entidades de processamento de informações que podem não ser úteis às necessidades centrais organizacionais. É por meio de estruturas de diagnóstico que as organizações entendem as informações coletadas e sua utilidade (MURIITHI, 2020).

Segundo Van Aken e Berends (2018) *apud* Kryvovyazyuk (2021), a principal tarefa de diagnosticar um negócio é estabelecer um resultado analítico sobre seu estado atual e futuro, seus problemas existentes e possíveis. Igualmente importante é a justificativa da viabilidade e

necessidade de aplicação de procedimentos corretivos para trazer os parâmetros básicos da operação empresarial ao seu estado normativo.

Quadro 14 - Análise dos modelos de diagnóstico.

MODELO	VARIÁVEL	VARIÁVEL INTERDEPENDENTE	MAIORES PREMISSAS	LIMITAÇÕES
Análise de campo de força de Lewin (1951)	Forças motrizes e forças restritivas	As forças motrizes e restritivas ocorrem simultaneamente	O desequilíbrio ocorre durante a mudança; então o equilíbrio é restabelecido.	Muito simplista para um diagnóstico de todo o sistema
Modelo de Leavitt (1965)	Tarefa, estrutura, variáveis tecnológicas e humanas	As quatro variáveis são interdependentes (ou seja, uma mudança em uma afeta as outras)	As mudanças nas variáveis é realizada para afetar a variável da tarefa (ou seja, produtos e serviços)	<ul style="list-style-type: none"> Ambiente externo não representado no modelo. Muito simplista para um diagnóstico de todo o sistema.
Análise de sistemas de Likert (1967)	Motivação, comunicação, interação, tomada de decisão, estabelecimento de metas, controle e desempenho	Os níveis de variáveis são medidos independentemente em uma pesquisa	Quatro tipos diferentes de sistemas de gestão (ou seja, participativo, consultivo, benevolente-autoritário e explorador-autoritário) são identificados nas sete dimensões (ou seja, variáveis)	<ul style="list-style-type: none"> Ambiente externo não representado diretamente no modelo Visão normativa em termos de mudança Níveis do sistema muito descritivos e assumem intervalo igual entre os níveis As alternativas e escalas de resposta da pesquisa não são padronizadas
Modelo de seis caixas de Weisbord (1976)	Propósitos, estrutura, relacionamentos, liderança, recompensas e mecanismos úteis	As interconexões entre as caixas, ou variáveis, não são explícitas	Quanto maior a lacuna entre os sistemas formal e informal dentro de cada variável, menos eficaz é a organização	<ul style="list-style-type: none"> O ambiente tem uma influência através de entradas e saídas organizacionais Muito simplista
Modelo de Congruência de Nadler e Tushman para Análise Organizacional (1977)	Entradas: meio ambiente, recursos, história, estratégia; resultados: tarefas, arranjos organizacionais individuais e formais, organização informal; saídas: individual, grupo e sistema	As organizações são dinâmicas; as interações ocorrem nos níveis individual, de grupo e de sistemas nas variáveis internas (ou seja, taxa de transferência)	Assume a teoria de sistemas abertos, sistemas formais e informais, e o ajuste ou congruência entre as variáveis internas	<ul style="list-style-type: none"> Embora o ajuste e a congruência possam levar a uma maior eficácia e eficiência, também podem promover resistência à mudança e adaptabilidade Algumas das variáveis e termos são muito difíceis de entender
Estrutura McKinsey 7S (1980)	Estilo, equipe, sistemas, estratégia, estrutura, habilidades e valores compartilhados	As variáveis são interdependentes; a ilustração é chamada de molécula gerencial	As variáveis devem todas mudar para se tornarem congruentes como um sistema	<ul style="list-style-type: none"> Ambiente externo não representado diretamente no modelo Legitimidade derivada em grande parte da marca McKinsey & Co e da personalidade de Tom Peters, e não por meio de pesquisas Parece moderno (por exemplo, 7S)
Modelo STAR de Galbraith (1982)	Estratégia, Estrutura, Processos, Recompensas e Pessoas	Assumindo alinhamento entre as variáveis, há alguma interdependência	As variáveis no modelo são consideradas elementos de design organizacional que suportam a estratégia de uma organização.	O modelo não especifica explicitamente nenhum comportamento ou resultados de desempenho, embora revisões recentes tenham sido feitas para tornar esses resultados explícitos
Estrutura TPC de Tichy (1983)	Entradas: histórico do ambiente e recursos; resultados: missão/estratégia, tarefas, redes prescritas, pessoas, processos organizacionais e redes emergentes; saídas: desempenho, impacto nas pessoas	Todas as variáveis estão inter-relacionadas, embora algumas relações sejam mais fortes e outras mais fracas (ou seja, recíprocas)	Todas as variáveis são analisadas de uma perspectiva técnica, política, cultural (ou seja, a metáfora da corda estratégica)	Algumas das variáveis e termos são muito difíceis de entender
Programação de alto desempenho de Nelson e Burns (1984)	Período de tempo, foco, planejamento, modo de mudança, gestão, estrutura, perspectiva, motivação, desenvolvimento, comunicação e liderança	Os níveis de variáveis são medidos independentemente em uma pesquisa (semelhante à análise do sistema de Likert)	Quatro níveis diferentes de desempenho organizacional são identificados: alto desempenho, proativo, responsivo e reativo em 11 variáveis. Estes estão associados a capacitar, propor, treinar e reforçar comportamentos de liderança, respectivamente.	<ul style="list-style-type: none"> Ambiente externo não representado diretamente no modelo Visão normativa em termos de mudança Níveis do sistema muito descritivos e assumem intervalo igual entre os níveis
Modelo de diagnóstico de comportamento individual e de grupo de Harrison (1987)	Entradas: recursos, recursos humanos; rendimentos nos níveis organizacional, de grupo e individual; resultados: eficácia organizacional, de grupo e individual, bem como resultados de QVT e bem-estar	Principais linhas de influência e ciclos de feedback; todos os relacionamentos são direcionais com exceção de dois relacionamentos recíprocos entre duas variáveis	Assume a teoria dos sistemas abertos; ênfase em três níveis de desempenho e eficácia, incluindo QVT e resultados de bem-estar	<ul style="list-style-type: none"> Limites mínimos entre a organização e o ambiente externo Algumas das variáveis têm títulos longos e complicados e parecem não ter unidimensionalidade
O Modelo Causal Burke-Litwin de Desempenho e Mudança Organizacional (1992)	Modelo de sistemas abertos representando 12 variáveis ou fatores	Todas as variáveis estão inter-relacionadas, representando relações recíprocas. No entanto, o modelo implica uma cadeia causal de cima para baixo	<ul style="list-style-type: none"> Assume a teoria dos sistemas abertos; ênfase está no diagnóstico de dinâmicas transformacionais e transacionais O primeiro modelo a afirmar a causalidade 	Modelo complexo e intrincado com um instrumento longo e concomitante (90 itens principais)
Modelo de Inteligência Organizacional de Falletta (2008)	Modelo de sistemas abertos representando 11 variáveis ou fatores	<ul style="list-style-type: none"> A parte superior do modelo descreve os fatores estratégicos que influenciam os principais índices que, por sua vez, impulsionam o engajamento e o desempenho dos funcionários. Enquanto as variáveis estão inter-relacionadas, o modelo afirma uma cadeia causal de cima para baixo 	Não é suficiente medir o engajamento dos funcionários sozinho. O modelo serve como uma estrutura conceitual de todo o sistema para avaliar os fatores estratégicos (ou seja, impulsionadores secundários), bem como os principais impulsionadores do engajamento e desempenho dos funcionários.	As variáveis estão claramente inter-relacionadas e retratam uma cadeia causal de cima para baixo. No entanto, a relação e a direcionalidade entre as variáveis no modelo não são claras (ou seja, linhas e setas devem ser usadas para especificar a natureza da relação entre as variáveis)

Fonte: Muriithi (2020).

Para Van Aken e Berends (2018) *apud* Kryvovyazyuk (2021) a principal tarefa de diagnosticar uma empresa é estabelecer um resultado analítico sobre seu estado atual e futuro, seus problemas existentes e possíveis. Ao aplicar um diagnóstico, mesmo que seja em empresas manufatureiras sistêmicas pertencentes à mesma cadeia produtiva de uma mesma empresa mantenedora, não será possível encontrar os mesmos resultados. As empresas, em geral, se encontram em estágio diferentes em relação ao atendimento aos requisitos dos modelos de referência. Este fenômeno ocorre também entre empresas com modelos de negócios diferentes atuando no mercado em geral.

Segundo Muriithi (2020) o diagnóstico também permite que a liderança organizacional identifique questões críticas que requerem atenção e tome as medidas certas para fornecer soluções adequadas em resposta a desafios e desenvolvimentos ambientais muito turbulentos.

Embora não exista muita literatura sobre diagnósticos empresariais, uma coisa é consenso entre os autores da área: só é possível executar um bom diagnóstico se a base estiver contida em um modelo, norma técnica ou padrão para ser utilizado como referência.

Em geral, os modelos auxiliam as empresas a identificar as principais variáveis em questão e o relacionamento entre elas. Com a identificação das variáveis-chave, os modelos ajudam a administração a identificar as principais relações e tendências e prever o comportamento futuro esperado. Os modelos de diagnóstico permitem que as organizações escolham variáveis ou componentes vitais que precisam de atenção para alcançar resultados desejáveis.

2.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CONCEITOS E A INDÚSTRIA 4.0

O objetivo deste capítulo foi buscar definições e conceitos sobre os fatores que influenciam a migração dos recursos de produção de uma empresa manufatureira sistematizada da 3ª para a 4ª Revolução Industrial, atendendo desta forma a questão de pesquisa originada a partir das hipóteses desta tese: como identificar o momento em que o mercado está pronto para a migração dos recursos de produção da 3ª para a 4ª Revolução Industrial?

Através das análises dos modelos de maturidade, dos modelos de negócios e dos modelos de gestão, pode-se concluir que tanto os recursos de transformação, quanto às dimensões da produção aumentam à medida que os sistemas de produção também aumentam em termos de complexidade. Assim, recursos de transformação como conhecimento, tecnologia, estratégia, inovação, informação, liderança, organização e gestão, sustentabilidade, etc. passaram a compor o mapeamento dos sistemas de produção.

Por outro lado, a ampliação das dimensões de produção e a necessidade de medições para avaliações da eficácia dos modelos, trouxe à luz das análises, as definições dos ativos tangíveis e dos ativos intangíveis dentro dos recursos de transformação.

No âmbito de uma empresa manufatureira, os ativos tangíveis são os tradicionais recursos de produção fixos, formados pelas instalações, máquinas e equipamentos, pelos estoques de materiais, insumos e componentes, pelos estoques de produtos acabados, pela força de trabalho

e pelo capital financeiro empregado na manutenção das operações. Já os ativos intangíveis são representados pela capacitação e potencial de desenvolvimento dos empregados, pela tecnologia, pelos processos, rotinas, práticas e normas organizacionais, pela liderança e valores organizacionais, pelas estratégias empresariais, pelas informações, etc.

Segundo Davenport e Prusak (1998) o conhecimento é formado a partir da experiência de vida, valores desenvolvidos, informação retida e práticas aplicadas, elementos estes que proporcionam uma estrutura para captação e incorporação de novas experiências e informações, tomando assim um caráter fluído. Como o conhecimento é um ativo intangível, esta mesma definição pode ser aplicada aos recursos de transformação representados pelos ativos intangíveis identificados nos modelos de maturidade desenvolvidos para a Indústria 4.0 por DE CAROLIS *et al.* (2017) apud Göksen e Göksen (2020), GÖKALP *et al.* (2017), JUNG *et al.* (2016), LICHTBLAU *et al.* (2015), SCHUMACHER *et al.* (2016), GAZARAIN e ERRASTI (2016), AKDIL *et al.* (2018), KLÖTZER e PFLAUM (2017), SCHUH *et al.* (2020), GEISSBAUER *et al.* (2016).

Assim, se justifica o uso, no mapeamento dos sistemas de produção, de um amplo espectro de recursos de transformação fixos com dimensões de produção quantitativas e recursos de transformação representados por fluxos com dimensões de produção qualitativas.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo é definida a proposta de método de pesquisa para a tese, apresentados os seus fundamentos, os procedimentos e a classificação de cada etapa do método escolhido. Assim, este capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado, iniciando pela Revisão Sistemática da Literatura onde buscou-se identificar a fronteira do conhecimento sobre o tema, bem como a delimitação da pesquisa. Este capítulo apresenta também os parâmetros e as análises dos resultados de uma pesquisa exploratória realizada através da aplicação de um questionário junto aos principais atores envolvidos nas cadeias de suprimentos de uma empresa manufatureira de eletrodomésticos da linha branca.

3.1 INTRODUÇÃO

Para Gil (2010), pesquisa é um procedimento racional e sistemático utilizado para buscar respostas para um problema proposto inicialmente. Gil (2010) aponta ainda que uma pesquisa deve ser realizada com o uso de métodos, técnicas e procedimentos reconhecidos como eficazes pela comunidade científica. Segundo Houaiss (2001) pesquisa é um conjunto de atividades que têm por finalidade a descoberta de novos conhecimentos no domínio científico, literário, artístico, etc, ou ainda investigação minuciosa. Desta forma, a pesquisa é necessária sempre que diante de um determinado problema, não exista clareza das informações necessárias para se chegar a uma resposta adequada.

Lakatos e Marconi (2003) estabelecem que o método é um conjunto de atividades sistemáticas e lógicas que permitem atingir um determinado objetivo da forma mais eficiente. Já para Houaiss (2001) metodologia é um ramo da lógica que se ocupa dos métodos das diferentes ciências, onde, Richardson *et al.* (2008) define método como sendo a forma de se chegar a uma determinada finalidade ou a um objetivo.

Dentro deste contexto, Cervo e Bervian (2006) afirmam que o pesquisador investiga a realidade sob diversos pontos de vista devido à sua curiosidade e seu interesse pelo conhecimento, e desta forma para atingir seus objetivos ele se utiliza de diversos métodos de

pesquisa. Para Collins e Hussey (2005) a pesquisa é um processo de questionamentos, investigativo, sistemático e metódico utilizado para aumentar o conhecimento.

Para Silva e Menezes (2001) os métodos de pesquisa são classificados da seguinte forma: quanto à natureza da pesquisa, quanto aos objetivos da pesquisa, quanto à abordagem do problema, quanto à técnica de coleta de dados, e quanto à técnica de análise de dados. O Quadro 15, apresenta um resumo da classificação das pesquisas.

Quadro 15 - Classificação das Pesquisas

CLASSIFICAÇÃO	TIPOS	DESCRIÇÃO
QUANTO AOS OBJETIVOS DA PESQUISA	Descritiva	Descreve as características de uma população, um fenômeno ou experiência para o estudo realizado.
	Exploratória	É realizada sobre um problema ou questão de pesquisa que geralmente são assuntos com pouco ou nenhum estudo anterior a seu respeito. O objetivo desse tipo de estudo é procurar padrões, ideias ou hipóteses.
	Explicativa	Busca identificar as causas dos fenômenos estudados, além de registrar e analisá-los. Isso se dá tanto por meio da aplicação de métodos experimental/matemático, como pela interpretação dos métodos qualitativos.
	Exploratório-descritiva	Consiste na fase de reflexão e de proposição de soluções, baseada no material de estudo que compôs a pesquisa.
QUANTO À NATUREZA DA PESQUISA	Qualitativa	É um tipo de método de investigação de base linguístico-semiótica usada principalmente em ciências sociais. Costumam-se considerar técnicas qualitativas todas aquelas diferentes à pesquisa estatística e ao experimento científico, isto é, entrevistas abertas, grupos de discussão ou técnicas de observação de participantes.
	Quantitativa	É a pesquisa científica na qual os resultados podem ser quantificados, diferindo da pesquisa qualitativa. A pesquisa quantitativa recorre a linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, relações entre variáveis, entre outras aplicações. É fortemente influenciada pelo positivismo.
	Qualitativa-quantitativa	É um método que combina o foco mais exploratório e subjetivo da pesquisa qualitativa com o foco o foco mais objetivo de números e dados da pesquisa quantitativa.
QUANTO À ABORDAGEM DO PROBLEMA	Estudo de caso único	É apropriado em algumas circunstâncias: quando se utiliza o caso para determinar se as proposições de uma teoria são corretas
	Estudos de casos múltiplos	É tipo de estudo de caso que envolve mais do que um único caso e tem como vantagem proporcionar, por meio das evidências dos casos, um estudo mais robusto
	Amostragens não-probabilísticas	É aquela em que a coleta é baseada em critérios definidos previamente, em que nem todos do universo pesquisado tem a mesma chance de ser entrevistado, mas que no final o trabalho de campo o resultado é representativo e passível de extrapolação.
	Amostragens probabilísticas	É aquela em que todos os indivíduos do universo pesquisado têm uma chance igual de responder a pesquisa, ou seja, probabilidade fixa e maior que zero.
	Estudo censitário	É também conhecido por pesquisa de população, pois é o tipo de levantamento que obtém informações de todas as pessoas de um grupo. Para esse tipo de pesquisa é necessário coletar os dados de 100% dos participantes.
QUANTO À TÉCNICA DE COLETA DE DADOS	Entrevista	É uma conversa entre duas ou mais pessoas(o/s), entrevistador(es) e o(s) entrevistado(s). Onde perguntas são feitas pelo entrevistador de modo a obter informação necessária por parte do entrevistado.
	Questionário	É um instrumento de coleta de informação, utilizado numa sondagem ou inquérito.
	Observação	É uma das etapas do método científico e consiste em perceber, ver e não interpretar. A observação é relatada como foi visualizada, sem que, a princípio, as ideias interpretativas dos observadores sejam tomadas.
	Pesquisa documental	É um tipo de pesquisa que utiliza fontes primárias, isto é, dados e informações que ainda não foram tratados cientificamente e recorre a fontes mais diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico, tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas, filmes, fotografias, pinturas, tapeçarias, relatórios de empresas, vídeos de programas de televisão, etc.
	Pesquisa bibliográfica	É o levantamento ou revisão de obras publicadas sobre a teoria que irá direcionar o trabalho científico o que necessita uma dedicação, estudo e análise pelo pesquisador que irá executar o trabalho científico e tem como objetivo reunir e analisar textos publicados, para apoiar o trabalho
	Triangulação	É um procedimento que combina diferentes métodos de coleta de dados, distintas populações (ou amostras), diferentes perspectivas teóricas e diferentes momentos no tempo, para consolidar suas conclusões a respeito do fenômeno que está sendo investigado.
	Pesquisa-ação	É uma forma de investigação baseada em uma autorreflexão coletiva empreendida pelos participantes de um grupo social de maneira a melhorar a racionalidade e a justiça de suas próprias práticas sociais e educacionais, como também o seu entendimento dessas práticas e de situações onde essas práticas
	Experimento	Significa observar ou fazer alguma coisa sob determinada "condição", o que resultará em um resultado ou estado final de acontecimentos que não são previsíveis.
QUANTO À TÉCNICA DE ANÁLISE DE DADOS	Análise de conteúdo	É metodologia de pesquisa usada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos. Essa análise, conduzindo a descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, ajuda a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum.
	Estatística descritiva	É um ramo da estatística que aplica várias técnicas para descrever e sumarizar um conjunto de dados. Diferencia-se da estatística inferencial, ou estatística indutiva, pelo objetivo: organizar, sumarizar dados ao invés de usar os dados em aprendizado sobre a população.
	Estatística multivariada	É formada por métodos que estudam simultaneamente três ou mais variáveis (características). Ela simplifica, tornando mais eficiente e completo o que seria feito por inúmeras análises univariadas e bivariadas. O propósito da análise multivariada é medir, explicar e prever o grau de relacionamento entre variáveis e os impactos do mesmo.
	Triangulação na análise.	É uma técnica de triangulação para ser usada na validação dos dados por meio da comparação entre fontes de dados distintas, examinando-se a evidência dos dados e usando-os para construir uma justificativa para os temas.

Fonte: Adaptado de Oliveira (2011).

3.2 DIMENSÕES DA PESQUISA

Segundo Peruzzo (2016), o método pode ser conceituado sob duas dimensões: metódica e epistemológica. O estudo e o entendimento destas duas dimensões se fazem necessários em função delas, de forma conjunta, apontarem as técnicas adequadas para os propósitos desta tese, bem como as ferramentas operacionais para a busca de informações no processo de investigativo.

3.2.1 Dimensão epistemológica

Segundo Peruzzo (2016) a dimensão epistemológica demonstra a posição do pesquisador na ciência e promove a orientação da linhagem teórico-metodológica, ou seja, define o paradigma científico no qual o trabalho está inserido. Para Desphande (1983) os paradigmas de pesquisa científica são estruturas conceituais que demonstram um conjunto de pressupostos interligados sobre o universo onde se configura a pesquisa e que é compartilhado por uma comunidade científica.

Com o intuito de facilitar o entendimento do conceito de paradigmas em eventos científicos, ação fundamental para os processos de pesquisa, Thompson e Perry (2004) classificaram os paradigmas científicos em: positivismo, construtivismo, teoria crítica e realismo. Segundo Healy e Perry (2000), esses paradigmas podem ser analisados sob suas abordagens básicas: ontologia (realidade), epistemologia (relacionamento entre a realidade e o pesquisador) e metodologia (técnicas para investigar a realidade).

Dessa forma, esta tese se ajusta, dentro destes paradigmas, ao realismo, uma vez que seus objetivos buscam interpretar e descrever com veracidade as entidades e os fenômenos que ocorrem em um sistema de manufatura quando em transição da 3ª para a 4ª Revolução Industrial. Em termos ontológicos, onde a realidade, a natureza e a existência dos fenômenos são tratadas, esta tese não busca estabelecer relações diretas de causas e efeitos, mas sim, observar as tendências causais da tecnologia agindo sobre os sistemas de manufatura.

Segundo Pimentel (2017) este tipo de sistema não apresenta o grau de controle de variáveis comuns nos estudos de esfera natural, nos quais é realizado o fechamento artificial do sistema. Isso evidencia a necessidade dos estudos pertinentes a esta tese, ocorrerem em sistema aberto, onde não existe necessariamente uma conjunção constante de eventos para geração de leis científicas (MINATOGAWA, 2018).

Porém, o desenvolvimento de um diagnóstico para verificação da aderência a um modelo de referência para a tomada de decisão na gestão dos sistemas de manufatura, conforme o proposto nesta tese, utilizando apenas percepções diversas em um estudo inicial, pode se tornar uma tarefa difícil de realizar a medida que as percepções estão vinculadas exclusivamente ao ambiente da entidade pesquisada. Assim, as percepções devem ser tratadas através de diferentes abordagens, caracterizando a metodologia no realismo, pois segundo Healy e Perry (2000), metodologicamente o realismo pode ser tratado por meio de triangulação, interpretação da pesquisa, questões qualitativas e métodos quantitativos.

Assim, esta pluralidade de técnicas apoiadas pelo delineamento inicial da tese, é uma solução interessante para a proposta de um modelo de referência do posicionamento atual de um sistema de manufatura visando a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0, uma vez que estarão sendo avaliados dados quantitativos referentes ao desempenho dos sistemas de manufatura e dados qualitativos referentes ao comportamento dos atores do sistema de manufatura e ao ambiente operacional onde o sistema está inserido.

3.2.2 Dimensão metódica

Segundo Minatogawa (2018) é importante salientar a necessidade de conexão entre o método de pesquisa e as escolhas paradigmáticas. Para Guba e Lincon (1994) *apud* Minatogawa (2018) questões de método são secundárias a questões de paradigmas. Isso devido ao fato de que, segundo Denzin e Lincon (2006) *apud* Minatogawa (2018), os paradigmas lidam com os primeiros princípios, ou princípios fundamentais, os quais constroem definições que norteiam o olhar do pesquisador sobre os fenômenos existentes.

Assim, a dimensão metódica procura manter o alinhamento com o delineamento inicial desta tese e com o paradigma realístico exposto, incluindo os elementos que o caracterizam. As questões fundamentais para as quais esta tese procura resposta são: quais os principais recursos de transformação das empresas manufatureiras sistêmicas na “Indústria 4.0”? Como será um modelo de referência para a migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistêmicas para a Indústria 4.0? Qual é a estratégia de avaliação do nível de aderência de uma empresa manufatureira sistêmica ao modelo de referência para a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0? Este tipo de questionamento indica a busca

de padrões, de ideias ou hipóteses e devido aos seus objetivos que, segundo Oliveira (2011), pode ser classificado como pesquisa exploratória.

Segundo Gil (2010) a pesquisa exploratória é usada para estabelecer, esclarecer e propor mudanças nos princípios, conceitos e paradigmas, visando a formulação de questões mais precisas ou hipóteses mais determináveis para serem utilizadas na validação dos estudos científicos. Ainda, segundo Gil (2010), a pesquisa exploratória exige menor rigidez no planejamento pois procuram fornecer uma visão geral sobre determinado problema.

Do ponto de vista da técnica de coleta de dados, e com o objetivo de prover fundamentação teórica a esta tese e também atestar a originalidade da proposta, foi realizada uma pesquisa bibliográfica através de uma revisão sistemática da literatura com a utilização do método PRISMA 2020 (*Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses*) que, segundo Page *et al.* (2021) uma revisão sistemática é uma revisão que usa métodos explícitos e sistemáticos para comparar e sintetizar os resultados dos estudos que abordam uma questão claramente formulada. A revisão sistemática é importante nos trabalhos que envolvem pesquisa pois permite que outros pesquisadores possam replicar a pesquisa e chegar aos mesmos resultados.

É importante ressaltar que o método PRISMA 2020 nada mais é que um “*check-list*” reconhecido pelas comunidades científicas da área de saúde, que atestam que uma determinada revisão sistemática foi realizada obedecendo as melhores práticas e que permitem a replicação da pesquisa com os mesmos resultados, bem como auxilia na verificação dos critérios mínimos de qualidade, antes, durante e após publicação. Apesar de ter sido desenvolvido para a área de saúde, o método PRISMA 2020 pode ser utilizado para revisões sistemáticas de qualquer área do conhecimento humano.

Por fim, do ponto de vista da abordagem do problema, foi lançado mão de um estudo de aplicação. Segundo Yin (2001) *apud* Oliveira (2011), um estudo de aplicação trata-se de uma análise profunda e exaustiva dos eventos e fenômenos referentes à pesquisa, que permite conhecer a realidade com grande amplitude e detalhamento.

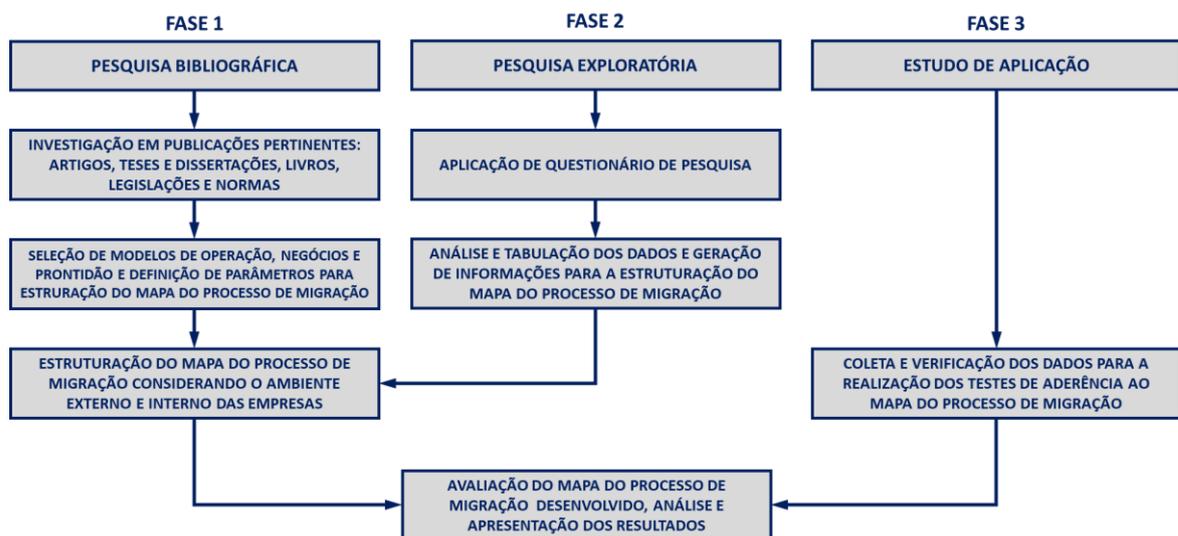
Baseado no fornecimento de bases para a generalização científica, muitos autores classificam os estudos de casos como um método secundário de pesquisa, quando comparado aos experimentos em laboratório ou às simulações computacionais, porém, Yin (2001) *apud* Oliveira (2011) contra-argumenta que a generalização analítica faz os estudos de caso generalizáveis às proposições teóricas, tendo restrições somente quando a generalização é aplicada a grandes populações, neste caso chamada de generalização estatística.

De acordo com Hartley (1994) *apud* Roesch (1999), o diferencial dos estudos de aplicações está na sua capacidade de analisar os processos sociais ao mesmo tempo que eles acontecem no âmbito das organizações, permitindo a análise do processo e do contexto das várias intervenções e significados que se manifestam e são construídos no ambiente operacional, onde o sistema de manufatura, reconhecidamente um sistema sócio-técnico, está inserido.

Para Laville e Dionne (1999) *apud* Oliveira (2011) a principal vantagem do estudo de caso está na possibilidade de aprofundamento que esta estratégia de pesquisa oferece, uma vez que os recursos são concentrados exclusivamente no caso objetivo da pesquisa, não ficando o estudo submetido às comparações do caso com outros casos.

Assim, a dimensão metódica deste trabalho é apoiada sobre três pilares básicos da construção da pesquisa: pesquisa bibliográfica baseada em revisão sistemática da literatura, pesquisa exploratória e estudo de aplicação; conforme demonstrado no fluxograma representado na Figura 18.

Figura 18: Fluxograma da metodologia da pesquisa.



Fonte: o Autor

3.3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA E DOS MÉTODOS E MODELOS

De acordo com Galvão e Ricarte (2019) é denominada revisão sistemática da literatura a pesquisa que segue uma metodologia específica, e que busca a compreensão e consistência de um conjunto de documentos, observando o grau de relevância de cada um dentro de um determinado contexto. A ideia central da revisão sistemática da literatura é que outros

pesquisadores consigam reproduzir a pesquisa e para tanto é imperioso apresentar de forma clara e objetiva quais as bases de dados bibliográficos consultadas, quais as estratégias de buscas empregadas em cada base, qual o processo de seleção dos artigos científicos, quais os critérios de inclusão e exclusão dos artigos e qual o processo de análise de cada artigo.

Siddaway; Wood e Hedges, (2019) classificam as revisões sistemáticas em revisões sistemáticas com meta-análise, revisões sistemáticas narrativas e revisões sistemáticas com meta-síntese, conforme exposto no Quadro 16.

Quadro 16 - Tipos de revisão sistemática.

TIPOS DE REVISÃO SISTEMÁTICA	DESCRIÇÃO
Revisão sistemática com meta-análise	Utilizada quando deseja-se reunir muitos estudos que testaram empiricamente a mesma hipótese, é necessária uma revisão quantitativa. A meta-análise está preocupada com: estimativas, relatos de resultados quantitativos semelhantes, exame dos mesmos construtos e relacionamentos.
Revisão sistemática narrativa	É apropriada quando os estudos quantitativos a serem considerados empregam diversas metodologias ou partem de diferentes conceituações teóricas, construtos e/ou relacionamentos. A revisão narrativa está preocupada com a síntese dos resultados de estudos quantitativos individuais sem referência à significância estatística dos resultados.
Revisão sistemática com meta-síntese	É apropriada quando uma revisão visa integrar a pesquisa qualitativa. O seu objetivo é sintetizar estudos qualitativos sobre um determinado tópico a fim de localizar temas, conceitos ou teorias-chave que forneçam novas ou explicações mais poderosas para o fenômeno sob análise.

Fonte: Siddaway; Wood; Hedges, (2019)

Creswell e Clark (2010) em função da complexidade crescente das pesquisas no mundo atual e da necessidade de uma visão mais cooperativa e integrada das diferentes ciências e seus métodos, propõem o uso de revisões sistemáticas mistas, ou seja, revisões sistemáticas que objetivam identificar, selecionar, avaliar e sintetizar, de forma simultânea as pesquisas qualitativas, pesquisas quantitativas e pesquisas mistas. Galvão, Pluye e Ricarte (2017) classificam as revisões sistemáticas mistas em quatro tipos, conforme exposto no Quadro 17.

Apesar deste trabalho estar enquadrado na complexidade do contexto organizacional atual, localizado na divisa entre a 3ª e 4ª Revoluções Industriais, escolheu-se o modelo de revisão sistemática com meta-síntese, em função dos objetivos da tese estarem intimamente integrados aos objetivos deste tipo de revisão sistemática, que é a mais apropriada quando procura-se integrar a pesquisa qualitativa, e onde o objetivo é sintetizar estudos qualitativos sobre um determinado tópico a fim de localizar temas, conceitos ou teorias-chave que ofereçam novos entendimentos ou explicações mais elucidativas para o fenômeno analisado. De acordo

com Higgins, (1994) quando se trata de inovação os modelos matemáticos ou quantitativos não funcionam pois não existe passado, nem presente. Existe somente o futuro e este é intuitivo ou qualitativo. No campo de estudos da Indústria 4.0, os assuntos tecnológicos são dirigidos para as inovações disruptivas e neste caso não cabe o desenvolvimento de modelos matemáticos ou quantitativos, pois não existe base estatística para a projeção de previsões.

Quadro 17: Tipos de revisão sistemática mista.

TIPOS DE REVISÃO SISTEMÁTICA MISTA	DESCRIÇÃO
Revisão sistemática mista de convergência quantitativa	É o tipo de revisão que transforma os resultados dos estudos qualitativos, estudos quantitativos e de estudos empregando métodos mistos em achados quantitativos, sendo estes variáveis ou valores. É aplicada quando os estudos selecionados mencionam grande número de participantes.
Revisão sistemática mista de convergência qualitativa	É o tipo de revisão que transforma os resultados dos estudos qualitativos, estudos quantitativos e de estudos empregando métodos mistos em achados qualitativos, por exemplo em temas. É aplicada quando os estudos analisados possuem amostras pequenas e estão voltados para desenvolver, refinar e revisar um quadro conceitual.
Revisão sistemática mista sequencial exploratória.	É composta por duas etapas. Na etapa 1, os resultados dos estudos qualitativos, quantitativos e dos estudos empregando métodos mistos são transformados em achados qualitativos. Na etapa 2, os resultados quantitativos são tabulados e comparados, desde que haja uma entidade comum entre os estudos quantitativos.
Revisão sistemática mista sequencial explanatória	É empregada nos casos onde se quer medir os efeitos de ações, intervenções ou programas (etapa 1) e explicar as diferenças em seus efeitos (etapa 2). Nessa modalidade de revisão, a integração ocorre entre as etapas quantitativa e qualitativa, na medida em que a síntese quantitativa (etapa 1) fornece subsídios para a síntese qualitativa (etapa 2), e na interpretação dos achados das suas etapas.

Fonte: Galvão; Pluye; Ricarte (2017)

3.3.1 Delimitação da questão

Segundo Galvão e Ricarte (2019) uma revisão sistemática da literatura deve ser baseada na especificação da população, ou na identificação do problema ou ainda na formatação do estudo, na forma de intervenção que será realizada, e se existirá algum tipo de comparação entre as intervenções e as conclusões que se pretende chegar. No caso desta tese, o tipo de revisão sistemática com meta-síntese deve partir de uma questão qualitativa, que irá dirigir a revisão e que será realizada tendo como ponto de partida uma análise prévia da literatura existente.

Assim, a questão da revisão sistemática da literatura é: “desenvolvimento de um mapa do processo de migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistêmicas para a Indústria 4.0”. Observando-se a questão pelo ponto de vista da revisão sistemática da literatura, pode-se afirmar que: “empresas manufatureiras” é a população, “migração dos

recursos de transformação” é o tipo de intervenção que será estudada, “Indústria 4.0” é a condição que será estudada e “mapa do processo” o desfecho.

3.3.2 Seleção da base de dados

Uma vez definida a questão que será tratada na revisão sistemática, é necessário definir as bases de dados que serão consultadas para as buscas de materiais bibliográficos que serão incluídos ou excluídos da revisão da literatura que se pretende realizar. Conforme Galvão e Ricarte (2019), as bases de dados mais consolidadas estão apresentadas no Quadro 18.

Quadro 18: Lista das bases de dados mais consolidadas.

BASE DE DADOS	CARACTERÍSTICAS
SciELO	Compreende a produção de artigos produzidos em vários países da América Latina
LISA	“ <i>Library and Information Science Abstracts</i> ”. Abrange a literatura internacional na área de Ciência da Informação desde 1969.
LISTA	“ <i>Library, Information Science & Technology Abstracts</i> ”. Abrange a literatura internacional nas áreas de Ciências e de Tecnologia da Informação desde meados da década de 1960.
SCOPUS	Compreende várias áreas do conhecimento, incluindo: análise bibliométrica, história, educação, psicologia, direito, religião, linguística e literatura.
ERIC	“ <i>Education Resources Information Center</i> ”. Abrange artigos e relatórios em inglês na área de educação.
PsycINFO	Abrange a literatura internacional sobre aspectos a ciência social e comportamental, incluindo pesquisas acadêmicas em psicologia e áreas afins.
IEEE Xplore	Abrange a coleção de trabalhos na área de tecnologia publicados pelo “ <i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i> ”.
ACM Digital Library	Compreende trabalhos da área de Tecnologia da Informação desde a década de 1950.
Medline Ovid	Abrange a literatura internacional de todas as especialidades médicas de 1946 até os dias atuais.
EMBASE	Abrange a literatura biomédica internacional de 1947 até os dias atuais, incluindo estudos sobre produtos farmacêuticos, farmacovigilância, eficácia, medicamentos e dispositivos médicos.
CINAHL	Abrange literatura internacional sobre enfermagem, tecnologia e áreas afins.
SiBIUSP	Base de dados com artigos, teses e dissertações envolvendo as áreas de engenharia.
EBSCO	Criada pela Institution of Engineering and Technology, esta base de dados bibliográfica fornece resumos e indexação para os trabalhos científicos e técnicos em física, engenharia elétrica, eletrônica, comunicações, engenharia de controle, computação, tecnologia da informação, manufatura, produção e engenharia mecânica.

Fonte: Galvão e Ricarte (2019)

Porém, a maioria destas bases de dados relacionadas apresentam acesso restrito e neste caso não se consegue acessar o conteúdo completo da publicação. Este problema foi contornado utilizando-se o Portal Brasileiro de Informação Científica (Portal de Periódicos CAPES) que oferece acesso irrestrito à maior parte dos bancos de dados, através das Universidades e Institutos de Pesquisa, mediante convênio institucional. Também foram consultados os repositórios de teses e dissertações da UNICAMP e da USP, além do buscador “Google Acadêmico” para a busca de publicações mais recentes.

3.3.3 Estratégia de busca e critérios de escolha

O desenvolvimento de uma estratégia de busca, passou inicialmente pela identificação dos termos básicos contidos na questão da pesquisa, assim apresentados: empresas manufatureiras, 4ª Revolução Industrial, e migração dos sistemas de produção. Em seguida, buscou-se identificar os potenciais sinônimos e termos na língua inglesa, como: *industrial production, manufacturing companies, industrial manufacturing, migration for 4th Industrial Revolution, changes for 4th Industrial Revolution, migration for Industry 4.0, changes for Industry 4.0, migration for Industrie 4.0, changes for Industrie 4.0, migration for digital transformation, changes for digital transformation, positioning diagnosis, maturity diagnosis, e status diagnosis*. Por fim, os termos na língua inglesa foram inseridos na busca da base de periódicos CAPES e no Google Acadêmico. Os resultados desta primeira busca estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da busca preliminar por documentos pertinentes à pesquisa.

GRUPOS	TERMOS DA PESQUISA	GOOGLE ACADÊMICO	PERIÓDICOS CAPES
1	<i>Industrial production</i>	1.740.000	72.032
	<i>manufacturing companies</i>	482.000	48.258
	<i>Industrial manufacturing</i>	86.300	10.847
2	<i>Positioning diagnosis</i>	207	47
	<i>Maturity diagnosis</i>	224	50
	<i>Status diagnosis</i>	9.600	7.789
3	<i>4th Industrial Revolution</i>	19.200	984
	<i>Industry 4.0</i>	3.520.000	12.328
	<i>Industrie 4.0</i>	363.000	2.113
	<i>Digital transformation</i>	4.350.000	12.034
TOTAL		10.570.531	166.482

Fonte: o Autor

Após esta sondagem inicial, chegou-se a um total de 10.570.531 documentos apontados na busca processada no Google Acadêmico e 166.482 documentos apontados na busca processada na Base de Periódicos CAPES. Nota-se uma diferença muito grande entre os

resultados da busca no Google Acadêmico e na Base de Periódicos CAPES, o que demonstra que a Base de Periódicos CAPES é muito mais seletiva, além de oferecer a visualização e “download” do documento integral, quando acessado de uma instituição conveniada. Esta sondagem inicial demonstrou ainda, para as duas bases de dados pesquisadas, um número muito elevado de referências tornando inviável para uma revisão sistemática mais acurada.

Para Galvão e Ricarte (2019), esta sondagem inicial é denominada mapeamento terminológico e conduz ao uso dos operadores booleanos AND (e), OR (ou) e AND NOT (e não) para a construção de estratégias avançadas de busca, onde AND equivale à intersecção, OR equivale a união e AND NOT equivale à exclusão.

Assim, a lógica de busca, nesta segunda fase da pesquisa, concentrada somente na Base de Periódicos CAPES, pelos motivos já expostos, foi escrita partindo-se dos grupos de termos e depois de associação entre eles, enumerando-se as seguintes pesquisas e pontuando o número de documentos encontrados, apresentados na Tabela 2.

Esta segunda fase da pesquisa marcada pelo uso do operador booleano “AND” apresentou um total de 11.915 documentos apontados na Base de Periódicos CAPES. A destacar nesta fase são os termos “industry 4.0” e “industrie 4.0” que apesar de terem o mesmo significado se diferenciam pela origem linguística, sendo o primeiro com origem na língua inglesa e o segundo com origem na língua alemã, foram considerados como termos separados em função de que os artigos escritos, originalmente na língua alemã, mantém o termo “industrie 4.0” quando traduzido para a língua inglesa, e se isto não fosse tratado separadamente, os resultados desta pesquisa poderiam ser prejudicados.

A terceira fase da pesquisa seguiu-se a lógica de busca na Base de Periódicos CAPES, que foi escrita como: *(Industrial Production) OR (Manufacturing Companies) OR (Industrial Manufacturing) AND (Positioning Diagnosis) OR (Maturity Diagnosis) OR (Status Diagnosis) AND (4th Industrial Revolution) OR (Industry 4.0) OR (Industrie 4.0) OR (Digital transformation)*. Esta consulta retornou um volume de 2.077.452 documentos da Base de Periódicos CAPES, um número considerado excessivamente grande para esta fase da pesquisa.

Em seguida, prosseguiu-se na mesma lógica de busca na Base de Periódicos CAPES, que foi acrescentado “aspas” para os termos compostos ficando a escrita como: *(“Industrial Production”) OR (“Manufacturing Companies”) OR (“Industrial Manufacturing”) AND (“Positioning Diagnosis”) OR (“Maturity Diagnosis”) OR (“Status Diagnosis”) AND (“4th Industrial Revolution”) OR (“Industry 4.0”) OR (“Industrie 4.0”) OR (“Digital transformation”)*.

Tabela 2 - Resultado da busca 2 – associação de grupos de termos.

