

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO
GESTÃO DE PROJETOS**

**A GESTÃO DE PROJETOS E A MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0:
A PROPOSIÇÃO DE UM MODELO**

**Silvio Cesar Alves Teixeira
RA 619150172**

**São Paulo
2020**

Silvio Cesar Alves Teixeira

**GESTÃO DE PROJETOS E A MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0:
A PROPOSIÇÃO DE UM MODELO**

**PROJECT MANAGEMENT AND THE MATURITY OF INDUSTRY 4.0:
A MODEL PROPOSITION**

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

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Cristiane Drebes Pedron

São Paulo
2020

Teixeira, Silvio Cesar Alves.

Gestão de projetos e a maturidade da indústria 4.0: a proposição de um modelo. / Silvio Cesar Alves Teixeira. 2020.

126 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2020.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Cristiane Drebes Pedron.

1. Modelo de maturidade. 2. Gerenciamento de projetos. 3. Transformação digital. 4. Indústria 4.0.

I. Pedron, Cristiane Drebes. II. Título.

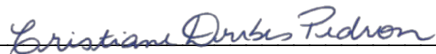
CDU 658.012.2

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

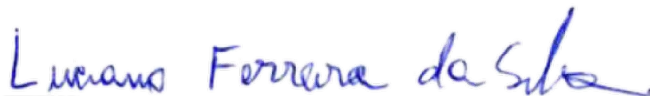
SILVIO CESAR ALVES TEIXEIRA

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

São Paulo, 09 de dezembro de 2020.



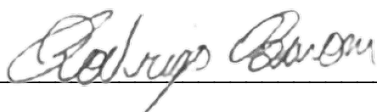
Presidente: Profa. Dra. Cristiane Drebes Pedron – Orientadora



Membro: Prof. Dr. Luciano Ferreira da Silva (UNINOVE)



Membro: Prof. Dr. Wagner Cezar Lucato (UNINOVE)



Membro: Prof. Dr. Rodrigo Baroni de Carvalho (PUC – MINAS)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Dona Edina, pela extraordinária dedicação aos três filhos para que tivéssemos uma educação exemplar e uma boa formação.

Em especial, também dedico este trabalho ao meu falecido irmão Ivanildo, que mesmo mais jovem foi e continua sendo uma fonte de energia na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os professores do Programa de Mestrado Profissional em Gestão de Projetos da UNINOVE - Universidade Nove de Julho, por compartilharem conosco seus conhecimentos e suas experiências. Agradecimentos especiais ao Prof. Dr. Luciano Ferreira, Prof. Dr. Wagner Lucato, Prof. Dr. Rodrigo Baroni, Prof. Me. Mauricius Medeiros e Prof^a Me. Graziela Molling pela disponibilidade e apoio a pesquisa. Gostaria de demonstrar minha gratidão pela orientação da Prof^a. Dra. Cristiane Drebes Pedron, pela disponibilidade, pela gentileza e por estar sempre presente e aberta para discutir boas ideias e buscar a excelência em todos os trabalhos. Agradeço aos meus amigos e familiares por toda paciência e incentivo e destaco meu amigo Eduardo Alves de Paula por motivar o ingresso ao mestrado. Um agradecimento mais que especial à minha esposa Raquel Aguiar Teixeira e ao meu filho Bernardo Aguiar Teixeira por serem fontes de inspiração para os meus desafios.

GESTÃO DE PROJETOS E A MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0: A PROPOSIÇÃO DE UM MODELO

RESUMO

Com o crescimento da Indústria 4.0, as empresas procuram entender o estágio de maturidade em que se encontram, sempre voltadas para a busca de oportunidades para avanços. Nesse contexto, os modelos de maturidade representam uma ferramenta importante na trajetória de transformação das empresas nos mais diversos setores. Dado que as iniciativas da Indústria 4.0 começam, muitas vezes, por meio de projetos, considera-se que a área de Gestão de Projetos deve ser considerada um agente impulsionador para o avanço da maturidade da Indústria 4.0. Quanto a isso, a presente pesquisa tem por objetivo propor um modelo para identificar como a gestão de projetos contribui para a maturidade da Indústria 4.0. Esta pesquisa divide-se em 4 fases. A primeira fase explora os estudos sobre maturidade da Indústria 4.0 e mapeia os quinze modelos de maturidade encontrados e suas características. Na segunda fase, exploram-se as características dos projetos de Indústria 4.0. A terceira fase conduz entrevistas, em profundidade, com 12 Gerentes de Projetos que atuam especificamente com Projetos da Indústria 4.0. A última fase valida as características mapeadas junto à 3 Grupos Focais compostos de Executivos, Líderes e Acadêmicos. Esta pesquisa resultou em um modelo que demonstra a contribuição da Gestão de Projetos para a Maturidade da Indústria 4.0 e, conseqüentemente, para o seu avanço, podendo ser utilizado como um guia para comunidade de projetos.

Palavras-chave: Modelo de Maturidade; Gerenciamento de Projetos; Indústria 4.0, Transformação Digital

PROJECT MANAGEMENT AND THE MATURITY OF INDUSTRY 4.0: A MODEL PROPOSITION

ABSTRACT

With the growth of Industry 4.0, companies need to understand the stage of maturity and how they can move forward. In this context, the maturity models are an important tool in that trajectory of companies' transformation in different and sectors. Given that Industry 4.0 initiatives often start through projects and the Project Management can be a driving force for the advancement of Industry 4.0 maturity. Thus, the present research has an objective to propose a model that assesses how project management contributes to the maturity of industry 4.0. This research is divided into 4 phases. The first phase explored the maturity studies of Industry 4.0 and maps the existing maturity models and their characteristics. In the second phase, it explores the characteristics of Industry 4.0 projects. The third phase explores in-depth interviews with 12 Project Managers who work specifically with Industry 4.0 Projects, to obtain information collection. The last phase aimed to validate the characteristics mapped with executives and specialists in the area of Project Management and academic specialists in Industry 4.0. This research resulted in a model that demonstrates how Project Management contributes to the Maturity of Industry 4.0 and, consequently, to its progress, and which can also be used as a guide for the project community.

Keywords: Maturity Model; Project Management; Industry 4.0; Digital Transformation

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM	<i>Building Information Model</i>
CPS	<i>Cyber-Physical Systems</i>
EIS	<i>Enterprise Information Systems</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
GP	Gestão de Projetos
IOT	<i>Internet of Things</i>
ICT	<i>Information Communication and Technology</i>
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i>
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
TI	Tecnologia da Informação