PESQUISA Nº	TERMOS DA PESQUISA	PERIÓDICOS CAPES
1	<i>(industrial production) AND (positioning diagnosis) AND (4th industrial Revolution)</i>	49
2	<i>(industrial production) AND (positioning diagnosis) AND (industry 4.0)</i>	284
3	<i>(industrial production) AND (positioning diagnosis) AND (industrie 4.0)</i>	20
4	<i>(industrial production) AND (positioning diagnosis) AND (digital transformation)</i>	509
5	<i>(industrial production) AND (status diagnosis) AND (4th industrial Revolution)</i>	217
6	<i>(industrial production) AND (status diagnosis) AND (industry 4.0)</i>	2.056
7	<i>(industrial production) AND (status diagnosis) AND (industrie 4.0)</i>	73
8	<i>(industrial production) AND (status diagnosis) AND (digital transformation)</i>	1.502
9	<i>(industrial production) AND (maturity diagnosis) AND (4th industrial Revolution)</i>	34
10	<i>(industrial production) AND (maturity diagnosis) AND (industry 4.0)</i>	311
11	<i>(industrial production) AND (maturity diagnosis) AND (industrie 4.0)</i>	31
12	<i>(industrial production) AND (maturity diagnosis) AND (digital transformation)</i>	266
13	<i>(manufacturing companies) AND (positioning diagnosis) AND (4th industrial Revolution)</i>	29
14	<i>(manufacturing companies) AND (positioning diagnosis) AND (industry 4.0)</i>	173
15	<i>(manufacturing companies) AND (positioning diagnosis) AND (industrie 4.0)</i>	14
16	<i>(manufacturing companies) AND (positioning diagnosis) AND (digital transformation)</i>	277
17	<i>(manufacturing companies) AND (status diagnosis) AND (4th industrial Revolution)</i>	84
18	<i>(manufacturing companies) AND (status diagnosis) AND (industry 4.0)</i>	896
19	<i>(manufacturing companies) AND (status diagnosis) AND (industrie 4.0)</i>	52
20	<i>(manufacturing companies) AND (status diagnosis) AND (digital transformation)</i>	605
21	<i>(manufacturing companies) AND (maturity diagnosis) AND (4th industrial Revolution)</i>	20
22	<i>(manufacturing companies) AND (maturity diagnosis) AND (industry 4.0)</i>	174
23	<i>(manufacturing companies) AND (maturity diagnosis) AND (industrie 4.0)</i>	26
24	<i>(manufacturing companies) AND (maturity diagnosis) AND (digital transformation)</i>	167
25	<i>(Industrial companies) AND (positioning diagnosis) AND (4th industrial Revolution)</i>	58
26	<i>(Industrial companies) AND (positioning diagnosis) AND (industry 4.0)</i>	233
27	<i>(Industrial companies) AND (positioning diagnosis) AND (industrie 4.0)</i>	15
28	<i>(Industrial companies) AND (positioning diagnosis) AND (digital transformation)</i>	397
29	<i>(Industrial companies) AND (status diagnosis) AND (4th industrial Revolution)</i>	203
30	<i>(Industrial companies) AND (status diagnosis) AND (industry 4.0)</i>	1.446
31	<i>(Industrial companies) AND (status diagnosis) AND (industrie 4.0)</i>	56
32	<i>(Industrial companies) AND (status diagnosis) AND (digital transformation)</i>	1.104
33	<i>(Industrial companies) AND (maturity diagnosis) AND (4th industrial Revolution)</i>	36
34	<i>(Industrial companies) AND (maturity diagnosis) AND (industry 4.0)</i>	232
35	<i>(Industrial companies) AND (maturity diagnosis) AND (industrie 4.0)</i>	26
36	<i>(Industrial companies) AND (maturity diagnosis) AND (digital transformation)</i>	240
TOTAL		11.915

Fonte: o Autor

Esta nova busca retornou um volume de 142.670 documentos da Base de Periódicos CAPES, sendo aplicado sobre este resultado, os seguintes filtros de parâmetros que foram mantidos até o final da revisão sistemática, na seguinte ordem:

- 1) Revisado por pares: 96.254 documentos.
- 2) Somente artigos: 94.157 artigos
- 3) Publicados entre 2011 e 2021 (últimos 10 anos, levando-se em consideração que o termo “4th Industrial Revolution” segundo Schwab (2014), foi cunhado em 2011 na Feira de Hannover): 65.605 artigos.
- 4) Tópico: Ciência e Tecnologia: 33.947 artigos.
- 5) Tópico: Tecnologia – 16.064 artigos
- 6) Tópico: Engenharia – 9.125 artigos
- 7) Tópico: Engenharia de manufatura – 1.566 artigos
- 8) Tópico: Engenharia industrial – 427 artigos, subdivididos da seguinte forma:
 - Pesquisa operacional e ciência de gestão - 168 artigos
 - Gestão da Produção – 36 artigos
 - Organização da Produção – 223 artigos

Uma análise sobre os bancos de dados que deram origem ao montante de 427 artigos identificados até esta fase da pesquisa, permitiu constatar a contribuição de cada banco de dados individualmente, conforme indicado na Tabela 3.

A utilização dos filtros de busca permitiu a redução dos resultados para 427 documentos, porém, este número é ainda muito elevado para uma revisão sistemática mais aprofundada. Assim, foi preciso realizar uma análise de títulos, palavras-chave e leitura dos resumos para verificar se estes artigos tratam efetivamente dos modelos de referência para as empresas manufatureiras migrarem os recursos de transformação da 3ª para a 4ª Revolução Industrial.

Foi necessário estabelecer novos critérios de exclusão para esta nova análise, conforme enumerados a seguir:

- a) Trata de temas não relacionados à quarta revolução industrial?
- b) Trata de temas não relacionados às empresas manufatureiras?
- c) Trata de temas relacionados à diagnósticos puramente quantitativos?

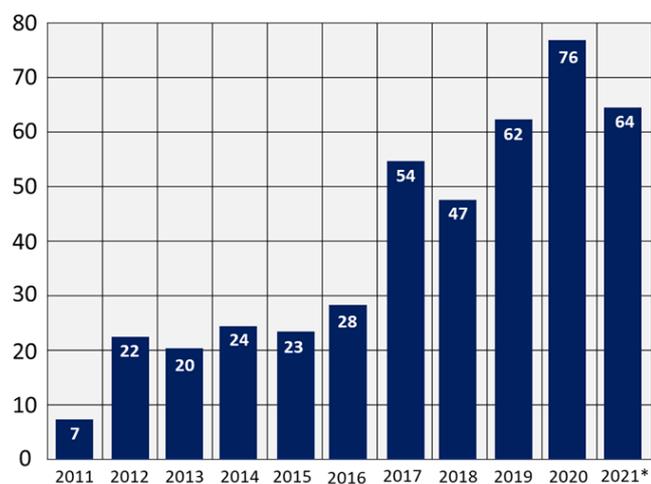
d) Trata de temas relacionados puramente a equipamentos e softwares?

Tabela 3 - Número de artigos por banco de dados

BANCO DE DADOS	Nº DE CONTRIBUIÇÕES
ARPN	1
EMERALD	161
EDITORA ACADÊMICA BRANCUSI	1
GROWING SCIENCE	1
HBR	1
IEEE	2
JIE	1
MDPI	7
MMSJ	1
OMNIA SCIENCE	4
RESEARCH GATE	4
SAGE PUB	1
SCHOLAR	1
SCIENCE DIRECT (ELSEVIER)	193
SI – JOURNAL	1
SPRINGER	12
TAYLOR & FRANCIS	7
TÛV SÛD ATISAE	1
UFSCAR	1
VGTV PRESS	1
WILEY ONLINE LIBRARY	23
WIRTSCHAFTSINFORMATIK	1
ZBW	1
TOTAL	427

Fonte: o Autor

Figura 19: Gráfico com as publicações selecionadas ao longo dos últimos 10 anos.



* Dados referentes somente até setembro/2021

Fonte: o Autor

Tabela 4 - Periódicos com maiores números de publicações identificadas.

TÍTULO DO PERIÓDICO	Nº DE PUBLICAÇÕES	CLASSIFICAÇÃO CAPES	ÁREA DE AVALIAÇÃO
International Journal of Production Economics	176	A1	Engenharias III
Journal of Industrial Engineering and Management	4	B3	Engenharias III
Journal of Manufacturing Technology Management	158	B3	Engenharias III
Production and Operations Management	23	A2	Engenharias III
Cogent Engineering	4	B5	Engenharias IV
IFAC – Papers on line	4	NA	Engenharias III
Gestão & Produção	1	B3	Engenharias III

Fonte: o Autor

Se todas as respostas para as quatro perguntas dos critérios de exclusão forem “NEGATIVAS” o artigo seguiu no estudo. Se uma das respostas para as perguntas dos critérios de exclusão for “AFIRMATIVA” o artigo foi excluído.

Após esta fase seletiva, foram selecionados 105 (cento e cinco) artigos para leitura detalhada dos resumos, onde procurou-se classificá-los quanto à relevância do artigo para esta tese, em 5 (cinco) níveis distintos, conforme apresentado no Quadro 19.

Quadro 19 - Escala de classificação dos artigos selecionados quanto à relevância.

Escala	Classificação	Descrição
5	Muito Relevante	Identifica e classifica recursos de transformação nos modelos de referência da Indústria 4.0, bem como a relação entre o modelo de operação, o modelo de negócio e o modelo de maturidade
4	Relevante	Identifica e classifica recursos de transformação nos modelos de referência da Indústria 4.0
3	Neutro	Define o que seja a Indústria 4.0, seus modelos de operação e de negócio.
2	Pouco relevante	Diz respeito somente às questões que envolvem a Indústria 4.0, como impactos sociotécnicos
1	Irrelevante	Não diz respeito ao escopo desta tese, embora trate de algum assunto correlato.

Fonte: o Autor

Para a nova etapa foram selecionados 28 (vinte e oito) artigos classificados como “relevantes ou muito relevantes”, devidamente relacionados no Quadro 20, os quais foram submetidos a uma leitura trabalhada do artigo completo, com vistas a incluir seus pontos mais importantes como referência na tese. Pode-se afirmar que neste momento, a relação de artigos do Quadro 21 representam a fronteira do conhecimento no quesito “migração dos recursos de transformação da 3ª para a 4ª Revolução Industrial nas indústrias manufatureiras” sistematizadas. Observa-se que esta pesquisa utiliza “recursos de transformação” em lugar de “recursos de

produção” devido ao primeiro ser considerado mais adequado para as empresas manufatureiras, objeto maior deste trabalho, conforme apontado pela pesquisa bibliográfica.

Quadro 20 - Relação dos artigos que representam a fronteira do conhecimento no tema desta tese.

Nº	TITULO DO ARTIGO	AUTOR(ES)	ANO
1	Evaluation of the Level and Readiness of Internal Logistics for Industry 4.0 in Industrial Companies	Zoubek, M.; Simon, M.	2021
2	Uncertainty in the sphere of the industry 4.0 – Potential áreas to research	Magruk, A.	2016
3	Global Footprint Design based on genetic algorithms – An “Industry 4.0” perspective.	Schuh, G. et al.	2014
4	Framing maturity based on sustainable operations management principles	Machado, C. G. et al.	2017
5	Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies	Frank, A. G.; Dalenogare, L. S.; Ayala, N. F.	2019
6	A performance measurement system for industry 4.0 enabled smart manufacturing system in SMMEs- A review and empirical investigation	Kamble, S. S. et al.	2020
7	A fuzzy rule-based industry 4.0 maturity model for operations and supply chain management	Caiaado, R. G. G. et al.	2021
8	Bundles of Lean Automation practices and principles and their impact on operational performance	Tortorella, G. L. et al.	2021
9	Industry 4.0 adoption and 10R advance manufacturing capabilities for sustainable development	Bag, S.; Gupta, S.; Kumar, S.	2021
10	Industry 4.0 and the human factor – A systems framework and analysis methodology for successful development	Neumann, W. P. et al.	2021
11	A Conceptual Framework to Support Digital Transformation in Manufacturing Using an Integrated Business Process Management Approach	Butt, J.	2020
12	Industry 4.0 framework for management and operations: a review.	Saucedo-Martinez, J. A. et al.	2018
13	Success factors for fostering a digital transformation in manufacturing companies	Vogelsang, K. et al.	2018
14	Industrial Revolution - Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of this Revolution?	Sommer, L.	2015
15	Three Stage Maturity Model in SME's towards Industry 4.0	Ganzarain, J.; Errasti, N.	2016
16	A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs)	Mittal, S. et al.	2018
17	The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0	Ghobakhloo, M.	2018
18	Additive manufacturing technology: mapping social impacts	Matos, F.; Jacinto, C.	2019
19	Industry 4.0: coherent definition framework with technological and organizational interdependencies	Nosalska, K. et al.	2019
20	An Industry 4.0 maturity model proposal	Santos, R. C.; Martinho, J. L.	2020
21	How manufacturing firm characteristics can influence decision making for investing in Industry 4.0 technologies	Bosman, L.; Hartman, N.; Sutherland, J.	2020
22	The impacts of Industry 4.0: a descriptive survey in the Italian manufacturing sector	Zheng, T. et al.	2020
23	How do industry 4.0 technologies influence organisational change? An empirical analysis of Italian SMEs	Cimini, C. et al.	2021
24	Human resource practices accompanying industry 4.0 in European manufacturing industry	Vereycken, Y.; Ramioul, M.	2021
25	Industry 4.0 collaborative networks for industrial performance	Dos Santos, L. M. A. L.; Costa, M. B.; Kothe, J. M.	2021
26	Determinants of Decision-Makers Attitudes toward Industry 4.0 Adaptation	Hamada, T.	2019
27	Rapidly arriving futures: future readiness for industry 4.0	Botha, A. P.	2018
28	Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?	Horvath, D.; Szabó, R. Z.	2019

Fonte: o Autor

Os artigos classificados como “relevantes ou muito relevantes” são aqueles que contribuem diretamente para a consecução dos objetivos desta tese, e neste caso foram considerados como muito relevantes, os artigos que buscaram identificar e classificar recursos de transformação nos modelos de referência da Indústria 4.0, assim como estabeleceram relações entre os modelos de maturidade, os modelos de negócio e os modelos de operação. Os artigos considerados como relevantes, são os artigos que procuraram identificar e classificar os recursos de transformação nos modelos de referência da Indústria 4.0.

Foi realizada sobre estes 28 (vinte e oito) artigos classificados como a fronteira do conhecimento, uma análise dos principais autores e coautores que produziram os artigos,

porém, como demonstrado no Quadro 21, não foi encontrado nenhum autor com mais de uma publicação classificada como “relevante ou muito relevante”, o que conduz à conclusão que o conhecimento relativo à migração dos recursos de transformação da 3ª para a 4ª Revolução Industrial, ainda está em uma etapa embrionária e as pesquisas estão pulverizadas entre um grande grupo de pesquisadores.

3.4 PESQUISA EXPLORATÓRIA

Segundo Gil (2010), a pesquisa exploratória busca melhorar hipóteses, tornar um campo de estudos mais familiar para o pesquisador e validar as ferramentas utilizadas para tratar os dados coletados. Assim, a pesquisa exploratória é a etapa inicial de um estudo com margem para ampliação, e é indicada para pesquisas em campos pouco explorados, ou em estudos iniciais para a obtenção de uma visão ampliada de alguns fatos.

Assim, a opção pela pesquisa exploratória se justifica nesta tese pela necessidade de desenvolvimento de ferramentas adequadas ao modelo que se pretende apresentar e realizar uma investigação que atenda de forma satisfatória as projeções futuras da produção industrial. A pesquisa exploratória poderá trazer dados qualitativos relevantes para o aprofundamento dos estudos e identificar questionamentos e possíveis desvios na construção das ferramentas a serem aplicadas.

A pesquisa exploratória em busca de dados qualitativos utiliza o ambiente com uma fonte direta de geração de dados, e através do uso de questionários, observações e entrevistas lida-se diretamente com os sujeitos que possuem experiência com o objeto da pesquisa. Segundo Gil (2010) um questionário é uma técnica de pesquisa formada por um grande número de questões configuradas por escrito às pessoas que possuem experiência com o objeto da pesquisa e tem por objetivo conhecer as opiniões, vivências, expectativas, interesses, sentimentos, etc. Já, as observações, segundo Lakatos e Marconi (2003) são importantes pois podem comprovar teorias, e neste caso, é preciso elevado grau de atenção às situações que se apresentam no entorno, para compreender as todas as condições que integram o campo de pesquisa. Finalmente, a entrevista, segundo Duarte (2004), oferece o contato com o entrevistado e portanto é muito mais rica e flexível que o questionário, pois permite ao entrevistador a adaptação das questões em função das respostas obtidas, porém exige cuidado com as interferências e interpretações de tal forma que as opiniões do entrevistado sejam fiéis.

3.4.1 Estabelecimento das dimensões do mapa do processo de migração

Segundo Moraes *et al.* (2015) a criação de modelos novos ou adaptação de modelos existentes baseados na literatura existente é um acerto uma vez que os aspectos percebidos pela pesquisa exploratória aperfeiçoam as informações obtidas e possibilita o acréscimo de outros pontos de vista e novos pressupostos.

Conforme comentado anteriormente, de acordo com Houaiss (2021) dimensão é tudo aquilo que pode ser medido, seja quantitativamente, quando no sentido matemático (comprimento de um objeto), seja qualitativamente quando no sentido figurado (dimensão econômica). O desenvolvimento das dimensões para o mapa do processo de migração baseia-se em três pilares: pesquisa bibliográfica, especialmente na revisão sistemática dos modelos existentes, especificamente modelos de maturidade desenvolvidos para a Indústria 4.0, modelos de negócios para as empresas manufatureiras, modelos de excelência em gestão, pesquisa de campo através do uso de formulários, entrevistas com os respondentes dos formulários para esclarecimento de dúvidas e observações realizadas no mercado e nas empresas alvo desta tese.

3.4.1.1 Dimensões estabelecidas pela pesquisa bibliográfica

Com referência à pesquisa bibliográfica, para as análises e interpretações dos modelos existentes e identificados como relevantes ou como de uso reconhecido pelas melhores práticas como é o caso do Modelo da Cadeia de Valores de PORTER (1990), do Modelo Sociotécnico de SLACK *et al.* (2008), e do Modelo de Excelência em Gestão da FNQ – FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE (2016), foi utilizada a técnica de Análise de Conteúdo, sendo as dimensões definidas a partir da própria literatura (BARDIN, 2016). A Tabela 5 apresenta os resultados da Análise de Conteúdo.

É notório o elevado número de dimensões identificadas, fenômeno atribuído ao conjunto e a pluralidade dos modelos analisados, onde várias dimensões se apresentam com definições bastante próximas, porém com semânticas e denominações diferentes. Com o intuito de resumir o número de dimensões encontradas e desta forma reduzir a complexidade do mapeamento, foi elaborada uma análise sobre o conjunto de dimensões apresentadas na Tabela 5 e baseado nas definições semelhantes foi elaborada uma unificação e conseqüente redução do número de dimensões analisadas, o que faz reduzir a complexidade do mapeamento evitando-se análises redundantes.

Tabela 5 - Dimensões por modelos da Indústria 4.0 identificados na pesquisa bibliográfica.

DIMENSÕES	MODELOS													TOTAL DE MODELOS POR DIMENSÕES			
	Modelo DREAMY	Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 (Gökelp)	Modelo SMSRA	Modelo IMPULS	Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 (Schumacher)	Modelo de Maturidade três Esajios	Modelo de Maturidade e Prontidão	Modelo de Maturidade para Digitalização	Índice de Maturidade da Indústria 4.0	Construindo o Modelo Digital de Empresas	Modelo de Negócios EPA4.0	Modelo de Negócios RAMI 4.0	Modelo de Negócios CAMVAS		Modelo Sociotécnico (Black)	Modelo da Cadeia de Valores (Porter)	Modelo de Excelência e Gestão - MEG
ORGANIZAÇÃO	1		1					1		1							4
TECNOLOGIA	1				1									1	1		4
MONITORAMENTO E CONTROLE	1										1			1			3
PROCESSO	1					1	1	1			1		1	1	1	1	9
ALINHAMENTO ORGANIZACIONAL		1															1
TRANSFORMAÇÃO DO PROCESSO		1															1
GERENCIAMENTO DE APLICATIVOS		1															1
GOVERNANÇA DE DADOS		1															1
GESTÃO DE ATIVOS		1															1
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO			1					1	1	1							4
CONNECTIVIDADE DE INFORMAÇÃO			1														1
GESTÃO DE DESEMPENHO			1														1
ESTRATÉGIA E ORGANIZAÇÃO				1	1			1	1			1			1	1	7
FÁBRICA INTELIGENTE				1													1
SERVIÇOS BASEADOS EM DADOS				1													1
LIDERANÇA					1						1					1	3
PESSOAS				1	1					1	1			1	1		6
PRODUTOS E SERVIÇOS				1	1	1	1	1	1				1	1	1		8
GOVERNANÇA					1												1
CLIENTES					1						1		1	1	1	1	6
CULTURA					1			1	1	1							4
OPERAÇÕES				1	1												2
REDE DE VALOR							1										1
MERCADO								1				1		1			4
COOPERAÇÃO								1									1
OFERECENDO AO CLIENTE									1	1							2
COMPETÊNCIAS								1	1	1							2
RECURSOS									1				1				2
ESTRUTURA ORGANIZACIONAL									1					1	1		3
MODELOS DE NEGÓCIOS DIGITAIS										1							1
ACESSO AO CLIENTE										1							1
SEGURANÇA DE CONFORMIDADE										1							1
INTEGRAÇÃO										1		1					2
GESTÃO											1		1	1	1		4
COMUNICAÇÃO												1					1
FUNCIONALIDADES												1					1
INFORMAÇÃO												1		1			2
ATIVOS												1					1
PARCERIAS													1				1
LOGÍSTICA													1	1	1		3
ENERGIA														1			1
MATERIAIS														1			1
CONHECIMENTO														1			1
INSTALAÇÕES														1			1
MAQUINAS E EQUIPAMENTOS														1			1
APRENDIZAGEM																1	1
COMPROMETIMENTO																1	1
SUSTENTABILIDADE																1	1
ADAPTABILIDADE																1	1
TOTAL DE DIMENSÕES POR MODELO	4	5	4	6	9	4	3	9	4	10	8	5	8	15	10	8	112

Fonte: o Autor

O Quadro de Equivalência de Dimensões de Modelos e Classificação – APÊNDICE A, apresenta a dinâmica da unificação das dimensões utilizadas, que depois da análise de conteúdo e das denominações ficaram reduzidas conforme apontado na Tabela 6.

Conforme a Tabela 6 a dimensão “processos” é a mais apontada nos 16 modelos analisados com 24 citações, o que indica que esta dimensão é a mais relevante quando uma empresa busca migrar seus recursos de transformação da 3ª para a 4ª Revolução Industrial. Ainda por ordem de relevância dos recursos de transformação, a Tabela 6 aponta “organização e gestão” como a 2ª dimensão mais relevante, “clientes” como a 3ª dimensão mais relevante e

assim por diante. Baseado nas dimensões indicadas na Tabela 6, foi desenvolvido um formulário específico para avaliar o ponto de vista das empresas manufatureiras sistêmicas sobre a migração dos recursos de transformação da 3ª para a 4ª revolução industrial.

Tabela 6 - Dimensões classificadas nos modelos analisados.

DIMENSÕES CLASSIFICADAS		TOTAL DE DIMENSÕES NOS MODELOS
1	PROCESSOS	25
2	ORGANIZAÇÃO E GESTÃO	17
3	CLIENTES	14
4	ESTRATÉGIAS	14
5	RECURSOS HUMANOS	13
6	CONHECIMENTO, APRENDIZADO E INFORMAÇÃO	10
7	TECNOLOGIA	9
8	PRODUTOS E SERVIÇOS	9
9	INSTALAÇÕES, MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	5
10	FORNECEDORES E PARCEIROS	4
11	MATERIAIS E INSUMOS	4
12	CONTROLE E MONITORAMENTO	3
13	CONCORRENTES	1
TOTAL		128

Fonte: o Autor

3.4.1.2 Dimensões estabelecidas por formulários

Com o objetivo de identificar junto às empresas manufatureiras sistêmicas o impacto da migração dos recursos de transformação da 3ª para a 4ª Revolução Industrial sob o ponto de vista da própria empresa, foi elaborado um conjunto de formulários apresentados no APÊNDICE B (Radar de Migração dos Recursos de Transformação) desta tese, aos quais foram submetidas um grupo de 7 (sete) empresas manufatureiras sistêmicas vinculadas à Cadeia de Suprimentos de uma empresa manufatureira mantenedora que oferta ao mercado, eletrodomésticos da linha branca (geladeiras, lavadoras de pratos, lavadoras de roupas, secadoras de roupas, etc.)

A pesquisa bibliográfica indica que os recursos de transformação são os que estão sujeitos às maiores alterações durante o processo de transição das empresas manufatureiras da 3ª para a 4ª Revolução Industrial. A pesquisa bibliográfica deixa claro também que o impacto destas mudanças depende também do mercado consumidor, do tipo de produto, do modelo de negócio adotado principalmente pela empresa mantenedora, da infraestrutura de Tecnologia de Informação disponível, e da capacidade de investimento da Cadeia de Suprimentos como todo.

A pesquisa bibliográfica indica também que nem todas as empresas adotarão estratégias específicas para a 4ª Revolução Industrial, ou por entender que os seus clientes não estão dispostos a pagar por produtos mais sofisticados e inteligentes, ou por não conseguirem enxergar futuro na “customização em massa”.

O conjunto de formulários foi dividido em oito seções e cada uma equivalente a um dos recursos de transformação já identificados na pesquisa bibliográfica e analisados através de suas dimensões conforme apresentado no APÊNDICE B desta tese, sendo cada seção subdivida em questões de múltipla escolha. Foi atribuído uma pontuação para cada resposta escolhida, correspondente a 5 (cinco), 10 (dez), 15 (quinze), 20 (vinte) e 25 (vinte e cinco) pontos dependendo da questão. Ao final obtém-se o total da pontuação por seção que indica como a empresa está tratando a migração de um determinado recurso de transformação da 3ª para a 4ª Revolução Industrial. Não é objetivo desta pesquisa quantificar o grau de maturidade de uma empresa manufatureira para a 4ª Revolução Industrial, mas sim qualificar o que a empresa entende por Indústria 4.0 e o que está fazendo para se preparar.

Para a elaboração do formulário, os seguintes recursos de transformação, identificados como verticais, foram considerados e devidamente classificados em respectivas seções:

- **Materiais e insumos:** nesta seção examina-se como a empresa segmenta as atividades e como identifica e trata o desenvolvimento de novos materiais, como utiliza os insumos provenientes de fontes renováveis, e procura reutilizar ou reciclar materiais e componentes na fabricação de seus produtos. Nesta seção examina-se também como a empresa avalia a satisfação ou insatisfação dos fornecedores e parceiros comerciais.
- **Meio-ambiente:** nesta seção examina-se como a empresa trata as questões do meio ambiente, tanto externo quanto o interno, desde as questões relativas à organização da área de trabalho, passando pelas questões de ergonomia, limpeza, higiene e segurança na área de trabalho, e questões relativas à logística reversa. Nesta seção examina-se também como a empresa contribui para o desenvolvimento econômico, social e ambiental da organização, de forma sustentável.
- **Processos e Métodos:** nesta seção examina-se como a empresa identifica, gerencia, analisa e melhora os processos principais da área produtiva e os processos de apoio. Também é examinado como a empresa gerencia o processo de relacionamento com os fornecedores e conduz a gestão visando a sustentabilidade econômica das atividades. Esta seção também analisa o “*layout*” das áreas produtivas projetado de acordo com o

tipo de demanda dos produtos, bem como o fluxo de produção dos produtos e a circulação dos materiais. Também analisa a capacidade de adaptação à programação da produção, a flexibilidade da manufatura e a adequação dos sistemas de programação de produção ao dinamismo da empresa.

- **Instalações, máquinas e equipamentos:** nesta seção examina-se a capacidade da empresa na absorção de tecnologias de ponta embarcadas nas máquinas e equipamentos do processo produtivo. Também examina-se o histórico da empresa nas questões de automatização e o uso de robôs, bem como uso de sensores para captação de informações em tempo real, softwares de produção, ou sistemas de comunicação máquina/máquina. Nesta seção avalia-se também o sistema de manutenção empregado e o potencial de desenvolvimento do mesmo no tocante às tecnologias mais limpas e tecnologias futuras, bem como a capacidade da empresa em processar reformas em seus equipamentos para a adaptação a novos processos.
- **Recursos humanos:** nesta seção analisa-se como são ofertadas as soluções para capacitação e desenvolvimento do potencial das pessoas que fazem parte da força de trabalho, em alinhamento com o direcionamento estratégico da empresa. Também se examina a capacidade de valorizar e motivar as pessoas para a consecução das metas e objetivos departamentais e como desenvolver as pessoas no sentido de ocuparem posições nas áreas de trabalho em um cenário produtivo futuro, especialmente quanto ao uso de novas tecnologias.
- **Controle e monitoramento:** nesta seção examina-se os sistemas de controle da empresa, incluindo as questões relativas aos índices de desempenho da produtividade, qualidade e eficiência dos sistemas produtivos. Analisa-se também as questões relativas ao dimensional e aos atributos e requisitos dos produtos e serviços oferecidos pela empresa.
- **Conhecimento, aprendizado e informações:** nesta seção examina-se a gestão do conhecimento e a utilização das informações e conhecimentos obtidos de “*benchmarking*” e inovação aberta, bem como a gestão dos ativos intangíveis responsáveis diretos pelos geradores de vantagens competitivas. Examina-se também o sistema de troca de informações entre o mercado e a empresa, entre os fornecedores e a empresa e entre as diversas áreas de desenvolvimento de produtos e as áreas produtivas e de logística (interna e externa).

- **Organização e gestão:** nesta seção analisa-se o processo de elaboração das estratégias, dando ênfase para análise ambiental. Também examina-se o processo de planejamento e controle para a implementação das ações, incluindo a distribuição dos recursos financeiros e o desdobramento das metas e planos. Examina-se ainda o uso de mecanismos de gestão financeira e orçamentária para a realização das atividades.

Outros recursos de transformação também foram identificados nos modelos analisados, porém, devido às suas características de uso geral, mais complexo e abrangente, são tratados como dimensões transversais. O conjunto de formulários permite analisar o conjunto de respostas em carácter transversal dando relevância para a relação entre os recursos de transformação e o modelo de negócio das empresas manufatureiras, bem como a relação da empresa com o mercado e com os parceiros. O uso da análise das dimensões transversais evita também as respostas viciadas que podem distorcer os resultados.

Na elaboração do formulário, os seguintes recursos de transformação, identificados como dimensões transversais foram considerados, devidamente classificados em respectivas seções, como segue:

- **Tecnologia:** este grupo de questões transversais analisa o conjunto de instrumentos, métodos e técnicas que tem por objetivos solucionar problemas, sendo considerado como um produto da ciência e da engenharia. A tecnologia é o conhecimento científico aplicado às práticas de produção.
- **Sustentabilidade:** este grupo de questões transversais analisa as características dos processos produtivos que permitem a sua permanência, em determinado nível, dentro de um período de tempo. Analisa também o uso dos recursos naturais pela empresa, sob o ponto de vista da satisfação das necessidades presentes não comprometer as necessidades futuras.
- **Integração:** este grupo de questões transversais analisa as ações para incorporar, ou unificar, os elementos em um só grupo para ampliar a gama de atividades da empresa ou para agregar outro tipo de atividade ao seu sistema de produção.
- **Estratégia:** este grupo de questões transversais analisa o conjunto de ações que visam estruturar o contexto para o desenvolvimento e a manutenção dos recursos tecnológicos da empresa, bem como analisa os meios desenvolvidos para conseguir implementar uma nova sistemática de produção para ampliar o mercado existente ou para atingir um novo mercado.

- **Gestão do trabalho e liderança:** este grupo de questões transversais analisa as ações relacionadas à formação da cultura empresarial, ao processo de tomada de decisão, à forma como busca-se o comprometimento dos empregados, e a utilização dos mecanismos para motivar a força de trabalho.
- **Pesquisa, desenvolvimento e inovação:** este grupo de questões transversais analisa a capacidade de aperfeiçoamento e criatividade da empresa e o uso destas capacidades como mola impulsionadora de seu crescimento. Avalia também como a pesquisa científica básica é integrada com a pesquisa aplicada, e o sincronismo da experimentação com a inovação da tecnologia.
- **Organização e manutenção:** este grupo de questões transversais analisa como a empresa promove a organização geral da área de operação, das instalações industriais, dos arranjos físicos, e dos sistemas de manutenção das máquinas, utensílios, ferramentas e equipamentos. Envolve também a análise da limpeza e conservação geral do ambiente de operação.
- **Finanças:** este grupo de questões transversais analisa a visão de futuro monetário da empresa envolvendo os resultados financeiros, o Plano de Negócios e o Plano de Investimentos.

Quadro 21 - Temas transversais e respectivas numerações das questões no formulário

DIMENSÕES NO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA DIMENSÕES TRANSVERSAIS	MATERIAIS E INSUMOS.	MEIO AMBIENTE	PROCESSOS E MÉTODOS	INSTALAÇÕES, MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	RECURSOS HUMANOS	CONTROLE E MONITORAMENTO	CONHECIMENTO, APRENDIZADO E INFORMAÇÕES	ORGANIZAÇÃO E GESTÃO
	Numeração das questões							
Tecnologia				4.1; 4.4		6.3	7.2	
Sustentabilidade	1.2; 1.3	2.1; 2.4	3.7	4.3				
Integração	1.4; 1.5; 1.6		3.4; 3.5	4.2		6.2		
Estratégia			3.3		5.2; 5.3	6.1; 6.5		8.1; 8.2; 8.5
Gestão do trabalho e Liderança		2.3	3.8		5.1; 5.4			8.3
Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação	1.1		3.1; 3.6	4.6	5.5	6.4	7.1	
Organização e Manutenção		2.2	3.2	4.5				
Finanças						6.6		8.4

Fonte: o Autor

O Quadro 21 apresenta as dimensões transversais analisadas, bem como as numerações das respectivas questões pertinentes à dimensão transversal específica.

3.4.1.3 Entrevistas

Foi necessário a realização de uma sessão de entrevistas, com utilização do software para comunicação on-line, via internet “Skype®”, com os responsáveis pelas respostas ao questionário, uma vez que intuitivamente acreditava-se no não entendimento de algumas questões, especialmente as respostas mais discrepantes dos demais respondentes. Uma vez que o questionário foi apresentado para empresas manufatureiras sistêmicas pertencentes a mesma cadeia de fornecimento e tendo a empresa mantenedora como cliente comum, acreditava-se que as respostas seriam mais homogêneas.

É importante ressaltar que a resposta do entrevistado não deve ser induzida pelo entrevistador, sendo que este último tomou as devidas precauções para que esta situação não acontecesse.

A sessão de entrevistas procurou também identificar qual seria, sob o ponto de vista dos respondentes, o melhor valor de referência esperado para o atendimento às dimensões analisadas, ou seja, a medida que foi introduzido um valor (entre 5 e 25) para cada respostas, é possível calcular o valor máximo para cada dimensão, porém o valor máximo não é o valor de referência aceito para a habilitação, valor este que deve, no futuro, ser definido pela empresa mantenedora. As empresas participantes apontaram, por consenso, o valor de referência como sendo 80% (oitenta por cento) do valor máximo de cada dimensão.

3.4.1.4 Tabulação e apresentação dos resultados

Tanto as respostas das questões apresentadas referentes às dimensões que representam os recursos de transformação verticais quanto as questões referentes às dimensões representadas pelos recursos de transformação transversais foram calculadas nos quesitos da média e do desvio-padrão e comparadas em termos percentuais do valor máximo que poderia ser obtido com o valor de referência (80% do valor máximo) obtido através de consenso durante as entrevistas com os respondentes das questões.

A Tabela 7 apresenta os resultados das respostas ao questionário para as dimensões que representam os recursos de transformação verticais, ao passo que a Tabela 8 apresenta os

resultados das respostas ao questionário para as dimensões que representam os recursos de transformação transversais.

Tabela 7 - Tabulação dos resultados das respostas para as dimensões dos recursos de transformação verticais

RECURSOS DE TRANSFORMAÇÃO VERTICAIS	EMPRESAS							MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÁXIMO	%	VALOR REFERÊNCIA
	1	2	3	4	5	6	7					
MATERIAIS E INSUMOS	70	55	60	60	55	55	45	57,143	7,56	150	38,1	120
MEIO AMBIENTE	55	55	45	50	55	30	30	45,714	11,34	100	45,7	80
PROCESSOS E MÉTODOS	140	120	105	115	130	100	90	114,286	17,42	200	57,15	160
INSTALAÇÕES, MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	80	80	65	70	75	70	60	71,439	7,48	150	47,62	120
RECURSOS HUMANOS	80	60	50	60	75	60	60	63,571	10,29	125	50,86	100
CONTROLE E MONITORAMENTO	65	75	55	40	45	50	45	53,571	12,49	150	35,71	120
CONHECIMENTO, APRENDIZADO E INFORMAÇÕES	30	35	30	30	40	20	25	30,000	6,46	50	60,00	40
ORGANIZAÇÃO E GESTÃO	70	75	60	60	80	55	55	65,000	10,00	125	52,00	100
TOTAL	590	555	470	485	555	440	410	500,71	67,05	1050	47,69	880

Fonte: o Autor

Tabela 8 - Tabulação dos resultados das respostas para as dimensões dos recursos de transformação transversais

RECURSOS DE TRANSFORMAÇÃO TRANSVERSAIS	EMPRESAS							MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÁXIMO	%	VALOR REFERÊNCIA
	1	2	3	4	5	6	7					
TECNOLOGIA	50	50	45	40	60	45	40	47,143	6,99	100	47,14	80
SUSTENTABILIDADE	85	70	55	70	85	60	65	70,000	11,55	150	46,67	120
INTEGRAÇÃO	90	70	80	70	65	60	55	70,000	11,90	175	40,00	140
ESTRATÉGIA	115	120	85	90	125	100	100	105,000	15,28	200	52,50	160
GESTÃO DO TRABALHO E LIDERANÇA	75	55	50	55	60	45	40	54,286	11,34	125	43,43	100
PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO	120	105	100	100	115	85	70	99,286	17,18	175	56,73	140
ORGANIZAÇÃO E MANUTENÇÃO	40	50	40	40	40	20	20	35,714	11,34	75	47,62	60
FINANÇAS	15	25	15	20	10	25	15	17,857	5,670	50	35,71	40
TOTAL	590	545	470	485	560	440	405	499,286	67,67	1050	47,55	840

Fonte: o Autor

A análise da Tabela 7 e Tabela 8, apontam que a soma da média das pontuações das dimensões atinge apenas 56,90% (Tabela 7) e 59,44% (Tabela 8) da soma dos valores de referência (880 para Tabela 7 e 840 para Tabela 8). Isto ocorre devido à falta de políticas de direcionamento para a migração dos recursos de transformação da 3ª para a 4ª Revolução Industrial, por parte da empresa mantenedora.

Para melhor visualização do entendimento das empresas sistemistas analisadas sobre a migração dos recursos de transformação da 3ª para a 4ª Revolução Industrial, foram elaborados gráficos sob forma de radar, com os resultados tabulados e calculados das Tabela 7 – Tabulação dos resultados das respostas para as dimensões dos recursos de transformação, Tabela 8 -

Tabulação dos resultados das respostas para as dimensões dos recursos de transformação transversais. A Figura 20 apresenta o gráfico dos resultados das respostas para as dimensões dos recursos de transformação verticais e a Figura 21 apresenta o gráfico dos resultados das respostas para as dimensões dos recursos de transformação transversais.

Figura 20 - Gráfico dos resultados das respostas para as dimensões dos recursos de transformação verticais



Fonte: o Autor

Figura 21: Gráfico dos resultados das respostas para as dimensões dos recursos de transformação transversais.



Fonte: o Autor

3.4.2 Considerações sobre os resultados

A análise dos gráficos das Figuras 17 e 18 permitem concluir, que embora a dimensão “estratégia” seja considerada uma responsabilidade da empresa mantenedora, dentro do ambiente de empresas manufatureiras analisadas, os respondentes do questionário atribuíram uma grande importância para esta dimensão e na média das respostas, todos tem o entendimento que esta dimensão deve fazer parte do modelo de referência a ser desenvolvido nesta tese, que dará origem ao diagnóstico do posicionamento atual do sistema de manufatura visando a migração para a Indústria 4.0.

A análise dos gráficos das Figuras 17 e 18 também permitem concluir que as dimensões “Finanças”, “Materiais e Insumos” e “Controle e Monitoramento” não são determinantes para a migração das empresas manufatureiras sistemistas para a Indústria 4.0. Isso é devido à falta de entendimento de todo o conjunto de mudanças nos sistemas de manufatura que envolvem a migração da 3ª para a 4ª Revolução Industrial. Porém, dentro dos conceitos de modelos de referência dos sistemas de manufatura, “Materiais e Insumos” são recursos a serem transformados e obrigatoriamente precisam fazer parte do modelo, o mesmo acontecendo com “Controle e Monitoramento”, uma vez que não é possível gerenciar aquilo que não se controla.

Por fim, é possível agregar as dimensões dos recursos de transformação transversal “Gestão do Trabalho e Liderança” com recursos de transformação “recursos humanos” e “organização e manutenção” com “organização e gestão”. Também é possível agregar “finanças” com “organização e gestão”. Este trabalho de agregar dois ou mais recursos de transformação diminui a complexidade do modelo e mantém a amplitude do diagnóstico.

3.5 Comentários finais sobre o método de pesquisa

Neste capítulo buscou-se fundamentar, através do método de pesquisa, os principais aspectos onde estariam baseados, tanto o mapa do processo de migração dos recursos de transformação das empresas sistemistas para a Indústria 4.0, quanto as estratégias para analisar a aderência das empresas manufatureiras sistemistas ao mapa do processo de migração desenvolvido. Estes dois elementos são os pilares do método desenvolvido nesta Tese.

A pesquisa bibliográfica elaborada através da revisão sistemática, além de demonstrar a fronteira do conhecimento sobre o tema, também trouxe à luz uma metodologia que pode ser

repetida por outros pesquisadores para chegar aos mesmos resultados aqui apresentados. Os resultados da pesquisa bibliográfica lançaram as bases teóricas para a criação do mapa do processo de migração.

A pesquisa exploratória, por outro lado, revelou a “*práxis*” sobre o tema e essa prática foi identificada a partir da análise dos resultados de um questionário de pesquisa aplicado em 7 empresas sistemistas pertencentes à cadeia de suprimentos de uma empresa mantenedora fabricante de eletrodomésticos da linha branca.

Finalmente, através dos resultados da pesquisa bibliográfica e da pesquisa exploratória, foi possível desenvolver o mapa do processo de migração dos recursos de transformação das empresas sistemistas para a Indústria 4.0, conforme delineado no próximo Capítulo.

4 DESENVOLVIMENTO DO MAPA DO PROCESSO DE MIGRAÇÃO

Esta tese trata da proposta de um método para a migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas para a Indústria 4.0. O método proposto é composto de duas fases: desenvolvimento de um mapa do processo de migração, afinal é necessário definir onde se pretende chegar; e uma estratégia de avaliação da aderência das empresas manufatureiras sistemistas ao mapa do processo de migração desenvolvido. Neste capítulo é desenvolvido o mapa do processo que irá guiar a migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas rumo à Indústria 4.0, e para nortear a elaboração da estratégia de avaliação. O mapa do processo de migração desenvolvido neste capítulo, define as dimensões, constructos e as variáveis de análise, expondo as influências do mercado e do meio-ambiente, onde as empresas manufatureiras estão inseridas.

4.1 INTRODUÇÃO

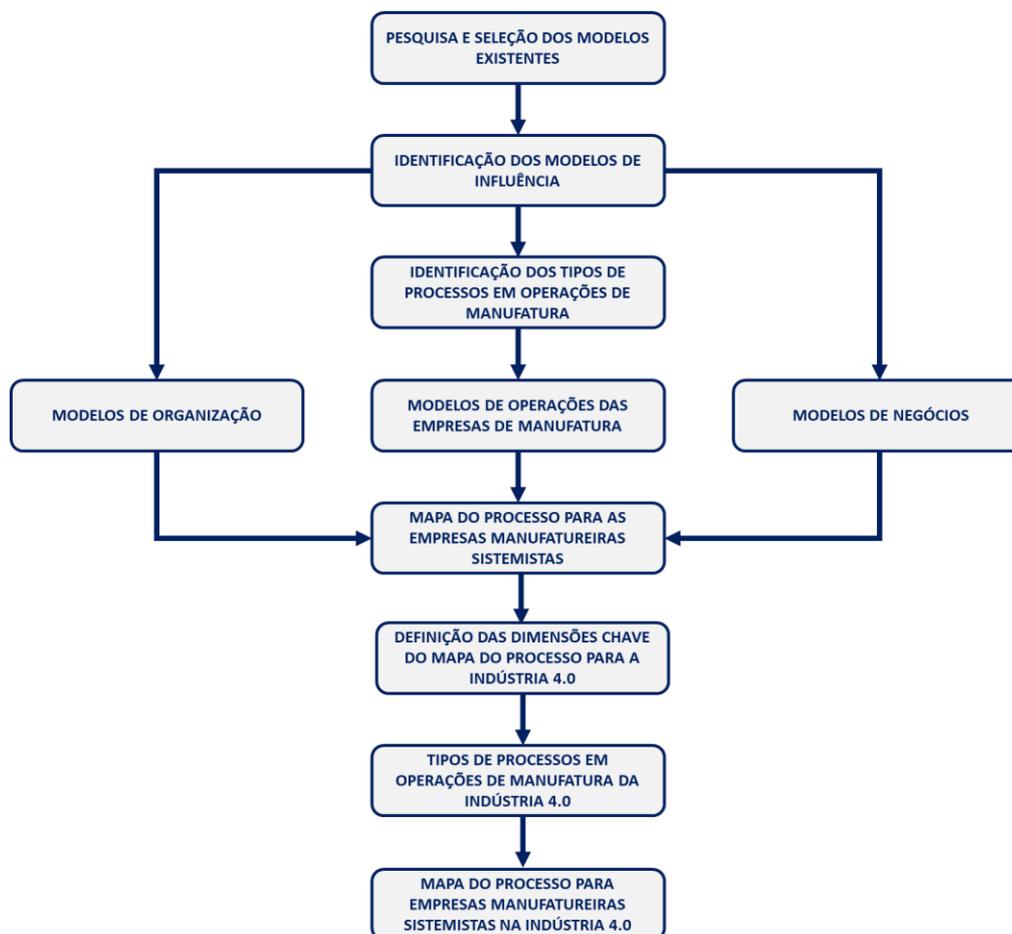
Ao longo dos anos, a busca pelo conhecimento e esclarecimento dos fenômenos e eventos, sendo estes de origem natural ou produzido pelas intervenções humanas, a pesquisa científica sempre recorreu aos conhecimentos acumulados ou às observações e reflexões, ou mesmo às três fontes concomitantemente. A pesquisa científica não identifica os fenômenos e eventos somente pelas sensações, manifestações e consequências imediatas, mas e principalmente pela formulação de hipóteses acerca da ocorrência e a construção de modelos e mapas de processos que explicitam o conhecimento pelo assunto.

Os modelos e os mapas de processos compartilham a propriedade comum de definir a quantidade de dimensões ou recursos de transformação nas diversas etapas discretas ou níveis de maturidade. Assim, um mapa de processos idealmente contém os seguintes componentes: um número de níveis ou estágios, uma denominação para cada nível, uma descrição ou resumo de cada nível, um número de dimensões ou áreas de processo, bem como elementos ou

atividades específicas para eles, e uma descrição das atividades relevantes como elas podem ser realizadas em cada nível de maturidade.

A criação de um mapa do processo de migração para a Indústria 4.0 começa a partir da identificação das dimensões e dos modelos de influência. Como a Indústria 4.0 não é restrita somente a uma empresa, mas afeta também sua cadeia de suprimentos e seus clientes, o mapa do processo de migração inclui também os modelos de negócios e os modelos de organização. Por outro lado, por tratar de abstrações futuras, as dimensões-chave serão caracterizadas através de uma perspectiva interpretativa. Isso, aumenta a dificuldade e os desafios na articulação das áreas funcionais que integram o mapa do processo de migração, especialmente no tocante ao envolvimento na implantação dos vários componentes. A Figura 22 apresenta o fluxograma do desenvolvimento do mapa do processo de migração, que juntamente com a estratégia de avaliação da aderência, compõem o método objeto desta tese.

Figura 22: Fluxograma do desenvolvimento do mapa do processo de migração.



Fonte: o Autor

4.2 OS COMPONENTES DA CRIAÇÃO DO MAPA DO PROCESSO DE MIGRAÇÃO

Cada bloco da tríade do mapa do processo de migração tem suas atividades específicas desenvolvidas e sua influência particular sobre os da produção, que em função das delimitações desta tese e baseado na pesquisa bibliográfica, adicionado das observações proporcionadas pela pesquisa de exploratória, ficam reduzidos aos recursos pertencentes a um pequeno grupo de recursos de transformação identificados como os mais afetados atualmente, pela migração dos recursos de transformação da 3ª para a 4ª Revolução Industrial nas empresas manufatureiras sistêmicas, a saber: informação (ordens de serviços, emissão de pedidos, e mapa de carregamento de produção), mão de obra (gestão de pessoas e recursos humanos), método (tecnologia e conhecimento), medidas (organização, gestão e controle).

4.2.1. Pesquisa e seleção dos modelos existentes.

A pesquisa bibliográfica revelou uma série de modelos existentes, tanto de origem qualitativa, quanto quantitativa, sendo que 17 destes modelos foram considerados como o estado da arte através da análise da contribuição do modelo encontrado para as empresas manufatureiras na migração para a Indústria 4.0, muito embora alguns não tenham sido criados para esta finalidade específica. Os modelos destacados estão relacionados a seguir:

1. Modelo de Maturidade e Prontidão de Akdil *et al* (2018).
2. Modelo DREAMY de De Carolis *et al.* (2017).
3. Modelo de Excelência em Gestão da FNQ (2021).
4. Modelo de Maturidade de Três Estágios de Gazarin; Errasti (2016).
5. Modelo Digital de Empresa de Geissbauer *et al.* (2016).
6. Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 de Gökalp *et al.* (2017).
7. Modelo SMSRA de Jung *et al.* (2016).
8. Modelo de Maturidade para a Digitalização de Klötzer; Pflaum (2017).
9. Modelo IMPULS de Lichtblau *et al.* (2015).
10. Modelo RAMI 4.0 de Neugebauer *et al.* (2016).
11. Modelo de Negócios CANVAS de Osterwalder; Pigneur (2011).
12. Modelo da Cadeia de Valores de Porter (1990).
13. Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 de Schuh *et al.* (2020).
14. Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 de Schumacher *et al.* (2016).

15. Modelo Sociotécnico Ampliado para Manufatura de Slack et al. (2008).
16. Modelo de Negócios EFA 4.0 de Wank *et al.* (2016).
17. Modelo de Análise Ambiental de Certo; Peter (1993).

Os modelos selecionados foram analisados sob o ponto de vista das suas dimensões e da classificação dos recursos de transformação, já identificados pela Pesquisa Bibliográfica e pela Pesquisa Exploratória, conforme Quadro de Equivalência de Dimensões de Modelos e Classificação (APÊNDICE A).

4.2.2 Identificação dos modelos de influência

Nesta etapa do desenvolvimento do mapa do processo de migração, através de uma atribuição de pontuação sobre a relação “dimensões dos modelos x tipos de modelos”, com o propósito de separar os modelos selecionados em três grupos: modelos de organização, modelos de operações de manufatura e modelos de negócios, podendo assim melhor analisá-los no sentido de verificar a extensão da influência de cada modelo selecionado para com o mapa do processo de migração em desenvolvimento.

O sistema de pontuação foi extraído da “Matriz Casa da Qualidade” da ferramenta QFD – Desdobramento da Função Qualidade, conforme CHENG e MELO FILHO (2010), estabelecido a seguir: Relação forte: 9 pontos; Relação média: 3; e Relação fraca: 1 ponto.

A Tabela 9 apresenta a pontuação atribuída na relação “dimensões dos modelos x tipos de modelos”.

Tabela 9: Pontuação para a relação “dimensões dos modelos x tipos de modelos”

DIMENSÕES DOS MODELOS		MODELOS DE ORGANIZAÇÃO	MODELOS DE OPERAÇÃO	MODELOS DE NEGÓCIOS
1	PROCESSOS	3	9	3
2	ORGANIZAÇÃO E GESTÃO	9	3	1
3	CLIENTES	3	3	9
4	ESTRATÉGIAS	3	3	9
5	RECURSOS HUMANOS	9	3	3
6	CONHECIMENTO, APRENDIZADO E INFORMAÇÃO	9	9	9
7	TECNOLOGIA	3	9	3
8	PRODUTOS E SERVIÇOS	1	3	9
9	INSTALAÇÕES, MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	1	9	1
10	FORNECEDORES E PARCEIROS	9	3	1
11	MATERIAIS E INSUMOS	3	9	1
12	CONTROLE E MONITORAMENTO	3	9	1
13	CONCORRENTES	1	1	9
14	LEGISLAÇÃO	3	3	9
15	ECONOMIA	3	1	9

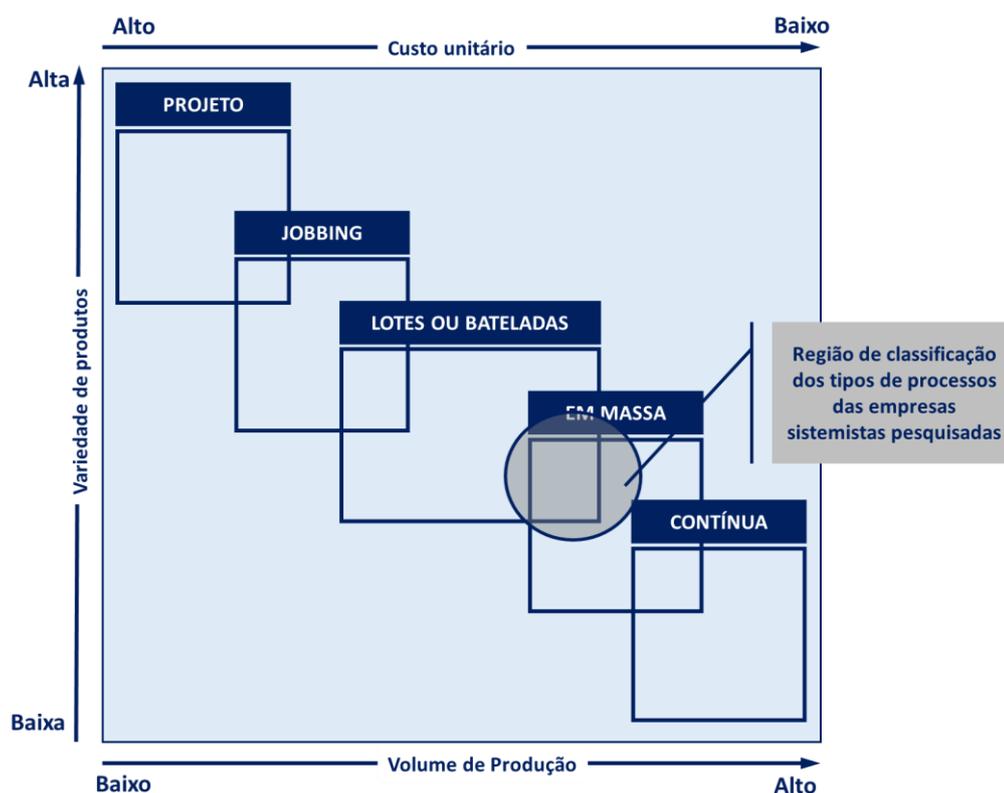
Fonte: o Autor

4.2.3 Identificação dos tipos de processos em operações de manufatura

Conforme já definido no Capítulo 2, os processos de manufatura podem ser classificados quanto ao custo unitário do produto, a variedade de produtos ofertados e as quantidades de produtos fabricados.

Conforme apontado na Figura 23, os tipos de processos das empresas sistemistas objeto desta Tese, apresentam variedade de produtos moderada, um volume de produção expressivo e um custo unitário abaixo da média, devido à programação da produção ficar em uma faixa de intersecção entre a produção por lotes ou bateladas e a produção em massa.

Figura 23: Representação esquemática das áreas de influência dos tipos de processos de manufatura sistemista



Fonte: Adaptado de Slack et al (2008)

4.2.4 Tipos de modelos

De acordo com a Tabela 10 – Classificação dos modelos identificados por grupos de modelos, os 17 modelos identificados foram subdivididos em três grupos, a partir da pontuação atribuída às dimensões representadas pelos modelos identificados.

Tabela 10: Classificação dos modelos

MODELOS		MODELO DE ORGANIZAÇÃO	MODELOS DE OPERAÇÃO	MODELOS DE NEGÓCIOS
1	Modelo de Maturidade e Prontidão	7	15	21
2	Modelo DREAMY	13	30	8
3	Modelo de Excelência em Gestão	48	41	38
4	Modelo de Maturidade de Três Estágios	10	24	24
5	Modelo Digital de Empresa	35	39	35
6	Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 (1)	33	27	9
7	Modelo SMSRA	24	30	14
8	Modelo de Maturidade para a Digitalização	45	57	43
9	Modelo IMPULS	17	30	36
10	Modelo RAMI 4.0	36	48	28
11	Modelo de Negócios CANVAS	50	42	44
12	Modelo da Cadeia de Valores	36	54	50
13	Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 (2)	30	18	10
14	Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 (3)	49	45	49
15	Modelo Sociotécnico Ampliado para Manufatura	62	96	54
16	Modelo de Negócios EFA 4.0	43	51	33
17	Modelo de Análise Ambiental	75	73	101

(1) Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 de Gökalp *et al.* (2017)

(2) Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 de Schuh *et al.* (2020)

(3) Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 de Schumacher *et al.* (2016)

Fonte: o Autor

4.2.4.1 Modelos de organização

Os modelos de organização são aqueles que incluem o maior número de dimensões voltadas para a organização e gestão das empresas. Em geral, estes modelos indicam que as ações de mudanças e desenvolvimento na empresa devem ser concentradas nos processos de gestão. Estes modelos podem ser aplicados com eficiência em todos os tipos de empresas.

Dentre os 17 modelos identificados, destacam-se como modelos de organização, conforme apontado na Tabela 10, os seguintes:

- Modelo de Excelência em Gestão.
- Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 (1)
- Modelo de Negócio CANVAS.
- Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 (2)
- Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 (3)

Pelas pontuações atribuídas na Tabela 10, para os Modelos de Organização, estima-se que o Modelo de Excelência em Gestão (48 pontos), o Modelo de Negócios CANVAS (50

pontos) e o Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 (3) (49 pontos), são os modelos que oferecem as maiores contribuições na construção do mapa do processo de migração..

4.2.4.2 Modelos de operação

Os modelos de operação são aqueles que incluem o maior número de dimensões voltadas para as áreas de produção das empresas. Em geral, estes modelos indicam que as ações de mudanças e desenvolvimento na empresa devem ser concentradas nos processos de fabricação. Estes modelos podem ser aplicados com eficiência, especialmente nas empresas manufatureiras.

Dentre os 17 modelos identificados, destacam-se como modelos de operação, conforme apontado na Tabela 10, os seguintes:

- Modelo DREAMY.
- Modelo de Maturidade de Três Estágios.
- Modelo Digital de Empresa.
- Modelo SMSRA
- Modelo de Maturidade de Digitalização.
- Modelo RAMI 4.0.
- Modelo da Cadeia de Valores.
- Modelo Sociotécnico Ampliado para a Manufatura.
- Modelo de Negócios EFA 4.0

Pelas pontuações atribuídas na Tabela 10, para os Modelos de Operações, estima-se que o Modelo Sociotécnico Ampliado para a Manufatura (96 pontos), o Modelo de Maturidade para a Digitalização (57 pontos) e o Modelo da Cadeia de Valores (54 pontos), são os modelos que oferecem as maiores contribuições na construção do mapa do processo de migração.

4.2.4.3 Modelos de negócios

Os modelos de negócios são aqueles que incluem o maior número de dimensões voltadas para as áreas de mercado e relacionamento com os clientes, porém podem ter relações também com as áreas produtivas ou áreas de gestão. Em geral, estes modelos indicam que as ações de mudanças e desenvolvimento na empresa devem ser concentradas na forma da empresa fazer

negócios e na abordagem do mercado. Estes modelos podem ser aplicados com eficiência, em todos os tipos de empresas.

Dentre os 17 modelos identificados, destacam-se como modelos de negócios, conforme apontado na Tabela 10, os seguintes:

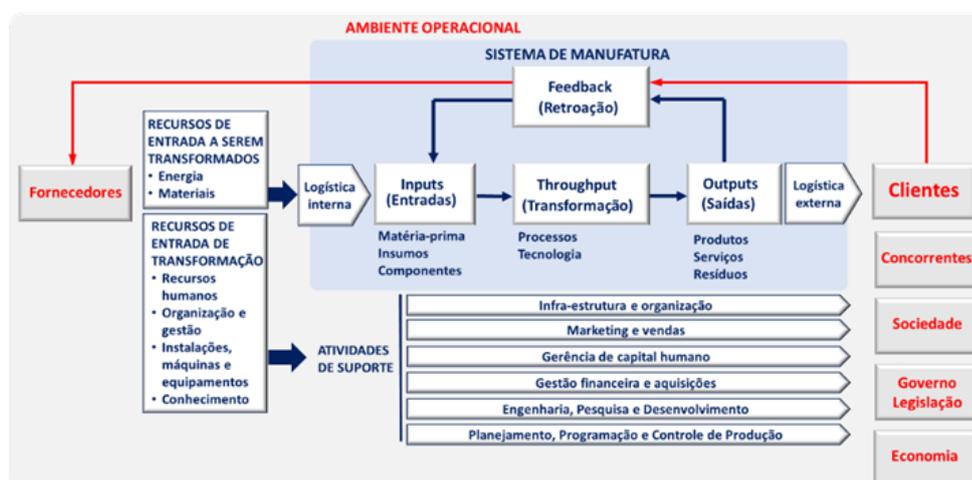
- Modelo de Maturidade e Prontidão.
- Modelo de Maturidade de Três Estágios.
- Modelo IMPULS.
- Modelo de Maturidade da Indústria 4.0 (3).
- Modelo da Análise Ambiental.

Pelas pontuações atribuídas na Tabela 10, para os Modelos de Negócios, estima-se que o Modelo de Análise Ambiental (101 pontos), o Modelo de Maturidade para a Indústria 4.0 (3) (49 pontos) e o Modelo IMPULS (36 pontos), são os modelos que oferecem as maiores contribuições na construção do mapa do processo de migração.

4.2.5 Mapa geral do processo de operações para as empresas manufatureiras

Levando-se em consideração as contribuições dos Modelos de Organização, dos Modelos de Operações, e dos Modelos de Negócios, sempre sob o ponto de vista da análise de suas dimensões, foi elaborado o Mapa Geral do Processo de Operações para Empresas Manufatureiras conforme diagrama esquemático apresentado na Figura 24.

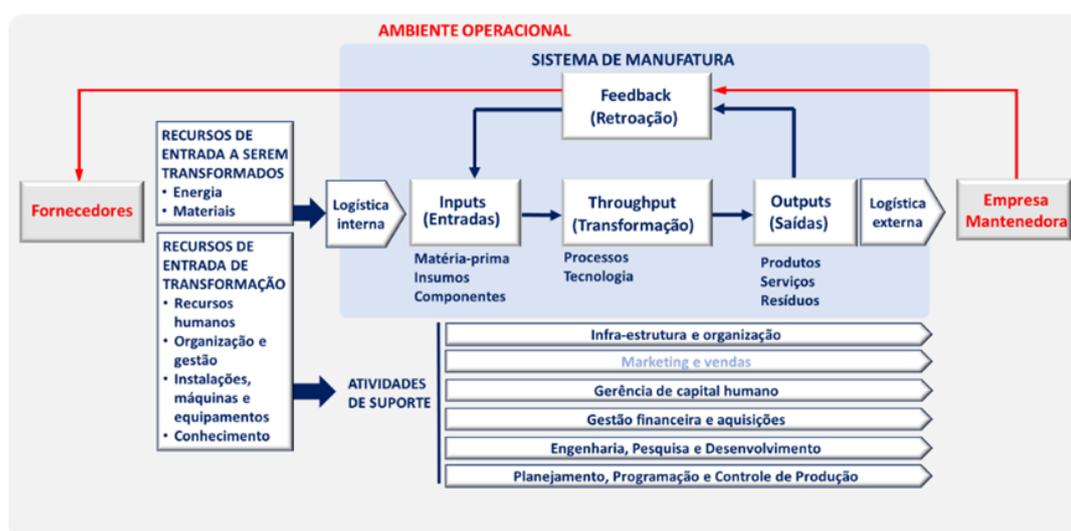
Figura 24: Representação esquemática de um mapa geral de operações para empresas manufatureiras.



Fonte: o Autor

Agregando-se ao Mapa Geral de Operações para Empresas Manufatureiras, o modelo de negócios baseado em demanda dependente denominado “sistemistas”, e os tipos de processos de manufatura que abrangem a região circunstanciada pela produção da empresas manufatureiras sistemistas, obtém-se o mapa de processo de operações para as empresas manufatureiras específico para sistemistas, conforme representado esquematicamente na Figura 25.

Figura 25: Representação esquemática de um Mapa do Processo de Operações para Empresas Manufatureiras Sistemistas



Fonte: o Autor

Observa-se que no mapa representado na Figura 25, alguns componentes dos ambientes geral e operacional são, por força de contratos de fornecimento ou por força de estratégia operacional, transferidos para a esfera de responsabilidade do cliente, no caso a empresa mantenedora, tais como: concorrentes, sociedade, governo e legislação e economia. Assim, o cliente, ou seja, a empresa mantenedora encarregada da montagem do produto final, também fica encarregada das ações estratégicas em toda a cadeia de suprimentos. Observa-se ainda que atividade de suporte “marketing e vendas” é reduzida à contatos técnicos e à negociação de pequenos ajustes de preços e de programações de produção.

4.2.6 Definição das dimensões-chave do mapa do processo de migração

A definição das dimensões-chave do mapa do processo de migração foi realizada através da comparação entre as dimensões indicadas pelos modelos que influenciaram a construção do

modelo de operações para empresas manufatureiras sistêmicas e dos recursos de transformação identificados pelas pesquisas bibliográfica e exploratória, conforme apresentado no Quadro 22.

Quadro 22: Comparativo entre as dimensões dos modelos e recursos de transformação das pesquisas

DIMENSÕES IDENTIFICADAS NOS MODELOS		RECURSOS DE TRANSFORMAÇÃO IDENTIFICADOS NAS PESQUISAS	
1	PROCESSOS	1	PROCESSOS E MÉTODOS
2	ORGANIZAÇÃO E GESTÃO	2	ORGANIZAÇÃO E GESTÃO
3	CLIENTES	3	MEIO AMBIENTE
4	ESTRATÉGIAS	4	ESTRATÉGIA
5	RECURSOS HUMANOS	5	RECURSOS HUMANOS
6	CONHECIMENTO, APRENDIZADO E INFORMAÇÃO	6	CONHECIMENTO, APRENDIZADO E INFORMAÇÕES
7	TECNOLOGIA	7	TECNOLOGIA
8	PRODUTOS E SERVIÇOS	8	SUSTENTABILIDADE
9	INSTALAÇÕES, MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	9	INSTALAÇÕES, MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS
10	FORNECEDORES E PARCEIROS	10	INTEGRAÇÃO
11	MATERIAIS E INSUMOS	11	MATERIAIS E INSUMOS
12	CONTROLE E MONITORAMENTO	12	CONTROLE E MONITORAMENTO
13	CONCORRENTES	13	GESTÃO DO TRABALHO E LIDERANÇA
14	LEGISLAÇÃO	14	PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO
15	ECONOMIA	15	FINANÇAS

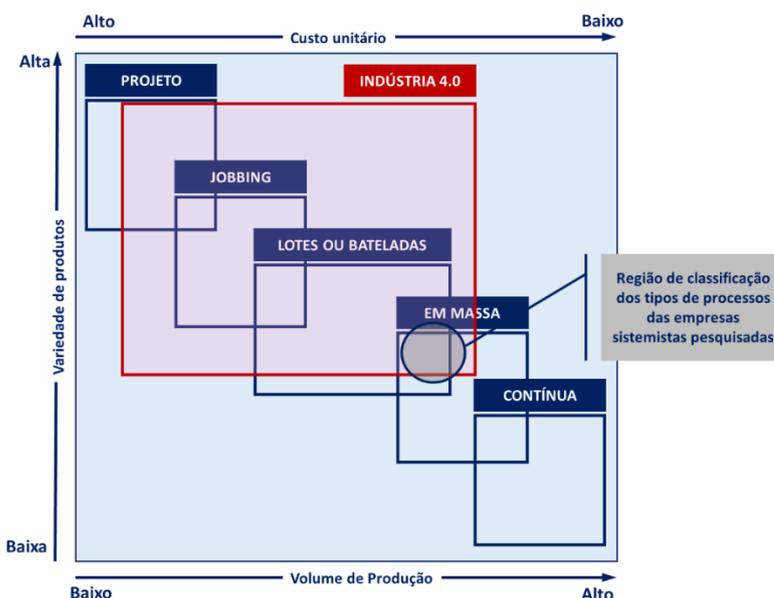
Fonte: o Autor

Observa-se através de uma análise no Quadro 23 que um grupo de 9 dimensões identificadas nos modelos que contribuíram para a construção mapa do processo de operações para empresas manufatureiras sistêmicas foram identificadas como “recursos de transformação” nas pesquisas bibliográficas e exploratórias. Assim, entende-se que as dimensões equivalentes com os recursos de transformação, são as dimensões-chave do mapa do processo de migração.

4.2.7 Tipos de processos em operações de manufatura na Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é definida como a manufatura totalmente automatizada, com os componentes industriais se comunicando entre si e fabricando produtos sob medida para o cliente e altos níveis de eficiência. Presume-se, assim o surgimento de uma nova área de abrangência dentre os tipos de processo de manufatura, delimitada pelo custo unitário dos produtos, pela variedade de produtos ofertada e pelos volumes de produção, conforme demonstrado na Figura 26.

Figura 26: Representação esquemática das áreas de influência dos tipos de processos de manufatura da Indústria 4.0.



Fonte: Adaptado de Slack et al. (2008)

Analisando-se a representação esquemática das área de influência dos tipos de processos de manufatura da Indústria 4.0 apresentada na Figura 26, nota-se que nem todos os processos serão abrangidos pela Indústria 4.0 ou poderão utilizar seus conceitos de forma plena, como por exemplo a produção de “commodities” representada pela produção contínua ou por parte da produção em massa, ou ainda o desenvolvimento de protótipos e a fabricação de produtos sob projetos bastante específicos.

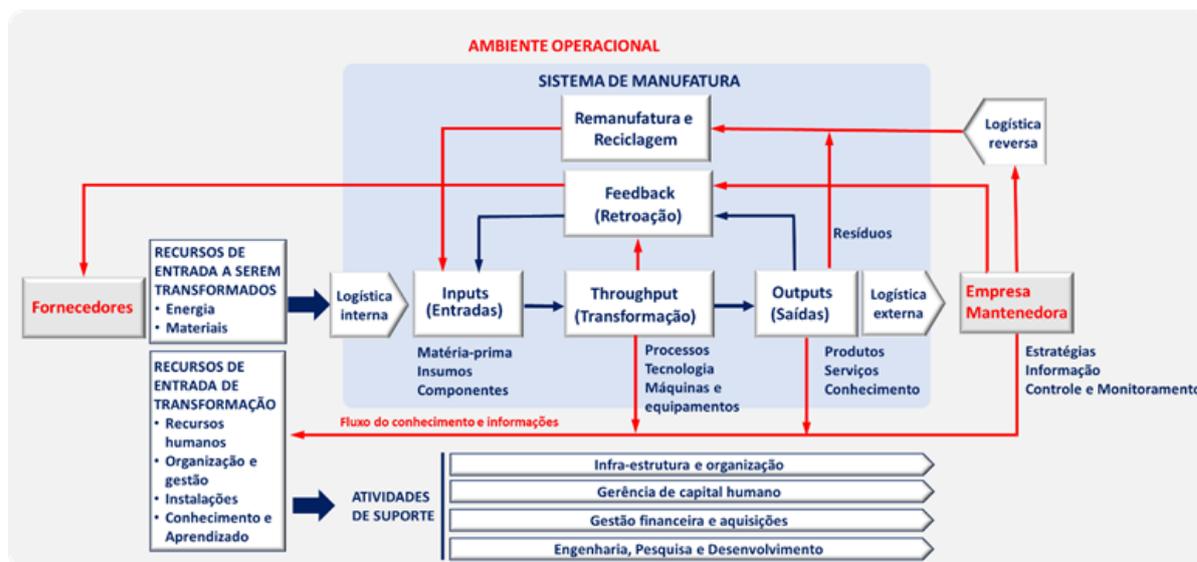
Observa-se ainda que a região de classificação dos tipos de processos das empresas sistemistas pesquisadas se incluem no âmbito da área de influência dos tipos de processos de manufatura da Indústria 4.0, o que significa que as empresas manufatureiras sistemistas podem migrar seus recursos de transformação para a Indústria 4.0.

4.3 MAPA DO PROCESSO DE MIGRAÇÃO PARA MANUFATUREIRAS SISTEMISTAS NA INDÚSTRIA 4.0

Baseado no Mapa do Processo de Operações para Empresas Manufatureiras Sistemistas, nas dimensões-chave e nos tipos de processos de manufatura da Indústria 4.0, criou-se o Mapa

do Processo de Migração dos Recursos de Transformação para a Indústria 4.0, conforme apresentado na Figura 27.

Figura 27: Representação esquemática do Mapa do Processo de Migração para Empresas Manufatureiras Sistemistas na Indústria 4.0.



Fonte: o Autor

4.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MAPA DO PROCESSO DE MIGRAÇÃO DESENVOLVIDO

Observa-se que no Mapa do Processo de Migração apresentado na Figura 27, especificamente para as empresas manufatureiras sistemistas, as atividades de suporte são reduzidas, uma vez que a empresa mantenedora assume as atividades de Planejamento e Controle da Produção e Marketing e Vendas. Também há que se observar que os resíduos gerados pela etapa de transformação retornam para a etapa de “entradas” sob forma de remanufaturados e reciclados, o mesmo acontecendo com os produtos usados retirados do mercado através de logística reversa.

Por outro lado, nota-se que passa existir um “*feedback*” em tempo real a partir da transformação. Isso significa que qualquer ocorrência ou desvio da funcionalidade do sistema permite ações, também em tempo real, que efetuem a correção do desvio.

Porém a grande mudança se dá por conta do fluxo de informações e conhecimento que, através de sensores acondicionados nos produtos, transmite informações diretamente dos clientes para as atividades de suporte, provocando, em tempo real, reprogramações das linhas de produção, ajustes nas infraestrutura e organização da fábrica, alterações no fluxo de caixa e

nas programações das aquisições e projetos de inovação na Engenharia, Pesquisa e Desenvolvimento.

4.5 COMENTÁRIOS SOBRE O MAPA DO PROCESSO DE MIGRAÇÃO

Este capítulo apresentou as etapas de desenvolvimento do mapa do processo de migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas para a Indústria 4.0, parte integrante do método proposto nesta tese.

O desenvolvimento do mapa partiu das dimensões dos modelos de organização, modelos de operações e modelos de negócios, identificados na pesquisa bibliográfica e confirmados pelos recursos de transformação identificados na pesquisa exploratória. O desenvolvimento do mapa passou também pela análise dos tipos de processos utilizados nas operações de manufatura e definidos pela relação: volume produzido x variedade de produtos ofertados x custo unitário de produção.

Com a análise do mapa em questões foi possível perceber os recursos de transformação que são formados por ativos intangíveis, especialmente aqueles que representam fluxo como conhecimento e informação, e os ativos fixos, representados pelas máquinas e equipamentos, por exemplo.

No próximo capítulo será desenvolvida uma estratégia para verificar a aderência das empresas sistemistas ao Mapa do Processo de Migração aqui desenvolvido, como a segunda etapa do método proposto nesta tese.

5 DESENVOLVIMENTO DA ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO

Neste capítulo é desenvolvida uma estratégia para avaliar a aderência das empresas manufatureiras sistêmicas ao mapa do processo de migração dos recursos de transformação na Indústria 4.0. A estratégia escolhida, com base na pesquisa bibliográfica para tanto, é a aplicação de um diagnóstico e assim desenvolveu-se o “Diagnóstico para Avaliar a Aderência ao Mapa do Processo de Migração” (APÊNDICE C) que servirá como um guia na migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistêmicas rumo à Indústria 4.0, especificamente para nortear a tomada de decisão quanto ao posicionamento dos recursos de transformação em face da migração para a Indústria 4.0. Este diagnóstico define o posicionamento das estratégias, dos recursos humanos, da organização e gestão, dos processos, das tecnologias, das máquinas e equipamentos, do controle e monitoramento, das informações, do conhecimento e aprendizado e dos materiais e energia.

5.1 INTRODUÇÃO

Uma das melhores formas para verificar a aderência ao Mapa do Processo de Migração é a aplicação de um diagnóstico. Um diagnóstico empresarial é um levantamento da situação momentânea de todas as atividades de uma empresa obtendo-se como resultado uma posição dos processos quando comparado às melhores práticas do mercado ou a um modelo padrão reconhecido pela eficácia.

É importante visualizar que um diagnóstico é uma fotografia de uma situação presente e as ações recomendadas apontam para uma situação futura que se espera alcançar. Neste caso, a situação presente das empresas manufatureiras sistêmicas objeto de estudo nesta Tese remete ao modelo de operações apresentado na Figura 28 e a situação futura aponta para o mapa do processo de migração apresentado na Figura 30. De uma forma geral, um diagnóstico do posicionamento do sistema de manufatura é a identificação das causas e efeitos que impulsionam as mudanças nos processos de produção e de negócios, ou seja, é simplesmente a situação das atividades de uma empresa manufatureira e como elas mudam em um determinado período de tempo. Trata-se portanto do desenvolvimento de um diagnóstico para ser aplicado

sobre modelo de operação das empresas manufatureiras sistematizadas com os recursos de transformação típicos do atual momento da produção industrial, bastante ligado às questões relativas a automação da manufatura (Figura 28), e obter como resultado um conjunto de ações recomendadas para a migração dos recursos de transformação para o mapa do processo de migração das empresas sistematizadas da Indústria 4.0 (Figura 30).

É importante ressaltar que a 4ª Revolução Industrial, e por conseguinte, a Indústria 4.0, é permeada por inovações que poderão provocar uma ruptura com os padrões, modelos ou tecnologias já estabelecidos no mercado. Devido a este rompimento de padrões e modelos, os diagnósticos não podem ser baseados em medidas quantitativas das dimensões dos modelos existentes. Assim, um diagnóstico do posicionamento do sistema de manufatura envolvendo a 4ª Revolução Industrial, deve considerar as dimensões do modelo como qualitativas e ao invés de medidas por variáveis, considerar medidas por atributos.

O diagnóstico aqui desenvolvido, deverá obedecer a sistemática predeterminada, enumerada a seguir:

- 1) Ser simples para a aplicação, tanto para fins de implementação futura quanto para compatibilidade com outras soluções existentes.
- 2) Permitir a repetibilidade, tanto na etapa de planejamento quanto na etapa de implementação.
- 3) Os registros devem seguir a lógica do mapa do processo de migração.
- 4) Cobrir um conjunto mais extenso, consistente e abrangente de informações sobre os planos e o desempenho da empresa.
- 5) Cobrir todos os pontos que influem na linha de produção, desde a entrada dos materiais até a entrega do produto final ao cliente.

Tendo esta sistemática em vista e considerando que, um diagnóstico sempre dá origem a um prognóstico, estabeleceu-se o objeto direto do diagnóstico, onde os seguintes pontos foram assumidos:

- a) As causas das mudanças e seu impacto qualitativo nos processos de produção da empresa serão sistematizados em ciclos semestrais, onde as discrepâncias entre duas situações na linha do tempo poderão ser ajustadas.
- b) Qualquer alteração em qualquer item dos processos de produção, serão considerados relevantes para o diagnóstico.

- c) O diagnóstico deve gerar indicativos que possibilitarão a elaboração de um prognóstico e este deve ser transformado em um projeto e ser gerenciado como tal.
- d) O projeto para a migração dos recursos de transformação abordará tanto os dados internos da empresa, quanto qualquer informação importante sobre as demais empresas manufatureiras sistemistas pertencentes à cadeia de suprimentos da empresa mantenedora.
- e) O projeto para a migração dos recursos de transformação será formado por “*millestones*” indicando as etapas que estão sendo cumpridas.

É importante destacar que o prognóstico derivado do diagnóstico objeto desta Tese e o consequente projeto de migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas para a Indústria 4.0 não fazem parte deste trabalho, ficando reservado para trabalhos futuros.

5.2 OS NÍVEIS DO DIAGNÓSTICO DE AVALIAÇÃO

Como resultado dos Mapa de Processo de Operações / Mapa do Processo de Migração para Empresas Manufatureiras Sistemistas na Indústria 4.0, Figuras 25 e 27 respectivamente, observado as dimensões que representam os recursos de transformação, o diagnóstico será composto pelas seguintes seções que foram identificadas como relevantes nos modelos apontados na pesquisa bibliográfica e na pesquisa exploratória:

a) Nível dos recursos a serem transformados:

- **Energia:** as mudanças climáticas tem transformado a capacidade de geração e distribuição de energia hidrelétrica devido ao problema da pluviometria desuniforme e consequente alteração nos níveis dos reservatórios de água. Assim, uma empresa manufatureira disposta a capitalizar as oportunidades da 4ª Revolução Industrial, precisa desenvolver estratégias no sentido de diversificar sua matriz energética e optar por várias fontes de energia renováveis e sustentáveis.
- **Matéria-prima:** a sociedade de consumo, movida pela economia de escala, vem sistematicamente esgotando as fontes de recursos naturais provedoras de

matérias-primas para as empresas manufactureiras, o que eleva os custos de produção e conseqüente preço de venda dos produtos. Neste contexto, acrescenta-se também os desperdícios e as perdas nos processos, algumas evitáveis e outras inerentes. As empresas manufactureiras da 4ª Revolução Industrial devem desenvolver políticas de reciclagem das matérias-primas, com o intuito de reduzir o consumo de matérias-primas virgens, reprocessando as perdas, introduzindo processos de produção mais limpos e implementando programas de redução de desperdícios.

- **Insumos:** são os materiais utilizados na fabricação dos produtos das empresas manufactureiras que não são incorporados diretamente aos produtos e assim não podem ser chamados de matérias-primas, como é o caso de desengraxantes utilizados nos tratamentos químicos. Esta classe especial de materiais também tem origem nos recursos naturais do planeta e possuem um agravante: necessitam de tratamentos especiais para serem devolvidos à natureza, pois na sua maioria são agentes poluentes do meio ambiente. As empresas manufactureiras da 4ª Revolução Industrial necessitarão desenvolver e implementar formas alternativas de uso destes insumos, de tal forma que a natureza seja preservada.
- **Componentes:** os componentes são resultado da transformação de matérias-primas provenientes de recursos naturais que sofreram um processo de transformação e produção para ficar disponível para montagem em um subconjunto ou diretamente em um produto final. Assim, este tipo de material está sujeito aos mesmos problemas já delineados para as matérias-primas, cabendo às empresas manufactureiras da 4ª Revolução Industrial adotarem processos de Engenharia Reversa e “*Design for Disassembly*” com o intuito de reaproveitar os componentes de produtos já utilizados pelos clientes e recolhidos para a reciclagem.

b) Nível dos recursos de transformação aplicados sobre as atividades de suporte:

- **Recursos humanos:** as pessoas são o principal diferencial, à medida que os negócios se tornam mais competitivos e os mercados mais exigentes. As empresas manufactureiras que pretendem capitalizar as oportunidades da 4ª

Revolução Industrial precisam refletir sobre os valores, cultura e comportamentos necessários de seus empregados e da liderança para enfrentar este desafio. Devem implementar programas de desenvolvimento projetados para melhorar as competências das pessoas, ampliar a capacidade de tomada de decisão e o espírito empreendedor.

- **Organização e gestão:** trata-se de uma das principais funções da administração de uma empresa, pois uma vez que as atividades de transformação não estejam organizadas em torno de uma sequência mínima não é possível produzir-se com eficácia e nem gerenciar aquilo que se está produzindo. Envolve uma ampla gama de documentação, tais como: Relatórios da Qualidade, Ordens de Montagens, Ordens de Fabricação, Ordens de Serviços, Requisições de Materiais, Mapas de Planejamento da Produção, etc. que nas empresas da 4ª Revolução Industrial serão digitalizados e atualizados em tempo real. Também faz parte deste item os softwares de gestão do sistema produtivo “ERP – Enterprise Resources Planning” e os “Big Datas”.
- **Conhecimento e aprendizado:** conhecimento é um conjunto formado pelas experiências, pelos valores dos indivíduos, pela informação retida e pelas ideias de realização, as quais proporcionam um contexto para a análise e absorção de novas experiências e informações. Assim, o conhecimento e aprendizado envolve toda a experiência, desenvolvimento, capacitação, tecnologia e informação aplicada na fabricação de um produto. O conhecimento é a mola impulsionadora da capacidade de inovação, que é a principal fonte de riqueza da 4ª Revolução Industrial.

c) Nível dos recursos de transformação aplicados sobre as atividades de produção:

- **Tecnologia:** é o conjunto de técnicas, habilidades, métodos e processos, e conhecimento usados na produção de bens ou serviços de forma a agregar valor e atingir os objetivos estratégicos da produção. Apesar da tecnologia ser um item presente em toda a cadeia produtiva de uma empresa manufatureira, optou-se por incluir sua análise dentro deste nível por ser onde a influência da tecnologia é mais marcante para as empresas manufatureiras da 4ª Revolução Industrial. É importante que seja identificado pela empresa as tecnologias habilitadoras

específicas e o nível de recursos necessários para que elas sejam utilizadas em sua plenitude.

- **Processos:** os processos de produção são definidos como um conjunto de operações e etapas que, realizadas sucessivamente, são úteis para obtenção de um bem ou serviço dentro de um prazo adequado e com a qualidade desejada. Os processos de produção são os grandes diferenciais de uma empresa manufatureira, pois são eles que fazem a transformação da matéria-prima em produtos acontecer. Envolve uma ampla gama de documentação, tais como: fichas técnicas, roteiros de fabricação, sequencias de operações, etc. que nas empresas da 4ª Revolução Industrial serão digitalizados e atualizados em tempo real. São nos processos que irão acontecer as maiores mudanças da empresa manufatureira para a 4ª Revolução Industrial. Aqui inclui também os processos de negócios e os processos logísticos. Também faz parte deste item os softwares de processos e tecnologia, como os “*CAD - Computer-Aided Design* ou *CAM - Computer-Aided Manufacturing*,” os softwares de simulação e os “*Big Datas*”.
- **Máquinas e equipamentos:** são dispositivos mecânicos, automatizados ou não, que visam substituir o esforço humano na produção de produtos ou prestação de serviços. As máquinas e equipamentos são, ao lado dos processos, os recursos de transformação que sofrerão as maiores alterações na migração para a 4ª Revolução Industrial. Elas serão dotadas de sensores que monitoram as operações e a qualquer desvio promovem correção imediata. Também são auto programáveis, se comunicam com outras máquinas e com os humanos, e aprendem os processos, a ponto de tomarem algumas decisões.

d) Nível dos recursos de transformação originários na empresa mantenedora:

- **Estratégias:** são ações planejadas e implementadas deliberadamente em uma empresa com o intuito de obter vantagem competitiva no seu ambiente organizacional, através da potencialização das suas capacidades a fim de atingir os objetivos organizacionais. Nas empresas manufatureiras sistêmicas, as estratégias são definidas pela empresa mantenedora, e as ações dependem da execução conjunta e integrada com os demais sistêmicas para que a empresa mantenedora logre êxito nos seus objetivos, Na 4ª Revolução Industrial, as ações

estratégicas devem ser implementadas de forma integrada por todos os sistemistas, sob a orientação da mantenedora.

- **Informação:** é um conhecimento que pode ser transferido de um ente para outro pois está gravado sob a forma escrita (impressa ou numérica), oral, audiovisual ou digital. A informação resulta do processo de manipulação e organização dos dados, de tal forma que represente uma modificação (quantitativa ou qualitativa) no conhecimento do sistema que a recebe. Na 4ª Revolução Industrial as informações devem circular de forma confiável na relação humanos/máquinas, humanos/humanos e máquinas/máquinas.
- **Controle e Monitoramento:** é uma das cinco funções de gerenciamento de uma empresa, uma vez que é necessário verificar se as atividades de transformação estão sendo realizadas de acordo com aquilo que foi planejado. Envolve uma ampla gama de análise da documentação da produção e tomada de decisão sobre os resultados das análises. Na Indústria 4.0, este recurso de transformação é realizado em tempo real, com informações obtidas pela empresa mantenedora através de sensoriamento do produto junto ao cliente e também durante o processo de fabricação do produto através de sensoriamento do produto nas várias etapas da fabricação. O conjunto das informações identificadas são analisadas e a tomada de decisão é instantânea.

5.3 O SISTEMA DE PONTUAÇÃO

Seguindo estas constatações, existem empresas que ainda adotam os princípios da administração científica e da linha de montagem convencional, que tiveram sua origem na 2ª Revolução Industrial, outras atendem parcialmente os princípios do “*Lean Manufacturing*” e da Manufatura Integrada, típicos da 3ª Revolução Industrial, e outras ainda estão se preparando para a 4ª Revolução Industrial adquirindo conhecimentos de Manufatura Aditiva e do uso de computação em nuvem. Assim, torna-se necessário que o diagnóstico seja dotado de um sistema de pontuação, pois embora a avaliação seja qualitativa e as medições feitas por atributos, o diagnóstico não deve ser simples “presente/ausente”, e sim lançar as bases para um prognóstico e um plano de ações mais efetivo.

De acordo com o sistema de pontuação desenvolvido pela OLIVER WIGHT INTERNATIONAL (2005), as pontuações são definidas como:

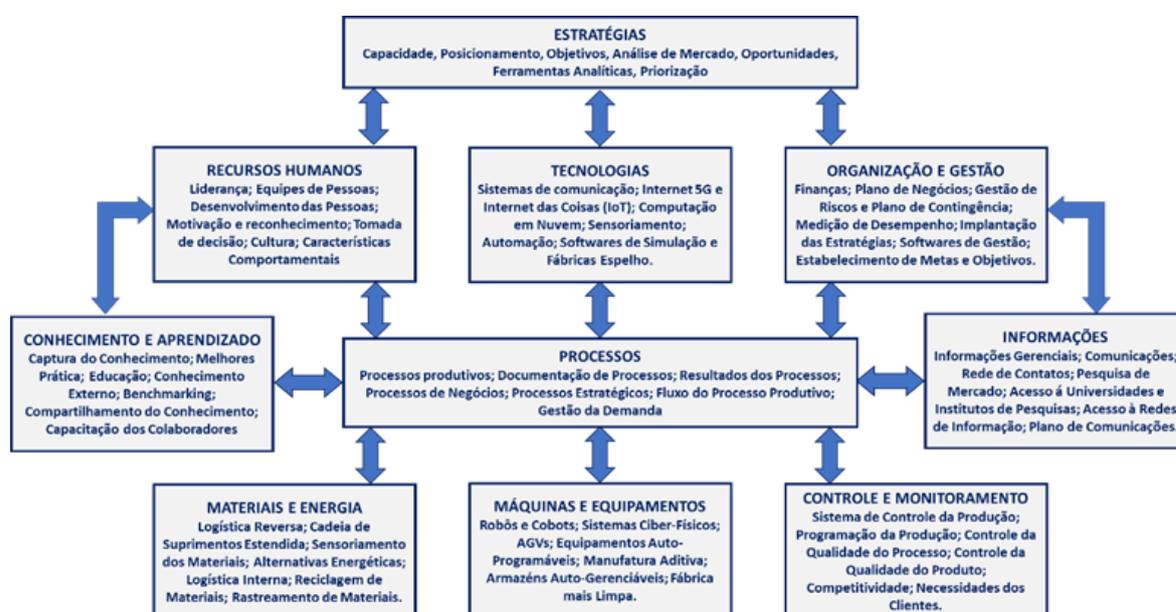
- Pontuação 1 (Ruim): as práticas são inexistentes ou existem, mas não foram desenvolvidas para contribuir com as atividades manufatureiras e sua melhoria.
- Pontuação 2 (Justo): as práticas foram desenvolvidas isoladamente das demais atividades manufatureiras. Elas entregaram benefícios, mas não estão integradas ou formalizadas nos processos de produção e de negócios.
- Pontuação 3 (Bom): as práticas estão formalizadas e suas definições de “*checklist*” estão sendo satisfeitas; no entanto, ainda não foram submetidas a uma aplicação sistemática de técnicas de melhoria contínua.
- Pontuação 4 (Muito Bom): as práticas são totalmente integradas aos processos de produção e de negócios da empresa, e todas as definições de “*checklist*” e características da descrição são alcançadas rotineiramente e a melhoria contínua demonstrada.
- Pontuação 5 (Excelente): as práticas são excelentes e totalmente eficazes na empresa. Elas entregam com sucesso e de forma sustentável seus objetivos de negócios e de produção e o “*checklist*” definiu o padrão mínimo ou o desempenho do quartil superior.