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Mapa dos Modelos de Prontidão e Maturidade.....	48
Tabela 2 - Agrupamento das dimensões existentes nos modelos.....	52
Tabela 3 - Estágios mapeados nos modelos	56
Tabela 4 - Fatores relacionados à Gestão de Projetos da Indústria 4.0	60
Tabela 5 - Abordagens presentes nos projetos da Indústria 4.0	61
Tabela 6 - Adoção de ferramentas em projetos da Indústria 4.0	62
Tabela 7 - Metodologias presentes nos projetos da Indústria 4.0.....	63
Tabela 8 - Perfil do Entrevistados	72
Tabela 9 - Fatores agrupados por Dimensões dos Modelos de Maturidade da Indústria 4.0...	74
Tabela 10 - Fatores agrupados por Dimensões que contribuem diretamente Indústria 4.0.....	75
Tabela 11 - Fatores agrupados e indexados por volume de códigos atribuídos	75
Tabela 12 - Aplicação dos Critérios de Exclusão e Agrupamento	81
Tabela 13 - Matriz de amarração	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gestão de Projetos e Maturidade da Indústria 4.0	65
Figura 2 - Desenho de pesquisa	67
Figura 3 - RSL para Mapeamento dos Modelos de Maturidade.....	69
Figura 4 - Mapeamento das características dos projetos da Indústria 4.0	70
Figura 5 - Coleta e análise de dados Fase 3.....	73
Figura 6 - Coleta e análise de dados fase 4.....	77
Figura 7 - Fluxo de avaliação da Maturidade da Indústria 4.0 e a Gestão de Projetos	83
Figura 8 - Modelo Conceitual.....	83
Figura 9 - Dimensões mapeadas e volume de código por dimensão.....	87
Figura 10 - Modelo Proposto Beta 1	93
Figura 11 - Modelo Proposto Beta 2	96
Figura 12 - Modelo Proposto Final.....	99
Figura 13 - Digrama de Ishikawa - Visão Geral.....	120

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2	OBJETIVO	16
1.3	JUSTIFICATIVA PARA ESTUDO DO TEMA	17
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1	INDÚSTRIA 4.0.....	19
2.2	MODELOS DE MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0	20
2.2.1	<i>IMPULS</i> (Lichtblau <i>et al.</i> , 2015).....	21
2.2.2	<i>Industry 4.0 Readiness and Maturity</i> (Schumacher <i>et al.</i> , 2016).....	24
2.2.3	<i>PwC Self-Assessment</i> (Schrauf, 2016).....	25
2.2.4	<i>The Connected Enterprise Maturity</i> (Rockwell, 2014).....	27
2.2.5	<i>Model to evaluate the Industry 4.0 readiness degree</i> (Lucato, Pacchini, Facchini, & Mummolo, 2019).....	28
2.2.6	<i>Reifegradmodell Industrie 4.0</i> (Jodlbauer & Schagerl, 2016).....	29
2.2.7	<i>Three-stage Maturity</i> (Ganzarain & Errasti, 2016)	30
2.2.8	<i>Acatech</i> (Schuh <i>et al.</i> , 2017)	32
2.2.9	<i>SPICE</i> (Gökalp, Şener, & Eren, 2017).....	33
2.2.10	<i>DREAMY</i> (De Carolis, 2017c).....	36
2.2.11	<i>A categorical framework of manufacturing</i> (Qin, Liu, & Grosvenor, 2016).....	37
2.2.12	<i>SMSRL</i> (Jung <i>et al.</i> , 2016).....	39
2.2.13	<i>Maturity and readiness model</i> (Akdil, Ustundag, & Cevikcan, 2018).....	41
2.2.14	<i>Development of a Digitalization MM</i> (Canetta, Barni, & Montini, 2018).	43
2.2.15	<i>SIMMI 4.0</i> (Leyh <i>et al.</i> 2016).	45

2.3	CARACTERÍSTICAS DOS MODELOS DE MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0	47
2.4	PROJETOS DA INDÚSTRIA 4.0	57
2.5	BASE DO MODELO CONCEITUAL	64
3	MÉTODO	66
3.1	FASE 1 – RSL MODELOS DE MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0	67
3.2	FASE 2 – RSL CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS DA INDÚSTRIA 4.0.....	69
3.3	FASE 3 – ENTREVISTAS	71
3.3.1	Coleta de dados	71
3.3.2	Análise de dados.....	73
3.4	FASE 4 – GRUPOS FOCAIS	76
3.4.1	Coleta de Dados.....	77
3.4.2	Análise de Dados.....	78
3.4.2.1	Grupo Focal de Executivos	79
3.4.2.2	Grupo Focal de Líderes de Projetos	80
3.4.2.3	Grupo Focal de Profissionais Acadêmicos.....	80
3.5	MATRIZ DE AMARRAÇÃO	81
4	CONSTRUÇÃO E EVOLUÇÃO DO MODELO.....	82
4.1	MODELO CONCEITUAL.....	83
4.2	MODELO PROPOSTO - BETA 1	87
4.3	MODELO PROPOSTO - BETA 2.....	93
4.4	MODELO PROPOSTO FINAL.....	96
5	CONTRIBUIÇÃO PARA OS PRATICANTES.....	101
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
	REFERÊNCIAS	107

APÊNDICE A – DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	119
APÊNDICE B – PROTOCOLO DE ENTREVISTA.....	121
APÊNDICE C – ROTEIRO ELABORADO PARA ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS E GRUPO FOCAL.	122
APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO ENTREVISTADOS.....	125
APÊNDICE E - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO GRUPO FOCAL	126

1 INTRODUÇÃO

O termo Indústria 4.0 foi mencionado pela primeira vez em 2011 na Conferência de Hannover, na Alemanha, visando ao desenvolvimento das manufaturas de alta tecnologia, no apoio a demandas de empresas para aumentar a eficiência (Trotta & Garengo, 2018). Apesar de a tecnologia ser um pilar importante, ela não se constitui como única na Indústria 4.0. Estratégia, equipe, cultura, dentre tantos outros fatores, são também importantes na jornada de transformação (Kamble, Gunasekaran, & Gawankar, 2018). Além da organização, a Indústria 4.0 busca flexibilidade em seus sistemas, o que leva a produtos inteligentes, avanços na cadeia de valor, monitorando e otimizando o fluxo de trabalho, além de atingir significativamente os clientes de forma rápida e eficiente (Chonsawat & Sopadang, 2019).

A Price Waterhouse Coopers [PwC] (2016) realizou uma pesquisa envolvendo mais de 2.000 participantes de empresas, em nove grandes setores da indústria de 26 países. Demonstrou-se a preocupação das empresas em relação ao progresso, no sentido de se transformar em empresa digital. O estudo de Nick, Gallina, Szaller, Várgedő e Schumacher (2019a), envolvendo Alemanha, Áustria e Hungria, reforça o objetivo dos países em garantir o desenvolvimento da indústria para a modernidade.

Contudo, esta evolução da Indústria 4.0 tem gerado incertezas em todos os níveis, seja organizacional, tecnológico ou estratégico. Sendo assim, se faz necessário obter clareza dos requisitos para o desenvolvimento das organizações e seu avanço na Indústria 4.0 (Schumacher, Erol, & Sihm, 2016).

Para que o processo de transformação ocorra de forma estruturada, as empresas devem entender o quanto estão preparadas para dar início ou para avançar na Indústria 4.0 (Nick, Szaller, Bergmann, & Várgedő, 2019b). Perceber o nível de maturidade em que as empresa se encontram em relação à Indústria 4.0 pode ser um primeiro passo (Wiesner, Gaiardelli, Gritti, & Oberti, 2018).

Modelos de maturidade, por sua vez, são considerados como um conjunto de etapas e ações para se alcançar um estado objetivado, seja tecnológico ou organizacional (De Carolis *et al.*, 2017c). Eles descrevem uma situação real com necessidades específicas de uma

organização, para o progresso de um estágio-atual para um estágio-destino (Stefan *et al.*, 2018). Os estágios formam um caminho estruturado para atingir o objetivo da organização em relação à maturidade da Indústria 4.0 (Hamidi, Aziz, Shuhidan, Aziz, & Mokhsin, 2018).

Um estudo realizado por Pirola, Cimini e Pinto (2019) sobre a maturidade, em 20 empresas na Itália, demonstrou um esforço excepcional para identificar e delinear os projetos e os investimentos necessários, por falta de um *roadmap* estabelecido em direção à Indústria 4.0. O estudo de Lin, Wang e Sheng (2020), aplicado em 80 empresas de diferentes portes, em Taiwan, sobre a referida maturidade, demonstrou que 83% delas possuem um caminho incerto com relação a transformação digital.

As pesquisas demonstram a importância de avaliar a maturidade da Indústria 4.0, que auxilia a entender o momento atual tecnológico e organizacional, para que a evolução ocorra de forma adequada e no tempo esperado (De Carolis, Macchi, Negri, & Terzi, 2017). Os resultados indicam que há uma preocupação das empresas em avançar de forma estruturada na Indústria 4.0. Para que isso ocorra, os modelos de maturidade como Rockwell, IMPULS e PWC propõem uma série de ações para atender as necessidades de evolução rumo à Indústria 4.0, o que afeta todas as áreas e setores da organização, de que faz parte a Gestão de Projetos.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A Indústria 4.0 vem ganhando novos mercados com expectativas elevadas de crescimento, uma vez que, a atual infraestrutura da Tecnologia da Informação (TI) permite que as indústrias avancem cada vez mais rápido e com maior eficiência (Saucedo-Martinez, Perez-Lara, Marmolejo-Saucedo, Salais-Fierro, & Vasant, 2018). O *World Economic Forum* [WEF] (2018) avaliou 100 países e economias nos componentes das indústrias, numa demonstração de que a maior parte das empresas ainda se encontram com estruturas limitadas e não preparadas para o futuro.

Pesquisa realizada pela Deloitte Touche Tohmatsu Limited [Deloitte] (2018), com 361 executivos em 11 países, apontou que as organizações ainda buscam um caminho que equilibre a melhoria das operações atuais com as oportunidades oferecidas pelas tecnologias da Indústria 4.0. Isto porque os paradigmas de produção, estabelecidos há muito tempo, devem continuar

mutando para atender demandas de formas inovadoras e trazer os resultados esperados (Rauch, Dallasega, & Matt, 2017).

O avanço da Indústria 4.0 depende da capacidade de cada empresa de estar pronta para efetivar a mudança, ou seja, entender seu nível de maturidade e a necessidade para evoluir (De Carolis, Macchi, Negri, & Terzi, 2017c). A compreensão da maturidade se torna importante para entender a posição da empresa em relação à Indústria 4.0 para a elaboração de um plano para avançar e atingir um nível de maturidade esperado (Mittal, Khan, Romero, & Wuest, 2018). A Indústria 4.0 revela um conjunto de problemas na implantação de projetos inovadores, por falta de visão estratégica e por dificuldades em lidar com mudanças junto a lideranças e demais *stakeholders*. Sem dúvida, a área de GP pode impulsionar transformação e elevar o nível de maturidade (Bierwolf, Romero, Pelk & Stettina, 2017; Teubner, 2018).

Modelos de avaliação, sejam prontidão ou maturidade, avaliam um determinado contexto de tecnologia ou organização, de forma geral. Modelos de Prontidão avalia o estágio zero de empresa em relação à Indústria 4.0, já os Modelos de Maturidade além de avaliar o estágio zero, possuem um *roadmap* para evolução. Entretanto, nenhum dos modelos trata de projetos ou da Gestão de Projetos, portanto, um modelo específico pode contribuir de forma geral para os modelos de avaliação.

É fundamental entender a maneira como a Gestão de Projetos e os próprios projetos se apoiam na construção e no avanço da maturidade da Indústria 4.0, o que passa a se constituir como a questão de pesquisa deste estudo. Assim, faz-se a seguinte questão de pesquisa: Como a Gestão de Projetos contribui para a maturidade da Indústria 4.0?

1.2 OBJETIVO

Esta pesquisa tem por objetivo propor um modelo para identificar como a gestão de projetos contribui para a maturidade da Indústria 4.0. Para tanto, se faz necessário atender aos seguintes objetivos específicos: (1) entender as características da maturidade da Indústria 4.0, a partir de modelos de avaliação, ou seja, maturidade e prontidão; (2) mapear características da Gestão de Projetos em projetos da Indústria 4.0; (3) identificar as características da Gestão de Projetos que contribuem para a maturidade da Indústria 4.0.

1.3 JUSTIFICATIVA PARA ESTUDO DO TEMA

A Indústria 4.0 tem sido considerada uma revolução global inevitável com efeitos exponenciais, ainda que uma parte significativa das empresas não esteja preparada para essa transformação (Maasz & Darwish, 2018). Nesse mesmo sentido, uma pesquisa do SENAI avaliou 416 empresas em 15 segmentos, apontando que mais de 60% das empresas estavam nos primeiros níveis de utilização das tecnologias da Indústria 4.0 (Centro das Indústrias do Estado de São Paulo [CIESP], 2020).

Os problemas para iniciar ou avançar na implantação da Indústria 4.0 estão diretamente associados à maturidade da empresa em relação a ela mesma, o que gera a necessidade da criação de modelos e métodos específicos para obter melhores resultados (De Carolis *et al.*, 2017b; Trotta & Garengo, 2019).

As pressões enfrentadas por elas, para demonstrar sua capacidade de avançar rapidamente de forma tecnológica e organizacional, criam novas formas de gerir as necessidades, as implantações e os novos projetos (Moreira, Ferreira, & Seruca 2018). A forma de gerenciar e monitorar os projetos da Indústria 4.0 requer adequações devido aos investimentos elevados em busca de resultados expressivos (Barata, da Cunha, & Coyle, 2018).

A Gartner Inc. (2019) aponta que, desde 2012, muitas empresas iniciaram projetos promissores rumo à Indústria 4.0, mas ainda encontram desafios para avançar e estima-se que em 2020, 30% dos projetos serão voltados para esses novos desafios. Em outro estudo, a Gartner Inc. (2019b) demonstra que os projetos das indústrias de manufatura possuem expectativas elevadas na padronização, desenvolvimento em escala, aceleração da inovação, soluções sustentáveis e avanço da Indústria 4.0.

Mesmo que uma empresa esteja posicionada em um nível elevado ou máximo na maturidade da Indústria 4.0, as evoluções ao longo do tempo podem gerar novas necessidades, novas avaliações e, conseqüentemente, projetos para se manter atualizada e bem posicionada no mercado (Bittighofer, Dust, Irslinger, Liebich, & Martin, 2018). As pesquisas e estudos mencionados consideram que a maturidade da Indústria 4.0 é importante para compreensão do estado atual e para o avanço das empresas, mas, também demonstram a importância de entender como a área de Gestão de Projetos auxilia nesse processo. Mapear a área de Gestão de Projetos e suas características em relação à maturidade da Indústria 4.0 pode conduzir a identificar,

priorizar e aferir o nível de contribuição de um ou mais projetos em relação à maturidade da Indústria 4.0.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este projeto está organizado em 6 capítulos.

O Capítulo 1 apresenta uma introdução de todo o conteúdo em discussão, bem como a contextualização, problematização, questão de pesquisa, objetivos e justificativa.

O Capítulo 2 traz o referencial teórico relacionado à Indústria 4.0, sua Maturidade, Projetos e características, resultantes da revisão da literatura, em que se apresenta a primeira proposição de modelo, que servirá de guia para a parte empírica da pesquisa.

No Capítulo 3, desenvolve-se a metodologia de caráter qualitativo e exploratório, com coleta de dados por meio de entrevistas e grupos focais com especialistas da área de Gestão de Projetos da Indústria 4.0.