5.4 A ESTRUTURA DO DIAGNÓSTICO

A estrutura do diagnóstico foi desenvolvida levando-se em consideração a pesquisa bibliográfica realizada e a pesquisa exploratória, sendo composto de 10 (dez) seções integradas considerando o nível dos recursos de transformação. As seções matéria-prima, insumos e componentes foram agregadas na seção materiais por representarem uma classe única e praticamente as mesmas questões seriam diagnosticadas de forma redundante. Na seção materiais, foi incorporado o recurso “energia” por se tratar de um requisito ainda em fase de desenvolvimento pois todas as formas alternativas de geração de energia acabam sempre se transformando em energia elétrica própria para o consumo da Indústria 4.0, o que não afetaria de forma impactante a aderência ao modelo de referência da empresa diagnosticada.

A estrutura do modelo apresenta ainda a seção “Processos” como o cerne do diagnóstico e a seção “Estratégia” como a de maior importância no sucesso da migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistêmicas para a Indústria 4.0. Apesar da seção “Estratégia” não aparecer na pesquisa exploratória, devido às empresas manufatureiras sistêmicas considerarem este ponto como responsabilidade da empresa mantenedora, optou-se por incluir esta seção no diagnóstico, por ela representar uma vantagem competitiva para a empresa sistêmica no caso desta abrir novas oportunidades de negócio. O fluxo esquemático do diagnóstico está representado na Figura 28 enquanto que o diagnóstico completo está apresentado no APÊNDICE C desta tese.

Figura 28: Modelo esquemático do diagnóstico.



Fonte: o Autor

Cada seção foi diagnosticada em 7 (sete) pontos-chave ou requisitos, e pontuados de 1 a 5 segundo a escala de pontuação proposta pela OLIVER WIGHT INTERNATIONAL (2005), sendo 1 atribuído para práticas ruins ou inexistentes e 5 para práticas excelentes. Não existem práticas não aplicáveis.

5.5 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DO DIAGNÓSTICO

A intenção é avaliar a aderência das empresas manufatureiras sistêmicas para o mapa do processo de migração dos recursos de transformação das empresas sistêmicas para a Indústria 4.0, indicando o posicionamento de cada um dos dez recursos de transformação identificados.

Neste caso a avaliação do posicionamento da migração é definida como a razão entre a pontuação real de um determinado recurso de transformação obtida através do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência ao Mapa do Processo de Migração” (APÊNDICE C), e a pontuação teórica estabelecida pela empresa durante o planejamento estratégico, ou através de pesquisas realizadas por entidades de classe, centros de pesquisas, ou artigos científicos publicados em revistas indexadas, representada matematicamente pelo fator de redução “k” aplicado sobre a máxima pontuação possível, ou seja 35 pontos para cada recursos de transformação. No caso das empresas manufatureiras sistemistas, a pontuação teórica também pode ser estabelecida pela empresa mantenedora, ou pelas demais empresas parceiras da cadeia de suprimentos.

Para esta tese, as pontuações teóricas foram arbitradas em 80% ($k = 0,8$) das pontuações totais de cada recurso de transformação indicado pelo “Diagnóstico para Avaliar a Aderência ao Mapa do Processo de Migração”, baseado em outros modelos de diagnósticos apontados na pesquisa bibliográfica e baseado também nos valores de referência (80% do valor máximo) indicado pelos entrevistados da pesquisa exploratória. Esta ação deve-se ao fato de a pesquisa bibliográfica não ter identificado nenhum trabalho de referência realizado para estas condições e nem trabalho semelhante realizado no âmbito da Indústria 4.0.

Assim, matematicamente pode-se afirmar que a avaliação do posicionamento da migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 é um índice obtido como resultado da Expressão 5.1, e representa em termos percentuais o quanto um determinado recursos de transformação avançou em direção a uma situação considerada adequada para a Indústria 4.0 em um dado instante.

$$I_n = \frac{P_R}{k.P_T} \quad (5.1)$$

Onde:

- I_n = Índice de avaliação do posicionamento de um recurso de transformação.
- P_R = pontuação real do posicionamento do recurso de transformação referido.
- P_T = pontuação total do posicionamento do recurso de transformação referido.
- k = fator de redução da pontuação teórica.

Cabe ressaltar que observando a Expressão 5.1 pode-se concluir rapidamente que o valor de “ P_T ” será o mesmo para todos os recursos de transformação apontados no “Diagnóstico para Avaliar a Aderência ao Mapa do Processo de Migração” (APÊNDICE C), uma vez que cada uma das seções dos recursos de transformação é avaliada através de 7 (sete) pontos-chave ou

requisitos, todos tendo o valor 5 (cinco) como pontuação máxima, o que significa que cada recurso de transformação pode somente atingir 35 (trinta e cinco) pontos no máximo.

Por outro lado, é previsível que uma alteração, positiva ou negativa, em qualquer um dos recursos de transformação e consequente mudança na pontuação da seção equivalente do diagnóstico, influenciará diretamente os demais recursos de transformação dada a intensa interação existente entre eles e a relevância que o recurso de transformação alterado possui para a determinação da aderência da empresa manufatureira sistematizada para o mapa do processo de migração. Para a avaliação da relevância dos recursos de transformação criou-se uma tabela atribuindo-se pontuação de 1 (um) à 10 (dez) para cada recurso de transformação individualmente, em função do número de artigos científicos publicados em revistas indexadas na Base de Periódicos CAPES que trazem como palavra-chave a denominação do recurso e Indústria 4.0, acrescidas do operador booleano “AND”. O resultado desta busca e atribuição das pontuações por número de publicações está demonstrado na Tabela 11.

Tabela 11: Relevância dos recursos de transformação em função do número de publicações.

Nº	RECURSO	TERMO DE PESQUISA	Nº DE PUBLICAÇÕES	RELEVÂNCIA
1	ESTRATÉGIA	<i>(Strategies) AND (Industry 4.0)</i>	120.022	7
2	RECURSOS HUMANOS	<i>(Human Resources) AND (Industry 4.0)</i>	72.155	6
3	ORGANIZAÇÃO E GESTÃO	<i>(Organization) AND (Management) AND (Industry 4.0)</i>	68.164	5
4	PROCESSOS	<i>(Processes) AND (Industry 4.0)</i>	223.517	9
5	TECNOLOGIAS	<i>(Technologies) AND (Industry 4.0)</i>	276.386	10
6	MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	<i>(Machines) AND (Equipment) AND (Industry 4.0)</i>	20.317	2
7	CONTROLE E MONITORAMENTO	<i>(Control) AND (Monitoring) AND (Industry 4.0)</i>	58.077	4
8	CONHECIMENTO E APRENDIZADO	<i>(Knowledge) AND (Learning) AND (Industry 4.0)</i>	26.660	3
9	INFORMAÇÕES	<i>(Information) AND (Industry 4.0)</i>	203.666	8
10	MATERIAIS E ENERGIA	<i>(Materials) AND (Feedstock) AND (Energy) AND (Industry 4.0)</i>	6.150	1

Fonte: o Autor

Atribuindo-se as pontuações de relevância de cada recurso de transformação sobre a avaliação do posicionamento de um determinado recurso de transformação (Expressão 5.1) obtém-se o valor da avaliação do posicionamento do recurso de transformação específico face à sua relevância no contexto total do diagnóstico, conforme representado na Expressão 5.2.

$$I_{m_i} = \left(\frac{P_{T_i}}{k \times P_R} \right) \times R_i = I_{n_i} \times R_i \quad (5.2)$$

Onde:

- I_{m_i} = Índice de avaliação das interações entre os posicionamentos de um recurso de transformação específico em função da relevância

- P_R = pontuação real do posicionamento do recurso de transformação referido.
- P_{Ti} = pontuação total do posicionamento do recurso de transformação referido.
- R_i = Pontuação da relevância do recurso de transformação referido.

Por fim, considerando-se a somatória dos índices de avaliação das interações entre os posicionamentos de um recurso de transformação específico em função da relevância obtém-se o índice de aderência ao mapa do processo de migração do posicionamento dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistematizadas para a Indústria 4.0, conforme Equação 5.3.

$$I_m = \frac{\sum \left(\frac{P_{T_i}}{k \cdot P_R} \times R_i \right)}{\sum R_i} = \frac{\sum (I_{n_i} R_i)}{\sum R_i} \quad (5.3)$$

Ou, na sua forma expandida, conforme exposto na Equação 5.4

$$I_m = \frac{P_{T_1} R_1 + P_{T_2} R_2 + P_{T_3} R_3 + P_{T_4} R_4 + P_{T_5} R_5 + P_{T_6} R_6 + P_{T_7} R_7 + P_{T_8} R_8 + P_{T_9} R_9 + P_{T_{10}} R_{10}}{\frac{k P_R}{55}} \quad (5.4)$$

Onde:

- I_m = Índice geral de aderência ao modelo de referência.
- P_R = pontuação real do posicionamento do recurso de transformação referido.
- P_{Ti} = pontuação total do posicionamento do recurso de transformação referido.
- R_i = Pontuação da relevância do recurso de transformação referido.

Matematicamente pode-se afirmar que o índice de avaliação das interações entre os posicionamentos dos recursos de transformação considerando as respectivas relevâncias terá um valor entre 0 (zero) e 1 (um) e quanto mais o valor se aproximar de 1, maior será a aderência da empresa ao mapa do processo de migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0, conforme explicitado na Expressão 5.5. Assim o índice de avaliação das interações entre os posicionamentos dos recursos de transformação considerando as relevâncias pode ser considerado também como o índice geral de aderência ao mapa do processo de migração.

$$0 < I_m \leq 1 \quad (5.5)$$

Vale destacar que a análise individual das seções que representam os recursos de transformação é muito importante pois a empresa pode estar avançada no posicionamento da migração de algum recurso de transformação e nada fazendo em termos de migração de outro recurso, porém no cálculo do Índice de Aderência ao Mapa do Processo de Migração, estes extremos se anulam e o resultado esconde a situação real. É importante que o processo de migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 seja uniforme e equilibrado em termos de velocidade de migração, entre os níveis de recursos de transformação agrupados, entre as seções, e entre os requisitos do diagnóstico particulares de cada seção, pois tal qual os sistemas integrados de manufatura, o sistema sempre tende a se estabilizar pelo nível mais baixo (AGOSTINHO, 2015) e neste caso os benefícios desejados da migração não podem ser alcançados.

Sob estes aspectos de equilíbrio e uniformidade, deve-se calcular a Média, o Desvio-Padrão, a Amplitude, o Limite Superior de Controle (LSC) e o Limite Inferior de Controle (LIC) das avaliações do posicionamento de um determinado recurso de transformação (I_n), considerando os parâmetros da curva de distribuição normal, através das Equações 5.6, 5.7, 5.8, 5.9 e 5.10. Calcular também os mesmos indicadores estatísticos para a Pontuação Real (P_R) de cada seção.

$$\bar{x}_{I_n} = \frac{\sum I_n}{N_{I_n}} \quad (5.6)$$

Onde:

- \bar{x}_{I_n} = Média dos índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação.
- N_{I_n} = Número de índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação.
- I_n = Índice de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação.

$$\sigma_{I_n} = \sqrt{\frac{\sum (I_{n_i} - \bar{x}_{I_n})^2}{N_{I_n} - 1}} \quad (5.7)$$

Onde:

- σ_{I_n} = Desvio padrão dos índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação.

- \bar{x}_{I_n} = Média dos índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação.
- N_{I_n} = Número de índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação.
- I_{n_i} = Índice de avaliação do posicionamento de um recurso de transformação específico.

$$A_{I_n} = I_{n_{max}} - I_{n_{min}} \quad (5.8)$$

Onde:

- A_{I_n} = Amplitude dos índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação.
- $I_{n_{max}}$ = Índice de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação máximo.
- $I_{n_{min}}$ = Índice de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação mínimo.

$$LSC_{I_n} = \bar{x}_{I_n} + 3\sigma_{I_n} \quad (5.9)$$

Onde:

- σ_{I_n} = Desvio padrão dos índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação.
- \bar{x}_{I_n} = Média dos índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação.
- LSC_{I_n} = Limite Superior de Controle dos índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação.

$$LIC_{I_n} = \bar{x}_{I_n} - 3\sigma_{I_n} \quad (5.10)$$

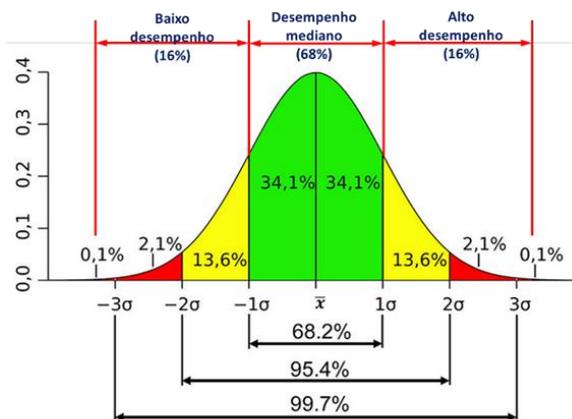
Onde:

- σ_{I_n} = Desvio padrão dos índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação.
- \bar{x}_{I_n} = Média dos índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação.
- LIC_{I_n} = Limite Inferior de Controle dos índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação.

Desta forma pode-se considerar o equilíbrio e a uniformidade tanto das avaliações do posicionamento dos recursos de transformação na migração para a Indústria 4.0 individualmente, quanto da aderência ao mapa do processo de migração.

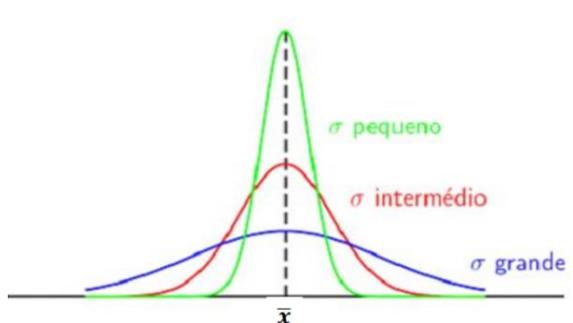
Além disso, os resultados estatísticos apontados pelo diagnóstico permitem calcular a curva de distribuição normal dos índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação e através desta classificá-los por desempenho, conforme apontado na Figura 29, além de tornar possível tecer uma série de análises sobre os índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação, como por exemplo a verificação visual sobre o achatamento da curva causada por amplitudes muito grandes, o que provoca grandes desvios padrão, conforme Figura 30, ou deslocamento da média para a direita ou para a esquerda do gráfico o que pode representar uma descentralização do posicionamento dos recursos de transformação em relação aos objetivos estratégicos da empresa na migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0, conforme Figura 31.

Figura 29: Curva de distribuição normal com a indicação das áreas de desempenho

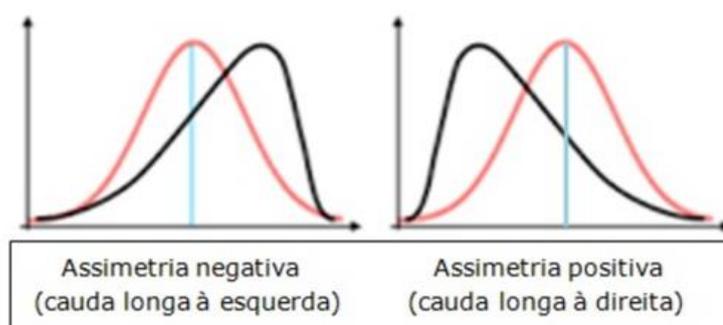


Fonte: o Autor

Figura 30: Curva de distribuição normal achatada

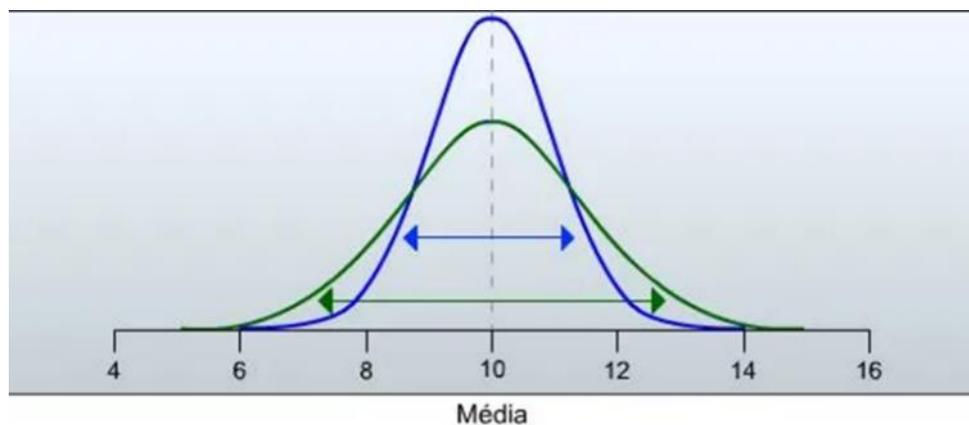


Fonte: o Autor

Figura 31: Curva de distribuição normal assimétrica

Fonte: o Autor

Por outro lado, a curva de distribuição normal dos índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação permite a comparação com as curvas de outras empresas da mesma cadeia de suprimentos ou ainda de outras atividades manufatureiras desenvolvidas por empresas sistemistas ou não, conforme Figura 32.

Figura 32: Exemplo de curva de distribuição com comparação de desempenho

Fonte: o Autor

5.6 APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO

O “Diagnóstico para Avaliar a Aderência ao Mapa do Processo de Migração” foi elaborado visando a autoaplicação, ou seja, não requer que a atividade seja conduzida por um especialista em Indústria 4.0 ou ainda por um pesquisador, podendo ser realizado por um funcionário graduado da empresa que tenha acesso às áreas de produção, bem como à alta administração e com poder de decisão, porém isto não significa que a ação dispense as 4 (quatro) etapas básicas da aplicação: planejamento, preparação, realização e finalização, de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 33.

Figura 33: Fluxograma com as etapas de aplicação do diagnóstico

Fonte: o Autor

5.6.1 Etapa de planejamento

Na primeira etapa, classificada como etapa de planejamento é onde acontece o primeiro contato da empresa a ser diagnosticada com os requisitos do diagnóstico e com a forma como a aplicação do mesmo deve ser conduzida. Nesta etapa é formada a equipe que irá conduzir a aplicação do questionário ou pelo menos indicado, no caso de empresas menores, um funcionário da empresa que será o responsável pela aplicação do diagnóstico e consequente atribuição da pontuação para cada requisito. A etapa de planejamento é composta dos seguintes elementos:

- a) Reunião de “*kick-off*” com a alta administração da empresa a ser diagnosticada onde são definidas as responsabilidades, o comprometimento com a veracidade dos dados e com a qualidade dos resultados.
- b) Indicação do funcionário da empresa, ou equipe de funcionários, responsável pela coleta dos dados e elaboração das respostas, bem como a atribuição das pontuações e o apontamento das evidências objetivas.
- c) Apresentação do formulário do diagnóstico (APÊNDICE C)
- d) Esclarecimento das eventuais dúvidas.
- e) Elaboração do cronograma físico da aplicação do diagnóstico incluindo as etapas e desdobramentos.

A Figura 34 apresenta um fluxograma com o passo-a-passo com os elementos da etapa de planejamento:

Figura 34: Fluxograma com os elementos da etapa de planejamento.



Fonte: o Autor

5.6.2 Etapa de preparação

A segunda etapa ou etapa de preparação, não deve ser confundida com a etapa de planejamento, pois possuem objetivos diferentes em relação a aplicação do diagnóstico, destacando-se que a aplicação bem-sucedida do diagnóstico demanda que as duas etapas (planejamento e preparação) sejam separadas, embora sejam confundidas na maioria dos diagnósticos. A etapa de preparação é composta pelos seguintes elementos:

- a) Leitura minuciosa do formulário do diagnóstico por parte do funcionário ou da equipe de funcionários, responsável pela aplicação do diagnóstico.
- b) Identificação das evidências objetivas que comprovam a realização de determinada atividade questionada.
- c) Análise da documentação comprobatória das evidências objetivas.
- d) Elaboração uma lista de verificação para os casos de dúvidas. No APÊNDICE D é apresentado uma sugestão de modelo de lista de verificação que pode ser utilizada na aplicação do diagnóstico.
- e) Agendamento de entrevistas para elucidar dúvidas.
- f) Elaboração de um roteiro de entrevistas e visitas às áreas onde as atividades apontadas no diagnóstico estão sendo realizadas, com os horários e datas das visitas.
- g) Divulgação do roteiro de entrevistas e visitas por toda a empresa para que as pessoas e as áreas fiquem preparadas.

A Figura 35 apresenta um fluxograma com o passo-a-passo com os elementos da etapa de preparação:

Figura 35: Fluxograma com os elementos da etapa de preparação.



Fonte: o Autor

5.6.3 Etapa de realização

A terceira etapa ou etapa de realização da aplicação do diagnóstico é representada pela execução do diagnóstico em si, sendo a etapa onde a pontuação é atribuída a cada questão pertencente ao formulário, baseada nas análises de documentações, que no diagnóstico, recebe a denominação de evidências objetivas e baseada também nas entrevistas para os casos onde não existe documentação comprobatória da realização da atividade.

A etapa de realização deve ser executada observando-se, o cronograma físico desenvolvido na etapa de planejamento, o roteiro, a agenda de entrevistas e a lista de verificação desenvolvidos na etapa de preparação. A etapa de realização é composta pelos seguintes elementos:

- a) Identificação das atividades a serem diagnosticadas de acordo com o cronograma, com os agendamentos prévios e com o roteiro de entrevistas.
- b) Reunião com os envolvidos das atividades a serem diagnosticadas, onde deve ser explicado os objetivos do diagnóstico e a importância de uma postura cooperativa e aberta dos participantes.

- c) Proceder as entrevistas utilizando a técnica “5W2H” (breve descrição da técnica no APÊNDICE E) evitando perguntas fechadas.
- d) Anotar as respostas e os documentos apresentados na Lista de Verificação elaborada na etapa de preparação.
- e) Atribuir a pontuação para os quesitos diagnosticados.
- f) Conseguir anuência do entrevistado para com a pontuação atribuída.
- g) Concluir todas as entrevistas para todos os requisitos com as respectivas pontuações e apontamentos das evidências objetivas, sempre de acordo com o cronograma, com os agendamentos e com o roteiro.
- h) Reunir a equipe e revisar as pontuações atribuídas para cada requisito buscando sempre o consenso dos membros da equipe. No caso de apenas uma pessoa ser a responsável pela realização do diagnóstico a revisão também deve ser feita, porém de forma individual.
- i) Tabular as pontuações e calcular os índices de posicionamento dos recursos de transformação para cada um dos recursos (Equações 4.1), o índice de avaliação das interações entre os posicionamentos dos recursos de transformação considerando as relevâncias (Equações 4.2 e 4.3).
- j) Calcular os resultados estatísticos sobre os índices de posicionamento dos recursos de transformação apresentando a Média dos Índices (Equação 4.6), o Desvio Padrão (Equação 4.7), a Amplitude (Equação 4.8), o Limite Superior de Controle – LSC (Equação 4.9) e o Limite Inferior de Controle – LIC (Equação 4.10), como forma de verificar a homogeneidade da migração dos recursos de transformação.
- k) Apresentar os resultados sob forma de tabela.
- l) Desenvolver o Gráfico Radar dos resultados como forma de melhorar a visualização e o entendimento.

A Figura 36 apresenta um fluxograma com o passo-a-passo com os elementos da etapa de realização:

Figura 36: Fluxograma com os elementos da etapa de realização.

Fonte: o Autor

5.6.4 Etapa de finalização

A quarta etapa ou etapa de finalização do diagnóstico trata-se da apresentação do relatório final contendo tabulação dos dados obtidos, as devidas análises e conclusões e consequente exposição dos resultados, levando-se em consideração que o objetivo do diagnóstico é apenas verificar a aderência das empresas sistemistas ao mapa do processo de migração desenvolvido e não apontar ações que devem ser tomadas para melhorar a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0, muito embora uma análise detalhada dos resultados facilitará a tomada de decisão sobre as ações a serem implementadas.

Assim, a etapa de finalização compreende apenas os seguintes elementos:

- a) Elaborar o relatório final do diagnóstico composto das tabelas com os resultados, os cálculos, os gráficos e os comentários e conclusões.
- b) Reunião de encerramento com a alta administração da empresa diagnosticada onde são apresentados os resultados do diagnóstico, os comentários e as conclusões. Ainda nesta reunião, a alta administração da empresa deve manifestar suas impressões quanto ao trabalho executado. Eventuais modificações, se ocorrerem devem ser acrescentadas ao relatório final.

- c) Entrega do relatório final, das listas de verificação, dos documentos utilizados como evidências objetivas e dos apontamentos obtidos nas entrevistas.
- d) Encerramento da aplicação do diagnóstico.

A Figura 37 apresenta um fluxograma com o passo-a-passo com os elementos da etapa de finalização:

Figura 37: Fluxograma com os elementos da etapa de finalização.



Fonte: o Autor

5.7 COMENTÁRIOS SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO DIAGNÓSTICO E AS ANÁLISES RECORRENTES.

O “Diagnóstico para Avaliar a Aderência ao Mapa do Processo de Migração” apresentado no APÊNDICE C é organizado sob forma de perguntas atendendo as dez seções do modelo esquemático representado na Figura 28. O propósito que norteou a elaboração do diagnóstico é a simplicidade e a auto aplicação, onde uma pessoa sem grandes experiências na aplicação de diagnósticos, mas com conhecimento dos conceitos da Indústria 4.0 e conhecimento da dinâmica das atividades de fabricação e negócios de uma empresa manufatureira sistemista, pode efetuar a aplicação sem grandes dificuldades e com sucesso.

A pessoa responsável pela aplicação e avaliação do diagnóstico que compõe o objeto desta tese, deve apontar em local específico para tanto, as evidências objetivas, que servirão de suporte para as pontuações outorgadas. Isso é importante pois leva ao consenso nas conclusões e facilita a compreensão dos resultados e conseqüente implementação de planos de ação.

O “Diagnóstico para Avaliar a Aderência ao Mapa do Processo de Migração” foi desenvolvido sob configuração de um formulário eletrônico baseado no software Excel com o intuito de potencializar a agilidade na tabulação e análise dos resultados.

É aconselhável a aplicação do diagnóstico em períodos regulares de tempo, pois com esta ferramenta é possível medir a evolução da migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas para a Indústria 4.0.

5.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO

Este capítulo apresentou os elementos para a elaboração e análise do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência ao Mapa do Processo de Migração” como estratégia do “Método para a Migração dos Recursos de Transformação em Empresas Manufatureiras Sistemistas” para a Indústria 4.0, objeto maior desta tese. O próximo capítulo tratará de um Estudo de Aplicação do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência ao Mapa do Processo de Migração” realizado em uma empresa sistemista pertencente à cadeia de suprimentos de uma empresa mantenedora fabricante de eletrodomésticos da linha branca, escolhida aleatoriamente entre as empresas participantes da pesquisa exploratória e uma empresa sistemista pertencente à cadeia de suprimentos de uma empresa mantenedora fabricante de automóveis.

6 AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA DO MAPA DO PROCESSO DE MIGRAÇÃO

Este capítulo apresenta a aplicação do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” às empresas manufatureiras sistemistas na migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 segundo os parâmetros desenvolvidos com base na pesquisa bibliográfica e na pesquisa exploratória.

6.1 CONTEXTO

Para avaliar o Mapa do Processo de Migração proposto no Capítulo 4, o “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” (APÊNDICE C) foi aplicado em duas situações distintas: na primeira fase, o diagnóstico foi aplicado em uma das empresas, escolhidas ao acaso entre as sete empresas participantes da pesquisa exploratória que deu origem ao mapa do processo de migração, a partir de agora intitulada “EMPRESA A”. Em seguida, na segunda fase, o diagnóstico foi aplicado em uma empresa manufatureira sistemista, identificada nesta tese como “EMPRESA Z” pertencente a outra cadeia de suprimentos de outra empresa mantenedora que atende ao mercado automobilístico, com o intuito de comprovar a aderência ao mapa por parte das empresas manufatureiras sistemistas de qualquer cadeia de suprimentos.

A empresa selecionada na primeira fase, identificada nesta tese como “Empresa A”, é uma manufatureira sistemista fabricante de sistemas eletrônicos, participante da cadeia de suprimentos de uma empresa manufatureira mantenedora, fabricante de eletrodomésticos da linha branca. A empresa está localizada na cidade de Itu, e é considerada uma empresa de médio porte em função do número de funcionários, de acordo com IBGE (2015). A empresa há mais de 50 anos é administrada pela família do fundador, porém possui um viés altamente profissional no seu planejamento estratégico impulsionando a absorção de novas tecnologias de processos e incentivando a capacitação constante de seus empregados. Essa postura confere à empresa o destaque dentre as demais sistemistas da cadeia de suprimentos analisada sobre as questões do entendimento das necessidades da Indústria 4.0, bem como, aquela que hoje está mais preparada para a migração de seus recursos de transformação.

A empresa selecionada na segunda fase, identificada nesta tese como “Empresa Z” é uma manufatureira sistemista fabricante de sistemas de abastecimento e sensoriamento de combustível, participante da cadeia de suprimentos de uma empresa manufatureira mantenedora fabricante de automóveis. A empresa está localizada na cidade de Itu, e é considerada uma empresa de médio porte em função do número de funcionários, de acordo com o IBGE (2015). A empresa foi fundada no início dos anos 2000, com o objetivo de fabricar medidores de combustíveis para o mercado de reposição, recebendo nos seus primeiros anos de existência o apoio do Núcleo de Desenvolvimento Empresarial de Itu, uma Incubadora de Empresas administrada pela FIESP/SEBRAE. Em pouco tempo transformou-se em grande fabricante de autopeças para o sistema de abastecimento e sensoriamento de veículos. Atualmente a empresa atua com diversos modelos de negócio, desde com o modelo tradicional das autopeças, atuando com demanda independente e fornecendo produtos para o mercado de reposição, quanto o modelo com demanda dependente identificado como “produção puxada” atendendo a diversas montadoras de automóveis, ou adotando o modelo de negócios classificado como sistemista integrando a cadeia de suprimentos de uma empresa mantenedora fabricante de automóveis localizada na cidade de Sorocaba. Vale salientar que apenas a parte da empresa que atua no modelo de negócios classificado como sistemista foi alvo da aplicação do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração”.

A intenção é avaliar o posicionamento da migração de cada um dos dez recursos de transformação identificados pela pesquisa bibliográfica e pela pesquisa exploratória, e indicados no mapa do processo de migração desenvolvido para as empresas sistemistas da Indústria 4.0.

O intuito de aplicar o diagnóstico em duas fases, utilizando-se de empresas sistemistas pertencentes à cadeia de suprimentos distintas, é comprovar a aderência de qualquer empresa sistemista ao modelo de referência proposto.

Salienta-se que as etapas de aplicação do diagnóstico obedeceram ao mesmo roteiro para as duas empresas e foram realizadas concomitantemente.

6.2 APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO

Neste tópico apresenta-se a forma como o diagnóstico foi aplicado na prática, envolvendo todas as etapas, desde o planejamento até a finalização, com os relatos dos principais eventos e ocorrências.

6.2.1 Etapa de planejamento

Nesta primeira etapa, foi realizada uma reunião presencial com a alta administração de cada empresa selecionada, individualmente, onde o “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” foi apresentado ao funcionário responsável pela coleta dos dados e elaboração das respostas, indicado pela empresa a ser diagnosticada. Foram definidas as responsabilidades pela aplicação do diagnóstico e a necessidade do comprometimento com a fidelidade dos dados e com a qualidade do resultado.

Nesta etapa de planejamento, também foi realizada uma leitura detalhada do formulário onde as dúvidas sobre o preenchimento foram dirimidas, sendo que as principais dúvidas surgiram no preenchimento do campo “evidências objetivas”. Foi esclarecido que, seria interessante a empresa comprovar através de documentos, processos ou procedimentos, como ela realiza as atividades pertinentes a cada seção do diagnóstico, bem como elucidar a pontuação atribuída a um requisito específico de cada seção.

Ainda nesta etapa de planejamento foi incluído um item relativo à documentação das lições aprendidas, cujo objetivo é evitar a perda do conhecimento produzido durante a aplicação do diagnóstico e evitar que os erros cometidos sejam repetidos em outras oportunidades, levando-se em conta também que os diagnósticos são aplicados por pessoas e estas podem mudar de função, mudar de carreiras profissionais, ou mudar de empresas, levando consigo o conhecimento adquirido.

Finalizando a etapa de planejamento, foi elaborado um cronograma físico com as principais etapas da aplicação do diagnóstico e suas subfases e desdobramentos, conforme demonstrado no Quadro 23.

Quadro 23 – Cronograma de aplicação do diagnóstico

ETAPAS		DIAS																
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	16º	17º
PLANEJAMENTO		■																
PREPARAÇÃO			■	■	■													
REALIZAÇÃO	ESTRATÉGIAS				■													
	RECURSOS HUMANOS					■												
	ORGANIZAÇÃO E GESTÃO						■											
	PROCESSOS							■										
	TECNOLOGIAS								■									
	MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS									■								
	CONTROLE E MONITORAMENTO										■							
	CONHECIMENTO E APRENDIZADO											■						
	INFORMAÇÕES												■					
	MATERIAIS E ENERGIA													■				
REVISÃO																		
TABULAÇÃO DOS DADOS																		
ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO																		
ENCERRAMENTO E LIÇÕES APRENDIDAS																		■

Fonte: o Autor

6.2.2 Etapa de preparação

A aplicação bem-sucedida do diagnóstico proposto nesta tese demanda que a etapa de planejamento seja separada da etapa de preparação, muito embora, em alguns casos, estas etapas se confundam, apesar de terem objetivos diferentes em relação a aplicação do diagnóstico.

Nesta etapa foi realizada uma minuciosa leitura do diagnóstico, elencando as evidências objetivas que pudessem comprovar que a empresa está realizando determinada atividade questionada no diagnóstico e em que nível a atividade está sendo realizada de tal forma a comprovar a pontuação indicada. Em geral, as evidências objetivas estão em forma de documentos, digitais ou reais, processos, cartas de controle estatístico do processo, relatórios, ordens de serviço, planos de negócios, e quaisquer outros documentos vinculados aos recursos de transformação e a migração dos mesmos para a Indústria 4.0.

Uma vez de posse dos documentos comprobatórios caracterizadores de evidências objetivas, procedeu-se uma análise na documentação para entendimento da aderência do documento à resposta da questão em pauta. Os casos de dúvidas foram elencados para serem solucionados através de entrevistas com as pessoas responsáveis pela atividade e também deu origem a uma lista de verificação (APÊNDICE D), para que nenhuma dúvida fosse esquecida de ser elucidada.

Esta etapa de preparação deu origem a um roteiro de entrevistas e visitas às áreas pertinentes às atividades apontadas no diagnóstico, roteiro este que contava com as datas e horários prováveis das visitas e foi divulgado por toda a empresa para que as pessoas ficassem preparadas.

6.2.3 Etapa de realização

A realização da aplicação do diagnóstico acompanhando o cronograma desenvolvido na etapa de planejamento teve início sempre com uma reunião entre as pessoas envolvidas das áreas pertinentes onde foi explicado quais eram os objetivos do diagnóstico, além de demonstrar uma abordagem positiva, profissional e construtiva buscando encontrar uma postura cooperativa e aberta dos participantes. Como o diagnóstico estava sendo aplicado por um funcionário da empresa, não houve maiores problemas na obtenção das informações.

Para as atividades onde não havia documentação comprobatória e as respostas foram buscadas nas entrevistas, o responsável pela aplicação do diagnóstico promoveu questionamentos abertos, utilizando a técnica “5W2H” (APÊNDICE E) e evitando perguntas

fechadas, ou seja, aquelas que pedem respostas do tipo “sim” ou “não”, pois estas encerram a conversação e impedem a extração das informações. As perguntas foram elaboradas na etapa de preparação e fizeram parte da lista de verificação.

6.2.4 Etapa de finalização

A finalização da aplicação do diagnóstico deu origem à tabulação dos dados obtidos e consequente exposição dos resultados. As Tabelas 12 e 13 apresentam a tabulação dos resultados da aplicação do diagnóstico nas Empresas A e Z, respectivamente. Ainda nas Tabelas 12 e 13 ganham destaque o valor de I_n calculado, conforme apontado na “Expressão 5.1”, como a relação entre a pontuação total obtida por um recurso de transformação e a pontuação total que deveria ser obtida para que o recurso seja considerado plenamente migrado para a Indústria 4.0; e o valor de I_m calculado através da média ponderada do produto dos I_n e da sua relevância, conforme “Expressão 5.4”.

Tabela 12: Tabulação dos resultados do diagnóstico na empresa “A”

EMPRESA “A”													
NÍVEL	RECURSOS	QUESTÕES							P_R	P_T	I_n	R_i	I_{mi}
		1	2	3	4	5	6	7					
A	MATERIAIS E ENERGIA	1	2	1	1	2	1	2	10	35	0,357	1	0,357
B	RECURSOS HUMANOS	3	1	1	3	2	2	2	14	35	0,500	6	3,000
	ORGANIZAÇÃO E GESTÃO	1	1	1	2	1	4	2	12	35	0,429	5	2,145
	CONHECIMENTO E APRENDIZADO	2	2	2	1	2	1	2	12	35	0,429	3	1,287
C	PROCESSOS	2	3	2	2	2	3	5	19	35	0,679	9	6,111
	TECNOLOGIAS	1	1	2	1	1	2	1	9	35	0,321	10	3,210
	MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	1	1	1	1	2	2	2	10	35	0,357	2	0,714
D	CONTROLE E MONITORAMENTO	2	2	2	1	2	3	2	14	35	0,500	4	2,000
	INFORMAÇÕES	2	2	1	2	2	2	3	14	35	0,500	8	4,000
	ESTRATÉGIA	3	1	2	2	1	1	1	11	35	0,393	7	2,751
Índice de aderência ao modelo de referência (I_m)												0,465	

I_n = Índice de avaliação do posicionamento de um recurso de transformação.

P_R = pontuação real do posicionamento do recurso de transformação referido.

P_T = pontuação total do posicionamento do recurso de transformação referido.

R_i = Pontuação da relevância do recurso de transformação referido.

I_{mi} = Índice de avaliação das interações entre os posicionamentos de um recurso de transformação específico em função da relevância

I_m = Índice geral de aderência ao mapa do processo de migração.

Fonte: o Autor

Tabela 13: Tabulação dos resultados do diagnóstico na empresa “Z”

EMPRESA “Z”													
NÍVEL	RECURSOS	QUESTÕES							P_R	P_T	I_n	R_i	I_{mi}
		1	2	3	4	5	6	7					
A	MATERIAIS E ENERGIA	4	3	3	4	5	4	3	26	35	0,9286	1	0,9286
B	RECURSOS HUMANOS	4	3	3	4	3	3	3	23	35	0,8214	6	4,9284
	ORGANIZAÇÃO E GESTÃO	4	4	3	4	4	4	4	27	35	0,9643	5	4,8215
	CONHECIMENTO E APRENDIZADO	3	4	2	3	3	4	5	24	35	0,8571	3	2,5713
C	PROCESSOS	3	3	4	3	4	4	2	23	35	0,8214	9	7,3926
	TECNOLOGIAS	2	2	3	2	3	4	4	20	35	0,7143	10	7,1430
	MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	2	3	2	2	4	4	3	20	35	0,7143	2	1,4286
D	CONTROLE E MONITORAMENTO	4	5	4	5	5	3	4	30	35	1,0714	4	4,2856
	INFORMAÇÕES	4	5	4	5	4	5	5	32	35	1,1429	8	9,1432
	ESTRATÉGIA	1	3	3	1	4	3	3	18	35	0,6429	7	4,5003
Índice de aderência ao modelo de referência (I_m)												0,8571	

I_n = Índice de avaliação do posicionamento de um recurso de transformação.

P_R = pontuação real do posicionamento do recurso de transformação referido.

P_T = pontuação total do posicionamento do recurso de transformação referido.

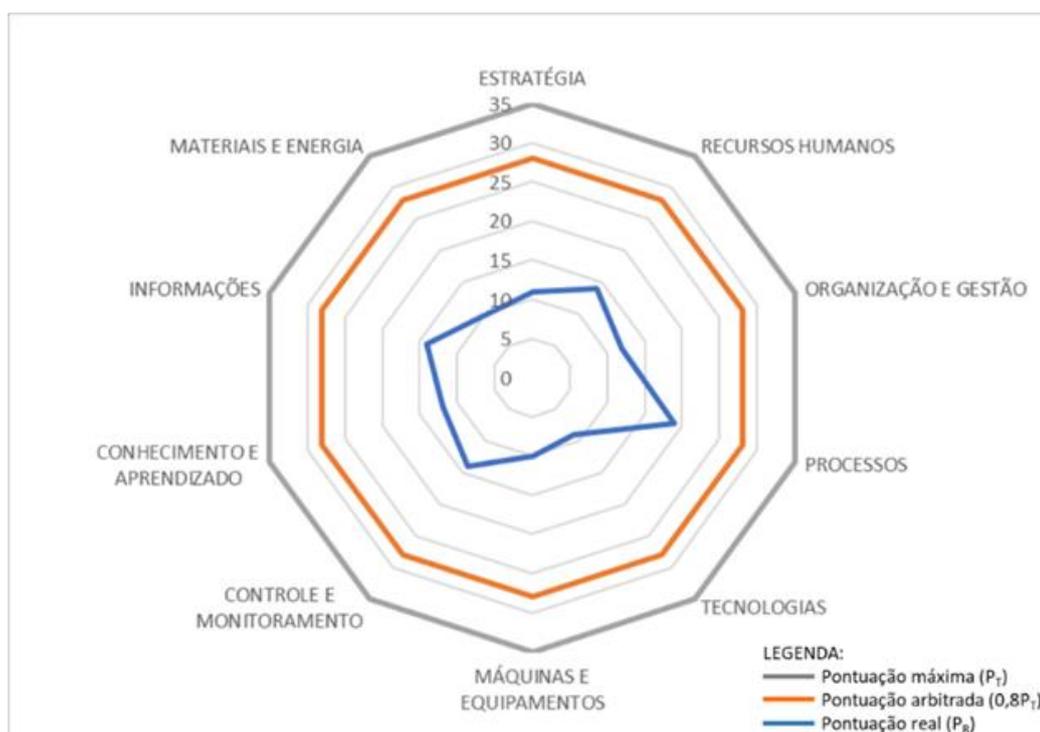
R_i = Pontuação da relevância do recurso de transformação referido.

I_{mi} = Índice de avaliação das interações entre os posicionamentos de um recurso de transformação específico em função da relevância

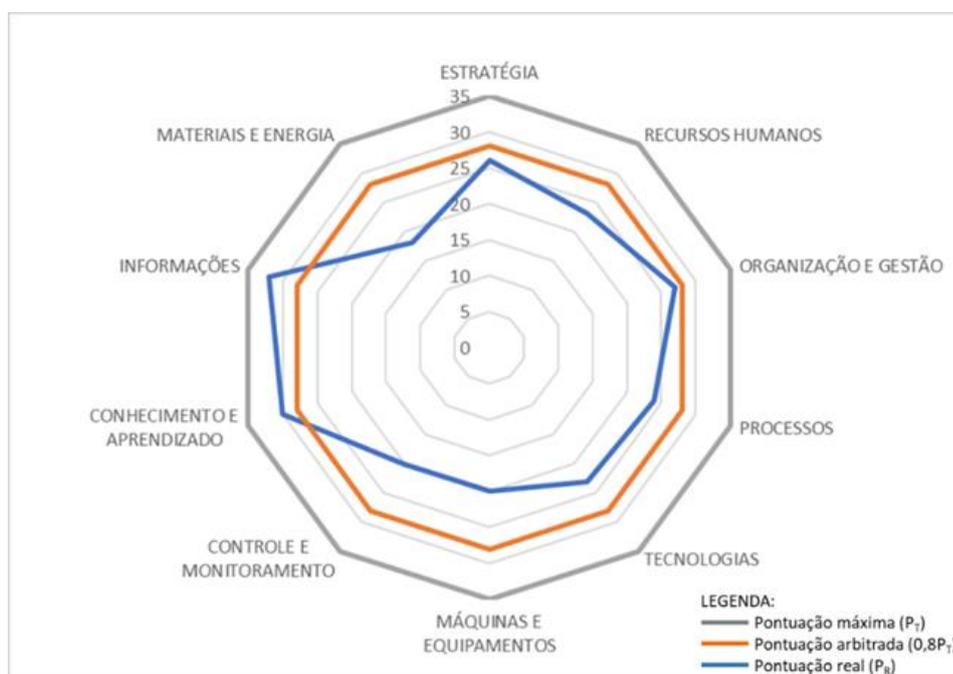
I_m = Índice geral de aderência ao mapa do processo de migração.