O Capítulo 4 exhibe a construção do modelo proposto.

No Capítulo 5, evidencia-se a contribuição do modelo como um guia na área de Gestão de Projetos sobre o tema em questão.

O último Capítulo apresenta as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica está organizada em 4 partes. A primeira parte traz conceitos da Indústria 4.0 para auxiliar nas discussões dos demais capítulos. A segunda apresenta um estudo aprofundado sobre a maturidade da Indústria 4.0, modelos de avaliação e características. A terceira traz um estudo de projetos que envolvem a indústria 4.0 para entender as características desses projetos, importantes para a relação entre maturidade da Indústria 4.0 e gestão de projetos. A quarta parte apresenta um modelo inicial que busca auxiliar na identificação das características necessárias para elaboração do modelo proposto neste estudo.

2.1 INDÚSTRIA 4.0

Nos últimos anos, diferentes autores têm estudado aspectos e fenômenos relacionados à Indústria 4.0, procurando definir o que é a referida indústria, assim como, o quanto ela tem avançado. Esta seção busca apresentar alguns conceitos que auxiliam nas discussões dos próximos capítulos, em relação à maturidade da indústria em questão.

A Indústria 4.0 baseia-se em um conceito de *Cyber-Physical Systems* (CPS), definida como uma fusão dos mundos físico e virtual (Almada-Lobo, 2016). Hamidi, Aziz, Shuhidan, Aziz e Mokhsin (2018) definem a Indústria 4.0 em quatro tópicos: (1) fábricas do futuro com sistemas de produção inteligente; (2) nova geração de redes globais; (3) nova forma de integrar e coordenar o ciclo de vida do produto; e (4) oferta de soluções individuais.

Lichtblau *et al.* (2015) referem-se à Indústria 4.0 como a integração digital em tempo real de fornecedores, produtores e clientes ao longo da cadeia de valor, novos modelos de negócios e a fusão entre informações, comunicações, tecnologia e processos. Matt e Benlian (2015) descrevem-na como a transformação da estratégia digital, que representa uma nova forma das empresas organizarem os recursos industriais e tecnológicos.

A transformação proporcionada pela Indústria 4.0 vai além dos sistemas modernos de gestão de manufatura e excelência mundial, apresentando um ambiente de mudanças representadas por uma nova organização, cujo principal objetivo é atender às novas necessidades (Cakmakci, 2019).

A discussão sobre a importância da Indústria 4.0 concentra-se no uso da tecnologia para trabalhar ao lado da indústria. Importante reconhecer que quando a tecnologia está em uso, gera mudanças para a organização, fornecedores e clientes, ambiente econômico e os objetivos organizacionais (Methavitakul & Santiteerakul, 2018; Rajnai & Kocsis, 2018).

Considerando os autores mencionados nesta seção, pode-se afirmar que a discussão sobre a Indústria 4.0 não é mais meramente de ordem tecnológica, porque o uso das tecnologias ocasionou mudanças nas organizações. Considera-se neste estudo que a Indústria 4.0 é a adoção de tecnologias, tais como *Big Data*, Inteligência Artificial, Robôs Autônomos, Simulações, como também o uso das tecnologias e as mudanças na organização perante o uso dessas mesmas tecnologias.

A próxima seção conduz para entender como as empresas podem ser avaliadas em relação à maturidade da Indústria 4.0.

2.2 MODELOS DE MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0

A maturidade da indústria 4.0 foi considerada, inicialmente, como o grau de avanço tecnológico de determinada empresa, sem considerar fatores internos ou externos à organização (Lacueva-Pérez *et al.*, 2018). A maturidade era aferida por avaliações internas, considerando o entendimento da própria empresa em relação à Indústria 4.0. Esse tipo de avaliação apresentava limitações óbvias, porque simplificavam excessivamente a realidade (Schumacher, Nemeth, & Sihn, 2019).

Para avaliar a maturidade e apoiar o avanço da Indústria 4.0, foram criados modelos, baseados em dados de questionários e entrevistas, para obter informações detalhadas sobre a organização, fornecedores, clientes, produção e todos os envolvidos em um novo ambiente tecnológico ou pelos benefícios da tecnologia avançada (Rajnai & Kocsis, 2018). Esses aspectos são considerados e avaliados para não negligenciar as interdependências internas e externas, e para apresentar potenciais de avanço ou riscos rumo à Indústria 4.0 (Lichtblau *et al.*, 2015).

No âmbito da avaliação da maturidade da indústria, existem os modelos de prontidão, considerados como um diagnóstico da situação atual, ou seja, o primeiro passo para avaliar a situação da organização em relação à Indústria 4.0. A partir desse ponto, pode ser estabelecido

um plano para avançar (De Carolis *et al.*, 2017a; Pacchini, Lucato, Facchini, & Mummolo, 2019). Schumacher *et al.* (2016) compartilham do mesmo princípio, afirmando que as avaliações de prontidão têm por objetivo identificar o momento atual de um determinado contexto para capturar o ponto de partida e permitir o início de um novo estágio.

Tanto prontidão quanto maturidade fornecem informações importantes com objetivo de avançar na Indústria 4.0 (Basl, 2018). O modelo a ser utilizado pode ser definido de acordo com o porte de empresa ou de acordo com o objetivo tecnológico ou organizacional que se deseja atingir (Mittal *et al.* 2019). Por fim, é importante definir se a organização tem o objetivo de apenas entender o estado atual ou de evoluir na maturidade, para uma escolha assertiva do modelo a ser adotado (De Carolis *et al.*, 2017c).

Os modelos de prontidão e os de maturidade apoiam as empresas a facilitar e acelerar decisões para que as áreas construam a Indústria 4.0 no tempo esperado e com a atenção voltada para as tarefas relacionadas à execução das mudanças, no sentido de especificar outras expectativas necessárias para transformação (Basl & Doucek, 2019). Esta pesquisa concentra-se em ambos os modelos porque as dimensões dispostas nos modelos permitem um estudo amplo sobre o contexto da maturidade da Indústria 4.0.

Para identificar os modelos de avaliação da maturidade foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), cujos procedimentos metodológicos estão descritos no capítulo 3. Nesta RSL foram identificados 15 modelos de avaliação da maturidade, que serão aqui apresentados.

2.2.1 *IMPULS* (Lichtblau *et al.*, 2015)

O modelo *IMPULS* foi encomendado pelo órgão alemão Verband Deutscher Maschinen Anlagenbau (VDMA), elaborado pelo Instituto de Pesquisa Econômica de Colônia e pelo Instituto de Gerenciamento da Indústria da Universidade Aachen, com o objetivo de medir a prontidão da Indústria 4.0. Para desenvolvimento desse modelo usou-se um método misto, em análise da literatura, experiências, *workshops* e um questionário com 26 questões enviado para 232 empresas.

O modelo *IMPULS* é um modelo de prontidão, composto por seis dimensões, as quais englobam toda a organização, incluindo fatores internos e externos, conforme a seguir.

A primeira dimensão - Estratégia e Organização: Implementação da Indústria 4.0 como parte da estratégia da organização. Operacionalização e revisão da estratégia através de um sistema de indicadores. Investimento diretamente relacionados à Indústria 4.0. Uso de tecnologia e inovação na gestão.

Dimensão - Indústria Inteligente: É o conceito de uma empresa interconectada e inteligente, na qual os sistemas de produção se comunicam diretamente com os sistemas de informação.