Fonte: o Autor

Com a finalidade de facilitar a compreensão dos resultados, as Tabelas 12 e 13 foram convertidas em gráficos tipo radar, conforme apresentado nas Figuras 38 e 39 respectivamente.

Figura 38: Gráfico com os resultados do diagnóstico na “Empresa A”

Fonte: o Autor

Figura 39: Gráfico com os resultados do diagnóstico na “Empresa Z”.

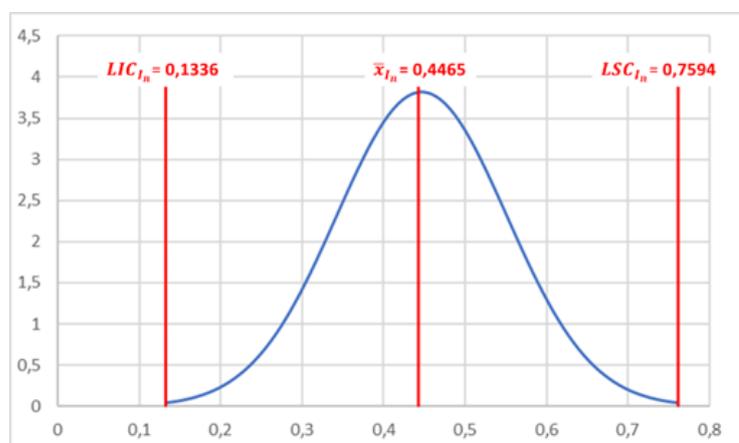
Fonte: o Autor

Ainda na fase de finalização foram apresentados os resultados dos cálculos estatísticos conforme apontado nas Tabelas 14 e 15. A partir dos resultados dos cálculos estatísticos, foi apresentado a curva de distribuição normal relativa aos resultados dos cálculos estatísticos demonstradas nas Figuras 43 e 44.

Tabela 14: Resultado dos cálculos estatísticos da Empresa “A”

CÁLCULOS ESTATÍSTICOS		EQUAÇÕES (Capítulo 5)	EMPRESA “A”
\bar{x}_{I_n}	Média	5.6	0,4465
σ_{I_n}	Desvio Padrão	5.7	0,1043
A_{I_n}	Amplitude	5.8	0,3589
LSC_{I_n}	Limite Superior de Controle - LSC	5.9	0,7594
LIC_{I_n}	Limite Inferior de Controle - LIC	5.10	0,1336

Fonte: o Autor

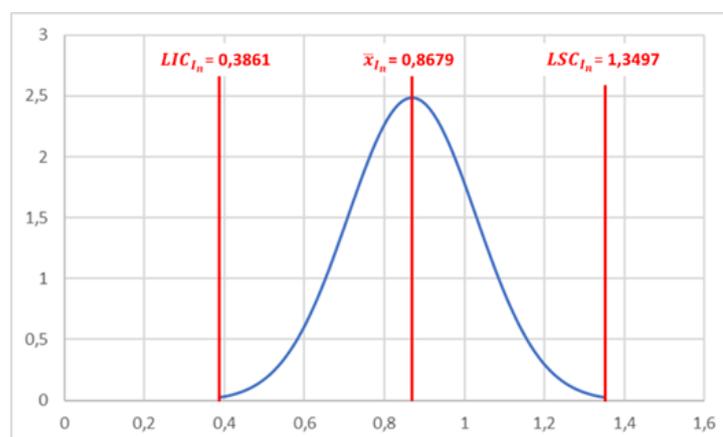
Figura 40: Curva de distribuição normal da Empresa “A”

Fonte: o Autor

Tabela 15: Resultado dos cálculos estatísticos da Empresa “Z”

CÁLCULOS ESTATÍSTICOS		EQUAÇÕES (Capítulo 5)	EMPRESA “Z”
\bar{x}_{I_n}	Média	5.6	0,8679
σ_{I_n}	Desvio Padrão	5.7	0,1606
A_{I_n}	Amplitude	5.8	0,5000
LSC_{I_n}	Limite Superior de Controle - LSC	5.9	1,3497
LIC_{I_n}	Limite Inferior de Controle - LIC	5.10	0,3861

Fonte: o Autor

Figura 41: Curva de distribuição normal da Empresa “Z”

Fonte: o Autor

Os resultados foram apresentados separadamente para as empresas diagnosticadas, acompanhados de explicações sobre as dúvidas manifestadas.

Os representantes da alta administração da “Empresa A” manifestaram surpresa com o resultado uma vez que consideravam estar em uma posição mais confortável em termos de migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0, embora fosse crença geral de que o cenário de negócios onde a empresa está inserida não está sinalizando nenhuma tendência no sentido da Indústria 4.0. Segundo os representantes da alta administração da “Empresa A” será dada maior atenção às estratégias voltadas para a Indústria 4.0 pois, embora a empresa mantenedora não esteja sinalizando alguma tendência neste sentido, os primeiros passos da absorção do mapa do processo de migração poderão representar novas oportunidades de negócios no futuro, ou mesmo estar preparado para uma rápida mudança de direcionamento por parte da empresa mantenedora.

Os representantes da alta administração da “Empresa Z” questionaram o fato de apresentar índices individuais acima da pontuação teórica, fato que foi prontamente explicado pelo uso do fator “k” que no caso dos sistemistas da indústria automobilística deve ser arbitrado à um valor maior. Como a indústria automotiva já está trabalhando com a preparação de seus fornecedores para a Indústria 4.0, é natural que os sistemistas já estejam mais avançados na migração dos recursos de transformação, quando comparados com outros sistemistas de outras cadeias produtivas.

6.3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados da aplicação do diagnóstico nas empresas “A” e “Z” foram analisados individualmente por seção e na sua totalidade, sendo estes últimos apresentados sob forma das Tabelas 12 e 13, respectivamente, e sob a forma de gráfico tipo radar, apresentados nas Figuras 38 e 39, também respectivamente.

Sob os aspectos da equilíbrio na velocidade de migração, foi calculado a média, o desvio-padrão, a amplitude, o limite superior de controle e o limite inferior de controle das avaliações do índice de avaliação do posicionamento de um determinado recurso de transformação (I_n) para as duas empresas, sendo os valores obtidos apresentados na Tabelas 14 para a Empresa “A” e na Tabela 15 para a Empresa “Z”. Ainda dentro da questão da homogeneidade foram analisadas as curvas de distribuição normal dos índices de avaliação do posicionamento dos recursos de transformação conforme apresentadas nas Figuras 40 e 41, respectivamente.

Por fim, as duas empresas foram analisadas em conjunto, especialmente no que diz respeito aos resultados estatísticos referentes aos índices de avaliação do posicionamento dos

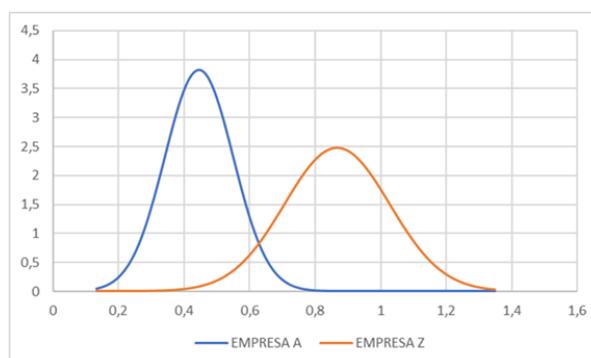
recursos de transformação na migração para a Indústria 4.0, apresentados na Tabela 16 e na Figura 42.

Tabela 16: Cálculos estatísticos conjuntos das Empresas “A” e “Z”

CÁLCULOS ESTATÍSTICOS		EQUAÇÕES (Capítulo 5)	EMPRESAS	
			A	Z
\bar{x}_{I_n}	Média	5.6	0,4465	0,8679
σ_{I_n}	Desvio Padrão	5.7	0,1043	0,1606
A_{I_n}	Amplitude	5.8	0,3589	0,5000
LSC_{I_n}	Limite Superior de Controle - LSC	5.9	0,7594	1,3497
LIC_{I_n}	Limite Inferior de Controle - LIC	5.10	0,1336	0,3861

Fonte: o Autor

Figura 42: Curvas de distribuição normal conjuntas das Empresas “A” e “Z”



Fonte: o Autor

Analisando-se os dados estatísticos da Tabela 16, e da Figura 42, pode-se afirmar que em ambas empresas, a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 são equilibrados pois os valores das avaliações de posicionamento estão dentro dos limites de controle em uma faixa de 6σ (seis desvios-padrão) o que aponta ser uma distribuição normal, com 68% dos índices de migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 classificados como de “desempenho mediano”, 16% classificados como de “desempenho alto” e 16% classificados como de “desempenho baixo”.

Especificamente, para a Empresa “A” existe a necessidade de uma preocupação maior com as estratégias voltadas para a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0, pois no futuro imediato, a empresa mantenedora não está indicando qualquer modificação das políticas de produção rumo à Indústria 4.0, porém o futuro a médio prazo ainda é nebuloso dentro desta cadeia de suprimentos, além do que, a empresa pode estar deixando de capitalizar outras oportunidades de negócios, vinculadas à outras empresas mantenedoras.

Já para a Empresa “Z” existe a necessidade da aplicação do diagnóstico com um fator “k” mais elevado, pois nota-se que, puxada pelo mercado onde a empresa mantenedora está inserida, a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 está mais avançada, e senão com todas as tecnologias conhecidas para tanto, em fase de implementação, pelo menos existem planos para absorvê-las no médio prazo (5 anos). O senão fica por conta da seção “materiais e energia” onde as ações ainda não deslancharam, tanto na busca de fontes alternativas de energia, quanto nas questões da utilização de materiais reciclados.

Quando analisadas conjuntamente, a “Empresa A” embora apresente média dos índices de migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 menor que a “Empresa Z”, a curva de distribuição normal da “Empresa A” é mais concentrada em torno da média, o que representa ações que provocam a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 mais homogêneos.

6.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO DE AVALIAÇÃO

A aplicação do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” às empresas manufatureiras sistemistas na migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0, demonstrou ser uma estratégia viável, pois apresentou resultados que permitem às empresas um posicionamento frente ao processo de inserção na Indústria 4.0 e fornece elementos para a tomada de decisão quanto à escolha do momento adequado para a transição. O próximo capítulo apresenta as conclusões sobre esta pesquisa e também propostas para trabalhos futuros que possam ampliar a gama de conhecimentos sobre o assunto.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo apresenta as conclusões e comentários finais sobre a pesquisa, pontuando a consecução dos objetivos propostos inicialmente, bem como dando luz às respostas para uma série de perguntas originadas pelas hipóteses apresentadas no início da pesquisa. Também é parte inerente deste capítulo a sugestão de trabalhos a serem desenvolvidos, futuramente, a partir desta tese e as limitações que envolveram o desenvolvimento desta pesquisa.

7.1 CONCLUSÕES

Esta tese apresentou uma proposta de um método para a migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas para a Indústria 4.0, dividido em duas fases: desenvolvimento de um mapa do processo de migração e desenvolvimento de uma estratégia para identificar o nível de aderência das empresas manufatureiras sistemistas ao mapa do processo de migração proposto.

O objetivo geral desta tese foi atingido através do desenvolvimento do Mapa do Processo de Migração, conforme Figura 27 “Representação esquemática do mapa do processo de migração para empresas manufatureiras sistemistas na Indústria 4.0”, apresentada no Capítulo 4, página 124.

O mapa do processo de migração desenvolvido permite identificar os recursos de transformação e como os mesmos se comportam durante o processo produtivo nas empresas manufatureiras sistemistas dentro da Indústria 4.0, além de permitir o reconhecimento dos recursos de transformação que são estabelecidos através de fluxos contínuos, como a geração de conhecimento ou a disseminação de informações. O mapa do processo de migração identifica também em quais etapas do processo produtivo, o recurso de transformação é mais utilizado e onde são gerados os fluxos, como pode ser observado no Capítulo 4, página 124, Figura 27.

Este conjunto de elementos demonstrados pelo mapa do processo de migração, permite a identificação de problemas, tanto de ordem técnica, quanto de ordem gerencial, muito mais rapidamente e permite a tomada de decisão em tempo real.

A complementação do objetivo geral que contemplava o desenvolvimento de uma estratégia para estabelecer o nível de aderência das empresas manufatureiras sistêmicas ao processo de migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 foi atingido também pelo desenvolvimento do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração”, considerado como uma estratégia com potencial para identificar o posicionamento dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistêmicas dentro da migração para a Indústria 4.0.

Através do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” foi possível calcular o “Índice de avaliação do posicionamento de um recurso de transformação” para cada recursos de transformação do mapa do processo de migração individualmente. Este índice, por si só fornece informações valiosas para a tomada de decisão sobre onde investir para migrar os recursos de transformação para a Indústria 4.0. O “Índice de avaliação do posicionamento de um recurso de transformação” permitiu também, através de cálculos estatísticos, o entendimento da necessidade de migrar os recursos de transformação de uma forma mais equilibrada, ou seja, com todos os recursos de transformação migrando na mesma velocidade rumo à Indústria 4.0, para que a empresa consiga obter os melhores resultados durante a migração. Através da curva de distribuição normal dos “Índices de Avaliação do Posicionamento dos Recursos de Transformação (I_n)”, foi possível verificar graficamente a homogeneidade da migração com os resultados da aplicação do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” em duas empresas manufatureiras sistêmicas pertencentes a cadeias de suprimentos distintas, demonstrado que tanto o “Mapa do Processo de Migração” quanto o “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” podem ser aplicados a quaisquer empresas manufatureiras sistêmicas de quaisquer cadeia de suprimentos.

Através dos resultados do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” também foi possível calcular o “Índice Geral de Aderência do Mapa do Processo de Migração” levando-se em consideração a relevância dos recursos de transformação presentes no mapa do processo de migração.

A Tabela 17 apresenta os resultados apurados pelo “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” tanto para a aplicação em uma empresa sistêmica

pertencente a cadeia de suprimentos de uma empresa montadora de eletrodomésticos da linha branca (Empresa A), como para uma empresa sistemista pertencente a cadeia de suprimentos de uma empresa montadora de automóveis (Empresa Z). Segundo os cálculos estatísticos derivados dos resultados apurados, as duas empresas apresentam um “Índice Geral de Aderência ao Mapa do Processo de Migração (I_m)” entre 0 e 1 ($0 \leq I_m \leq 1$), o que demonstra que as duas empresas estão migrando seus recursos de transformação para a Indústria 4.0, embora a Empresa “Z” esteja mais avançada nestas ações que a Empresa “A”.

Tabela 17: Resultados da aplicação do Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração nas Empresas “A” e “Z”

NÍVEL	RECURSOS	VALORES ESTATÍSTICOS		EMPRESA “Z”					EMPRESA “A”				
		P_R	P_T	I_n	R_i	I_{mi}	P_R	P_T	I_n	R_i	I_{mi}		
A	MATERIAIS E ENERGIA	26	35	0,9286	1	0,9286	10	35	0,357	1	0,357		
B	RECURSOS HUMANOS	23	35	0,8214	6	4,9284	14	35	0,500	6	3,000		
	ORGANIZAÇÃO E GESTÃO	27	35	0,9643	5	4,8215	12	35	0,429	5	2,145		
	CONHECIMENTO E APRENDIZADO	24	35	0,8571	3	2,5713	12	35	0,429	3	1,287		
C	PROCESSOS	23	35	0,8214	9	7,3926	19	35	0,679	9	6,111		
	TECNOLOGIAS	20	35	0,7143	10	7,1430	9	35	0,321	10	3,210		
	MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	20	35	0,7143	2	1,4286	10	35	0,357	2	0,714		
D	CONTROLE E MONITORAMENTO	30	35	1,0714	4	4,2856	14	35	0,500	4	2,000		
	INFORMAÇÕES	32	35	1,1429	8	9,1432	14	35	0,500	8	4,000		
	ESTRATÉGIA	18	35	0,6429	7	4,5003	11	35	0,393	7	2,751		
		Média		0,8679	I_m	0,8571	Média		0,4465	I_m	0,465		
		Desvio-Padrão		0,1606			Desvio-Padrão		0,1043				
		Amplitude		0,5000			Amplitude		0,3589				
		LSC		1,3497			LSC		0,7594				
		LIC		0,3861			LIC		0,1336				

I_n = Índice de avaliação do posicionamento de um recurso de transformação.
 P_n = pontuação real do posicionamento do recurso de transformação referido.
 P_T = pontuação total do posicionamento do recurso de transformação referido.
 R_i = Pontuação da relevância do recurso de transformação referido.
 I_m = Índice de avaliação das interações entre os posicionamentos de um recurso de transformação específico em função da relevância
 I_m = Índice geral de aderência ao mapa do processo de migração.

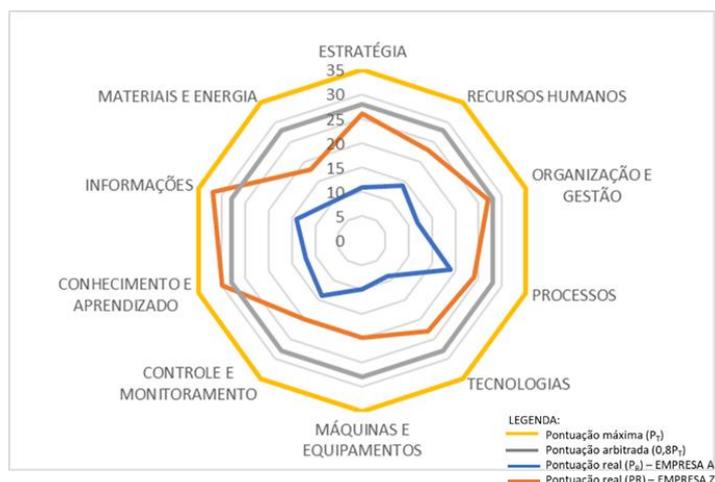
Fonte: o Autor

Nesta mesma linha de análise da Tabela 17, os cálculos estatísticos derivados dos resultados apurados dos “Índices de Avaliação do Posicionamento dos Recursos de Transformação (I_n)”, permitem a construção da curva de distribuição normal conjunta das “Empresas A e Z”, conforme apresentado na Figura 42 “Curvas de distribuição normal conjuntas das Empresas “A” e “Z”, no Capítulo 6, página 157. Neste caso, conforme já comentado no Capítulo 6, a curva de distribuição normal da “Empresa A” é mais concentrada em torno da média, o que representa ações que provocam a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 mais equilibrada em termos de velocidade de migração.

Ainda sobre a Tabela 17, os cálculos estatísticos derivados dos resultados apurados dos “Índices de Avaliação do Posicionamento dos Recursos de Transformação (I_n)”, permitem traçar o gráfico radar conjunto das empresas A e Z, conforme Figura 43, onde pode-se observar

que os “Índices de Avaliação do Posicionamento dos Recursos de Transformação (I_n)” da Empresa “Z” estão em um estágio mais avançado, o que significa que a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 da “Empresa Z” estão em um estado superior quando comparados com os mesmos índices da Empresa “A”.

Figura 43: Gráfico radar conjunto das “Empresas A e Z”



Fonte: o Autor

Depois destas análises sobre os resultados apresentados pelo “Mapa do Processo de Migração” e pelo “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” pode-se concluir que:

- Existe um momento em que o mercado está pronto para a empresa manufatureira migrar os recursos de transformação para a Indústria 4.0 e no caso das empresas manufatureiras sistemistas, este momento é definido pela empresa mantenedora através do direcionamento das ações estratégicas que contemplem a Indústria 4.0 na sua cadeia de suprimentos.
- O “Mapa do Processo de Migração” proposto é uma das formas de identificar e mapear os recursos de transformação nas empresas manufatureiras sistemistas e o “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” uma estratégia que permite verificar o “status” da migração dos recursos de transformação deste tipo de empresa rumo a Indústria 4.0.
- A identificação dos fatores causadores de restrições à inserção de uma empresa manufatureira sistemista na Indústria 4.0, como por exemplo as dificuldades com a

Internet 5G, ainda em fase inicial de implantação no Brasil, ou a falta de direcionamento estratégico da empresa mantenedora da cadeia de suprimentos onde está inserida a “Empresa A”, permite que a empresa envolvida realize ações de tal forma que esteja preparada para capitalizar as oportunidades de negócios que se apresentarão quando as restrições forem removidas. Isto dará a empresa em questão uma enorme vantagem competitiva.

- O mapeamento e a análise da migração dos recursos de transformação das empresas manufatureiras sistemistas para a Indústria 4.0 através do uso do “Mapa do Processo de Migração” e da aplicação do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” em períodos regulares de tempo, fornecerá para a administração da empresa manufatureira sistemista um leque de informações que permitirá a tomada de decisão de tal forma que irá reduzir os impactos causados pela “4ª Revolução Industrial” no seu ambiente geral.

7.2 ORIGINALIDADE DO TRABALHO

Após a realização da revisão sistemática da literatura (RSL), foi possível verificar que a originalidade desta tese está calcada nos seguintes fatores:

- Ausência de uma metodologia de análise e mapeamento da migração dos recursos de transformação para as empresas manufatureiras em fase de transição para a “Indústria 4.0”.
- Os gestores que participaram desta pesquisa se sentiam inseguros na tomada de decisão para investimentos em tecnologias de ruptura visando os modelos de negócio da Indústria 4.0 em função da ausência da identificação de uma estratégia que sinalize o potencial de retorno financeiro, técnico e social.
- Ausência de uma estratégia que possa atestar o nível de aderência a um mapa do processo de migração necessário para uma empresa de manufatura sistemista fazer a transição para a Indústria 4.0.

7.3 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Durante o desenvolvimento da pesquisa, algumas limitações sobre a aplicação do método foram identificadas e foram consideradas inerentes a este tipo de trabalho. Dentre as quais, destacam-se:

- Ausência de uma base de conhecimentos sobre a Indústria 4.0 por parte das empresas participantes da pesquisa, das associações de classe e dos Institutos de Pesquisa, muito em função do caráter inovador do assunto. Isso fez com que o número de empresas participantes do estudo fosse reduzido a um pequeno “cluster”, representado por apenas 7 (sete) empresas manufatureiras sistemistas pertencentes a cadeia de suprimentos de um fabricante de eletrodomésticos da linha branca
- Embora tenha se mostrado evidente, a questão da interação entre os recursos de transformação identificados não são contemplados por esta pesquisa, ou seja, não foi analisado se possivelmente os avanços no posicionamento da migração para a Indústria 4.0 do recursos de transformação “Tecnologia” provoque avanços também em outros recursos de transformação e estes avanços serão tão maiores quanto maior for a interação do recursos de transformação “Tecnologia” com o recursos de transformação afetado. Isso se deu pelo fato da pouca percepção, por parte das empresas, da abrangência e importância do tema.

7.4 TRABALHOS FUTUROS

É notório que este trabalho não esgota o assunto, sendo apenas o início de uma profícua relação de possibilidades de outras pesquisas complementares ou ainda pesquisas mais avançadas na área da Indústria 4.0. A partir do desenvolvimento desta tese, outros trabalhos de pesquisa são sugeridos, tais como:

- Identificação de outros recursos de transformação que, em seu tempo deverão ser migrados para a Indústria 4.0, dando origem a outros mapas do processo de migração.
- Ampliar a pesquisa de tal forma que outras empresas manufatureiras com outros modelos de negócios também sejam beneficiadas tanto com um “Mapa do Processo de Migração” quanto com o “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração.”.

- Ampliar a pesquisa de tal forma que a interação entre os recursos de transformação também seja contemplada, especialmente no “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração”.
- Aplicação do “Mapa do Processo de Migração” e do “Diagnóstico para Avaliar a Aderência do Mapa do Processo de Migração” para as empresas do setor de serviços.

NOTA: A pesquisa inerente desta Tese de Doutorado foi submetida ao Conselho de Ética da UNICAMP, sendo registrada na Plataforma Brasil sob nº CAAE 57673622.7.0000.5404 em 04/07/2022, e aprovada pelo Parecer Consubstanciado Nº 5530208 de 15/07/2022, conforme documento ANEXO A – Página da Plataforma Brasil com Aprovação da Pesquisa no CEP - UNICAMP. (Fonte: <https://plataformabrasil.saude.gov.br/>)

Referências

- AGOSTINHO, O. L. Proposal of organization framework model, using business processes and hierarchical patterns to provide agility and flexibility in competitiveness environments. *Procedia Engineering*, Amsterdam. Holland: Elsevier, v. 131, p. 401-409, 2015.
- AKDIL, K. Y. *et al.* Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy. In: **Industry 4.0: Managing the Digital Transformation**. Cham, Switzerland: Springer, 2018. p.61–94.
- ALBERS, A. *et al.* Procedure for defining the system of objectives in the initial phase of na industry 4.0 project focusing on intelligent quality control systems. In: 6th INTERNATIONAL CONFERENCE CHANGEABLE, AGILE, RECONFIGURABLE AND VIRTUAL PRODUCTION. 2016, Bath. Proceedings of 6Th CARV, 2016, Bath – UK: Elsevier Procedia CIRP 52 (2016) 262 – 267. DOI: 10.1016/j.procir.2016.07.067.
- ALEKSIC, A.; MARKOVIC, M. Communication management issues in production systems – conflict styles analysis. In: 13th INTERNATIONAL QUALITY CONFERENCE. 2019, Kragujevac. Proceedings of QUALITY FESTIVAL 2019, Kragujevac, RS: PESHES v.1, n.2, p.379-386, 2019. Disponível na internet: <http://pesjournal.net/paper.php?id=129>. Acesso em 19/06/2021.
- AMATO NETO, J.; D'ANGELO, F. The influence of automakers in industrial organization of auto parts companies: the case of the Brazilian automotive complex. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT. Porto Alegre, 2005.
- ARAÚJO, E. Tendências recentes da indústria na economia global. Brasília: COFECON, 2019. Disponível na Internet: <https://www.cofecon.org.br/2019/09/26/artigo-tendencias-recentes-da-industria-na-economia-global/>. Acesso em 28/06/2021.
- ARIAS-PÉREZ, J. E.; DURANGO-YEPES, C. M. Exploring knowledge management maturity from functionalist and interpretivist perspectives. **Entramado**, v. 11, n. 1, p.94-104, 2015. Disponível na Internet: <https://www.unilibrecali.edu.co/images/revista-entramado>. Acesso em: 07/02/2022. DOI: 10.18041/entramado.2015v11n1.2112
- BAENA, F. et al. Learning Factory: The Path to Industry 4.0. In: 7th CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES. 2017, Darmstadt. Proceedings of 7th CLF 2017, Darmstadt, GE: Elsevier Procedia Manufacturing 9, 2017, p.73–80. DOI:10.1016/j.promfg.2017.04.022
- BAG, S.; GUPTA, S.; KUMAR, S. Industry 4.0 adoption and 10R advance manufacturing capabilities for sustainable development. **International Journal of Production Economics**, v. 231, n. 107844, 2021. Published online in ELSEVIER (www.elsevier.com/locate/ijpe). DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107844.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Edição revista e ampliada. São Paulo: Edições 70 Brasil, 2016

BAUER, W. *et al.* Transforming to a hyper-connected society and economy – towards an “Industry 4.0”. In: 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS, Las Vegas, 2015. Proceedings of 6th AHFE, Las Vegas – US: Elsevier Procedia CIRP 3, 2015. p. 417–424. DOI: 10.1016/j.promfg.2015.07.200

BERIO, G.; VERNADAT, F. Enterprise modelling with CIMOSA: functional and organizational aspects. **Production Planning & Control**, v.12, n.2, p.128-136, 2021. Published online by Taylor & Francis (www.tandf.co.uk/journals). Disponível na Internet. Acesso em: 16/06/2021.

BERTALANFFY, L. V. Teoria Geral dos Sistemas. 3ed., Petrópolis: Vozes, 1977.

BIAGIO, L. A.; BATOCCHIO, A. Plano de Negócios – Estratégia para Micro e Pequenas Empresas. 3ed. Barueri: Editora Manole, 2018.

BLÖCHL, S. J.; SCHNEIDER, M. Simulation Game for Intelligent Production Logistics – The PuLL® Learning Factory. In: 6ª CIRP CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES. 2016, Landshut. Proceedings of VI CIRP CLF, Landshut, DE: Elsevier Procedia CIRP 54, 2016. p.130 – 135. DOI: 10.1016/J.PROCIR.2016.04.100

BOGLIONI, M. European economic integration: Comparative advantages and free trade of the means of production. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 51, p.491–504, 2019. Published online in ELSEVIER (www.elsevier.com/locate/sced). DOI: 10.1016/j.strueco.2018.10.003

BOSMAN, L.; HARTMAN, N.; SUTHERLAND, J. How manufacturing firm characteristics can influence decision making for investing in Industry 4.0 technologies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 31, n.5, p.1117-1141, 2020. Published online in EMERALD (www.emeraldinsight.com). DOI: 10.1108/JMTM-09-2018-0283.

BOTHA, A. P. Rapidly arriving futures: future readiness for industry 4.0. **South African Journal of Industrial Engineering**, v.29, n.3, p.148-160, 2018. Published online by SAJIE (www.sajiejournal.ac.za). DOI: 10.7166/29-3-2056

BRETTEL, M. *et al.* Enablers for self-optimizing production systems in the context of Industrie 4.0. In: 48th CONFERENCE ON MANUFACTURING SYSTEMS. 2015, Ischia. Proceedings of 48th CIRP CMS 2015, Ischia, IT: Elsevier Procedia CIRP 41, (2016), p.93-98. DOI: 10.1016/j.procir.2015.12.065.

BUTT, J. A Conceptual Framework to Support Digital Transformation in Manufacturing Using an Integrated Business Process Management Approach. **Journal Designs**, v.4, n.17, p.1-39, 2020. Published online in MDPI (www.mdpi.com/journal/designs). DOI: 10.3390/designs4030017

CAIADO, R. G. G. *et al.* A fuzzy rule-based industry 4.0 maturity model for operations and supply chain management. **International Journal of Production Economics**, v. 231, n.

- 107883, 2021. Published online in ELSEVIER (www.elsevier.com/locate/ijpe). DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107883.
- CERTO, S. C.; PETER, J. P. Administração estratégica – planejamento e implantação da estratégia. São Paulo: Makron Books, 1993. 469p.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. Metodologia científica. São Paulo, Brasil: Pearson Prentice Hill, 2006.
- CIMINI, C. *et al.* A human-in-the-loop manufacturing control architecture for the next generation of production systems. **Journal of Manufacturing Systems**, n. 54, p. 258-272, 2020. DOI: 10.1016/j.jmsy.2020.01.002.
- CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. QFD – Desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010. 537p.
- CHIAVENATO, I. Introdução à Teoria Geral da Administração. 9ed. Barueri: Manole, 2014. 654p.
- CHRISTENSEN, C. M. O dilema da inovação. São Paulo: Makron books, 2012.
- CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Desempenho da Indústria no Mundo. Brasília: Indicadores Econômicos CNI, 2020. Disponível na Internet: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/desempenho-da-industria-no-mundo/>. Acesso em 28/06/2021.
- COLLIS, J.; HUSSEY, R. Pesquisa em Administração: Um Guia Prático para Alunos de Graduação e Pós-Graduação. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- CORNELIS DE MAN, J.; STRANDHAGEN, J. O. An Industry 4.0 research agenda for sustainable business models. In: 50TH CONFERENCE ON MANUFACTURING SYSTEMS. 2017, Taichung City. Proceedings of 50th CIRP CMS 2017, Taichung City - TW: Elsevier Procedia CIRP 63, (2017), p.721-726. DOI: 10.1016/j.procir.2017.03.315.
- CORTIMIGLIA, M. N., GHEZZI, A.; FRANK, A. G. Business model innovation and strategy making nexus: Evidence from a cross-industry mixed-methods study **R & D Management**, v. 46, n.3, p.414-432, 2016. Published online in Wiley Online Library (<https://onlinelibrary.wiley.com/>). DOI: 10.1111/radm.12113.
- CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. Designing and conducting mixed methods research. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2010.
- DAVENPORT, T. H. e PRUSAK, L. Conhecimento Empresarial. 2ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998. 237p.
- DAVIS, M. M. *et al.* Fundamentos da Administração da Produção. Porto Alegre: Bookman, 2001. 3ª ed. 598p.
- DE CAROLIS, A. *et al.* Maturity models and tools for enabling smart manufacturing systems: comparison and reflections for future developments. In: 14th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT. 2017, Seville. Proceedings

of 14th IFIP, 2017, Seville – ES: Springer IFIPAICT v.517, 2017, p.23–35. DOI: 10.1007/978-3-319-72905-3.

DESPANDE, R. "paradigms lost": On theory and method in research in marketing. **Journal of Marketing, American Marketing Association**, v. 47, n. 4, p. 101–110, 1983. ISSN 00222429. Disponível na Internet em: <<http://www.jstor.org/stable/1251403>>. Acesso em: 03/09/2021.

DOS SANTOS, L. M. A. L.; COSTA, M. B.; KOTHE, J. M. Industry 4.0 collaborative networks for industrial performance. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 32, n.2, p.245-565, 2021. Published online in EMERALD (www.emeraldinsight.com). DOI: 10.1108/JMTM-04-2020-0156.

DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. *Educar*, Curitiba, n. 24, p. 213-225, 2004. Editora UFPR. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/educar/article/download/2216/1859>>. Acesso em: 14/11/2021.

DRUCKER, P. F. *Sociedade pós-capitalista*. São Paulo: Livraria Editora Pioneira, 1994, 186p, 3ed.

DWORSCHAK, B.; ZAISER, H. Competences for cyber-physical systems in manufacturing – first findings and scenarios. In: 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL ENTERPRISE TECHNOLOGY. 2014, Stuttgart. Proceedings of DET2014, Stuttgart, DE: Elsevier Procedia CIRP, v. 25, p.345–350 2014. DOI: 10.1016/j.procir.2014.10.048.

EFFRA – EUROPEAN FACTORIES OF THE FUTURE RESEARCH ASSOCIATION. Vision for a Manufacture Partnership in Horizon Europe 2021-2027. Brussels: EFFRA, 2020. Disponível na Internet: https://www.effra.eu/sites/default/files/190312_effra_roadmapmanufacturingppp_eversion. Acesso em: 19/07/2021.

EROL, S. *et al.* Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. In: 6TH CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES. 2016, Gjøvik. Proceedings of 6th CIRP CLF, Gjøvik - NO: Elsevier Procedia CIRP 54, 2016, p.13-18. DOI: 10.1016/j.procir.2016.03.162.

EVANS, D. S.; SCHMALENSEE, R. *Matchmakers: the new economics of multisided platforms*. Boston: Harvard Business Review Press, 2016.

EXNER, K.; ZIMPFER, R.; STARK, R. Maturity model and action recommendation: a PSS capability self-assessment tool for companies. In: 9th CONFERENCE ON INDUSTRIAL PRODUCT-SERVICE SYSTEMS, 2017, Kongens Lyngby. Proceedings of 6th CIRP CIPSS 2017. Kongens Lyngby, DK: Elsevier Procedia CIRP 64, (2017), p.175-180. DOI: 10.1016/j.procir.2017.03.050.

FNQ – FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE. *Guia de Referência da Gestão para Excelência*. São Paulo: FNQ, 2016. 21 ed. Disponível na Internet em: <http://www.fnq.org.br/aprenda/metodologia-meg/modelo-de-excelencia-da-gestao/fundamentos>. Acesso em: 02/07/2019.

- FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, v.210, p. 15-26, 2019. Published online in ELSEVIER (www.elsevier.com/locate/ijpe). DOI: 10.1016/j.ijpe.2019.01.004.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. Administração da Produção e Operações. São Paulo: Pioneira, 2001. 8ª ed. 598 p.
- GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão Sistemática da Literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da Informação**, v.6, n.1, pp.57-73, 2019. Disponível na Internet em <https://doi.org/10.21728/logeion.2019v6n1.p57-73>. Acesso: 13/07/2021.
- GALVAO, M. C. B.; PLUYE, P.; RICARTE, I. L. M. Métodos de pesquisa mistos e revisões de literatura mistas: conceitos, construção e critérios de avaliação. **Revista de Ciência da Informação e Documentação**, v. 8, n. 2, p. 4-24, 2017. Disponível na Internet em: <https://www.revistas.usp.br/incid/article/view/121879>. Acesso: 13/07/2021.
- GAZARAIN, J.; ERRASTI, N. Three Stage Maturity Model in SME's towards Industry 4.0. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v.9, n.5, p.1119-1128, 2016. Published online in Omnia Science (www.jiem.org/index.php/jiem). DOI: 10.3926/jiem.2073.
- GÄRTNER, B. Step-by-step to Industrie 4.0 - Maturity Index helps manufacturer create a roadmap for the future. **Plant Engineering**, p.14-15, janeiro/fevereiro 2018. Disponível na Internet em: www.plantengineering.com. Acesso: 21/05/2021.
- GEISSBAUER, R. *et al.* Industry 4.0: Building the Digital Enterprise. In: 2016 GLOBAL INDUSTRY 4.0. London: PricewaterhouseCoopers, 2016. Disponível na Internet em: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>. Acesso: 14/07/2021.
- GHOBAKHLOO, M. The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 29, n.6, p.910-936, 2018. Published online in EMERALD (www.emeraldinsight.com). DOI: 10.1108/JMTM-02-2018-0057.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.
- GILCHRIST, A. Indústria 4.0 – The Industrial Internet of Things. Bangkok: APress, 2016. E-book. DOI: 10.1007/978-1-4842-2047-4.
- GLOBOCNIK, D.; FAULLANT, R.; PARASTUTY, Z. Bridging strategic planning and business model management – A formal control framework to manage business model portfolios and dynamics. **European Management Journal**, v.38, p.231-243, 2020. Published online in Elsevier (www.elsevier.com/locate/emj). DOI: 10.1016/j.emj.2019.08.005.
- GÖKALP, E. *et al.* Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM. In: SOFTWARE PROCESS IMPROVEMENT AND CAPABILITY DETERMINATION. 2017, Palma de Mallorca. Proceedings of SPICE 2017, Palma de Mallorca, ES: Springer - Communications in Computer and Information Science, v.770, p.128–142, 2017.

GÖKSEN, H.; GÖKSEN, Y. A Review of Maturity Models Perspective of Level and Dimension. In: 7th INTERNATIONAL MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS CONFERENCE. 2020, Online. Proceedings of IMISC 2020. Published online in MDPI (www.mdpi.com/journal/proceedings). DOI: 10.3390/proceedings2021074002

GTAI – GERMANY TRADE & INVESTMENT. Industrie 4.0 – Smart Manufacturing for the Future. 2014. Disponível em <https://www.academia.edu/21125581>. Acesso: 11/06/2021.

HAMADA, T. Determinants of Decision-Makers Attitudes toward Industry 4.0 Adaptation. **Social Sciences**, v.8, n.5, p.140, 2019. Published online in MDPI (www.mdpi.com/journal/socsci) DOI: 10.3390/socsci8050140

HECKLAU, F. *et al.* Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. In: 6TH CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES. 2016, Gjøvik. Proceedings of 6th CIRP CLF, Gjøvik - NO: Elsevier Procedia CIRP 54, 2016, p.1-6. DOI: 10.1016/j.procir.2016.05.102.

HEIZER, J.; RENDER, B. Administração de Operações – Bens e Serviços. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 5ª ed. 647p.

HELLER, H. R. Introdução à Teoria Econômica. São Paulo: Editora Atlas, 1987. 268p.

HIGGINS, J. M. 101 Creative Problem Solving Techniques – The Handbook of New Ideas for Business. New York: The New Management, 1994. 224p.

HEALY, M. J.; PERRY, C. Comprehensive Criteria to Judge Validity and Reliability of Qualitative Research within the Realism Paradigm. **Qualitative Market Research Journal**, v.3, n.3, p.118-126, 2000. DOI: 10.1108/13522750010333861.

HORVATH, D.; SZABÓ, R. Z. Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting & Social Change*, v.146, p. 119-132, 2019. Published online in ELSEVIER (www.elsevier.com/locate/techfore). DOI: 10.1016/techfore.2019.05.021.

HOUAISS, A. Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa. Versão 1.0. Produzido por Instituto Antônio Houaiss. Rio de Janeiro: Editora Objetiva, 2001.

HUXTABLE, J.; SCHAEFER, D. On servitization of the manufacturing industry in the UK. In: CHANGEABLE, AGILE, RECONFIGURABLE & VIRTUAL PRODUCTION. 2016, Bath. Proceedings of CARV 2016, Bath, UK: Elsevier Procedia CIRP 52, (2016), p.46-51. DOI: 10.1016/j.procir.2016.07.042.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas-CNAE: subclasses para uso da administração pública: versão 2.2**. IBGE, 2015. Disponível na Internet em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/classificacoes/cnae2.0>. Acesso em: 17/06/2021.

ITC – INTERNATIONAL TRADE CENTRE. A Guide to Diagnose a Business and its Management. Geneva: ITC, 2014.

JÄGER, J. *et al.* Advanced complexity management strategic recommendations of handling the “Industrie 4.0” complexity for small and medium enterprises. In: 49TH CONFERENCE ON MANUFACTURING SYSTEMS. 2016, Munich. Proceedings of 49^a CIRP-CMS, Munich, DE: Elsevier Procedia CIRP 57, 2016, p. 116–121. DOI: 10.1016/J.PROCIR.2016.11.021.

JUNG, K. *et al.* An overview of a smart manufacturing system readiness assessment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS. 2017, Foz do Iguaçu. Proceedings of the IFIP, Foz do Iguaçu, BR: Springer – Advances in Production Management Systems, p.705-712, 2016.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. ACATECH – National Academy of Science and Engineering. Federal Ministry of Education and Research, 2013. Disponível em: <https://www.academia.edu/36867338>. Acesso: 11/06/2021.

KAMBLE, S. S. *et al.* A performance measurement system for industry 4.0 enabled smart manufacturing system in SMMEs - A review and empirical investigation. **International Journal of Production Economics**, v.229, p. 04-19, 2020. Published online in ELSEVIER (www.elsevier.com/locate/ijpe). DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107853.

KLÖTZER, C.; PFLAUM, A. Toward the development of a maturity model for digitalization within the manufacturing industry’s supply chain. In: 50th HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES. 2017, Waikoloa Village. Proceedings of 50th ICSS, 2017, Waikoloa Village – USA: AIS eLibrary, 2017. p.4210–4219. Disponível na Internet em: https://aisel.aisnet.org/hicss-50/in/digital_supply_chain/5/. Acesso em: 14/07/2021.

KONDRATIEF, N. The Long Waves in Economic Life. Eastford – USA: Martino Fine Books, 2014, 28p, reimpressão digital.

KONSTANTINOS, S. *et al.* Collaborative maintenance in flow-line manufacturing environments: An Industry 4.0 approach. In: 5TH GLOBAL WEB CONFERENCE RESEARCH AND INNOVATION FOR FUTURE PRODUCTION. 2016, Published online by Science Direct Journal (www.sciencedirect.com/journal) Proceedings of 5th CIRP GWC: Elsevier Procedia CIRP 55, (2016), p.236-241. DOI: 10.1016/j.procir.2016.09.013

KRYVOVYAZYUK, I. *et al.* Business diagnostics as a universal tool for study of state and determination of corporations development directions and strategies. **Academic of Strategic Management Journal**. v. 20, n. 2, p. 1-14, 2021. Disponível na Internet: <https://www.researchgate.net/publication>. Acesso em: 06/03/2022. DOI: 1939-6104-20-2-715

LABIAK JUNIOR, S. **Método de Análise dos Fluxos de Conhecimento em Sistemas Regionais de Inovação**. 2012. 234p. Tese (Doutorado) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. d. A. Fundamentos de metodologia científica. 5^a ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

LANDHERR, M.; SCHNEIDER, U.; BAUERNHANSL, T. The Application Center Industrie 4.0 - Industry-driven manufacturing, research and development. In: 49TH CONFERENCE ON MANUFACTURING SYSTEMS. 2016, Stuttgart. Proceedings of 49th CIRP CMS 2016, Stuttgart, DE: Elsevier Procedia CIRP 57, (2016), p.26-31. DOI: 10.1016/j.procir.2016.11.006.

LEE, J.; KAO, H.; YANG, S. Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. In: VI CIRP CONFERENCE ON INDUSTRIAL PRODUCT-SERVICE SYSTEMS. 2014, Ontário. Proceedings of VI CIRP IPSS, Ontário, CA: Elsevier Procedia CIRP 16, 2014. p. 3-8. DOI: 10.1016/J.PROCIR.2014.02.001

LIEBRECHT, C. *et al.* Multi-Criteria evaluation of manufacturing systems 4.0 under uncertainty. In: 50th CIRP CONFERENCE ON MANUFACTURING SYSTEMS. 2017, Karlsruhe. Proceedings of 50th CIRP CMS, Karlsruhe, DE: Elsevier Procedia CIRP 63, 2017. p. 224-229. DOI: 10.1016/J.PROCIR.2017.03.147

LICHTBLAU, K. *et al.* IMPULS industrie 4.0-Readiness; Impuls-Stiftung des VDMA: Aachen-koln, Germany, 2015.

MACHADO, C. G. *et al.* Framing maturity based on sustainable operations management principles. **International Journal of Production Economics**, v.190, p. 3-21, 2017. Published online in ELSEVIER (www.elsevier.com/locate/ijpe). DOI: 10.1016/j.ijpe.2017.01.020.

MAGRUK, A. Uncertainty in the sphere of the industry 4.0 – Potential áreas to research. **Business, Management and Education**, v.14, n. 2, p.275-291, 2016. Published online in VGTU Press (<https://journals.vgtu.lt/index.php/BME>). DOI: 10.3846/bme.2016.332.

MATT, D. T.; RAUCH, E.; DALLASEGA, P. Trends towards Distributed Manufacturing Systems and modern forms for their design. In: IX CIRP CONFERENCE ON INTELLIGENT COMPUTATION IN MANUFACTURING ENGINEERING SYSTEMS. 2014, Capri. Proceedings of IX CIRP ICME, Capri, IT: Elsevier Procedia CIRP 33, 2015. p. 185-190. DOI:10.1016/j.procir.2015.06.034

MATOS, F.; JACINTO, C. Additive manufacturing technology: mapping social impacts. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 30, n.1, p.70-97, 2019. Published online in EMERALD (www.emeraldinsight.com). DOI: 10.1108/JMTM-12-2017-0263.

McKINSEY & COMPANY. Industry 4.0 after the initial hype – Where manufacturers are finding value and how they can best capture it. 2016. Disponível na Internet em www.mckinsey.com/~media/mckinsey. Acesso: 14/06/2021.

MEISSNER, H.; ILSSEN, R.; AURICH, J. C. Analysis of control architectures in the context of Industry 4.0. In: X CIRP CONFERENCE ON INTELLIGENT COMPUTATION IN MANUFACTURING ENGINEERING. 2016, Ischia. Proceedings of X CIRP ICME '16, Ischia, IT: Elsevier Procedia CIRP 62, 2017, p.165–169. DOI: 10.1016/j.procir.2016.06.113

MINATOGAWA, V. L. F. **Uma Proposta de Sistemática para Inovação em Modelos de Negócios**. 2018. 184p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

- MITTAL, S. *et al.* A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). **Journal of Manufacturing Systems**, v.49, p.194–214, 2018. Published online in ELSEVIER (www.elsevier.com/locate/jmansys). DOI: 10.1016/j.jmsy.2018.10.005.
- MONTORO, A. F. *et al.* Manual de Economia. São Paulo: Editora Saraiva, 1993. 507p.
- MORAIS, M.M. *et al.* Proposição de método para avaliar a maturidade do processo de cenários nas organizações. **RAM - Revista Administração Mackenzie**, v.16, n.2, p.214-244, 2015. Published online in SCIELO BRASIL (www.scielo.br/j/ram/a/x5HKQ88W4gbh9Cd5Snz7qfM/?lang=pt). DOI: 10.1590/1678-69712015.
- MOREIRA, D. A. Administração da Produção e Operações. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- MURJITHI, S. M. The future business diagnostic model: the core to successful business sustainability in the 21st century. **European Journal of Research and Reflection in Management Sciences**, v.8, n.2, p. 14-34, 2020. ISSN 2056-5992. Disponível em: www.idpublications.org. Acesso em: 09/03/2022.
- NEUGEBAUER, R. *et al.* Industrie 4.0 – From the perspective of applied research. In: 49^a CIRP CONFERENCE ON MANUFACTURING SYSTEMS. 2016, Munich. Proceedings of 49^a CIRP-CMS, Munich, DE: Elsevier Procedia CIRP 57, 2016, p. 2–7. DOI: 10.1016/J.PROCIR.2016.11.002
- NEUMANN, W. P. *et al.* Industry 4.0 and the human factor – A systems framework and analysis methodology for successful development. **International Journal of Production Economics**, v. 233, n. 107992, 2021. Published online in ELSEVIER (www.elsevier.com/locate/ijpe). DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107992.
- NOSALSKA, K. *et al.* Industry 4.0: coherent definition framework with technological and organizational interdependencies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 31, n.5, p.837-862, 2020. Published online in EMERALD (www.emeraldinsight.com). DOI: 10.1108/JMTM-08-2018-0238.
- OKPIGHE, S. O. The seven factors of production. **British Journal of Applied Science & Tecnology**, v.5, n.3, p.217-232, 2015. Published online in Science Domain (www.sciencedomain.org). DOI: 10.9734/BJAST/2015/12080
- OLEJNICZAK, J. The Business Diagnostics Model Addressing its Components Variation Dynamics. **Zarządzanie i Finanse**, v. 3, n. 1, p. 103-115, 2013. Published online in: CEON – Biblioteka Nauki. Disponível na Internet em: <https://bibliotekanauki.pl>. Acesso em: 12/03/2022
- OLIVEIRA, M. F. Metodologia Científica: um manual para a realização de pesquisas em administração. Catalão: UFG, 2011. Disponível na Internet em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. Acesso em: 03/09/2021.

OLIVER WIGHT INTERNATIONAL. Class A - Checklist for Business Excellence. 6^a ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005. 211 p.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. Business Model Generation. Rio de Janeiro: Alta Books Editora, 2011. 281p.

PAGE, M. J. *et al.* PRISMA 2020 Explanation and Elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. **Research Methods and Reporting**, n.160, p.1-36, 2021. Published online in BMJ - British Medical Association (<https://www.bmj.com>). DOI: 10.1136/bmj.n160.

PAN, M. *et al.* Applying Industry 4.0 to the Jurong Island Eco-industrial Park. In: 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED ENERGY. 2015, Abu Dhabi. Proceedings of ICAE2015, Abu Dhabi, UAE: Energy Procedia 75, 2015, p.1536–1541. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.07.313

PERUZZO, C. M. K. Epistemologia e método da pesquisa-ação: Uma aproximação aos movimentos sociais e à comunicação. In: XXV ENCONTRO ANUAL DA COMPÓS – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMUNICAÇÃO. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2016. p. 1–22.

PIMENTEL, T. D. Estatuto epistêmico da pesquisa-ação: uma releitura a partir do realismo crítico. In: . Florianópolis-SC, Brasil: VI COLÓQUIO INTERNACIONAL DE EPISTEMOLOGIA E SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA DA ADMINISTRAÇÃO, 2017.

PLA-JULIÁN, I.; GUEVARA, S. Is circular economy the key to transitioning towards sustainable development? Challenges from the perspective of care ethics. **Futures**, v.105, p.67-77, 2019. Published online in ELSEVIER (www.elsevier.com/locate/futures). DOI: 10.1016/j.futures.2019.09.001.

PORTER, M. E. Vantagem Competitiva – criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1990. 512p.

PRINZ, C.; KREIMEIER, D.; KUHLENKÖTTER, B. Implementation of a learning environment for na Industrie 4.0 assistance system to improve the overall equipment effectiveness. In: 7^a CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES. 2017, Bochum. Proceedings of CLF 2017, Bochum, DE: Elsevier Procedia Manufacturing 9, 2017. p. 159 – 166. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.04.004.

QIAN, F.; ZHONG, W.; DU, W. Fundamental theories and key Technologies for smart and optimal manufacturing in the process industry. **Engineering Journal**, v.3, p.154-160, 2017. Published online in ELSEVIER (www.elsevier.com/locate/eng). DOI: 10.1016/J.ENG.2017.02.011.

QIN, J.; LIU, Y.; GROSVENOR, R. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. In: 6th INTERNATIONAL CONFERENCE CHANGEABLE, AGILE, RECONFIGURABLE AND VIRTUAL PRODUCTION. 2016, Bath. Proceedings of 6Th CARV, 2016, Bath – UK: Elsevier Procedia CIRP 52 (2016) 173 – 178. DOI: 10.1016/j.procir.2016.08.005

- RESENDE, A. P. *et al.* Consórcio modular: o novo paradigma do modelo de produção. In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2002, Curitiba. Disponível na Internet em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2002_tr15_0436.pdf. Acesso em: 12/08/2021.
- RICHARDSON, R. J. *et al.* Pesquisa Social: Métodos e Técnicas. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. Administração da Produção e Operações. São Paulo: Prentice Hall, 2004. 431p.
- ROBLECK, V. *et al.* A Complex View of Industry 4.0. **SAGE-Open I-II** (2016) 1 – 11. DOI: 10.1177/2158244016653987. Disponível na internet <http://www.sgo.sagepub.com>. Acesso em 12/09/2017.
- ROESCH, S. M. A. Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- ROLAND BERGER GMBH. The Industrie 4.0 transition quantified. Think Act – Beyond Mainstream. 2016. Disponível em www.rolandberger.com. Acesso em: 14/06/2021.
- ROSSETTI, J. P. Introdução à Economia. São Paulo: Atlas, 1994. 810p.
- SANTOS, R. C.; MARTINHO, J. L. An Industry 4.0 maturity model proposal. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 31, n.5, p.1023-1043, 2020. Published online in EMERALD (www.emeraldinsight.com). DOI: 10.1108/JMTM-09-2018-0284.
- SARVARI, P.A. *et al.* Technology roadmap for Industry 4.0, in Ustundag, A. and Cevikcan, E. (Eds), Industry 4.0: Managing the Digital Transformation. Heidelberg: Springer, 2018, pp. 95-103.
- SAUCEDO-MARTINEZ, J. A. *et al.* Industry 4.0 framework for management and operations: a review. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v.9, n.3, p.789-801, 2018. Published online in Springer (<https://link.springer.com/article>) DOI 10.1007/s12652-017-0533-1
- SAVAGE, C. Quinta geração da gerência. São Paulo: Livraria Editora Pioneira, 1996, 310p.
- SCHLECHTENDAHL, J. *et al.* Making existing production systems Industry 4.0-ready. **Production Engineering Research and Development**, v.9, p.143-148, 2015. Published online in SPRINGER (www.springer.com/journal/11740). DOI: 10.1007/s11740-014-0586-3
- SCHÖNSLEBEN, P.; FONTANA, F.; DUCHI, A. What benefits do initiatives such as Industry 4.0 offer for production locations in high-wage countries? In: 50Th CONFERENCE ON MANUFACTURING SYSTEMS. 2017, Taichung City. Proceedings of 50th CIRP CMS, Taichung City, TW: Elsevier Procedia CIRP 63, 2017, p.179-183. DOI: 10.1016/j.procir.2017.03.356
- SCHUH, G. *et al.* Promoting work-based learning through Industry 4.0. In: 5th CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES. 2015, Aachen. Proceedings of CLF, Aachen, DE: Elsevier Procedia CIRP 32, 2015, p.82-87. DOI: 10.1016/j.procir.2015.02.213.

- SCHUH, G. *et al.* Industrie 4.0 Maturity Index. **The ACATECH Study Séries**. Munich-DE: Acatech, 2020. Disponível na Internet em: https://boundarysys.com/wp-content/uploads/2021/03/Acatech_Maturity_Index_2020-IAN. Acesso: 14/07/2021
- SCHUH, G. *et al.* Global Footprint Design based on genetic algorithms – An “Industry 4.0” perspective. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v.63, p.433-436, 2014. Published online in Elsevier (ees.elsevier.com/cirp/default.asp). DOI: 10.1016/j.cirp.2014.03.121
- SCHUMACHER, A.; EROL, S.; SIHN, W. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. In: 6th INTERNATIONAL CONFERENCE CHANGEABLE, AGILE, RECONFIGURABLE AND VIRTUAL PRODUCTION. 2016, Bath. Proceedings of 6Th CARV, 2016, Bath – UK: Elsevier Procedia CIRP 52 (2016) 161 – 166. DOI: 10.1016/j.procir.2016.07.040.
- SCHUMPETER, J. The theory of economic development. Boston: Harvard University Press, 1949.
- SCHWAB, K. A Quarta Revolução Industrial. São Paulo: Edipro, 2016. 159p.
- SIDDAWAY, A. P.; WOOD, A. M.; HEDGES, L. V. How to do a systematic review: a best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. **Annual Review of Psychology**, v. 70, n. 1, p. 747–770, 2019.
- SILTORI, P. F. da S. **Análise dos Impactos da Indústria 4.0 na Sustentabilidade Empresarial**. 2020. 81p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.
- SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e Elaboração de Dissertação. 3 ed. Florianópolis: UFSC, 2001. 121 p.
- SIMONS, S.; ABÉ, P.; NESER, S. Learning in the AutFab – the fully automated Industrie 4.0 learning factory of the University of Applied SciencesSI Darmstadt. In: 7TH CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES. 2017, Darmstadt. Proceedings of 7th CLF, Darmstadt, DE: Elsevier Procedia Manufacturing 9, 2017, p. 81 – 88. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.04.023
- SLACK, N. *et al.* Administração da produção. São Paulo: Atlas, 2008. 2 ed. 747 p.
- SOMMER, L. Industrial Revolution - Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of this Revolution? **Journal of Industrial Engineering and Management**, v.8, n.5, p.1512-1532, 2015. Published online in Ommia Science (www.jiem.org/index.php/jiem). DOI: 10.3926/jiem.1470.
- STEVENSON, W. J. Administração das Operações de Produção. 6ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. In: 13TH GLOBAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE MANUFACTURING, 2016, Ho Chi Minh City. Proceedings of 13th GCSM, Ho Chi Minh City - VN : Elsevier Procedia CIRP v.40, p.536-541, 2016. DOI: 10.1016/j.procir.2016.01.129
- STEWART, T. A. Capital Intelectual. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998. 237p.

- TANTIK, E.; ANDERL, R. Potentials of the asset administration shell of Industrie 4.0 for service oriented business models. In: 9^a CIRP CONFERENCE: CIRCULAR PERSPECTIVES ON PRODUCT/SERVICE-SYSTEMS. 2017, Darmstadt. Proceedings of IX CIRP IPSS, Darmstadt, DE: Elsevier Procedia CIRP 64, 2017. p. 363 – 368. DOI: 10.1016/J.PROCIR.2017.03.009.
- THOMPSON, F.; PERRY, C. Generalising results of an action research project in one work place to other situations: Principles and practice. **European Journal of Marketing**, v. 38, n. 3/4, p. 401–417, 2004.
- TORO, C.; BARANDIARAN, I.; POSADA, J. A perspective on Knowledge Based and Intelligent systems implementation in Industrie 4.0. In: 19TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE BASED AND INTELLIGENT INFORMATION AND ENGINEERING SYSTEMS. 2015, Singapore. Proceedings of 15Th KES, Singapore, SG: Elsevier Procedia Computer Science 60, 2015, p. 362 – 370. DOI: 10.1016/j.procs.2015.08.143
- TORTORELLA, G. L. *et al.* Bundles of Lean Automation practices and principles and their impact on operational performance. **International Journal of Production Economics**, v. 235, n. 108106, 2021. Published online in ELSEVIER (www.elsevier.com/locate/ijpe). DOI: 10.1016/j.ijpe.2021.108106.
- UHLEMANN, T. H. J.; LEHMANN, C.; STEINHILPER, R. The Digital Twin: Realizing the Cyber-Physical Production System for Industry 4.0. In: 24TH CONFERENCE ON LIFE CYCLE ENGINEERING. 2017, Kamakura. Proceedings of 50th CIRP CMS, Kamakura – JP: Elsevier Procedia CIRP v.61, p.335–340, 2017. DOI: 10.1016/j.procir.2016.11.152.
- UNCTAD. World Investment Report 2017. In: UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. Geneva: United Nations Publications, 2017. Disponível na Internet: https://unctad.org/system/files/official-document/tdr2017_en. Acesso em 28/06/2021.
- VASCONCELOS, M. A. S. e GARCIA, M. E. Fundamentos de Economia. São Paulo: Editora Saraiva, 2000. 240p.
- VEREYCKEN, Y.; RAMIOUL, M. Human resource practices accompanying industry 4.0 in European manufacturing industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 32, n.5, p.1016-1036, 2021. Published online in EMERALD (www.emeraldinsight.com). DOI: 10.1108/JMTM-08-2020-0331.
- VOGELSANG, K. *et al.* Success factors for fostering a digital transformation in manufacturing companies. **Journal of Enterprise Transformation**, v.8, n.1-2, p.121-142, 2018. Published online in Taylor & Francis (www.tandfonline.com/loi/ujet20). DOI: 10.1080/19488289.2019.1578829.
- WANK, A. *et al.* Using a learning factory approach to transfer Industrie 4.0 approaches to small and médium sized enterprises. In: 6TH CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES. 2016, Gjovik. Proceedings of 50th CIRP CMS, Gjovik – NO: Elsevier Procedia CIRP v.54, p.89–94, 2016. DOI: 10.1016/j.procir.2016.05.068.

WEYER, S. et al. Towards Industry 4.0 – Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. **IFAC-PapersOnLine** v.48, n.3, 2015, p.579–584. Published online in Science Direct (<https://www.sciencedirect.com>). DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.06.143.

ZEZULKA, F. *et al.* Industry 4.0 – An Introduction in the phenomenon. **IFAC-PapersOnLine**, v.49, n.25, p.008-012, 2016. Published online in Elsevier - Science Direct (www.sciencedirect.com). DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.12.002

ZHENG, T. *et al.* The impacts of Industry 4.0: a descriptive survey in the Italian manufacturing sector. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 32, n.9, p.26-47, 2021. Published online in EMERALD (www.emeraldinsight.com). DOI: 10.1108/JMTM-12-2019-0448.

ZOUBEK, M.; SIMON, M. Evaluation of the Level and Readiness of Internal Logistics for Industry 4.0 in Industrial Companies. **Applied Sciences**, v.11, n.6130, p.1-26, 2021. Published online in MDPI (www.mdpi.com/journal/applsci). DOI: 10.3390/app11136130.

APÊNDICE A - Quadro de Equivalência de Dimensões de Modelos e Classificações

MODELO	AUTOR	DIMENSÃO	DEFINIÇÃO DA DIMENSÃO	TOTAL	CLASSIFICAÇÃO
Modelo de Maturidade e Prontidão	Akdil et al. (2018)	Estratégia e organização	Pode ser definido como uma "entrada" para a transformação da Indústria 4.0, onde é importante moldar negócios e organização	1	Estratégia
Modelo de Maturidade e Prontidão	Akdil et al. (2018)	Processos de negócios inteligentes	É formado como uma dimensão que contém as operações funcionais das empresas para avaliar seu nível de maturidade em relação aos princípios da Indústria 4.0 e tecnologias de acionamento.	1	Processos
Modelo de Maturidade e Prontidão	Akdil et al. (2018)	Produtos e serviços inteligentes	É formado para medir esses recursos dos produtos das empresas e suas ofertas de serviços orientadas por dados de produtos.	1	Produtos e Serviços
Modelo DREAMY	De Carolis et al. (2017)	Monitoramento e controle	Inclui como um processo é monitorado e controlado.	1	Controle e monitoramento
Modelo DREAMY	De Carolis et al. (2017)	Organização	Considera aspectos organizacionais dos processos/empresa	1	Organização e gestão
Modelo DREAMY	De Carolis et al. (2017)	Processo	Abrange como os processos são realizados dentro da empresa.	1	Processos
Modelo DREAMY	De Carolis et al. (2017)	Tecnologia	Diz respeito aos sistemas, hardware e/ou software utilizados para apoiar a execução dos processos.	1	Tecnologia
Modelo de Excelência em Gestão	Fundação Nacional da Qualidade (2021)	Compromisso com as partes interessadas	É preciso o entendimento das necessidades e demandas, bem como o estabelecimento de pactos com as partes interessadas, em especial os clientes, suas inter-relações com as estratégias e com os processos, em uma perspectiva de curto e longo prazos.	1	Clientes
Modelo de Excelência em Gestão	Fundação Nacional da Qualidade (2021)	Aprendizado organizacional e inovação	Para ser competitiva no mercado, toda organização, seus colaboradores e redes precisam sempre buscar novos patamares de competência, por meio de um ciclo de aprendizado permanente.	1	Conhecimento, Aprendizado e Informação
Modelo de Excelência em Gestão	Fundação Nacional da Qualidade (2021)	Desenvolvimento sustentável	Corresponde ao compromisso da organização em responder pelos impactos de suas decisões e atividades, na sociedade e no meio ambiente, e de contribuir para a melhoria das condições de vida por meio de um comportamento ético e transparente.	1	Estratégia
Modelo de Excelência em Gestão	Fundação Nacional da Qualidade (2021)	Geração de valor	De nada valeria todos os esforços se eles, no final, não estivessem voltados para o alcance de resultados econômicos, sociais e ambientais, bem como de resultados dos processos que os potencializam, em níveis de excelência e que atendam às necessidades e expectativas primeiramente dos clientes e das demais partes interessadas.	1	Organização e gestão
Modelo de Excelência em Gestão	Fundação Nacional da Qualidade (2021)	Pensamento sistêmico	É preciso que todos os colaboradores tenham o entendimento de que todas as atividades da organização possuem relação de interdependência, seja internamente, seja entre a organização e o ambiente com o qual interage.	1	Organização e gestão
Modelo de Excelência em Gestão	Fundação Nacional da Qualidade (2021)	Adaptabilidade	Toda organização tem de ter flexibilidade e capacidade de mudança em tempo hábil. Ciclos rápidos de aprendizagem, velocidade na implementação de melhorias com o emprego de métodos ágeis, este são fatores que impulsionam a transformação.	1	Processos
Modelo de Excelência em Gestão	Fundação Nacional da Qualidade (2021)	Orientação por processos	Neste Fundamento, fica clara a importância dos processos, que devem ser gerenciados visando à busca da eficiência e da eficácia nas atividades, utilizando dados e informações de forma a agregar valor para a organizações e as partes interessadas.	1	Processos
Modelo de Excelência em Gestão	Fundação Nacional da Qualidade (2021)	Liderança transformadora	Corresponde à atuação dos líderes de forma ética, inspiradora, exemplar e comprometida com a excelência, sempre atenta aos cenários e tendências e seus possíveis impactos para a organização e as partes interessadas, mobilizando as pessoas em torno de valores, princípios e objetivos da empresa, preparando líderes e pessoas.	1	Recursos Humanos
Modelo de Maturidade de Três Estágios	Gazarain; Errasti (2016)	Mercado*	Conjunto de consumidores, encarados como futuros compradores de uma mercadoria ou beneficiários de um serviço.	1	Clientes
Modelo de Maturidade de Três Estágios	Gazarain; Errasti (2016)	Processo*	Conjunto dos procedimentos realizados para dar origem a alguma coisa; métodos, sistemas: processos de produção.	1	Processos
Modelo de Maturidade de Três Estágios	Gazarain; Errasti (2016)	Rede de Valor	Formado pelo entrelaçamento de atividades e empresas que estão ligadas por nós que em conjunto, produzem algo valorizado pelos consumidores.	1	Processos
Modelo de Maturidade de Três Estágios	Gazarain; Errasti (2016)	Produto*	Resultado da produção; coisa produzida: produto da terra, produto industrial.	1	Produtos e Serviços
Construindo o modelo digital de empresa	Geissbauer et al. (2016)	Acesso ao cliente e modelos de negócios digitais***	As empresas expandem suas ofertas estabelecendo modelos de negócios digitais disruptivos para fornecer aos clientes soluções digitais que atendem melhor às suas necessidades.	1	Clientes
Construindo o modelo digital de empresa	Geissbauer et al. (2016)	Dados e análises como capacidade principal**	Capacidade de promover uma ação ou efeito de analisar, de fazer um exame detalhado sobre o conhecimento que se tem sobre algo, com o objetivo de solucionar uma questão, fazer um julgamento, ou tomar uma decisão.	1	Conhecimento, informação e aprendizado.
Construindo o modelo digital de empresa	Geissbauer et al. (2016)	Organização, funcionários e cultura digital**	Formação estrutural daquilo que constitui um sistema, baseado nas representações de informações ou de grandezas físicas por meio de caracteres, que identificam uma instituição diferenciando-a de outras, estabelecido pelo conjunto das pessoas que trabalham permanentemente nesta instituição, pública ou privada.	1	Organização e gestão

Construindo o modelo digital de empresa	Geissbauer et al. (2016)	Segurança de conformidade, legal e fiscal**	Refere-se ao “compliance” que é o conjunto de atividades para fazer cumprir as normas legais e regulamentares, as políticas e as diretrizes estabelecidas para o negócio e para os sistemas de TI da instituição ou empresa.	1	Organização e gestão
Construindo o modelo digital de empresa	Geissbauer et al. (2016)	Digitalização e integração horizontal e vertical***	Verticalmente, a Indústria 4.0 integra processos em toda a organização, por exemplo, no desenvolvimento de produtos, fabricação, logística, e serviço, enquanto que horizontalmente, a Indústria 4.0 inclui operações internas dos fornecedores aos clientes, além de todos os principais parceiros da cadeia de valor.	1	Processos
Construindo o modelo digital de empresa	Geissbauer et al. (2016)	Digitalização de ofertas de produtos e serviços***	A integração de novos métodos de coleta e análise de dados, por exemplo, através da expansão de produtos existentes ou da criação de novos produtos digitalizados, ajuda as empresas a gerar dados sobre o uso do produto.	1	Produtos e Serviços
Construindo o modelo digital de empresa	Geissbauer et al. (2016)	Arquitetura ágil de TI**	Utilização de sistemas de informação que permitam análise de dados em tempo real, proporcionando respostas rápidas para auxiliar a tomada de decisão.	1	Tecnologia
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Gökalp et al. (2017)	Alinhamento organizacional	Refere-se à gestão de empresas através da Arquitetura Empresarial em termos de estrutura organizacional e estratégia do negócio.	1	Organização e gestão
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Gökalp et al. (2017)	Gestão de Ativos	Abrange os sistemas de TI da organização e a prontidão tecnológica para a Indústria 4.0, o uso de tecnologias de negócios emergentes (por exemplo, soluções corporativas baseadas em computação em nuvem) e questões de segurança de tecnologias inteligentes.	1	Organização e gestão
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Gökalp et al. (2017)	Governança de dados	Este aspecto investiga o nível de capacidade do seguinte: coleta de dados, uso, análise de dados e ferramentas de big data e serviços orientados a dados. A coleta e avaliação completa de dados de várias fontes, incluindo infraestrutura e sistemas de fabricação, bem como sistemas de informação, permitem que as organizações tomem decisões em tempo real sobre operações atuais ou futuras	1	Organização e gestão
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Gökalp et al. (2017)	Transformação do processo	Este aspecto abrange a transformação dos processos básicos de cada sistema empresarial que são Planejamento, Aquisição, Produção e Venda e Distribuição. De acordo com a estrutura de negócios da empresa, uma vez iniciada a transformação para a Indústria 4.0, cada processo do sistema empresarial deve ser mapeado para o mundo digital.	1	Processos
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Gökalp et al. (2017)	Gerenciamento de aplicativos	Com a Indústria 4.0, espera-se que aplicativos revolucionários surjam principalmente como resultado da combinação de aplicativos com tecnologias de fabricação e automação. Destina-se a assegurar um desenho e construção ótima e segura de sistemas de informação que melhor funcionem para os seus negócios e utilizadores	1	Tecnologia
Modelo SMSRA	Jung et al. (2016)	Conectividade de informação	Conceitualmente definida como a maturidade do método para trocar as informações necessárias e o grau em que as informações são compartilhadas/trocadas.	1	Conhecimento, Aprendizagem e Informação
Modelo SMSRA	Jung et al. (2016)	Gestão do desempenho	Conceitualmente definida como o grau em que as medidas de desempenho são utilizadas e monitoradas.	1	Controle e monitoramento
Modelo SMSRA	Jung et al. (2016)	Organizacional	Definida conceitualmente como a abrangência das atividades no modelo de atividades de referência realizadas pelos fabricantes. É medido por se existe um processo que gerencie formalmente cada atividade; e se há um recurso humano responsável designado para as atividades.	1	Organização e gestão
Modelo SMSRA	Jung et al. (2016)	Tecnologia da Informação	Definida como o grau em que os recursos de TI estão disponíveis e funcionando. Os recursos de TI referem-se a ferramentas e métodos informatizados.	1	Tecnologia
Modelo de Maturidade para a digitalização	Klötzer; Pflaum (2017)	Oferta ao cliente	Descreve o valor (adicional) para o cliente resultante do respetivo nível de maturidade, podendo um cliente ser de natureza interna e externa	1	Clientes
Modelo de Maturidade para a digitalização	Klötzer; Pflaum (2017)	Cultura de Inovação	A digitalização também exige uma mudança dentro da “cultura da inovação”, que é sustentada por uma citação atribuída ao pioneiro da gestão Peter Drucker, afirmando que “a cultura come a estratégia no café da manhã”.	1	Conhecimento, informação e aprendizado.
Modelo de Maturidade para a digitalização	Klötzer; Pflaum (2017)	Desenvolvimento de estratégia	Neste contexto refere-se aos ajustes essenciais (com o aumento da maturidade) da orientação estratégica de uma empresa.	1	Estratégia
Modelo de Maturidade para a digitalização	Klötzer; Pflaum (2017)	Cooperação	As medidas necessárias de “cooperação” com os parceiros da cadeia de suprimentos são retratadas e devem ser intensificadas com o respectivo progresso de maturidade.	1	Fornecedores e parceiros
Modelo de Maturidade para a digitalização	Klötzer; Pflaum (2017)	Organização do processo	Refere-se a adaptações necessárias em relação aos principais processos de negócios da empresa.	1	Processos
Modelo de Maturidade para a digitalização	Klötzer; Pflaum (2017)	Organização estrutural	Identifica adaptações essenciais no que diz respeito à ancoragem organizacional da digitalização dentro de uma empresa,	1	Processos
Modelo de Maturidade para a digitalização	Klötzer; Pflaum (2017)	Produto inteligente / Fábrica inteligente	Identifica as adaptações tecnológicas no sentido de um CPS, seja no que diz respeito aos produtos reais ou ao CPPS que está sendo utilizado nos processos de produção.	1	Processos
Modelo de Maturidade para a digitalização	Klötzer; Pflaum (2017)	Competências	Identifica conhecimentos e habilidades relevantes, aos quais uma empresa deve garantir o acesso direto para realizar a transformação digital.	1	Recursos Humanos
Modelo de Maturidade para a digitalização	Klötzer; Pflaum (2017)	Sistema de TI complementar	Está fortemente relacionado com a dimensão anterior e descreve o quadro tecnológico associado, no que diz respeito a um novo metacontexto de digitalização.	1	Tecnologia
Modelo IMPULS	Lichtblau et al (2015)	Estratégia e organização	A Indústria 4.0 é mais do que apenas melhorar produtos ou processos existentes por meio do uso de tecnologias digitais – na verdade, oferece a oportunidade de desenvolver modelos de negócios totalmente novos. Por isso, sua implementação é de grande importância estratégica.	1	Estratégia

Modelo IMPULS	Lichtblau et al (2015)	Fábrica inteligente	A fábrica inteligente é um ambiente de produção em que os sistemas de produção e os sistemas de logística se organizam em grande parte sem intervenção humana. A fábrica inteligente conta com sistemas ciberfísicos (CPS), que conectam os mundos físico e virtual, comunicando-se por meio de uma infraestrutura de TI, a Internet das Coisas. A Indústria 4.0 também envolve modelagem digital por meio da coleta, armazenamento e processamento de dados inteligentes.	1	Processos
Modelo IMPULS	Lichtblau et al (2015)	Operações inteligentes	O advento da digitalização e a infinidade de dados que ela trouxe para a produção e a logística tornaram possível introduzir o que são, em alguns casos, formas e abordagens inteiramente novas para sistemas de planejamento de produção (PPS) e gerenciamento da cadeia de suprimentos (SCM).	1	Processos
Modelo IMPULS	Lichtblau et al (2015)	Produtos inteligentes	Os produtos inteligentes são um componente vital de um conceito unificado de "fábrica inteligente" que facilita a produção automatizada, flexível e eficiente. Os produtos físicos são equipados com componentes de TIC (sensores, RFID, interface de comunicação, etc.) para coletar dados sobre seu ambiente e seu próprio status.	1	Produtos e Serviços
Modelo IMPULS	Lichtblau et al (2015)	Serviços baseados em dados	O objetivo dos serviços orientados a dados é alinhar modelos de negócios futuros e aumentar o benefício para o cliente. O negócio de pós-venda e serviços será baseado cada vez mais na avaliação e análise dos dados coletados e contará com a integração em toda a empresa.	1	Produtos e Serviços
Modelo IMPULS	Lichtblau et al (2015)	Funcionários	Os funcionários ajudam as empresas a realizar sua transformação digital e são os mais afetados pelas mudanças do ambiente de trabalho digital. O seu ambiente de trabalho direto é alterado, obrigando-os a adquirir novas competências e qualificações. Isso torna cada vez mais importante que as empresas preparem seus funcionários para essas mudanças por meio de treinamento adequado e educação continuada.	1	Recursos Humanos
Modelo de Negócios RAMI 4.0	Neugebauer et al. (2016)	Comunicação*	Ação ou efeito de comunicar, de transmitir ou de receber ideias, conhecimento, mensagens etc., buscando compartilhar informações.	1	Conhecimento, Aprendizado e Informação
Modelo de Negócios RAMI 4.0	Neugebauer et al. (2016)	Informação*	Reunião dos conhecimentos, dos dados sobre um assunto ou pessoa.	1	Conhecimento, informação e aprendizado
Modelo de Negócios RAMI 4.0	Neugebauer et al. (2016)	Ativos*	Valor que representa a aplicação do patrimônio ou capital de algo ou alguém.; dinheiro em caixa ou o que pode se converter em dinheiro.	1	Organização e gestão
Modelo de Negócios RAMI 4.0	Neugebauer et al. (2016)	Funcionalidades*	Qualidade do que desempenha corretamente a função para a qual foi desenvolvido.	1	Processos
Modelo de Negócios RAMI 4.0	Neugebauer et al. (2016)	Integração*	Ação de ampliar a gama de atividades de uma empresa para agregar outra ao seu sistema de produção.	1	Processos
Modelo de Negócios RAMI 4.0	Neugebauer et al. (2016)	Negócios*	Aquilo que se faz, se realiza; atividade, ocupação.	1	Processos
Modelo de Negócios CANVAS	Osterwalder e Pigneur (2011)	Canais de distribuição	Este componente descreve como uma empresa faz para que seus segmentos de clientes saibam da existência da proposta de valor, como ela se comunica com seus clientes e como faz para que a proposta de valor seja entregue aos seus segmentos de clientes.	1	Clientes
Modelo de Negócios CANVAS	Osterwalder e Pigneur (2011)	Relacionamento com os clientes	Os clientes se dividem em dois grandes grupos: clientes corporativos (empresas e organizações) e consumidores (pessoas físicas). Ambos compram por necessidade e neste caso, procuram a melhor relação custo x benefício.	1	Clientes
Modelo de Negócios CANVAS	Osterwalder e Pigneur (2011)	Segmento de clientes	Os clientes são o foco central de qualquer empresa. Para encantá-los a empresa precisa classificá-los em grupos distintos formados por clientes que tenham interesses, necessidades, comportamentos e outros atributos comuns.	1	Clientes
Modelo de Negócios CANVAS	Osterwalder e Pigneur (2011)	Parcerias principais	As empresas formam parcerias ou alianças para otimizar seus modelos, desenvolver novos produtos, reduzir riscos ou adquirir recursos. Esta forma de operação vem se tornando uma peça fundamental em muitos Modelos de Negócios.	1	Fornecedores e parceiros
Modelo de Negócios CANVAS	Osterwalder e Pigneur (2011)	Recursos principais	É tudo aquilo que permite que uma empresa desenvolva e comercialize sua proposta de valor, obtenha receita oriunda dos clientes como resultado da operação.	1	Instalações, máquinas e equipamentos
Modelo de Negócios CANVAS	Osterwalder e Pigneur (2011)	Estrutura de custos	O desenvolvimento e a oferta de uma proposta de valor, bem como a manutenção do relacionamento com o cliente e a própria geração de receita são atividades que geram despesas e custos. Não é possível produzir um determinado produto sem adquirir matéria-prima e insumos, sem contratar mão-de-obra para realizar o trabalho de transformação, e sem recolher impostos.	1	Organização e gestão
Modelo de Negócios CANVAS	Osterwalder e Pigneur (2011)	Fontes de receitas	Normalmente ouve-se expressões do tipo "o cliente é o rei" ou "o cliente é o coração do negócio". Se isso for verdadeiro, as fontes de receitas são os súditos do rei ou a rede de artérias que abastecem o coração.	1	Organização e gestão
Modelo de Negócios CANVAS	Osterwalder e Pigneur (2011)	Atividades Chave	São as ações mais importantes que uma empresa deve executar para operar com sucesso. As Atividades-Chave se diferenciam dependendo do tipo de Modelo de Negócio.	1	Processos
Modelo de Negócios CANVAS	Osterwalder e Pigneur (2011)	Proposta de valor	Descreve o que a empresa oferece para seus clientes, configurado como um pacote de produtos e serviços, que fazem com que um segmento de clientes específico passe a atribuir valor à oferta.	1	Produtos e Serviços
Modelo da Cadeia de Valores	Porter (1990)	Clientes	Um cliente (também conhecido como um comprador) é geralmente usado para se referir a um atual ou potencial comprador ou usuário dos produtos de um indivíduo ou organização.	1	Clientes
Modelo da Cadeia de Valores	Porter (1990)	Marketing e vendas	Atividades associadas a oferecer um meio pelo qual compradores possam comprar o produto e a induzi-los a fazer isto, como propaganda, promoção, força de vendas, cotação, seleção de canal de distribuição, relações com os canais e fixação de preços.	1	Clientes

Modelo da Cadeia de Valores	Porter (1990)	Estratégia	Denominação do conjunto de planos e direcionamentos escolhidos por uma empresa para orientar os caminhos da organização rumo ao objetivo traçado.	1	Estratégia
Modelo da Cadeia de Valores	Porter (1990)	Aquisição	Refere-se à função de compra de insumos empregados na cadeia de valor da empresa, e não aos próprios insumos adquiridos.	1	Fornecedores e parceiros
Modelo da Cadeia de Valores	Porter (1990)	Infraestrutura	Consiste em uma série de atividades, incluindo a gerência geral, planejamento, finanças, contabilidade, problemas jurídicos, questões governamentais e gerência da qualidade.	1	Instalações, máquinas e equipamentos
Modelo da Cadeia de Valores	Porter (1990)	Logística	Atividades associadas ao recebimento, armazenamento e distribuição de insumos no produto, como manuseio de material, armazenagem, controle de estoque, programação de frotas de veículos e devolução para fornecedores, armazenamento de produtos acabados, processamento de pedidos e programação, entrega de produtos para clientes.	1	Processos
Modelo da Cadeia de Valores	Porter (1990)	Operações	Atividades associadas à transformação dos insumos no produto final, como trabalho com máquinas, embalagens, montagem, manutenção de equipamentos, testes, impressão e operações de produção.	1	Processos
Modelo da Cadeia de Valores	Porter (1990)	Produtos e serviços	Tudo aquilo que é ofertado ao cliente como parte de uma transação comercial.	1	Produtos e Serviços
Modelo da Cadeia de Valores	Porter (1990)	Recursos humanos	Consiste em atividades envolvidas no recrutamento, na contratação, no treinamento, no desenvolvimento e na compensação de todos os tipos de pessoal.	1	Recursos Humanos
Modelo da Cadeia de Valores	Porter (1990)	Tecnologia	Engloba todas as atividades de valor, seja ela know-how, procedimentos ou a tecnologia envolvida no equipamento de processo.	1	Tecnologia
Índice de Maturidade da Indústria 4.0	Schuh <i>et al.</i> (2020)	Estrutura organizacional	É abrangida pelos dois princípios de organização interna orgânica e colaboração dinâmica dentro da rede de valor. Portanto, descreve a organização de uma perspectiva interna e externa	1	Organização e gestão
Índice de Maturidade da Indústria 4.0	Schuh <i>et al.</i> (2020)	Cultura organizacional	A agilidade de uma empresa é altamente dependente do comportamento de seus funcionários. A experiência com a gestão enxuta nas décadas de 1990 e 2000 mostrou que a chave para a implementação bem-sucedida da gestão enxuta em toda a empresa é mudar a cultura da empresa – em outras palavras, mudar a mentalidade de seus funcionários.	1	Recursos Humanos
Índice de Maturidade da Indústria 4.0	Schuh <i>et al.</i> (2020)	Recursos	Referem-se primeiro a recursos físicos tangíveis. Estes incluem a força de trabalho de uma empresa (recursos humanos), máquinas e equipamentos, ferramentas, materiais e o produto final. A força de trabalho deve possuir certas competências para aproveitar ao máximo as informações capturadas. Recursos técnicos complementares e configurados corretamente podem ajudar a reduzir a latência de dados e ações.	1	Recursos Humanos
Índice de Maturidade da Indústria 4.0	Schuh <i>et al.</i> (2020)	Sistemas de Informação	Os sistemas de informação são sistemas sociotécnicos nos quais a informação é fornecida com base em critérios econômicos tanto por pessoas quanto por tecnologia da informação e comunicação. Eles preparam, processam, armazenam e transferem dados e informações.	1	Tecnologia
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Schumacher <i>et al.</i> (2016)	Consumidores	Utilização dos dados do cliente, digitalização de vendas / serviços, e competência de mídia digital do cliente.	1	Clientes
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Schumacher <i>et al.</i> (2016)	Cultura	Compartilhamento de conhecimento, inovação aberta e colaboração entre empresas, e valor das TIC na empresa.	1	Conhecimento, informação e aprendizado.
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Schumacher <i>et al.</i> (2016)	Estratégia	Roteiro de implementação I4.0, recursos disponíveis para realização, adaptação de modelos de negócios.	1	Estratégia
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Schumacher <i>et al.</i> (2016)	Governança	Regulamentos trabalhistas para I4.0, adequação de padrões tecnológicos, e proteção à propriedade intelectual.	1	Organização e gestão
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Schumacher <i>et al.</i> (2016)	Operações	Descentralização de processos, modelagem e simulação, e colaboração interdisciplinar / interdepartamental.	1	Processos
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Schumacher <i>et al.</i> (2016)	Produtos	Individualização de produtos, digitalização de produtos, e integração de produtos em outros sistemas.	1	Produtos e Serviços
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Schumacher <i>et al.</i> (2016)	Liderança	Disposição dos líderes, competências e métodos de gestão, e existência de coordenação central para I4.0.	1	Recursos Humanos
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Schumacher <i>et al.</i> (2016)	Pessoas	Competências em TIC dos funcionários, abertura dos funcionários a novas tecnologias, e autonomia dos funcionários.	1	Recursos Humanos
Modelo de Maturidade da Indústria 4.0	Schumacher <i>et al.</i> (2016)	Tecnologia	Existência de TIC modernas, utilização de dispositivos móveis, e utilização de comunicação máquina a máquina.	1	Tecnologia
Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Clientes	Um cliente (também conhecido como um comprador) é geralmente usado para se referir a um atual ou potencial comprador ou usuário dos produtos de um indivíduo ou organização,	1	Clientes
Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Conhecimento	Envolve os ativos intangíveis que agregam valor aos produtos e serviços de uma empresa, tais como: “know-how” técnico, projeto do produto, entendimento das necessidades do cliente, visão de marketing, criatividade e inovação.	1	Conhecimento, Aprendizagem e Informação

Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Informação	Diz respeito a toda e qualquer comunicação realizada entre as etapas produtivas que abordem informações relativas à produção de um determinado produto ou prestação de um serviço. Envolve os relatórios da qualidade, as Ordens de Fabricação, as Ordens de Serviços, os Mapas de Planejamento de Produção, etc.	1	Conhecimento, informação e aprendizagem
Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Fornecedores	São aqueles que fornecem mercadorias ou serviços ao consumidor. Segundo o Código de Defesa do Consumidor – Lei nº 8.078, art. 3º – o fornecedor é toda pessoa: Física ou jurídica; De caráter público ou privado; Nacional ou estrangeiro; ou entes despersonalizados que desenvolvem atividades de produção, montagem, criação, construção, transformação, importação, exportação, distribuição ou comercialização de produtos ou prestação de serviços.	1	Fornecedores e parceiros
Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Instalações	Diz respeito aos prédios, terrenos ou quaisquer outros meios que abrigam os demais recursos de entrada no processo de transformação. Envolve ainda as instalações auxiliares tais como: redes de ar comprimido, redes de energia, redes hidráulicas, redes de comunicações, etc.	1	Instalações, máquinas e equipamentos
Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Máquinas e equipamentos	Envolve todo tipo de equipamento utilizado na produção de determinado produto ou na prestação do serviço. Envolve também os equipamentos de transporte e ferramentas.	1	Instalações, máquinas e equipamentos
Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Energia	Como toda ação de produção envolve trabalho e fisicamente o trabalho envolve consumo de alguma espécie de energia, os recursos de transformação “energia” diz respeito ao tipo de energia utilizada na produção de um produto ou na execução de um serviço.	1	Materiais e Insumos
Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Materiais	Compreende a matéria-prima, componente, ou insumo utilizados pelos processos de transformação na fabricação de um produto físico ou virtual, ou ainda na execução de um serviço.	1	Materiais e Insumos
Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Organização e Gestão	Diz respeito a toda e qualquer comunicação realizada entre as etapas produtivas que abordem informações relativas à produção de um determinado produto ou prestação de um serviço. Envolve os relatórios da qualidade, as Ordens de Fabricação, as Ordens de Serviços, os Mapas de Planejamento de Produção, etc.	1	Organização e gestão
Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Logística	A logística é uma especialidade da administração responsável por prover recursos e informações para a execução de todas as atividades de uma organização.	1	Processos
Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Processos	Envolve a tecnologia utilizada para a produção de um determinado produto, bem como a prestação de um serviço, agregando fatores como fichas técnicas, planejamento e controle da produção, roteiros de fabricação, etc.	1	Processos
Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Produtos e serviços	O produto é toda a mercadoria colocada à venda no comércio, que, normalmente, tem prazo de validade. Por exemplo: celular, sapatos e pacotes de arroz. Já o serviço, é um ato ou desempenho intangível, oferecido por uma empresa para outra empresa ou consumidor final.	1	Produtos e Serviços
Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Recursos humanos	Diz respeito às pessoas que atuam diretamente na produção dos produtos ou na prestação de um serviço, seja na operação de máquinas e equipamentos, seja na execução de atividades manuais auxiliares ou principais, ou ainda nas atividades de transporte, armazenamento e movimentação dos materiais.	1	Recursos Humanos
Modelo Sociotécnico ampliado para manufatura	Slack <i>et al.</i> (2002)	Tecnologia	Envolve a tecnologia utilizada para a produção de um determinado produto, bem como a prestação de um serviço, agregando fatores como, softwares, fichas técnicas, planejamento e controle da produção, roteiros de fabricação, etc.	1	Tecnologia
Modelo de Negócios EFA 4.0	Wank <i>et al.</i> (2016)	Consumidores*	Aquele que compra, adquire ou paga por serviços, mercadorias, bens de utilização própria ou de sua família; cliente, freguês.	1	Clientes
Modelo de Negócios EFA 4.0	Wank <i>et al.</i> (2016)	Mercado*	Conjunto de consumidores, encarados como futuros compradores de uma mercadoria ou beneficiários de um serviço.	1	Clientes
Modelo de Negócios EFA 4.0	Wank <i>et al.</i> (2016)	Monitoramento, controle e informação**	Conjunto de ações de verificação sobre a relação entre o que foi planejado e o que efetivamente está sendo executado, envolvendo também a coleta das informações sobre as ocorrências durante a produção.	1	Controle e monitoramento
Modelo de Negócios EFA 4.0	Wank <i>et al.</i> (2016)	Estratégia e Organização*	Meios desenvolvidos para conseguir alguma coisa por parte de uma empresa.	1	Estratégia
Modelo de Negócios EFA 4.0	Wank <i>et al.</i> (2016)	Materiais*	Cada um dos elementos físicos fundamentais para o desenvolvimento ou para a produção de algo (matéria-prima, insumos, componentes, entre outros)	1	Materiais e Insumos
Modelo de Negócios EFA 4.0	Wank <i>et al.</i> (2016)	Gestão*	Ação de gerir, de administrar, de governar ou de dirigir negócios públicos ou particulares; administração.	1	Organização e gestão
Modelo de Negócios EFA 4.0	Wank <i>et al.</i> (2016)	Logística*	A logística é uma especialidade da administração responsável por prover recursos e informações para a execução de todas as atividades de uma organização.	1	Processos
Modelo de Negócios EFA 4.0	Wank <i>et al.</i> (2016)	Processos*	Conjunto dos procedimentos realizados para dar origem a alguma coisa; métodos, sistemas: processos de produção.	1	Processos
Modelo de Negócios EFA 4.0	Wank <i>et al.</i> (2016)	Liderança*	Alguém ou grupo de indivíduos que exerce algum tipo de chefia	1	Recursos Humanos
Modelo de Negócios EFA 4.0	Wank <i>et al.</i> (2016)	Pessoas*	Aqueles que trabalham permanentemente em uma organização pública ou privada, que exerce funções específicas por um tempo numa empresa.	1	Recursos Humanos

APÊNDICE B - Radar de Migração dos Recursos de Transformação

RADAR DE MIGRAÇÃO DOS MEIOS DE PRODUÇÃO		
1. MATERIAIS E INSUMOS		
Este critério examina como a empresa segmenta as atividades e como identifica e trata o desenvolvimento de novos materiais, utiliza insumos provenientes de fontes renováveis, e procura reutilizar ou reciclar materiais e componentes na fabricação de seus produtos. Este critério também examina como a empresa avalia a satisfação ou insatisfação dos fornecedores e parceiros comerciais.		
1.1. DESENVOLVIMENTO DE NOVOS MATERIAIS		
A empresa possui processo sistematizado e implementado para o desenvolvimento de materiais, insumos ou matérias-primas?		
<input type="checkbox"/>	Não existe critério, procedimento ou processo para o desenvolvimento de novos materiais, insumos ou matérias-primas.	
<input type="checkbox"/>	Existem alguns critérios, procedimentos ou processos para o desenvolvimento de novos materiais, insumos ou matérias-primas, porém nenhum deles estão integrados com os fornecedores ou parceiros comerciais.	
<input type="checkbox"/>	Existem critérios, procedimentos ou processos adequados para o desenvolvimento de novos materiais, insumos ou matérias-primas, porém eles estão integrados apenas com alguns os fornecedores ou parceiros comerciais.	
<input type="checkbox"/>	Existem critérios, procedimentos ou processos adequados para o desenvolvimento de novos materiais, insumos ou matérias-primas, e eles estão integrados com alguns os todos os fornecedores ou parceiros comerciais.	
<input type="checkbox"/>	Existem critérios, procedimentos ou processos adequados para o desenvolvimento de novos materiais, insumos ou matérias-primas, e eles estão integrados com alguns os todos os fornecedores ou parceiros comerciais. Esses critérios, procedimentos ou processos já foram refinados pelo menos uma vez.	
1.2. USO DE INSUMOS DE FONTES RENOVÁVEIS		
A empresa possui estratégia ou processo sistematizado para o desenvolvimento de insumos originados em fontes renováveis e substituição dos insumos utilizados atualmente?		
<input type="checkbox"/>	A empresa não possui estratégia ou processo sistematizado para a substituição dos insumos atuais por insumos originários de fontes alternativas ou renováveis.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui apenas intenção de substituir no futuro indeterminado, os insumos atuais por insumos originários de fontes alternativas ou renováveis, porém ainda não possui estratégia definida para tanto, nem processo sistematizado.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui estratégias para substituir, dentro de prazo determinado, os insumos atuais por insumos originários de fontes alternativas ou renováveis, e está na fase de desenvolvimento de processos sistematizados que garantam a adequada substituição.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui estratégias e processos sistematizados para substituir os insumos atuais por insumos originários de fontes alternativas ou renováveis, e está na fase de implementação dos processos, tendo implementado a substituição de pelo menos 1 insumo em caráter experimental.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui estratégias e processos sistematizados para substituir os insumos atuais por insumos originários de fontes alternativas ou renováveis, tendo implementado a substituição de pelo menos 1 insumo em caráter permanente.	