Dimensão - Operações Inteligentes: A integração de todos os componentes e sistemas dentro de uma planta é essencial na realização da Indústria 4.0 e para a integração horizontal e vertical da cadeia de valor. A ideia central por trás do sistema integrado de cadeia de valor é a interconexão de todos os parceiros internos e externos da cadeia de valor.

Dimensão - Produtos Inteligentes: Objetos equipados com *Information Communication and Technology* (ICT), tecnologia que torna identificável e de forma única, cada componente da indústria, para interagir, rastrear e melhorar as funcionalidades e os resultados da produção.

Dimensão - Serviços orientados a dados: Outra marca registrada da Indústria 4.0 ao lado do uso de ICT é um repensar nos modelos de negócios com foco na melhoria do benefício para o cliente. As empresas têm as oportunidades de digitalizar negócios convencionais e desenvolver negócios totalmente novos cujo valor agregado deriva de coleta de dados e análise.

Dimensão - Colaborador: Os colaboradores são os mais afetados pelas mudanças no local de trabalho digital. O seu ambiente direto de trabalho é alterado, exigindo adquirir novas habilidades e qualificações. Torna-se cada vez mais crítico para as empresas preparar seus colaboradores para essas mudanças por meio de treinamento apropriado e educação contínua.

O Modelo *IMPULS* apresenta critérios que classificam as organizações em seis estágios conforme a seguir, e que determinam o nível de maturidade em relação à Indústria 4.0.

Classificação das empresas como “Recém-chegadas”:

- **Estágio 0 – Desconhecido:** Uma empresa nesse nível não atende a nenhum dos requisitos para a Indústria 4.0. O nível 0 também é atribuído automaticamente às empresas cujo nível de maturidade era desconhecido ou irrelevante.
- **Estágio 1 – Iniciante:** Uma empresa nesse nível está envolvida na Indústria 4.0 por iniciativas-piloto em vários departamentos e investimentos em uma única área. Apenas alguns dos processos de produção são suportados pelos sistemas de TI e os equipamentos existentes e a infraestrutura satisfazem apenas parcialmente o futuro requisitos de integração. Informações integradas aos sistemas da empresa possuem o compartilhamento limitado a algumas áreas.

Classificação das empresas como “Em aprendizagem”:

- **Estágio 2 – Intermediário:** Uma empresa de nível intermediário incorpora a Indústria 4.0 em sua orientação estratégica. Isto é, a empresa desenvolveu uma estratégia para implementar a Indústria 4.0 e os indicadores apropriados para medir o *status* de implementação. Investimentos relevantes para Indústria 4.0 estão sendo feitos em algumas áreas. Alguns dados de produção são coletados automaticamente e sendo usados em uma extensão limitada.

Classificação das empresas como “Líderes”:

- **Estágio 3 – Experiente:** Uma empresa nesse nível formulou uma Indústria Estratégia 4.0. Destina os investimentos de várias áreas, promovendo a introdução da Indústria 4.0 por meio da gestão da inovação orientada aos departamentos.
- **Estágio 4 – Especialista:** Uma empresa no estágio especialista usa uma estratégia da Indústria 4.0 e passa a monitorá-la com indicadores apropriados. Estão sendo realizados investimentos em quase todas as áreas relevantes e o processo é apoiado por gestão interdepartamental da inovação.
- **Estágio 5 – Alta Performance:** Uma empresa nesse nível já implementou sua estratégia Indústria 4.0 e regularmente monitora o *status* de implementação de outros projetos. Isso é suportado por investimentos em toda a empresa.

O modelo aborda fatores técnicos e organizacionais, além de possuir estágios em 5 segregações que possibilitam avançar de forma escalável sem a necessidade de um salto elevado em comparação ao estágio anterior.

2.2.2 *Industry 4.0 Readiness and Maturity* (Schumacher *et al.*, 2016)

Schumacher *et al.* (2016) apresentam um modelo de maturidade denominado *Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises*, cujo objetivo principal consiste em ampliar o foco dominante da tecnologia de modelos desenvolvidos recentemente com a inclusão dos aspectos organizacionais.

O modelo foi transformado em ferramenta prática e testada em várias empresas, cujas primeiras validações da estrutura demonstraram transparência, fácil utilização e aplicabilidade em ambiente real de produção.

O modelo é composto de nove dimensões que abrangem a organização de forma geral, incluindo fornecedores e clientes. Os autores estabelecem seis estágios, a partir do estágio 0, que descreve uma completa falta de atributos para apoiar os conceitos da Indústria 4.0, até o estágio 5, que representa o estado da arte.

Segue abaixo a descrição de cada uma das nove dimensões presentes no modelo.

A dimensão da estratégia avalia o roteiro de implementação da Indústria 4.0, recursos disponíveis para realização e adaptação de modelos de negócio.

A dimensão da liderança avalia a disposição dos líderes, competências gerenciais, métodos e existência de coordenação central para Indústria 4.0.

A dimensão dos clientes avalia a utilização de dados de clientes na digitalização de vendas e serviços e competência em mídia digital do cliente.

A dimensão dos produtos avalia a individualização de produtos, digitalização de produtos e integração de produtos com outros sistemas.

A dimensão das operações avalia a descentralização de operações, modelagem e simulação interdisciplinar e colaboração interdepartamental.

A dimensão da cultura avalia o compartilhamento de conhecimento, inovação aberta e colaboração da empresa, valor da TI e da comunicação na empresa.

A dimensão dos colaboradores avalia as competências em TI e comunicação dos colaboradores, abertura de colaborar com as novas tecnologias e autonomia de colaborador.

A dimensão da governança avalia os regulamentos trabalhistas para Indústria 4.0 e a adequação de padrões tecnológicos e proteção de direitos da propriedade.

A dimensão da tecnologia avalia a existência da TI e de comunicações modernas, utilização de dispositivos móveis e utilização de comunicação de máquina para máquina.

Comparando com os demais modelos apresentados, este modelo tem o maior volume de dimensões de avaliação, o que possibilita avaliar toda a cadeia envolvida na organização. No entanto, o modelo não apresenta, em detalhes, a escala de avaliação, o que dificulta a compreensão da métrica de avaliação proposta.

2.2.3 PwC *Self-Assessment* (Schrauf, 2016)

O modelo de Schrauf (2016), denominado *PwC Industry 4.0/Digital Operations Self-Assessment* desenvolvido para a empresa Price Waterhouse Coopers Inc., foi projetado para fornecer às empresas a compreensão de sua posição em relação à Indústria 4.0, aferindo a real situação. O modelo é composto por seis dimensões, as quais identificam as necessidades de ação e classificam o seu estágio de maturidade. Este modelo inicia-se com uma auto avaliação, seguido da identificação das necessidades de ação e, por fim, um *benchmark* em relação a outras empresas.

O modelo possui 3 dimensões, cujo objetivo é avaliar e construir um caminho para que a empresa consiga alavancar o nível de maturidade. O estágio de maturidade tem como base o *benchmark* e, por isso, não há estágios descritos.

Dimensão - Digitalização e integração da cadeia de valor vertical e horizontal:

- Digitaliza e integra processos verticalmente em toda a organização, seja no desenvolvimento do produto, fabricação, logística e serviço.

- Todos os dados sobre processos operacionais, eficiência, qualidade do processo de gestão, bem como operações e planejamentos estão disponíveis em tempo real, apoiado por realidade aumentada e otimizado em uma rede integrada.
- A integração horizontal vai além das operações internas de fornecedores para clientes e atinge toda a cadeia de valor.