1.3. RECICLAGEM E REAPROVEITAMENTO DE MATERIAIS		
A empresa possui estratégia ou processo sistematizado para o reaproveitamento ou reciclagem dos materiais, componentes ou de insumos classificados como refugo no processo de produção ou como desgastados no ciclo de vida dos produtos?		
<input type="checkbox"/>	A empresa não possui estratégia ou processo sistematizado para o reuso, reaproveitamento, ou reciclagem dos materiais, componentes e insumos já utilizados no processo de produção ou desgastados no ciclo de vida dos produtos.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui apenas intenção de incentivar num futuro indeterminado, o reuso, reaproveitamento, ou reciclagem dos materiais, componentes e insumos já utilizados no processo de produção ou desgastados no ciclo de vida dos produtos, mas não possui estratégia definida para tanto, nem processo sistematizado.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui estratégias para utilizar, dentro de prazo determinado, o reuso, reaproveitamento, ou reciclagem dos materiais, componentes e insumos já utilizados no processo de produção ou desgastados no ciclo de vida dos produtos, e está na fase de desenvolvimento de processos sistemáticos que garantam a adequada utilização.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui estratégias para utilizar, dentro de prazo determinado, o reuso, reaproveitamento, ou reciclagem dos materiais, componentes e insumos já utilizados no processo de produção ou desgastados no ciclo de vida do produto, e está na fase de implementação dos processos, tendo implementado a utilização de pelo menos 1 material, componente ou insumo, em caráter experimental.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui estratégias para utilizar, dentro de prazo determinado, o reuso, reaproveitamento, ou reciclagem dos materiais, componentes e insumos já utilizados no processo de produção ou desgastados no ciclo de vida do produto, e está na fase de implementação dos processos, tendo implementado a utilização de pelo menos 1 material, componente ou insumo, em caráter permanente.	
1.4. CADEIA DE SUPRIMENTOS		
Como a empresa gerencia a cadeia de suprimentos a qual ela utiliza para abastecer-se de matérias-primas, insumos e componentes?		
<input type="checkbox"/>	A empresa ainda não dispõe de mecanismos estruturados de gestão com os fornecedores para enviar programações, implementar ações corretivas, receber reclamações, sugestões, ou solicitar informações.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui mecanismos estruturados e sistemáticos de gestão com os fornecedores para enviar programações, implementar ações corretivas, receber e tratar as reclamações, sugestões ou solicitar informações.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui mecanismos estruturados e sistemáticos de gestão com os fornecedores para enviar programações, implementar ações corretivas, receber e tratar as reclamações, sugestões ou solicitar informações. Os mecanismos asseguram que as ações serão pronta e eficazmente atendidas ou solucionadas.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui mecanismos estruturados e sistemáticos de gestão com os fornecedores para enviar programações, implementar ações corretivas, receber e tratar as reclamações, sugestões ou solicitar informações. Os mecanismos são apropriados para o grupo de fornecedores e asseguram que as ações serão pronta e eficazmente atendidas ou solucionadas.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui mecanismos estruturados e sistemáticos de gestão com os fornecedores para enviar programações, implementar ações corretivas, receber e tratar as reclamações, sugestões ou solicitar informações. Os mecanismos são apropriados para o grupo de fornecedores e asseguram que as ações serão pronta e eficazmente atendidas ou solucionadas. Este processo já foi refinado ao menos uma vez.	

1.5. RESULTADOS RELATIVOS AOS FORNECEDORES		
A empresa possui resultados relativos aos seus fornecedores, tais como: satisfação dos fornecedores, nível de reclamações, nível de participação no desenvolvimento de materiais, etc?		
<input type="checkbox"/>	Os resultados são registrados há menos de 2 ciclos e não há comparação com referenciais de outras áreas afins em outras organizações.	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os principais resultados, havendo tendência (pelo menos 2 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial comparativo ou expectativas da empresa para com alguns deles.	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os principais resultados, havendo tendência (pelo menos 3 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial comparativo ou expectativas da empresa para alguns (abaixo de 50%) dos fornecedores.	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os principais resultados, havendo tendência (pelo menos 3 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial comparativo ou expectativas da empresa para muitos (acima de 50%) dos fornecedores.	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os principais resultados, havendo tendência (pelo menos 3 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial comparativo ou expectativas da empresa para a maioria (acima de 80%) dos fornecedores.	
1.6. RELAÇÕES COM OS PARCEIROS		
A empresa possui relacionamento com outras organizações ou institutos de pesquisa para praticar inovação aberta?		
<input type="checkbox"/>	A empresa não possui nenhum relacionamento formal com outras instituições para troca de informações ou inovação aberta.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui convênio com institutos de pesquisa e universidades apenas para formalização de contratos de estagiários e bolsistas.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui convênio com institutos de pesquisa e universidades e desenvolve projetos de pesquisas em conjunto.	
<input type="checkbox"/>	A empresa é parte de um Cluster ou Parque Tecnológico mantendo convênio com institutos de pesquisa, universidades, fornecedores, e organizações concorrentes e desenvolve projetos de pesquisa tecnológica em conjunto.	
<input type="checkbox"/>	A empresa é parte de um Cluster ou Parque Tecnológico mantendo convênio com institutos de pesquisa, universidades, fornecedores, e organizações concorrentes e desenvolve projetos de pesquisa tecnológica em conjunto. Este processo já foi refinado pelo menos 1 vez.	
TOTAL DA PONTUAÇÃO PARA O ÍTEM “MATERIAIS E INSUMOS”		

RADAR DE MIGRAÇÃO DOS MEIOS DE PRODUÇÃO		
2. MEIO AMBIENTE		
Este critério examina como a empresa trata as questões do meio ambiente, tanto externo quanto o interno, desde as questões relativas à organização da área de trabalho, passando pelas questões de ergonomia, limpeza, higiene e segurança na área de trabalho, e questões relativas à logística reversa. Este critério analisa também como a empresa contribui para o desenvolvimento econômico, social e ambiental da organização, de forma sustentável.		
2.1. ANÁLISE DO MEIO AMBIENTE		
A empresa identifica os aspectos, impactos sociais e ambientais de seus projetos, processos, atividades e instalações?		
<input type="checkbox"/>	A empresa não possui mecanismos de identificação dos aspectos e impactos sociais e ambientais causados pelos seus projetos, produtos, atividades, instalações e processos.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui mecanismos para identificar os aspectos e impactos de sua atuação. Há ações para minimização de consumo de recursos renováveis e conservação de recursos não-renováveis.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui mecanismos para identificar os aspectos e impactos de sua atuação. Há ações para minimização de consumo de recursos renováveis e conservação de recursos não-renováveis. Os colaboradores são conscientizados e envolvidos nestas questões.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui mecanismos para identificar os aspectos e impactos de sua atuação. Há ações para redução de consumo de recursos renováveis e conservação de recursos não-renováveis. Os colaboradores, parceiros e fornecedores são conscientizados e envolvidos nestas questões.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui mecanismos para identificar os aspectos e impactos de sua atuação. Há ações para redução de consumo de recursos renováveis e conservação de recursos não-renováveis. Os colaboradores, parceiros e fornecedores são conscientizados e envolvidos nestas questões. O processo já foi refinado pelo menos uma vez.	
2.2. ORGANIZAÇÃO E LIMPEZA		
A empresa possui ações para estimular a manutenção da ordem e limpeza na área de trabalho?		
<input type="checkbox"/>	Não há esforços da empresa para o fortalecimento da organização na área de trabalho ou eles ocorrem apenas de forma esporádica, porém a limpeza é realizada diariamente por empresa contratada.	
<input type="checkbox"/>	A empresa mantém um programa permanente de organização da área de trabalho que envolve os colaboradores no reforço da limpeza, porém o dia-a-dia continua sob responsabilidade de empresa contratada.	
<input type="checkbox"/>	A empresa é comprometida com os esforços para a manutenção da ordem e limpeza das áreas produtivas, incentivando programas permanentes e ações com esta finalidade e envolvendo seus colaboradores e parceiros na implementação.	
<input type="checkbox"/>	A empresa é comprometida com os esforços para a manutenção da ordem e limpeza das áreas produtivas, incentivando programas permanentes e ações com esta finalidade e envolvendo seus colaboradores e parceiros na implementação. A empresa avalia o grau de satisfação das pessoas com as ações.	
<input type="checkbox"/>	A empresa é comprometida com os esforços para a manutenção da ordem e limpeza das áreas produtivas, incentivando programas permanentes e ações com esta finalidade e envolvendo seus colaboradores e parceiros na implementação. A empresa avalia o grau de satisfação das pessoas com as ações. O processo já foi refinado ao menos uma vez.	

2.3. ERGONOMIA, HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO		
A empresa possui resultados relativos às ações sobre os vetores Ergonomia, Higiene e Segurança no Trabalho, e a relação destes vetores com a "Qualidade de Vida no Trabalho"?		
<input type="checkbox"/>	Os resultados são registrados a menos de 2 ciclos e não há comparação com referenciais de outras empresas ou com padrões da própria empresa.	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os principais resultados havendo tendência (pelo menos 2 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial comparativo ou expectativas da empresa para alguns (pelo menos 30%) deles.	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os principais resultados havendo tendência (pelo menos 3 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial comparativo ou expectativas da empresa para alguns (pelo menos 30%) deles.	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os principais resultados havendo tendência (pelo menos 3 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial comparativo ou expectativas da organização para muitos (pelo menos 50%) deles.	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os principais resultados havendo tendência (pelo menos 3 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial comparativo ou expectativas da empresa para a maioria (pelo menos 70%) deles.	
2.4. SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL		
A empresa deixa explícito nos seus projetos ou atividades a preocupação com a sustentabilidade do meio ambiente?		
<input type="checkbox"/>	A empresa não considera de maneira formal as questões da sustentabilidade ambiental, ou relega estas questões a segundo plano.	
<input type="checkbox"/>	A empresa sistematiza as questões da sustentabilidade ambiental em seus projetos e atividades e exige o comprometimento dos colaboradores com esta prática.	
<input type="checkbox"/>	A empresa sistematiza as questões da sustentabilidade ambiental em seus projetos e atividades e exige o comprometimento dos colaboradores, parceiros e fornecedores com esta prática.	
<input type="checkbox"/>	A empresa sistematiza as questões da sustentabilidade ambiental em seus projetos e atividades e exige o comprometimento dos colaboradores, parceiros e fornecedores com esta prática e divulga isso para toda a organização.	
<input type="checkbox"/>	A empresa sistematiza as questões da sustentabilidade ambiental em seus projetos e atividades e exige o comprometimento dos colaboradores, parceiros e fornecedores com esta prática e divulga isso para a organização. O processo já foi refinado ao menos uma vez.	
TOTAL DA PONTUAÇÃO PARA O ÍTEM "MEIO AMBIENTE"		

RADAR DE MIGRAÇÃO DOS MEIOS DE PRODUÇÃO		
3. MÉTODOS E PROCESSOS		
Este critério examina como a empresa identifica, gerencia, analisa e melhora os processos principais da área produtiva e os processos de apoio. Também examina como a empresa gerencia o processo de relacionamento com os fornecedores e conduz a gestão visando a sustentabilidade econômica das atividades. Este critério também analisa o lay-out das áreas produtivas projetado de acordo com o tipo de demanda dos produtos, bem como o fluxo de produção dos produtos e da circulação dos materiais. Também analisa a capacidade de adaptação à programação da produção e a flexibilidade da manufatura e a adequação dos sistemas de programação de produção ao dinamismo da empresa.		
3.1. MELHORIA DOS PROCESSOS		
A empresa possui sistemas de gestão e controles exercidos na administração para melhorar continuamente os processos existentes?		
<input type="checkbox"/>	A empresa não trabalha a melhoria contínua dos processos, atuando somente quando necessário, porém não avalia resultados e riscos empresariais.	
<input type="checkbox"/>	A empresa está em fase de implantação de um sistema de melhoria contínua dos processos com avaliação de riscos empresariais, mas ainda não possui nenhum processo piloto com ações e resultados objetivos.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui um sistema de melhoria contínua dos processos com avaliação dos riscos empresariais implementado com alguns (pelo menos 30% dos processos) apresentando ações, resultados obtidos e mitigação dos riscos empresariais.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui um sistema de melhoria contínua dos processos com avaliação dos riscos empresariais implementado com alguns (pelo menos 50% dos processos) apresentando ações, resultados obtidos e mitigação dos riscos empresariais.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui um sistema de melhoria contínua dos processos com avaliação dos riscos empresariais implementado em muitos processos (mais que 90% dos processos), já refinado pelo menos uma vez, com avaliação positiva das ações, resultados obtidos e mitigação dos riscos.	
3.2. LAY-OUT DAS ÁREAS PRODUTIVAS		
A empresa prepara os lay-outs das áreas produtivas levando em consideração os espaços adequados para a circulação de pessoas, circulação de mercadorias, áreas para segregação e estoque de materiais, espaços para instalação de máquinas e equipamentos, etc., sempre em função do tipo de processo produtivo e o fluxo de produção?		
<input type="checkbox"/>	A empresa não elabora lay-outs e a medida que um novo equipamento é adquirido provoca uma adaptação nas instalações da área produtiva.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui ferramentas de informática (softwares) para projetar lay-outs das áreas produtivas que permitem somente a adequação ao tipo de processo produtivo, e as utiliza sempre que existe uma ampliação das atividades nas áreas produtivas.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui ferramentas de informática (softwares) para projetar lay-outs das áreas produtivas que permitem a adequação ao tipo de processo produtivo e ao fluxo de produção, e as utiliza sempre que existe uma ampliação das atividades nas áreas produtivas.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui ferramentas de informática (softwares) para projetar lay-outs das áreas produtivas que permitem a adequação ao tipo de processo produtivo e ao fluxo de produção, e as utiliza sempre que existe uma ampliação das atividades nas áreas produtivas e em simulações de situações futuras	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui ferramentas de informática (softwares) para projetar lay-outs das áreas produtivas que permitem a adequação ao tipo de processo produtivo e ao fluxo de produção, e as utiliza sempre que existe uma ampliação das atividades nas áreas produtivas e em simulações de situações futuras. Este processo já foi refinado 1 vez.	

3.3. SISTEMA DE PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO		
Como a empresa elabora a programação da produção e controla a execução considerando o sequenciamento de Ordens de Produção e como promove a comunicação entre as etapas produtivas e a área de vendas?		
<input type="checkbox"/>	A empresa faz a programação e controle da produção através de quadros e emissão de Ordens de Produção manuais, obedecendo o carregamento das etapas produtivas.	
<input type="checkbox"/>	A empresa faz a programação e controle da produção através de softwares desenvolvidos especialmente para esta finalidade, obedecendo o carregamento das etapas produtivas.	
<input type="checkbox"/>	A empresa faz a programação e controle da produção através de uma combinação de softwares e quadros de preenchimento manual, obedecendo o fluxo de produção e a demanda do mercado.	
<input type="checkbox"/>	A empresa faz a programação e controle da produção através de uma combinação de softwares e quadros de preenchimento eletrônico, obedecendo o fluxo de produção e a demanda de mercado. A comunicação entre as máquinas e o PCP e demais atores da produção é realizada por meio eletrônico.	
<input type="checkbox"/>	A empresa faz a programação e controle da produção através de uma combinação de softwares e quadros de preenchimento eletrônico, obedecendo o fluxo de produção e a demanda de mercado. A comunicação entre as máquinas e o PCP e demais atores da produção é realizada por meio eletrônico. O processo já foi refinado pelo menos 1 vez.	
3.4. MAPEAMENTO DO FLUXO DE PRODUÇÃO		
Como a empresa elabora e utiliza o mapeamento do fluxo da produção, incluindo os tempos de fabricação e montagem, a sequência de operações, o número de operadores por postos de trabalho, as máquinas e equipamentos, as quantidades de matérias, etc.?		
<input type="checkbox"/>	A empresa possui um departamento de Engenharia Industrial responsável pela elaboração dos Roteiros de Fabricação, Fluxogramas de Produção e Mapeamento do Fluxo de Valor do Produto. Os documentos são impressos e distribuídos manualmente.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui uma equipe de colaboradores multidisciplinar responsável pela elaboração dos Roteiros de Fabricação, Fluxogramas de Produção e Mapeamento do Fluxo de Valor do Produto. Os documentos são impressos e distribuídos manualmente.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui uma equipe de colaboradores multidisciplinar responsável pela elaboração dos Roteiros de Fabricação, Fluxogramas de Produção e Mapeamento do Fluxo de Valor do Produto. Os documentos são digitalizados e distribuídos eletronicamente através de software específico.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui uma equipe de colaboradores multidisciplinar responsável pela elaboração dos Roteiros de Fabricação, Fluxogramas de Produção e Mapeamento do Fluxo de Valor do Produto. Os documentos são digitalizados e distribuídos eletronicamente através de software específico. O processo já foi refinado pelo menos uma vez.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui um banco de dados atualizado em tempo real com informações sobre os Roteiros de Fabricação, Fluxogramas de Produção e Mapeamento do Fluxo de Valor de todos os Produtos. Uma equipe multidisciplinar é encarregada de validar os documentos que são incorporados a um software específico e feito "download" diretamente na área produtiva sempre que necessário.	

3.5. LOGÍSTICA INTERNA		
Como a empresa faz a transferência de produtos em processo entre as diversas etapas produtivas?		
<input type="checkbox"/>	A transferência de materiais e componentes de produtos em processos através das diversas etapas produtivas é realizada através de empilhadeiras, carrinhos manuais ou por esteiras. O transporte é realizado por lotes de mercadorias a granel ou acondicionadas em contentores.	
<input type="checkbox"/>	A transferência de materiais e componentes de produtos em processos através das diversas etapas produtivas é realizada através de esteira mecânicas e manipuladores com acionamento hidráulico ou pneumático. O transporte é realizado por lotes de mercadorias a granel ou acondicionadas em contentores.	
<input type="checkbox"/>	A transferência de materiais e componentes de produtos em processos através das diversas etapas produtivas é realizada através de esteiras de acionamento variável, linhas de vácuo, e manipuladores acionados por servomecanismos. O transporte é realizado por quantidades a granel ou por transferência unitária.	
<input type="checkbox"/>	A transferência de materiais e componentes de produtos em processos através das diversas etapas produtivas é realizada através de robôs programáveis, manipuladores acoplados a sensores RFID, e linhas de vácuo e esteiras transportadoras automatizadas e programáveis. A velocidade de transferência obedece à demanda.	
<input type="checkbox"/>	A transferência de materiais e componentes de produtos em processos através das diversas etapas produtivas é realizada através de robôs auto programáveis, manipuladores acoplados a sensores RFID, linhas de vácuo e esteira transportadora automatizada e AGV - Veículos Auto Guiados. A velocidade de transferência obedece à demanda.	
3.6. CONTROLE DA QUALIDADE		
Como a empresa atua para garantir que os produtos atendam as especificações e os requisitos e desejos do cliente ou mercados geradores de demanda?		
<input type="checkbox"/>	A empresa utiliza inspeção de qualidade checando as características dimensionais através de calibradores e planos de inspeção.	
<input type="checkbox"/>	A empresa utiliza auditorias nos processos de produção conferindo os parâmetros do processo e as características dimensionais do produto através de Normas, Manuais da Qualidade e Planos de Auditoria.	
<input type="checkbox"/>	A empresa utiliza Controle Estatístico do Processo sobre parâmetros do processo responsáveis pelas principais variáveis e atributos do produto, identificando o momento em que o processo esboça a tendência de sair do controle. Neste instante o processo deve ser interrompido e corrigido.	
<input type="checkbox"/>	A empresa utiliza um Sistema de Garantia da Qualidade, regulamentado por normas tipo ISO 9000, Controle Estatístico do Processo, e Auditorias nos Fornecedores, garantindo que as características dimensionais e os atributos do produto estão em conformidade com os requisitos.	
<input type="checkbox"/>	A empresa utiliza a Qualidade Assegurada, onde, além de uma cultura da qualidade difundida em todos os níveis da organização, as máquinas e equipamentos utilizadas no processo produtivo apresentam índice de capacidade acima de 1,25 e são autorreguláveis diante das oscilações normais de operação.	

3.7. LOGÍSTICA REVERSA		
Como a empresa atua para recolher do mercado, os produtos obsoletos ou com o ciclo de vida encerrado?		
<input type="checkbox"/>	Não existe nenhuma estratégia que permita uma atuação no recolhimento do mercado dos produtos obsoletos ou com o ciclo de vida encerrado.	
<input type="checkbox"/>	A empresa recolhe do mercado, apenas parte dos produtos obsoletos ou com o ciclo de vida encerrado através dos seus distribuidores, porém isto acontece aleatoriamente.	
<input type="checkbox"/>	Existe uma sistemática para a empresa recolher do mercado, os produtos obsoletos ou com o ciclo de vida encerrado, através da sua rede de distribuidores, que são incentivados a esta ação.	
<input type="checkbox"/>	Existe uma sistemática para a empresa recolher do mercado, os produtos obsoletos ou com o ciclo de vida encerrado, através da sua rede de distribuidores, que são incentivados a esta ação. Os produtos recolhidos são reciclados, reaproveitados ou reformados e recolocados no mercado.	
<input type="checkbox"/>	Os produtos são projetados mediante a técnica "design for assembly" aliada ao "design for disassembly" que facilita a reciclagem, reaproveitamento ou reforma futura. Existe uma sistemática para a empresa recolher do mercado, os produtos obsoletos ou com o ciclo de vida encerrado, através da sua rede de distribuidores, que são incentivados a esta ação. Os produtos recolhidos são reciclados, reaproveitados ou reformados e recolocados no mercado.	
3.8. CULTURA DA INOVAÇÃO		
Como a empresa se posiciona quanto ao ambiente em constante mudanças, e como induz os colaboradores a trabalharem focados na inovação?		
<input type="checkbox"/>	Existem apenas algumas ações isoladas no sentido de criar uma cultura inovadora na empresa, sem que nada seja planejado ou resultados registrados.	
<input type="checkbox"/>	Há um processo sistematizado para identificar e atender as necessidades das pessoas no tocante a melhorar a execução do trabalho de cada um.	
<input type="checkbox"/>	Existem mecanismos sedimentados para que as pessoas exercitem a criatividade e para a identificação das suas necessidades de tal forma a melhorar o desempenho do departamento/área de trabalho no quesito inovação.	
<input type="checkbox"/>	A empresa provoca nos seus colaboradores a paixão por aquilo que eles fazem, identificando suas necessidades e exercitando a criatividade.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui mecanismos para tornar o trabalho mais significativo, facilitando o exercício da criatividade, identificando e atendendo as necessidades individuais das pessoas, e proporcionando tempo para que as pessoas desenvolvam todo o potencial. Este processo já foi refinado pelo menos uma vez.	
TOTAL DA PONTUAÇÃO PARA O ÍTEM "MÉTODOS E PROCESSOS"		

RADAR DE MIGRAÇÃO DOS MEIOS DE PRODUÇÃO		
4. MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS		
Este critério avalia a capacidade da empresa na absorção de tecnologias de ponta embarcadas nas máquinas e equipamentos do processo produtivo. Também avalia o histórico da empresa nas questões de automatização e o uso de robôs, bem como uso de sensores para captação de informações em tempo real, softwares de produção, ou sistemas de comunicação máquina / máquina. Este critério avalia também o sistema de manutenção empregado e o potencial de desenvolvimento do mesmo no tocante à tecnologias mais limpas e tecnologias futuras, bem como a capacidade da empresa em processar reformas em seus equipamentos para a adaptação a novos processos.		
4.1. USO DE TECNOLOGIAS EMBARCADAS		
A empresa utiliza máquinas e equipamentos com tecnologia embarcada, ou seja, tecnologias capazes de fazer a conexão entre as máquinas físicas, computadores e pessoas?		
<input type="checkbox"/>	Os processos de produção da empresa são realizados apenas por máquinas convencionais sem qualquer tipo de aparato eletrônico que permitam conexões com softwares e computadores.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui alguns de seus processos equipados com máquinas com tecnologia embarcada (pelo menos 20% das máquinas), equipadas com CNC - Comando Numérico Computadorizado.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui vários de seus processos equipados com máquinas com tecnologia embarcada (pelo menos 50% das máquinas), equipadas com CNC e com sensores RFID para autoprogramação.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui vários de seus processos equipados com máquinas com tecnologia embarcada (pelo menos 50% das máquinas), equipadas com CNC e com sensores RFID, e WiFi para comunicação máquina/máquina.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui muitos dos seus processos equipados com máquinas com tecnologia embarcada (mais que 90% das máquinas), equipadas com CNC, sensores RFID, WiFi, e podem ser considerados processos CPS - Sistemas Físicos-Cibernéticos, pois conseguem alimentar bancos de dados utilizados para a tomada de decisão futura.	
4.2. SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO		
Como é realizada a comunicação entre as diversas etapas do processo produtivo?		
<input type="checkbox"/>	A comunicação é realizada através de um sistema de emissão de Ordens de Produção e Ordens de Montagem, impressas e controladas através de um sistema computadorizado dotado de software específico.	
<input type="checkbox"/>	A comunicação é realizada através de um sistema de circulação de cartões "Kanban", controlados através de painéis de gestão visual instalados na área produtiva e seguindo um Plano Mestre de Produção emitido eletronicamente por sistema computadorizado dotado de software específico.	
<input type="checkbox"/>	A comunicação é realizada através de um sistema de circulação de cartões "Kanban", controlados através de painéis de gestão visual instalados na área produtiva e seguindo um Plano Mestre de Produção emitido eletronicamente por sistema computadorizado dotado de software específico. Abrange toda a cadeia de suprimentos.	
<input type="checkbox"/>	A comunicação é realizada através de comunicação máquina/máquina com informações captadas em tempo real por sensores RFID e seguindo um Plano Mestre de Produção controlado por sistema central computadorizado dotado de software específico. Abrange toda a área produtiva.	
<input type="checkbox"/>	A comunicação é realizada através de comunicação máquina/máquina com informações captadas em tempo real por sensores RFID e seguindo um Plano Mestre de Produção controlado por sistema central computadorizado dotado de software específico. Abrange toda a cadeia de suprimentos.	

4.3. USO DE TECNOLOGIAS MAIS LIMPAS		
A empresa utiliza máquinas e equipamentos que minimizam o impacto ambiental provocado pelas emissões dos processos de fabricação?		
<input type="checkbox"/>	A empresa não possui nenhum programa de substituição das máquinas e equipamentos focados em tecnologias mais limpas.	
<input type="checkbox"/>	A empresa, no programa de modernização do parque industrial, coloca como item secundário, requisitos de máquinas e equipamentos focados em tecnologia mais limpa	
<input type="checkbox"/>	A empresa, no programa de modernização do parque industrial, coloca como item prioritários, requisitos de máquinas e equipamentos focados em tecnologia mais limpa	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui um programa firme de modernização do parque industrial focado em tecnologias mais limpas. Os colaboradores, parceiros e fornecedores são conscientizados e envolvidos neste programa e os resultados são divulgados para a coletividade.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui um programa firme de modernização do parque industrial focado em tecnologias mais limpas. Os colaboradores, parceiros e fornecedores são conscientizados e envolvidos neste programa e os resultados são divulgados para a coletividade. O processo já foi refinado pelo menos 1 vez.	
4.4. USO DE SENSORIAMENTO		
Como a empresa utiliza sensores de posicionamento e de captação de informações nos processos produtivos para a comunicação máquina/máquina, máquina/pessoas e gestão à distância?		
<input type="checkbox"/>	A empresa utiliza apenas sensores de posicionamento nas suas linhas de produção para acionamento de dispositivos hidráulicos ou pneumáticos.	
<input type="checkbox"/>	A empresa utiliza sensores de posicionamento nas suas linhas de produção para acionamento de dispositivos hidráulicos, pneumáticos e eletro-eletrônicos.	
<input type="checkbox"/>	A empresa utiliza sensores de posicionamento e sensores de captação de informações em alguns de seus processos produtivos (pelo menos 20% dos processos) e as informações são transmitidas via Wifi para o sistema computacional central.	
<input type="checkbox"/>	A empresa utiliza sensores de posicionamento e sensores de captação de informações em vários de seus processos produtivos (pelo menos 50% dos processos) e as informações são transmitidas via Wifi para o sistema computacional central.	
<input type="checkbox"/>	A empresa utiliza sensores de posicionamento e sensores de captação de informações em vários de seus processos produtivos (pelo menos 50% dos processos) e as informações são transmitidas via Wifi para o sistema computacional central e armazenadas em um banco de dados para tomada de decisão futura.	

4.5. SISTEMA DE MANUTENÇÃO		
Como a empresa efetua manutenção nas máquinas e equipamentos da sua área de fabricação?		
<input type="checkbox"/>	A empresa faz apenas a manutenção corretiva.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui um programa de manutenção preventiva que envolve todos os processos produtivos e os colaboradores.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui um programa de manutenção preditiva que envolve todo o processo produtivos e os colaboradores.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui um programa de manutenção produtiva integrado que envolve todo o processo produtivos, os colaboradores e os fornecedores.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui um programa de manutenção produtiva integrado com manutenção preditiva que envolve todo o processo produtivo, os colaboradores e os participantes da cadeia de suprimentos. O processo já foi refinado pelo menos 1 vez.	
4.6. CONCEITOS DE INOVAÇÃO APLICADOS À AUTOMAÇÃO		
Como a empresa compartilha conhecimento e desenvolvimento tecnológico na área de automação com outras instituições?		
<input type="checkbox"/>	A empresa adota a postura de sistema fechado, ou seja, não compartilha conhecimento e desenvolvimento tecnológico.	
<input type="checkbox"/>	A empresa compartilha conhecimento e desenvolvimento tecnológico somente com seus colaboradores ou força de trabalho das áreas de engenharia e fabricação.	
<input type="checkbox"/>	A empresa compartilha conhecimento e desenvolvimento tecnológico somente com seus colaboradores, parceiros, e outras áreas de trabalho da organização.	
<input type="checkbox"/>	A empresa compartilha conhecimento e desenvolvimento tecnológico com todas as instituições e com toda organização, inclusive participando de reuniões de "open innovation" internacionais.	
<input type="checkbox"/>	A empresa compartilha conhecimento e desenvolvimento tecnológico com todas as instituições e com toda organização, inclusive participando de reuniões de "open innovation" internacionais. Este processo já foi refinado ao menos uma vez.	
TOTAL DA PONTUAÇÃO PARA O ÍTEM "MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS"		

RADAR DE MIGRAÇÃO DOS MEIOS DE PRODUÇÃO		
5. MÃO DE OBRA		
Este critério examina como são proporcionadas as condições para desenvolvimento e utilização plena do potencial das pessoas que compõem a força de trabalho, em consonância com as estratégias da empresa. Também examina a capacidade de valorizar e motivar as pessoas para a consecução das metas e objetivos departamentais e como desenvolve as pessoas no sentido de ocuparem posições nas áreas de trabalho em um cenário produtivo futuro, especialmente quanto ao uso de novas tecnologias.		
5.1. VALORIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO		
A empresa possui um sistema que contribui para a melhoria do desempenho das pessoas e da equipe baseado na motivação e valorização do trabalho?		
<input type="checkbox"/>	A empresa ainda não possui um sistema de trabalho que estimule a melhoria do desempenho das pessoas e das equipes.	
<input type="checkbox"/>	O sistema de trabalho existente contribui para a melhoria do desempenho, com critérios de seleção para contratação e métodos de integração dos recém-contratados. O desempenho da força de trabalho é avaliado sistematicamente.	
<input type="checkbox"/>	O sistema de trabalho contribui para a melhoria do desempenho, com critérios de seleção para contratação e métodos de integração dos recém-contratados. O desempenho e a satisfação da força de trabalho são avaliados sistematicamente e os resultados formam a base do plano de benefícios e salários.	
<input type="checkbox"/>	O sistema de trabalho, incluindo a remuneração e os incentivos, contribui para a melhoria do desempenho, com critérios de seleção para contratação e métodos de integração dos recém-contratados. O desempenho e a satisfação da força de trabalho são avaliados sistematicamente e os resultados formam a base do plano de carreiras.	
<input type="checkbox"/>	O sistema de trabalho, incluindo a remuneração e os incentivos, contribui para a melhoria do desempenho, com critérios de seleção para contratação e métodos de integração dos recém-contratados. O desempenho e a satisfação da força de trabalho são avaliados sistematicamente e os resultados formam a base do plano de carreiras. Este sistema já foi refinado pelo menos 1 vez.	
5.2. ÉTICA		
A empresa estimula o comportamento ético transparente entre todas os colaboradores, fornecedores, clientes, alta administração e as partes interessadas?		
<input type="checkbox"/>	Os colaboradores e as pessoas da liderança são éticos porém não existe mecanismo para assegurar o relacionamento ético com os clientes internos, parceiros, clientes externos, fornecedores, e alta administração da empresa.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui mecanismos para assegurar a ética no relacionamento interno entre os colaboradores (força de trabalho).	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui mecanismos para assegurar a ética nos relacionamentos interno e externo (clientes, fornecedores, acionistas, parceiros, colaboradores e alta administração).	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui mecanismos para assegurar a ética nos relacionamentos interno e externo e estimular a sua aplicação em toda a cadeia de valor da organização.	
<input type="checkbox"/>	A empresa possui mecanismos, já refinados pelo menos uma vez, para assegurar a ética nos relacionamentos interno e externo e estimular a sua aplicação em toda a cadeia de valor da organização.	

5.3. VALORES E DIRETRIZES		
As pessoas conhecem, promovem e praticam os valores e diretrizes determinadas pela organização e direcionadas a cultura da inovação e qualidade no atendimento aos clientes internos, colaboradores, acionistas, fornecedores e parceiros? (Exemplos de valores: visão, missão, política ambiental, etc.)		
<input type="checkbox"/>	A empresa ainda não tem valores e diretrizes definidos.	
<input type="checkbox"/>	A empresa tem valores e diretrizes definidos, mas não divulga para seus colaboradores, parceiros e fornecedores.	
<input type="checkbox"/>	A empresa tem valores e diretrizes definidos, mas divulga apenas para seus colaboradores e assegura o seu entendimento.	
<input type="checkbox"/>	A divulga os valores e diretrizes para os colaboradores, parceiros e fornecedores, assegurando o entendimento por todos, porém ainda não foram refinados.	
<input type="checkbox"/>	A empresa divulga os valores e diretrizes da organização para os colaboradores, parceiros e fornecedores, assegurando o entendimento por todos, e já foram refinados pelo menos uma vez	
5.4. TOMADA DE DECISÃO		
Qual é a participação das pessoas das áreas de fabricação no processo de tomada de decisão?		
<input type="checkbox"/>	Não existe participação das pessoas da área de fabricação no processo de tomada de decisão em qualquer nível.	
<input type="checkbox"/>	Existe mecanismo formal de incentivo da participação das pessoas das áreas de fabricação no processo de tomada de decisão em assuntos pertinentes.	
<input type="checkbox"/>	Existe mecanismo formal de incentivo da participação das pessoas da área de fabricação no processo de tomada de decisão em assuntos pertinentes. O nível de participação é registrado e as sugestões analisadas, selecionadas e implementadas conforme o caso.	
<input type="checkbox"/>	Existe mecanismo formal de incentivo da participação das pessoas da área de fabricação no processo de tomada de decisão em assuntos pertinentes. O nível de participação é registrado e as sugestões analisadas, selecionadas e implementadas conforme o caso, com retorno para as pessoas.	
<input type="checkbox"/>	Existe mecanismo formal de incentivo da participação das pessoas da área de fabricação no processo de tomada de decisão em assuntos pertinentes. O nível de participação é registrado e as sugestões analisadas, selecionadas e implementadas conforme o caso, com retorno para as pessoas. Este processo já foi refinado ao menos uma vez.	

5.5. CAPACITAÇÃO E DESENVOLVIMENTO		
O desenvolvimento das pessoas é planejado e realizado para atender as estratégias da empresa?		
<input type="checkbox"/>	Não há mecanismos de identificação das necessidades de capacitação das pessoas.	
<input type="checkbox"/>	Há mecanismos para identificação das necessidades de capacitação das pessoas alinhados às estratégias da organização e das áreas de fabricação.	
<input type="checkbox"/>	Existe programa de capacitação alinhado às estratégias da organização e que considera as necessidades das pessoas.	
<input type="checkbox"/>	Existe programa de capacitação alinhado às estratégias da organização e ao incentivo da cultura de excelência, que considera as necessidades das pessoas e o desenvolvimento da carreira. A eficácia dos programas de capacitação é avaliada.	
<input type="checkbox"/>	Existe programa de capacitação alinhado às estratégias da organização e ao incentivo da cultura de excelência, que considera as necessidades das pessoas e o desenvolvimento da carreira. A eficácia dos programas de capacitação é avaliada. Este processo já foi refinado ao menos uma vez.	
TOTAL DA PONTUAÇÃO PARA O ÍTEM “MÃO DE OBRA”		

RADAR DE MIGRAÇÃO DOS MEIOS DE PRODUÇÃO		
6. MEDIDAS DE DESEMPENHO		
Este critério analisa os sistemas de controle da empresa, incluindo as questões relativas aos índices de desempenho da produtividade, qualidade e eficiência dos sistemas produtivos. Analisa também as questões relativas ao dimensional e aos atributos dos produtos e serviços oferecidos pela empresa.		
6.1. SISTEMA DE CONTROLE DA PRODUÇÃO		
Os principais processos produtivos, e seus requisitos, são identificados e monitorados por meio de indicadores de desempenho?		
<input type="checkbox"/>	A empresa identifica os requisitos aplicáveis aos processos produtivos, porém ainda não controla de forma sistemática.	
<input type="checkbox"/>	Os processos produtivos são monitorados por indicadores de desempenho para os requisitos identificados.	
<input type="checkbox"/>	Os processos produtivos são monitorados por indicadores de desempenho para os requisitos identificados. São implementadas ações corretivas para tratamento das não conformidades encontradas.	
<input type="checkbox"/>	Os processos produtivos são monitorados por indicadores, analisados e melhorados, considerando as melhores práticas de outras organizações. São implementadas ações corretivas para tratamento das não-conformidades encontradas.	
<input type="checkbox"/>	Os processos produtivos são monitorados por indicadores, analisados e melhorados, considerando as melhores práticas de outras áreas ou organizações. São implementadas ações corretivas para tratamento das não-conformidades encontradas. Este processo já foi refinado ao menos uma vez.	
6.2. PRODUTIVIDADE DO SISTEMA DE FABRICAÇÃO		
Como a empresa avalia e incentiva a melhoria dos indicadores de desempenho resultantes da relação entre a produção e os meios de produção utilizados?		
<input type="checkbox"/>	Os índices de produtividade e eficiência são registrados há menos de 2 ciclos e não é feita avaliações e comparações com referenciais externos ou metas da própria empresa.	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os índices de produtividade e eficiência, havendo tendência (pelo menos 2 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial externo comparativo ou com as metas internas para alguns deles (pelo menos 30% dos processos).	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os índices de produtividade e eficiência, havendo tendência (pelo menos 3 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial externo comparativo ou com as metas internas para alguns deles (pelo menos 30% dos processos).	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os índices de produtividade e eficiência, havendo tendência (pelo menos 3 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial externo comparativo ou com as metas internas para muitos deles (pelo menos 70% dos processos).	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os índices de produtividade e eficiência, havendo tendência (pelo menos 3 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial externo comparativo ou com as metas internas para a maioria deles (mais que 90% dos processos).	