Dimensão - Digitalização do produto e ofertas de serviços:

- Inclui a expansão de produtos existentes, adicionando sensores ou comunicação inteligentes, dispositivos que podem ser usados como ferramenta de análise de dados, bem como, a criação de novos produtos digitalizados focados em soluções completamente integradas.
- Ao integrar novos métodos de coleta e análise de dados, as empresas são capazes de gerar dados sobre o produto e utilizá-los para refinar produtos e atender às necessidades crescentes dos clientes finais.

Dimensão - Modelos de negócios digitais e acesso ao cliente:

- Gera a capacidade de expandir sua oferta, fornecendo soluções digitais disruptivas, como serviços completos baseados em dados e soluções de plataforma integrada.
- Os modelos de negócios digitais disruptivos, geralmente se concentram na geração de receitas digitais adicionais e na otimização da interação e do acesso ao cliente.
- Os produtos e serviços digitais frequentemente procuram atender os clientes com soluções completas em um ecossistema digital distinto.

O diferencial deste modelo é a comparação da avaliação em relação a outras empresas de modo geral ou do mesmo segmento, visto que, no último *survey* foram apresentados resultados com mais de 2900 empresas (Price Waterhouse Coopers, 2016). No entanto, as poucas dimensões apresentadas não permitem avanços segregados, o que dificulta obter resultados intermediários.

2.2.4 *The Connected Enterprise Maturity* (Rockwell, 2014)

A Rockwell Automation Inc. [Rockwell] (2014), fabricante de soluções industriais, criou um modelo de maturidade, cujo foco é a produção inteligente, considerando tal modelo como o acesso para a transformação digital. Visa prover a convergência de redes empresariais da produção, conectar pessoas, processos e tecnologias com segurança. O modelo tem 5 estágios, sendo o primeiro uma avaliação da infraestrutura e componentes da empresa, até atingir um ambiente colaborativo e preditivo.

Estágio 1 - Avaliação: trata da avaliação da empresa conectada em relação à Tecnologia das Operações (TO) e a TI. São avaliados os itens de infraestrutura de informação (hardware e software), controles e dispositivos (sensores, acionadores, controles de motores, interruptores) que alimentam e recebem dados, redes que movem todas essas informações e, por fim, políticas de segurança (entendimento, organização, aplicação).

Estágio 2 - Rede e controles seguros e atualizados: após identificar lacunas e fraquezas na atual rede da TO e da TI, as atualizações começam com uma visão de longo prazo que contempla expansões de instalações e novas tecnologias. Durante esse estágio, a organização evolui ou constrói a TO e a TI como uma “espinha dorsal” que fornecerá conectividade segura e adaptável do chão de fábrica e sistemas de negócios corporativos.

Estágio 3 - *Working Data Capital (WDC)* definido e organizado: as equipes organizadas para a atualização de TO e da TI definem e organizam a empresa. São todos os dados disponíveis para melhorar os processos de negócios. Nenhum dos estágios são completamente separados dos outros, e isso é especialmente verdade com as mudanças organizacionais no Estágio 2.

Estágio 4 – Analítico: o foco é a mudança de hardware, dispositivos, software e redes para melhoria contínua. A mudança de cultura na empresa passa a reconhecer a capacidade da rede TO / TI em gerar oportunidades em tempo real. No nível operacional, análises utilizando a WDC identificada, ajudarão a identificar as maiores necessidades de informações em tempo real, tais como, problemas persistentes por local, processo, produto, máquina; destinatários autorizados das informações que têm a capacidade de agir sobre as informações; protocolos padronizados que as informações serão adicionadas (muitas proativas e automáticas).

Estágio 5 - Colaboração: cria um ambiente que antecipa atividades em toda a empresa através da cadeia de suprimento e demanda. Dentro da empresa, surgem recursos preditivos que tornam mais eficiente planejamento de produção e gerenciamento de ativos; execução antecipada e nivelada das melhorias da qualidade; e desempenho simplificado de planta para planta. Informações em tempo real traz a capacidade de detectar e manipular os processos da planta em tempo real.

Conforme a Rockwell Automation Inc., “*todo fabricante entrará e progredirá nos estágios do THE CONNECTED ENTERPRISE MATURITY mais adequado a ele, em um ritmo determinado por suas próprias necessidades, infraestrutura, estado atual e recursos*”.

Fica evidente que o modelo tem como foco a integração da TO e da TI para que toda a organização tenha visão dos elementos e das informações que compõem a Indústria 4.0 para apoiar avaliações e decisões. O modelo também traz uma robusta avaliação técnica e evidente, uma vez que seu desenvolvedor é um fabricante de equipamentos industriais.

2.2.5 *Model to evaluate the Industry 4.0 readiness degree* (Lucato, Pacchini, Facchini, & Mummolo, 2019)

O *Model to evaluate the Industry 4.0 readiness degree in Industrial Companies* tem como base a estrutura do *Society of Automotive Engineers (SAE) J4000*, utilizado para medir o nível de implementação do *Lean Manufacturing*. A estrutura foi devidamente modificada para abranger os princípios e conceitos da Indústria 4.0, com o objetivo de apoiar os gerentes na identificação das ações estratégicas, que podem ser adotadas para melhorar o nível de prontidão da empresa, na busca do máximo de benefícios com a implementação da Indústria 4.0.

O modelo compara a situação ideal e a situação atual da empresa, considerando cada uma das tecnologias facilitadoras e seus pré-requisitos. Dessa forma, é possível identificar as ações gerenciais a serem adotadas para promover a implementação da Indústria 4.0. Os autores exemplificam como algumas dessas tecnologias facilitadoras, os robôs colaborativos, *additive manufacturing*, realidade aumentada, simulações, integração de sistemas, *IoTs*, computação em nuvem, segurança cibernética e *Big Data*.

O respectivo modelo é composto de 4 níveis, conforme abaixo:

Nível 0 - A empresa não possui infraestrutura para sistemas digitais, os componentes da Indústria 4.0 não estão presentes ou há grandes inconsistências em sua implementação, e a empresa não possui informações organizadas e mantidas em sistemas digitais.

Nível 1 - A empresa possui uma pequena infraestrutura para sistemas digitais, os componentes da Indústria 4.0 estão presentes, porém, há pequenas inconsistências em sua implementação e a empresa possui uma pequena parte das informações organizadas e mantidas em sistemas digitais.

Nível 2 - A empresa possui uma infraestrutura média para sistemas digitais e os componentes da Indústria 4.0 estão totalmente presentes e efetivamente implementados, e a empresa possui grande parte das informações organizadas e mantidas em sistemas digitais.

Nível 3 - A empresa possui uma infraestrutura completa para sistemas digitais e os componentes da Indústria 4.0 estão totalmente presentes e efetivamente implementados, apresentam melhorias em sua execução nos últimos 12 meses e a empresa tem todas as informações organizadas e mantidas em sistemas digitais.

Os autores mencionam que a principal dificuldade está relacionada na definição dos componentes e dos elementos para a implementação do plano de ação, porque varia de acordo com cada tipo de negócio ou setor, mas por outro lado, a estrutura do modelo pode ser adotada em qualquer tipo de empresa ou setor.