6.3. QUALIDADE DO SISTEMA DE FABRICAÇÃO		
Possui resultados relativos ao desempenho dos processos de fabricação tais como: cumprimento de prazos, índice de retrabalho, qualidade do trabalho, índice de não-conformidade, entre outros.		
<input type="checkbox"/>	Os resultados são registrados há menos de 2 ciclos e não há comparação com referenciais externos	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os principais resultados, havendo tendência (pelo menos 2 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial comparativo ou expectativas dos clientes e mercados geradores de demanda, para alguns deles (pelo menos 30% dos processos).	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os principais resultados, havendo tendência (pelo menos 3 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial comparativo ou expectativas dos clientes e mercados geradores de demanda, para alguns deles (pelo menos 30% dos processos).	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os principais resultados, havendo tendência (pelo menos 3 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial comparativo ou expectativas dos clientes e mercados geradores de demanda, para muitos deles (pelo menos 70% dos processos).	
<input type="checkbox"/>	Há histórico para os principais resultados, havendo tendência (pelo menos 3 ciclos) favorável e nível de desempenho superior ao referencial comparativo ou expectativas dos clientes e mercados geradores de demanda, para a maioria deles (mais que 90% dos processos)	
6.4. MONITORAMENTO DIMENSIONAL DOS PRODUTOS		
Como a empresa controla as dimensões especificadas pelo projeto do projeto e os atributos requeridos pelos clientes?		
<input type="checkbox"/>	O dimensional do produto é controlado através de inspeções volantes realizadas por amostragens junto aos postos de trabalho com auxílio de instrumentos de medição e calibradores, e os atributos do produto são controlados através de inspeções finais.	
<input type="checkbox"/>	O dimensional do produto é controlado através de cartas de controle de variáveis, elementos do Controle Estatístico do Processo, pelos próprios operadores dos equipamentos, e os atributos são controlados através de auditorias na expedição.	
<input type="checkbox"/>	O dimensional e os atributos do produto são controlados através de cartas de controle de variáveis e de atributos, elementos do Controle Estatístico do Processo, pelos próprios operadores dos postos de trabalho. As auditorias da qualidade são mantidas na expedição.	
<input type="checkbox"/>	Tanto o dimensional quanto os atributos do produto são controlados através de sensoriamento dos postos de trabalho, com preenchimento automático das cartas de controle (CEP). As auditorias da qualidade são mantidas na expedição.	
<input type="checkbox"/>	Tanto o dimensional quanto os atributos do produto são controlados através de sensoriamento dos postos de trabalho, com preenchimento automático das cartas de controle (CEP). Os produtos são fornecidos com qualidade assegurada.	

6.5. DEFINIÇÃO DOS INDICADORES E METAS		
A empresa define indicadores e metas para avaliar a implementação das ações e estabelece metas de curto e longo prazo?		
<input type="checkbox"/>	Os indicadores analisados são operacionais e não estão alinhados às estratégias.	
<input type="checkbox"/>	Os indicadores são definidos com base nas estratégias organizacionais sendo estabelecidas as metas de curto prazo.	
<input type="checkbox"/>	Os indicadores estratégicos estão balanceados para atender as necessidades dos clientes, sendo estabelecidas metas de curto e longo prazo.	
<input type="checkbox"/>	Os indicadores estratégicos estão balanceados para atender as necessidades dos clientes e estão desdobrados e alinhados aos níveis operacionais, sendo estabelecidas metas de curto e longo prazo.	
<input type="checkbox"/>	Os indicadores estratégicos estão balanceados para atender as necessidades dos clientes e estão desdobrados e alinhados aos níveis operacionais, sendo estabelecidas metas de curto e longo prazo. Este processo já foi refinado ao menos uma vez.	
6.6. INDICADORES FINANCEIROS		
Como a empresa utiliza-se dos principais indicadores financeiros e econômicos (EVA - Valor Econômico Agregado, Ponto de Equilíbrio, Lucratividade, Rentabilidade, ROI - Retorno sobre o investimento, Índice de Liquidez, Capital de Giro, EBTDA, ROE - Retorno sobre o patrimônio, etc.) para medir o desempenho dos seus negócios?		
<input type="checkbox"/>	Apenas os indicadores clássicos (Lucratividade, ROI, EBITDA, ROE, etc.) são controlados e analisados, com ênfase para a lucratividade, porém não existe relação entre as estratégias e os resultados analisados.	
<input type="checkbox"/>	Apenas os indicadores clássicos (Lucratividade, ROI, EBITDA, ROE, etc.) são controlados e analisados sistematicamente, e as ações estratégicas implementadas são identificadas com os resultados analisados.	
<input type="checkbox"/>	Apenas os indicadores clássicos (Lucratividade, ROI, EBITDA, ROE, etc.) são controlados e analisados sistematicamente, e as ações estratégicas implementadas são identificadas com os resultados analisados. Este processo já foi refinado pelo menos 1 vez.	
<input type="checkbox"/>	Todos os indicadores financeiros e econômicos (EVA - Valor Econômico Agregado, Ponto de Equilíbrio, Lucratividade, Rentabilidade, ROI - Retorno sobre o investimento, Índice de Liquidez, Capital de Giro, EBTDA, ROE - Retorno sobre o patrimônio, etc.) são controlados e analisados sistematicamente, e as ações estratégicas implementadas são identificadas com os resultados analisados.	
<input type="checkbox"/>	Todos os indicadores financeiros e econômicos (EVA - Valor Econômico Agregado, Ponto de Equilíbrio, Lucratividade, Rentabilidade, ROI - Retorno sobre o investimento, Índice de Liquidez, Capital de Giro, EBTDA, ROE - Retorno sobre o patrimônio, etc.) são controlados e analisados sistematicamente, e as ações estratégicas implementadas são identificadas com os resultados analisados. Este processo já foi refinado pelo menos 1 vez.	
TOTAL DA PONTUAÇÃO PARA O ÍTEM “MEDIDAS DE DESEMPENHO”		

RADAR DE MIGRAÇÃO DOS MEIOS DE PRODUÇÃO		
7. MENSAGENS E INFORMAÇÃO		
Este critério examina a gestão do conhecimento e a utilização das informações e conhecimentos obtidos de benchmarking e inovação aberta, bem como a gestão dos ativos intangíveis geradores de diferenciais. Examina também o sistema de troca de informações entre o mercado e a empresa, entre os fornecedores e a empresa e entre as diversas áreas de desenvolvimento de produtos e as áreas produtivas e de logística (interna e externa).		
7.1. GESTÃO DO CONHECIMENTO		
Como a empresa identifica e protege seus ativos intangíveis (marcas, patentes, sistemas, processos, competências e talentos).		
<input type="checkbox"/>	Os principais ativos intangíveis não estão identificados.	
<input type="checkbox"/>	Os ativos intangíveis são identificados e desenvolvidos.	
<input type="checkbox"/>	Os ativos intangíveis são identificados, desenvolvidos e protegidos.	
<input type="checkbox"/>	Os ativos intangíveis são identificados, desenvolvidos e protegidos e o departamento/área de trabalho compartilha o conhecimento relevante pra agregação de valor ao negócio. Há mecanismos para a retenção das pessoas consideradas chave para o sucesso do negócio.	
<input type="checkbox"/>	Os ativos intangíveis são identificados, desenvolvidos e protegidos e o departamento/área de trabalho compartilha o conhecimento relevante pra agregação de valor ao negócio. Há mecanismos para a retenção das pessoas consideradas chave. Este processo já foi refinado pelo menos uma vez.	
7.2. SISTEMA DE TROCA DE INFORMAÇÕES		
A empresa adota métodos para identificar e organizar as informações necessárias para a tomada de decisão?		
<input type="checkbox"/>	Não existem mecanismos estruturados para a identificação das necessidades de informação.	
<input type="checkbox"/>	Existem mecanismos para a identificação das informações necessárias para os principais níveis da empresa.	
<input type="checkbox"/>	Existem mecanismos para a identificação das informações necessárias para os principais níveis da empresa, sendo estas disponibilizadas para todos os colaboradores.	
<input type="checkbox"/>	Existem mecanismos para a identificação das informações necessárias para os principais níveis da empresa, sendo estas disponibilizadas para todos os colaboradores. São garantidas a atualização, confidencialidade e integridade das informações disponibilizadas.	
<input type="checkbox"/>	Existem mecanismos para a identificação das informações necessárias para os principais níveis da empresa, sendo estas disponibilizadas para todos os colaboradores. São garantidas a atualização, confidencialidade e integridade das informações disponibilizadas. Este processo já foi refinado pelo menos uma vez.	
TOTAL DA PONTUAÇÃO PARA O ÍTEM “MENSAGENS E INFORMAÇÃO”		

RADAR DE MIGRAÇÃO DOS MEIOS DE PRODUÇÃO		
8. MOEDA E GESTÃO		
Esse critério examina o processo de formulação das estratégias, enfatizando a análise do ambiente. Também examina o processo de planejamento e controle para a implementação das ações, incluindo a distribuição dos recursos financeiros e o desdobramento das metas e planos. Examina ainda o uso de mecanismos de gestão financeira e orçamentária para a realização das atividades.		
8.1. FORMULAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE NEGÓCIOS		
A empresa formula estratégias de negócios considerando as necessidades da organização e definindo ações de maximização do desempenho?		
<input type="checkbox"/>	Não há processo sistematizado para a formulação das estratégias de fabricação que considera as estratégias de negócios da organização.	
<input type="checkbox"/>	A formulação das estratégias de fabricação considera as estratégias de negócios da organização e a análise dos ambientes externo e interno.	
<input type="checkbox"/>	As estratégias de fabricação consideram as estratégias de negócios da organização, as análises dos ambientes externo e interno e ainda as necessidades dos clientes e dos mercados geradores de demanda.	
<input type="checkbox"/>	As estratégias de fabricação consideram as estratégias de negócios organização, as análises dos ambientes externo e interno e ainda as necessidades dos clientes e dos mercados geradores de demanda. Há envolvimento de toda a empresa neste processo.	
<input type="checkbox"/>	As estratégias de fabricação consideram as estratégias de negócios da organização, as análises dos ambientes externo e interno e ainda as necessidades dos clientes e dos mercados geradores de demanda. Há envolvimento de toda a empresa neste processo. Este processo já foi refinado ao menos uma vez.	
8.2. ESTABELECIMENTO DE METAS E OBJETIVOS		
Como a empresa estabelece suas metas e objetivos de curto, médio e longo prazos?		
<input type="checkbox"/>	Não há mecanismos de identificação das necessidades do mercado nem análise dos pontos fortes e fracos da empresa, para orientar o estabelecimento de metas e objetivos de curto, médio e longo prazos.	
<input type="checkbox"/>	Existem mecanismos para identificação das necessidades do mercado e análise dos pontos fortes e fracos da empresa, porém os resultados não são orientados para o estabelecimento de metas e objetivos de curto, médio e longo prazos.	
<input type="checkbox"/>	Existem mecanismos para identificação das necessidades do mercado e análise dos pontos fortes e fracos da empresa cujos resultados orientam o estabelecimento de metas e objetivos de curto, médio e longo prazos.	
<input type="checkbox"/>	Existem mecanismos para identificação das necessidades do mercado e análise dos pontos fortes e fracos da empresa cujos resultados orientam o estabelecimento de metas e objetivos de curto, médio e longo prazos. A eficácia destes mecanismos é avaliada e os resultados divulgados por toda empresa.	
<input type="checkbox"/>	Existem mecanismos para identificação das necessidades do mercado e análise dos pontos fortes e fracos da empresa cujos resultados orientam o estabelecimento de metas e objetivos de curto, médio e longo prazos. A eficácia destes mecanismos é avaliada e os resultados divulgados por toda empresa. Este processo já foi refinado ao menos uma vez.	

8.3. PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO		
Como a empresa decide entre várias opções para a solução de um problema ou escolhe um caminho para atingir seus objetivos.		
<input type="checkbox"/>	Não existe um processo sistemático para a tomada de decisão em qualquer nível orientada aos objetivos da empresa.	
<input type="checkbox"/>	Existe processos sistemático para a tomada de decisão em assuntos pertinentes à fabricação, porém não está orientado aos objetivos da empresa	
<input type="checkbox"/>	Existe processo sistemático para a tomada de decisão em assuntos pertinentes à fabricação orientado aos objetivos da empresa. O nível de participação das pessoas é registrado e as sugestões analisadas, selecionadas e implementadas conforme o caso.	
<input type="checkbox"/>	Existe processo sistemático para a tomada de decisão em assuntos pertinentes à fabricação orientado aos objetivos da empresa. O nível de participação é registrado e as sugestões analisadas, selecionadas e implementadas conforme o caso, com retorno para as pessoas.	
<input type="checkbox"/>	Existe processo sistemático para a tomada de decisão em assuntos pertinentes à fabricação orientado aos objetivos da empresa. O nível de participação é registrado e as sugestões analisadas, selecionadas e implementadas conforme o caso, com retorno para as pessoas. Este processo já foi refinado ao menos uma vez.	
8.4. RECURSOS FINANCEIROS		
Como a empresa distribui, entre suas atividades e projetos, os recursos financeiros.		
<input type="checkbox"/>	Não existe mecanismos formalmente constituído para orientação na distribuição dos recursos financeiros.	
<input type="checkbox"/>	A distribuição dos recursos financeiros é realizada anualmente baseada na previsão orçamentária, porém o orçamento não é orientado pelas metas e objetivos da empresa.	
<input type="checkbox"/>	A distribuição dos recursos financeiros é realizada anualmente baseada na previsão orçamentária. O orçamento é orientado pelas metas e objetivos da empresa.	
<input type="checkbox"/>	A distribuição dos recursos financeiros é realizada anualmente com revisão semestral, baseada na previsão orçamentária com horizonte de 5 anos e orientada pelas metas e objetivos da empresa.	
<input type="checkbox"/>	A distribuição dos recursos financeiros é realizada anualmente com revisão semestral, baseada na previsão orçamentária com horizonte de 5 anos e orientada pelas metas e objetivos da empresa. Este processo já foi refinado pelo menos uma vez.	

8.5. PLANO DE INVESTIMENTOS		
Como a empresa planeja seus investimentos?		
<input type="checkbox"/>	Não existe um processo sistemático para a realização de um planejamento de investimentos em qualquer nível orientada à estratégia de negócios da empresa.	
<input type="checkbox"/>	A empresa realiza um planejamento de investimentos dividido nas 4 partes básicas (pré-operacionais, investimentos fixos, capital de giro e capacitação do pessoal) porém não é orientado à estratégia de negócios da empresa.	
<input type="checkbox"/>	A empresa realiza um planejamento de investimentos dividido nas 4 partes básicas e orientado pela estratégia de negócios e pelas metas e objetivos de curto, médio e longo prazos da empresa.	
<input type="checkbox"/>	A empresa realiza um planejamento de investimentos dividido nas 4 partes básicas, orientado pela estratégia de negócios e pelas metas e objetivos de curto, médio e longo prazos da empresa. O Plano de Investimento é revisado anualmente orientado pela previsão orçamentária.	
<input type="checkbox"/>	A empresa realiza um planejamento de investimentos dividido nas 4 partes básicas, orientado pela estratégia de negócios e pelas metas e objetivos de curto, médio e longo prazos da empresa. O Plano de Investimento é revisado anualmente orientado pela previsão orçamentária. Este processo já foi refinado pelo menos uma vez.	
TOTAL DA PONTUAÇÃO PARA O ÍTEM “MOEDA E GESTÃO”		

APÊNDICE C - Diagnóstico para Avaliar a Aderência ao Mapa do Processo de Migração

DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS DE MANUFATURA PARA A INDÚSTRIA 4.0						
I. ESTRATÉGIAS						
Nº	QUESTÕES	PONTUAÇÕES				
		1	2	3	4	5
1	Capacidade: A empresa possui um processo para identificar os pontos fortes e os pontos fracos de seu modelo de negócio com vistas à migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?					
2	Posicionamento: A empresa busca informações e contribuições de dentro e de fora da sua área de atuação para identificar as melhores práticas, a fronteira do conhecimento e o desempenho de excelência em todos os seus processos envolvidos com a Indústria 4.0?					
3	Objetivos: A empresa possui objetivos de curto, médio e longo prazo voltados para a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0. Os objetivos são compreendidos e factíveis?					
4	Análise de Mercado: São realizadas investigações e análises sistemáticas para entender o mercado no qual a empresa atua, incluindo as tendências dos clientes e concorrentes quanto à migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?					
5	Oportunidades: A empresa compreende e documenta os desafios e oportunidades identificadas no ambiente externo e interno com a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?					
6	Ferramentas analíticas: A empresa utiliza de forma abrangente ferramentas analíticas de resultados reconhecidos por outras instituições para identificar as tendências, oportunidades de negócios e respostas às necessidades dos atuais e futuros clientes dentro da perspectiva da Indústria 4.0?					
7	Priorização: As oportunidades para atender à estratégia de negócios da empresa são priorizadas e o risco potencial para o negócio de cada oportunidade é entendido, usando critérios de filtro estabelecidos para a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?					
Evidências Objetivas:						
PONTUAÇÃO TOTAL						

DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS DE MANUFATURA PARA A INDÚSTRIA 4.0						
II. RECURSOS HUMANOS						
Nº	QUESTÕES	PONTUAÇÕES				
		1	2	3	4	5
1	Liderança:					
A equipe de liderança da empresa reconhece que os estilos de liderança, as habilidades e os requisitos de trabalho mudarão com a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0? Existem processos e planos em vigor para garantir que a combinação certa de habilidades e estilos esteja presente na equipe de liderança da Indústria 4.0?						
2	Equipes de pessoas:					
A medida que os recursos de transformação migram para a Indústria 4.0, as equipes de trabalho são desenvolvidas para complementar as mudanças de requisitos e processos? As equipes de trabalho estão alinhadas com as necessidades futuras da empresa?						
3	Desenvolvimento das pessoas:					
A empresa possui um sistema para desenvolver e capacitar as pessoas com planejamento voltado para a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
4	Motivação e reconhecimento:					
A empresa possui algum sistema que contribui para a melhoria do desempenho das pessoas e da equipe de trabalho que valoriza, motiva e reconhece, as ações voltadas para a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
5	Tomada de decisão:					
A empresa possui um mecanismo de tomada de decisão com a participação das pessoas envolvidas no problema, que considera a análise de dados colhidos pelas máquinas e equipamentos e obedece às prioridades da migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
6	Cultura:					
As pessoas conhecem, promovem e praticam os valores e diretrizes determinadas pela empresa, dentro de uma postura ética, e direcionada para a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
7	Características comportamentais:					
As pessoas declaram aberta e prontamente suas responsabilidades para com a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0? O ambiente na empresa é de apoio e aprendizado para as iniciativas e identificação de oportunidades de inovação da Indústria 4.0?						
Evidências Objetivas:						
PONTUAÇÃO TOTAL						

DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS DE MANUFATURA PARA A INDÚSTRIA 4.0						
III. ORGANIZAÇÃO E GESTÃO						
Nº	QUESTÕES	PONTUAÇÕES				
		1	2	3	4	5
1	Finanças:					
A empresa demonstra a importância da migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 através da alocação de recursos financeiros para tanto no orçamento anual?						
2	Plano de Negócios:					
A empresa indica através de seu Plano de Negócios, o firme propósito de migrar os seus recursos de transformação para a Indústria 4.0 e passar a capitalizar oportunidades dentro deste tipo de operação de manufatura?						
3	Gestão de Riscos e Plano de Contingência:					
A empresa possui um sistema de gestão de riscos com vistas a proceder a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 e mantém Plano de Contingência para, senão eliminar, pelo menos mitigar os efeitos dos problemas particulares da transição?						
4	Medição de desempenho:					
A empresa possui histórico dos índices de eficiência e produtividade dos processos de produção que podem ser utilizados como parâmetros dos mesmos índices durante a fase de migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
5	Implantação das Estratégias:					
A empresa possui um plano de ação para a implementação das estratégias empresariais identificadas com a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
6	Softwares de gestão:					
Os softwares de gestão utilizados pela empresa podem continuar a ser utilizados na migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0, ou a empresa precisará adquirir novos softwares mais adequados?						
7	Estabelecimento de metas e objetivos:					
A empresa possui mecanismos para a identificação das necessidades do mercado e análise dos pontos fortes e fracos da empresa cujos resultados orientam o estabelecimento de metas e objetivos no tocante à migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
Evidências Objetivas:						
PONTUAÇÃO TOTAL						

DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS DE MANUFATURA PARA A INDÚSTRIA 4.0						
IV. PROCESSOS						
Nº	QUESTÕES	PONTUAÇÕES				
		1	2	3	4	5
1	Processos produtivos:					
A empresa possui mecanismos que avaliam rotineiramente o processo de produção realizados versus os procedimentos operacionais padrão e as mudanças necessárias no processo são capturadas em tempo real e usadas para impulsionar a melhoria dos procedimentos operacionais dentro dos conceitos da Indústria 4.0?						
2	Documentação de processos:					
As fichas técnicas pertinentes às regulagens de máquinas e as especificações técnicas, desenhos, normas técnicas de fabricação, e perfis de ferramentas estão digitalizadas, armazenadas em bancos de dados, atualizados em tempo real e acessados automaticamente pelos equipamentos da produção?						
3	Resultados dos processos:					
A empresa possui mecanismo para avaliar em tempo real o cumprimento dos requisitos dos processos com referência aos custos, prazos de entrega e quantidades dentro de tolerâncias planejadas? Os produtos fabricados apresentam melhoria contínua na produtividade e qualidade compatíveis com os resultados esperados pela migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
4	Processos de negócios:					
A empresa possui mecanismos que avaliam rotineiramente os processos de negócio realizados versus o plano de negócios e as mudanças necessárias no plano de negócios são capturadas em tempo real e usadas para impulsionar a melhoria do plano de negócio dentro dos conceitos da Indústria 4.0?						
5	Processos estratégicos:					
A empresa possui mecanismos que avaliam rotineiramente os processos estratégicos realizados versus o planejamento estratégico e as mudanças necessárias no planejamento estratégico são capturadas em tempo real e usadas para impulsionar a melhoria do planejamento estratégico dentro dos conceitos da Indústria 4.0?						
6	Fluxo do processo produtivo:					
A empresa possui uma equipe de colaboradores multidisciplinar responsável pela elaboração dos Roteiros de Fabricação, Fluxogramas de Produção e Mapeamento do Fluxo de Valor do Produto, sendo estes documentos digitalizados, armazenados em banco de dados e acessados automaticamente pelos equipamentos da produção?						
7	Gestão da Demanda:					
A empresa está preparada para permitir que o cliente gerencie a demanda e entende isso como uma vantagem competitiva e como um meio de contribuição com a proposta de valor ofertada dentro do ambiente da Indústria 4.0?						
Evidências Objetivas:						
PONTUAÇÃO TOTAL						

DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS DE MANUFATURA PARA A INDÚSTRIA 4.0						
V. TECNOLOGIAS						
Nº	QUESTÕES	PONTUAÇÕES				
		1	2	3	4	5
1	Sistemas de comunicação:					
As comunicações são realizadas máquina/máquina com informações captadas em tempo real por sensores RFID e segue um Plano Mestre de Produção controlado por sistema central computadorizado dotado de software específico e abrange toda a cadeia de suprimentos, ou possui plano de instalação de um sistema como este no prazo de cinco anos?						
2	Internet 5G e Internet das Coisas (IoT):					
A empresa opera com tecnologia 5G nos seus sistemas de comunicação via internet, ou possui planos de contar com esta tecnologia para o prazo de cinco anos?						
3	Computação em nuvem:					
A empresa atua com computação em nuvem de forma segura onde todas as informações são acessíveis para os clientes e para os demais atores da cadeia de suprimentos?						
4	Big Datas:					
A empresa possui um banco de dados com capacidade suficiente para armazenar e processar a quantidade de informações geradas pelos processos produtivos, com capacidade de análise e respostas em tempo real para validar a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
5	Sensoriamento:					
A empresa utiliza sensores de posicionamento e de captação de informações nos processos produtivos, nos materiais e nos produtos acabados com a comunicação máquina/máquina, máquina/pessoas e gestão à distância, ou possui plano de investimento para este tipo de funcionalidade para o prazo de cinco anos?						
6	Automação:					
A empresa possui seus processos de fabricação equipados com máquinas com alta tecnologia embarcada, equipadas com CNC e com sensores RFID e WIFI para comunicação máquina/máquina e alimentação a banco de dados utilizados para a tomada de decisão em tempo real, ou possui um plano de ação para implementação destes sistemas para o prazo de cinco anos?						
7	Softwares de simulação e Fábricas Espelho:					
A empresa tem uma fábrica espelho piloto do seu sistema produtivo, com uso de softwares adequados para aprender o funcionamento dos processos de produção da Indústria 4.0, ou pelo menos possui um plano de ação que permita a implementação deste recurso?						
Evidências Objetivas:						
PONTUAÇÃO TOTAL						

DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS DE MANUFATURA PARA A INDÚSTRIA 4.0						
VI. MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS						
Nº	QUESTÕES	PONTUAÇÕES				
		1	2	3	4	5
1	"Robots e Cobots" :					
A empresa utiliza robôs autônomos, também conhecidos por "Cobots" concebidos para preencher lacunas entre os robôs convencionais e especialistas humanos, funcionando como as pessoas, com capacidade adicional de analisar e transmitir informações em tempo real?						
2	Sistemas Ciber-Físicos (CPS):					
A empresa utiliza sistemas de entidades computacionais colaborativas operando em intensa conexão com o mundo físico circundante e seus processos de fabricação em andamento, fornecendo e usando o acesso a dados, bem como a serviços de processamento de dados disponíveis na internet?						
3	AGVs - Veículos Auto Guiados Inteligentes:					
A empresa utiliza veículos auto guiados, dirigidos através de sinais de WiFi ou RFID na transferência de materiais ou produtos em processos entre os diversos postos de trabalho na sequência de fabricação, capazes de tomar decisões sobre o melhor posto de trabalho para entregar os materiais?						
4	Equipamentos auto-programáveis:					
A empresa utiliza equipamentos de última geração nos processos de fabricação, auto-programáveis e auto-controlados, com capacidade de transmitir informações do processo em tempo real e tomar decisões através do resultado das análises das informações, sem interferência humana?						
5	Manufatura Aditiva:					
A empresa utiliza processos de produção com Impressão 3D, pelo menos em nível experimental, com a capacidade de ser acionado digitalmente e gerenciado à distância?						
6	Armazéns inteligentes e auto-gerenciáveis					
A empresa utiliza armazéns inteligentes e auto-gerenciáveis, com capacidade de decisão sobre os melhores lugares para armazenamentos de determinados materiais e com a busca de materiais automatizada, a localização indicada por sensores RFID e a necessidade de reposição dos estoques realizada através de softwares específicos?						
7	Fábrica mais limpa:					
A empresa utiliza máquinas e equipamentos que minimizam o impacto ambiental provocado pelas emissões dos processos de fabricação, ou possui plano de investimentos neste tipo de equipamento para o prazo de cinco anos?						
Evidências Objetivas:						
PONTUAÇÃO TOTAL						

DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS DE MANUFATURA PARA A INDÚSTRIA 4.0						
VII. CONTROLE E MONITORAMENTO						
Nº	QUESTÕES	PONTUAÇÕES				
		1	2	3	4	5
1	Sistema de controle da produção:					
A empresa possui um sistema de monitoramento dos processos produtivos contando com informações colhidas em tempo real por sensores, processados por softwares específicos com a tomada de decisão também em tempo real e transmitido para o processo produtivo via comunicação máquina/máquina?						
2	Programação da produção:					
A empresa possui um sistema de programação da produção que considera o sequenciamento das Ordens de Produção e Montagem promovendo a comunicação máquina/máquina, em tempo real, entre as etapas produtivas e o cliente gerador da demanda? O cliente participa ativamente da programação da produção?						
3	Controle da qualidade do processo:					
A empresa possui um sistema de monitoramento da qualidade dos produtos na fase de processo de fabricação, com informações colhidas em tempo real por sensores, comparadas com especificações de engenharia e utilizadas para a tomada de decisão também em tempo real e transmitido para o processo produtivo via comunicação máquina/máquina?						
4	Controle da qualidade do produto:					
A empresa possui um sistema de monitoramento da qualidade dos produtos na fase de consumo junto ao cliente, com informações colhidas em tempo real por sensores, comparadas com especificações de engenharia e utilizadas para o desenvolvimento de novos produtos, e para processos de manutenção preventiva em tempo real?						
5	Planejamento e gerenciamento da produção:					
A empresa possui um mecanismo para planejar e gerenciar os processos de fabricação em tempo real para garantir o melhor uso dos recursos de transformação e competências de forma a alcançar a entrega dos produtos no prazo, custo e qualidade exigidos? O cliente participa ativamente do planejamento e gerenciamento da produção?						
6	Competitividade					
A empresa, dentro de períodos de tempo regulares e utilizando-se das informações de mercado obtidas em tempo real, analisa os pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças às ofertas de produtos e serviços dentro dos conceitos da Indústria 4.0 e orientados por sua proposta de valor, fazendo uso dos resultados da análise para a tomada de decisão?						
7	Necessidade dos clientes:					
A empresa possui mecanismos para identificar e capturar as necessidades presentes e antecipadas dos clientes, com capacidade de análise das informações e uso dos resultados para a tomada de decisão de tal forma que as futuras demandas e tendências de tecnologias facilitadoras possam ser claramente definidas?						
Evidências Objetivas:						
PONTUAÇÃO TOTAL						

DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS DE MANUFATURA PARA A INDÚSTRIA 4.0						
VIII. CONHECIMENTO E APRENDIZADO						
Nº	QUESTÕES	PONTUAÇÕES				
		1	2	3	4	5
1	Captura do conhecimento:					
A empresa possui um processo para capturar e disseminar o conhecimento sobre a Indústria 4.0, tanto do sucesso quanto do fracasso, sendo este processo revisado em períodos de tempos regulares para garantir a sua eficácia?						
2	Melhores práticas:					
A empresa possui mecanismo para capturar, documentar e divulgar o aprendizado com os casos de sucesso nas atividades de resolução de problemas e melhoria contínua, compartilhando e desenvolvendo as melhores práticas sobre a Indústria 4.0, em toda a organização?						
3	Educação:					
A empresa possui mecanismos para incentivar os colaboradores para participar de cursos relevantes e eventos externos sobre a Indústria 4.0, promovendo a importância de compartilhar e aplicar o aprendizado nas atividades?						
4	Conhecimento externo:					
A empresa sabe da importância de buscar todas as oportunidades possíveis para obter conhecimento sobre a Indústria 4.0 de clientes, fornecedores, consumidores e concorrentes, aplicando abordagens formais e informais para tanto? O conhecimento adquirido é compartilhado com as partes apropriadas e disponibilizado para toda a empresa?						
5	Benchmarking:					
A empresa utiliza-se do processo de "benchmarking" para captar e compartilhar o conhecimento obtido de todas as atividades associadas à Indústria 4.0?						
6	Compartilhamento do conhecimento					
A empresa possui mecanismos de incentivo aos funcionários para que os mesmos compartilhem e transfiram ativamente seu conhecimento individual sobre a Indústria 4.0, com outros funcionários, no processo de produção e nos sistemas de gestão.						
7	Capacitação dos colaboradores:					
A empresa possui programas de capacitação interno que incorporam os mais recentes conhecimentos e habilidades exigidas pela Indústria 4.0? Os processos de desenvolvimento e manutenção de programas de capacitação incluem a exigência de obter conhecimentos mais recentes da Indústria 4.0?						
Evidências Objetivas:						
PONTUAÇÃO TOTAL						

DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS DE MANUFATURA PARA A INDÚSTRIA 4.0						
IX. INFORMAÇÕES						
Nº	QUESTÕES	PONTUAÇÕES				
		1	2	3	4	5
1	Informações gerenciais:					
A empresa possui um processo para filtragem e resumos dos dados permitindo o enfoque nas questões, a visibilidade de tendências e os comparativos são aprimorados por meio de gráficos, mudanças, premissas-chave, riscos, oportunidades, lacunas e recomendações sendo todos articulados para permitir a revisão e a tomada de decisão?						
2	Comunicações:					
A empresa possui mecanismos para registrar digitalmente e armazenar em bancos de dados, as comunicações que circulam na empresa, tais como relatórios, atas de reuniões, roteiros de fabricação, ordens de serviços, etc.? Estes documentos são de fácil acesso e são utilizados na tomada de decisão durante a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
3	Rede de contatos:					
A empresa possui uma rede de contatos sedimentada e multidisciplinar, formada por fornecedores, clientes, consumidores, representantes da sociedade, políticos e outras instituições que provém informações em tempo real para um banco de dados com o objetivo de revisar permanentemente as ações na migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
4	Pesquisa de mercado:					
A empresa realiza dentro de períodos regulares de tempo uma pesquisa de mercado, envolvendo fornecedores, clientes, consumidores e parceiros, registra os resultados em um banco de dados e os utiliza para a tomada de decisão na migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
5	Acesso à Universidades e Institutos de Pesquisa:					
A empresa possui convênio formal com Universidades e Institutos de Pesquisa para manter-se informada sobre os avanços tecnológicos mais recentes pertinentes ao seu ramo de atividade, especialmente voltados para a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
6	Acesso à Redes de Informação					
A empresa dispõe de meios tecnológicos para acessar às redes de informações mundiais, coletar informações pertinentes, registrá-las e armazená-las em bancos de dados, deixando-as disponíveis para serem usadas na tomada de decisão na migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0?						
7	Plano de comunicações:					
A empresa dispõe de uma Matriz das Necessidades de Informação com a indicação dos "stakeholders" com acesso aos bancos de dados de forma ilimitada ou parcial, e com a indicação a qual tipo de informação específica, cada "stakeholder" tem acesso?						
Evidências Objetivas:						
PONTUAÇÃO TOTAL						

DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS DE MANUFATURA PARA A INDÚSTRIA 4.0						
X. MATERIAIS, INSUMOS, COMPONENTES E ENERGIA						
Nº	QUESTÕES	PONTUAÇÕES				
		1	2	3	4	5
1	Logística Reversa:					
A empresa possui mecanismos para recolher os produtos utilizados pelos consumidores e descartados pelo fim da vida útil, desmontá-los e reaproveitar os componentes em novo processo de fabricação? A localização destes produtos é feita através de sensoriamento por WiFi ou RFID?						
2	Cadeia de Suprimentos Estendida:					
A empresa mantém uma cadeia de suprimentos estendida, que é reconhecida como uma fonte potencial de entrada de tecnologia. Parceiros de clientes e fornecedores aproveitam os pontos fortes da colaboração, reconhecendo que vários parceiros podem estar conduzindo a migração dos recursos de transformação para a Indústria 4.0 em momentos diferentes, de acordo com a habilidade e competência ou necessidade do negócio?						
3	Sensoriamento de materiais:					
As matérias primas, insumos e componentes são dotados de sensores WiFi ou RFID capazes de serem localizados autonomamente nos estoques e deslocados para as áreas de operação através de comunicação máquina/máquina nos tempos e quantidades especificadas pelas Ordens de Produção Digitais?						
4	Alternativas energéticas:					
A empresa procura diversificar sua matriz energética, desenvolvendo fontes alternativas de geração de energia limpa para não ficar limitada ao fornecimento de energia elétrica proveniente de fontes poluentes ou hidrelétricas?						
5	Logística interna:					
A empresa possui mecanismos que refletem os movimentos físicos dos materiais e controle as flutuações dos estoques e permita localizar e gerenciar seu reabastecimento? A empresa utiliza softwares específicos que se encarregam das tarefas de gestão do estoque para fazer um monitoramento dos fluxos de materiais, de sua aquisição e de seu faturamento?						
6	Reciclagem e reaproveitamento de materiais					
A empresa possui processos para reciclagem e reaproveitamento das sobras de materiais em fabricação e de produtos ou componentes rejeitados durante a fabricação? Estas sobras e refugos são identificados através de sensores WiFi ou RFID e ficam disponíveis para os novos processamentos?						
7	Rastreamento de materiais:					
A empresa possui mecanismos para rastrear em tempo real, os materiais utilizados em seus produtos ligando-os à origem enquanto matéria prima, insumos ou componentes, que possibilite obter informações sobre o desempenho em campo?						
Evidências Objetivas:						
PONTUAÇÃO TOTAL						

APÊNDICE D – “*Check-List*” para o Diagnóstico para Avaliar a Aderência ao Mapa do Processo de Migração

CHECK-LIST DO DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS MANUFATUREIRAS PARA A INDÚSTRIA 4.0		Rev.:
		Data:
		Fls.: ____ de ____
EMPRESA:		
Consultor:		
Relação das Evidências Objetivas		
GRUPOS DE ORIGEM	APROVADO	REJEITADO
PONTUAÇÃO		
ESTRATÉGIAS		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
RECURSOS HUMANOS		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
ORGANIZAÇÃO E GESTÃO		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
PROCESSOS		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
TECNOLOGIAS		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
OBSERVAÇÕES:		
Elaborado por:		Visto:
		Data:

CHECK-LIST DO DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS MANUFATUREIRAS PARA A INDÚSTRIA 4.0		Rev.:
		Data:
		Fls.: ____ de ____
EMPRESA:		
Consultor:		
Relação das Evidências Objetivas		
GRUPOS DE ORIGEM	APROVADO	REJEITADO
PONTUAÇÃO		
MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
CONTROLE E MONITORAMENTO		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
CONHECIMENTO E APRENDIZADO		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
INFORMAÇÕES		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
MATERIAIS, INSUMOS, COMPONENTES E ENERGIA		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
OBSERVAÇÕES:		
Elaborado por:		Visto:
		Data:

APÊNDICE E – Breve descrição da técnica 5W2H

A ferramenta 5W2H consiste em fazer perguntas com o objetivo de obter informações a respeito de um determinado assunto, cujas respostas servirão de apoio para a elaboração do planejamento de uma atividade ou na análise de uma situação observada. Esta ferramenta também pode ser utilizada na realização de entrevistas em processos de auditorias ou aplicação de diagnósticos onde determinadas atividades são realizadas, mas não são registradas formalmente.

A denominação da ferramenta (5W2H) se dá em função das perguntas elaboradas iniciarem sempre com as palavras de origem inglês: "WHAT?", "WHO?", "WHY?", "WHERE?", "WHEN?", "HOW?", "HOW MUCH?".

A ferramenta 5W2H é composta por sete perguntas que devem responder questões em busca das seguintes informações:

- 1) Ação ou atividade que deve ser executada ou o problema ou desafio que deve ser selecionado. (What).
- 2) Justificativa dos motivos e objetivos daquilo que está sendo executado ou que deve ser solucionado. (Why).
- 3) Definição da pessoa responsável pela execução do que foi planejado ou do processo que está sendo realizado. (Who).
- 4) Informação sobre onde cada um dos procedimentos ou processos será executado. (Where).
- 5) Cronograma sobre quando ocorrerão os procedimentos ou processos. (When).
- 6) Explicação sobre como serão executados os procedimentos para atingir os objetivos planejados ou pré-estabelecidos. (How).
- 7) Limitações sobre o custo de um procedimento ou processo, ou sobre quantidades de insumos envolvidos. (How much).

A Figura abaixo apresenta exemplos de perguntas que podem ser elaboradas com o uso da ferramenta 5W2H:

Qual? Que? (What?)	<i>Quais são os métodos e a tecnologia empregada neste processo? Quais atividades são dependentes desta? Que produto o processo produz?</i>
Por quê? (Why?)	<i>Por que este processo é necessário? Por que deve ser feito desta maneira? Por que este processo não pode fundir com outro processo?</i>
Quem? (Who?)	<i>Quem são os responsáveis pelo processo? De quem essa atividade depende para ser iniciada? Quem são os clientes ou fornecedores?</i>
Onde? (Where?)	<i>Onde o processo é executado? Onde o processo é planejado? Onde o processo é avaliado?</i>
Quando? (When?)	<i>Quando cada etapa do processo deve ser executada? Quando deve começar o envolvimento dos clientes com o processo?</i>
Como? (How?)	<i>Como é feito o acompanhamento deste processo? Como as informações do processo são registradas e disseminadas?</i>
Quanto? (How many?)	<i>Quantos testes são necessários? Quantos equipamentos são disponíveis para este processo? Quantos profissionais são necessários?</i>

Em geral, a ferramenta deve ser organizada como um formulário, conforme exemplo seguinte:

5W					2H	
What	Why	Who	Where	When	How	How many
O que	Por que	Quem	Onde	Quando	Como	Quanto
Ação Problema Desafio	Justificativa, explicação do motivo	Responsável	Local	Prazo, cronograma	Procedimentos , etapas	Quantidades

ANEXO A - Página da Plataforma Brasil com Aprovação da Pesquisa no CEP

Portal do Governo Brasileiro |

 principal
  sair

LUIZ ARNALDO BIAGIO - Pesquisador | V3.2.51
Sua sessão expira em: 39min 21

Cadastros

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA

DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MODELO DE REFERÊNCIA PARA AS EMPRESAS MANUFATUREIRAS NA MIGRAÇÃO DOS RECURSOS DE TRANSFORMAÇÃO PARA A INDÚSTRIA 4.0
Pesquisador Responsável: LUIZ ARNALDO BIAGIO
Área Temática:
Versão: 2
CAAE: 58673622 7 0000 5404
Submetido em: 04/07/2022
Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia Mecânica
Situação da Versão do Projeto: Aprovado
Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio


 Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1934025

DOCUMENTOS DO PROJETO DE PESQUISA

- Versão Atual Aprovada (PO) - Versão 2
 - Pendência Documental (PO) - Versão 2
 - Documentos do Projeto
 - Comprovante de Recepção - Submissão
 - Folha de Rosto - Submissão 7
 - Informações Básicas do Projeto - Submissão
 - Outros - Submissão 7
 - Projeto Detalhado / Brochura Investigação
 - TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa
 - Apreciação 7 - UNICAMP - Campus Campinas
 - Projeto Completo

Tipo de Documento	Situação	Arquivo	Postagem	Ações

 Chat

LISTA DE APRECIÇÕES DO PROJETO

Apreciação	Pesquisador Responsável	Versão	Submissão	Modificação	Situação	Exclusiva do Centro Coord.	Ações
PO	LUIZ ARNALDO BIAGIO	2	04/07/2022	15/07/2022	Aprovado	Não	   

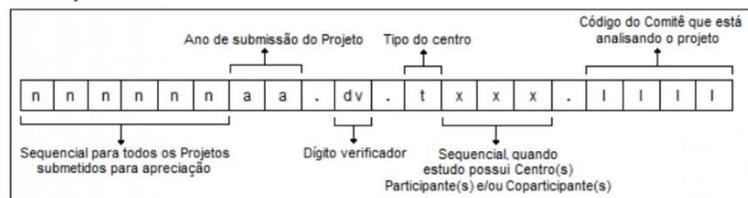
HISTÓRICO DE TRÂMITES

Apreciação	Data/Hora	Tipo Trâmite	Versão	Perfil	Origem	Destino	Informações
PO	15/07/2022 15:35:00	Parecer liberado	2	Coordenador	UNICAMP - Campus Campinas	PESQUISADOR	
PO	15/07/2022 15:31:23	Parecer do Colegiado Editado	2	Coordenador	UNICAMP - Campus Campinas	UNICAMP - Campus Campinas	
PO	15/07/2022 10:32:31	Parecer do colegiado emitido	2	Coordenador	UNICAMP - Campus Campinas	UNICAMP - Campus Campinas	
PO	15/07/2022 05:51:51	Parecer do relator emitido	2	Membro do CEP	UNICAMP - Campus Campinas	UNICAMP - Campus Campinas	
PO	14/07/2022 09:34:30	Aceitação de Elaboração de Relatoria	2	Membro do CEP	UNICAMP - Campus Campinas	UNICAMP - Campus Campinas	
PO	04/07/2022 16:24:56	Confirmação de Indicação de Relatoria	2	Coordenador	UNICAMP - Campus Campinas	UNICAMP - Campus Campinas	
PO	04/07/2022 16:24:01	Indicação de Relatoria	2	Coordenador	UNICAMP - Campus Campinas	UNICAMP - Campus Campinas	
PO	04/07/2022 16:23:34	Aceitação do PP	2	Coordenador	UNICAMP - Campus Campinas	UNICAMP - Campus Campinas	
PO	04/07/2022 16:04:40	Submetido para avaliação do CEP	2	Pesquisador Principal	PESQUISADOR	UNICAMP - Campus Campinas	
PO	04/07/2022 13:42:57	Rejeição do PP	2	Secretária	UNICAMP - Campus Campinas	PESQUISADOR	PENDÊNCIA DOCUMENTAL: Na validação da resposta a pVer mais >>

 Ocorrência 1 a 10 de 29 registro(s)

LEGENDA:**(*) Apreciação**

PO = Projeto Original de Centro Coordenador	POp = Projeto Original de Centro Participante	POc = Projeto Original de Centro Coparticipante
E = Emenda de Centro Coordenador	Ep = Emenda de Centro Participante	Ec = Emenda de Centro Coparticipante
N = Notificação de Centro Coordenador	Np = Notificação de Centro Participante	Nc = Notificação de Centro Coparticipante

(*) Formação do CAAE

[Voltar](#)