2.2.6 Reifegradmodell Industrie 4.0 (Jodlbauer & Schagerl, 2016)

O *Reifegradmodell Industrie 4.0* é considerado pelos autores acima citados como um modelo de prontidão desenvolvido para suportar empresas na determinação do estado atual em relação à Indústria 4.0. Baseado na melhoria da estratégia, derivam-se medidas para obter êxito no avanço da Indústria 4.0. Além disso, uma base de dados de referência é preenchida para permitir comparações de empresas e observar o desenvolvimento histórico da Indústria 4.0 de prontidão de diversas indústrias.

O modelo é composto por três dimensões conforme abaixo:

Dimensão - Dados: é composta por *Big Data*, sistemas integrados e segurança.

Dimensão - Inteligência: incorpora a tecnologia (identificação, mapeamento, nível de conectividade, capacidade de armazenamento, sensores, equipamento autônomo e capacidade de auto calcular) e independência (capacidade de resposta, adaptabilidade, capacidade de cooperar, simbiose homem-máquina).

Dimensão - Transformação Digital: composta por colaborador (capacidade e vontade) e transformação (modelagem digital contínua, simulação e otimização e substituição de material para digital).

No modelo não há informações detalhadas sobre os estágios, mas mencionam que são dispostos de 0 e 10. O estágio mais baixo é denominado Identificação, caracterizado entre 0 e 1; o segundo estágio entre 2 e 5, compreendidos como Facilitadores; o estágio final é considerado como Inteligência, iniciado no nível 6 até o nível 10.

Os autores do modelo acima mencionam que os resultados permitem as empresas desenvolver estrategicamente o nível de maturidade desejado. Além disso, haverá um banco de dados de referência com todos os resultados de projetos corporativos registrados, com comparações setoriais do desenvolvimento da Indústria 4.0.

2.2.7 Three-stage Maturity (Ganzarain & Errasti, 2016)

No modelo *Three-stage Maturity Model in SME's towards Industry 4.0*, os autores propõem um modelo com uma estrutura orientadora para a visão de diversificação colaborativa, estratégica e ações de desenvolvimento para a Indústria 4.0. Trata-se de um processo para orientar e treinar as empresas a identificar novas oportunidades de diversificação dentro da Indústria 4.0.

O modelo foi aplicado em empresas, agências de desenvolvimento regionais e Universidades do País Basco, onde organizações demonstraram uma necessidade diversificada na definição da maturidade da Indústria 4.0. Destaca-se que todas possuíam informações para desenvolver um mercado mais amplo, ou seja, necessidade de evoluir na maturidade da Indústria 4.0.

O modelo é composto por 3 três estágios e 5 níveis, e cada estágio, gera informações para o estágio seguinte. Este modelo não é definido por dimensões.

Estágio 1 - Visão 4.0: é dedicado a definir uma visão personalizada da Indústria 4.0 desenvolvendo sua própria compreensão das ideias gerais do setor 4.0, referente as capacidades específicas da empresa. Nesta fase, especialistas externos e parceiros tecnológicos estão envolvidos para mostrar resultados relevantes e melhores práticas e apoiar o processo de construção da visão da Indústria 4.0. A saída dessa etapa é uma visão personalizada da empresa para um futuro estado final, apoiando os desafios futuros.

Estágio 2 - Roadmap 4.0: é o facilitador do processo de planejamento e alinhamento da estratégia para visualizar e estruturar as diferentes estratégias. O roteiro permite desenhar estratégias e restrições em camadas separadas em relação a uma linha do tempo para implementação. Neste roteiro são identificados os componentes industriais, tecnologias e requerimentos para construção da Indústria 4.0.

Estágio 3 - Projetos 4.0: descreve um mapa oportuno com várias perspectivas da estratégia geral em direção à Visão da Indústria 4.0, que gera ações concretas. O mapa é composto de treinamento e capacitação a todos os envolvidos na utilização das tecnologias implantadas, mapeamento dos riscos envolvidos e um portfólio de projetos específicos para o avanço.

O modelo apresenta cinco níveis de maturidade de acordo com os estágios, conforme abaixo:

- **Nível 1 - Inicial:** não existe uma visão específica da Indústria 4.0 da empresa.
- **Nível 2 - Gerenciado:** existe um roteiro da estratégia da Indústria 4.0.
- **Nível 3 - Definido:** segmentos de clientes, proposição de valor e principais recursos definidos.
- **Nível 4 - Transformação:** transforma a estratégia em projetos concretos.
- **Nível 5 - Modelo de Negócio Detalhado:** transformação do modelo de negócios.

Os estágios no modelo acima possibilitam uma visão clara da prontidão, mas, ao mesmo tempo, as poucas dimensões não permitem um detalhamento maior das ações necessárias para o avanço.

2.2.8 Acatech (Schuh *et al.*, 2017)

O modelo *Industrie 4.0 maturity index Acatech* traz o resultado de vários estudos da Academia Nacional de Ciência e Engenharia Alemã, cujo objetivo é o de prover avaliações orientadas ao futuro e baseadas nas iniciativas de transformação digital e seus principais obstáculos.

O modelo foi construído em 4 fases, tendo na primeira, a discussão de vários projetos com parceiros estratégicos da indústria e do meio acadêmico. Na segunda fase, um comitê de direção que revisou e atualizou o formato do projeto. Na terceira fase, a viabilidade dos projetos foi validada em uma empresa de manufatura baseada em tecnologia. A quarta fase foi construída em paralelo com as outras três, incluindo a verificação dos resultados.

O modelo apresenta quatro áreas principais consideradas como dimensões, definidas da seguinte forma:

Dimensão - Recursos: capacidade digital e comunicação estruturada.

Dimensão - Sistemas de informação: processamento de informações de autoaprendizagem e sistema de informação.

Dimensão - Estrutura organizacional: organização interna e colaboração dinâmica dentro da rede de valor.

Dimensão - Cultura organizacional: disposição para mudar e colaboração social.

O modelo abrange os seguintes estágios de avaliação:

Estágio 1 – Informatização: significa a instalação de computadores e sistemas de informação, responsáveis pelo suporte às tarefas, com sistemas de processamento de dados, que resultarão em benefícios para aliviar os colaboradores das atividades manuais repetitivas.

Estágio 2 – Conectividade: refere-se à conexão e estruturação de computadores e de sistemas de processamento de dados com a ajuda da intranet e/ou internet para dar suporte aos principais processos de negócios.

Estágio 3 – Visibilidade: criação de um ambiente digital em tempo real na fábrica, apoiando a decisão por gerenciamento de dados. A visibilidade pode ser alcançada com a ajuda de *Enterprise Information Systems* (EIS), como, por exemplo, *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Product Lifecycle Management* (PLM) e *Manufacturing Execution System* (MES).

Estágio 4 - Transparência: permitir a visualização de eventos para entender a causa raiz do seu acontecimento, como, problemas, por exemplo.

Estágio 5 – Previsibilidade: construção sobre o entendimento do estágio Transparência e avanço para planejar e tomar decisões com base em cenários futuros.

Estágio 6 – Adaptabilidade: inclusão de resposta autônoma de máquinas e outros sistemas, com base na capacidade preditiva.

O modelo apoia-se na avaliação do nível de maturidade da organização e na maneira de prosseguimento para um novo estágio. Não se trata de apenas um modelo de auto avaliação, uma vez que, se torna possível apoiar as empresas no avanço do desenvolvimento da Indústria 4.0.

2.2.9 SPICE (Gökalp, Şener, & Eren, 2017)

O modelo *Industry 4.0-Maturity Model* foi construído a partir do ISO/IEC 15504, também conhecido como *Software Process Improvement and Capability Determination* (SPICE). O motivo da seleção do SPICE, é por sua estrutura considerada pelos autores como bem definida e comumente aceita para a avaliação de melhorias, além da adequação para avaliação e desenvolvimento do nível de maturidade das organizações no contexto da Indústria 4.0.

O modelo visa criar uma base comum com objetivo de realizar uma avaliação da Indústria 4.0 e orientar as empresas a alcançar um estágio de maturidade mais elevado, a fim de maximizar os benefícios econômicos da Indústria 4.0. Portanto, o *Industry 4.0-Maturity Model* fornece padronização no *benchmark* contínuo e melhoria dos negócios na indústria de transformação.

O modelo é composto por 5 dimensões, numa abrangência de toda a organização, com 6 estágios, conforme se segue abaixo:

Dimensão - Gerenciamento de ativos: abrange os sistemas de TI da organização e a leitura tecnológica da 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. Essa dimensão afere o nível de suporte que a organização pode fornecer para domínios de tecnologia de ponta que incluem arquitetura orientada a serviços, computação em nuvem, segurança de TI, IoT e redes sem fio industriais.

Dimensão - Governança de dados: esse aspecto investiga o nível de capacidade de 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 manufatura, bem como sistemas de informação, permitem que as organizações tomem decisões em tempo real sobre operações atuais ou futuras.

Dimensão - Gerenciamento de aplicativos: Com a Indústria 4.0, espera-se que aplicativos e sistemas modernos sejam desenvolvidos principalmente como resultado das tecnologias de fabricação e tecnologias de automação. O principal objetivo desta dimensão é garantir a construção de sistemas de informação seguros e que funcionem apropriadamente para seus negócios e usuários.

Dimensão - Alinhamento Organizacional: Refere-se ao gerenciamento de empresas quanto estrutura organizacional e estratégia dos negócios. Do ponto de vista gerencial, o conhecimento sobre as vantagens do conceito de fabricação inteligente afeta significativamente a decisão de investimento e implementação da TI.

Dimensão - Transformação de processo: esse aspecto abrange a transformação dos processos básicos de cada sistema empresarial que são, planejamento, aquisição, produção, 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 da empresa deve ser mapeado para o mundo digital.

Estágio 0 - Incompleto: as práticas básicas são parcialmente alcançadas ou ainda não há implementação. A organização se concentra apenas nas operações fundamentais, tais como, análise de requisitos, aquisição, produção e vendas.

Estágio 1 - Executado: O início da transformação. A infraestrutura tecnológica para a transição da Indústria 4.0 é necessária e a organização tende a empregar tecnologias inteligentes. A visão da Indústria 4.0 existe, com um roteiro para a estratégia de transição, mas sem estar totalmente implementada.

Estágio 2 - Gerenciado: o conjunto de dados relacionado a cada operação é definido e começa a ser coletado, mas não é integrado às diferentes funcionalidades das operações. Itens físicos estão começando a ser representados por um mundo virtual.

Estágio 3 - Estabelecido: as principais atividades do negócio, as operações de valor agregado são bem definidas, e as qualificações dos processos e operações são consistentes com a padronização correspondente. O conjunto de dados é claramente identificado para cada operação da organização e coletado e armazenado sistematicamente em um banco de dados bem gerenciado.

Estágio 4 - Previsível: a integração horizontal inclui a integração entre sistemas de produção e sistemas de negócios, que atinge também a integração da cadeia de suprimentos. Informações em tempo próximo do real e especificidades de produtos ou processos são otimizadas para aumentar o nível de detalhe e qualidade.

Estágio 5 - Otimização: foi alcançada a integração com a vida útil da engenharia e do produto/produção para permitir o compartilhamento e a sincronização de conhecimento com baixo esforço entre o desenvolvimento de produtos e serviços e os ambientes de fabricação. A organização aprende com os dados coletados e tenta melhorar seus negócios continuamente.

Os autores mencionam que existe uma necessidade fundamental de ajudar as empresas em suas transições para a utilização das tecnologias e práticas da Indústria 4.0. A orientação para melhorar suas capacidades de maneira padronizada, objetiva e replicável, portanto, abordagens estruturais, como Modelos de Maturidade, possibilitam auxiliar as organizações, fornecendo-lhes orientações abrangentes, além de introduzir um roteiro.

O modelo apresenta uma abordagem técnica detalhada para avaliação dos componentes envolvidos. Mesmo sem uma avaliação de aspectos organizacionais, há uma visão da empresa em relação ao que está sendo empregado no aspecto tecnológico.

2.2.10 DREAMY (De Carolis, 2017c)

Na construção do modelo *DREAMY - Digital Readiness Assessment Maturity Model*, foi fundamental identificar os aspectos relevantes dos processos de fabricação, selecionando as atividades, estratégicas para a transformação digital.

Ao estruturar os processos relevantes de fabricação, considerou-se que as empresas dependem da estratégia de produção; produção para estoque ou pedidos. Assim, cada empresa pode construir sua vantagem competitiva de acordo com o processo de produção determinado.

O objetivo não é concentrar na estratégia de uma única empresa de fabricação, mas construir uma arquitetura modular e escalável, permitindo a adaptação às necessidades e, assim, avaliar de empresas que utilizam diferentes estratégias de produção e, conseqüentemente, os diferentes níveis de maturidade.

Na definição dos níveis de maturidade, fica claro que devem ser avaliados os recursos digitais de uma empresa, e não apenas a tecnologia usada no apoio aos processos. Sem processos estruturados e uma organização com estruturas digitais definidas, uma empresa não poderá explorar as oportunidades das tecnologias.

A partir das considerações acima, das evidências apresentadas na literatura e tendo em vista o objetivo do próprio modelo de maturidade, decidiu-se avaliar a prontidão digital das empresas de manufatura através de quatro dimensões de análise.

Dimensão – Processo: maneira pela qual os processos são realizados.

Dimensão - Monitoramento e Controle: a maneira pela qual os processos são monitorados e controlados através de avaliação dos *feedbacks* recebidos de sua execução.

Dimensão - Tecnologia são as tecnologias que suportam os processos.

Dimensão - Organização são as estruturas organizacionais por trás desses processos.

Os níveis baseiam-se nos princípios da estrutura *Capability Maturity Model Integration* (CMMI), modelo desenvolvido pelo *Software Engineering Institute* (SEI) da Universidade Carnegie Mellon, voltado para melhoria de processos corporativos. O principal motivo dessa

escolha é a estrutura definida de níveis de maturidade, dentro da especificação das capacidades de nível de cada empresa.

Estágio 1 - Inicial: O processo é mal controlado ou não é totalmente controlado. A administração é reativa, desprovida dos recursos organizacionais e “ferramentas” tecnológicas para a construção de uma infraestrutura que permita sequenciamento, usabilidade e extensão das soluções utilizadas.

Estágio 2 - Gerenciável: O processo é parcialmente planejado e implementado. Gerenciamento de processos é fraco devido à falta de organização e tecnologias facilitadoras. As escolhas são orientadas por objetivos específicos de projetos únicos de integração e/ou pela experiência do planejador, que demonstra uma maturidade parcial no gerenciamento do desenvolvimento da infraestrutura.

Estágio 3 - Definido: A definição do processo dá-se no planejamento, na implementação de boas práticas e procedimentos de gestão, a qual é limitada por algumas restrições e responsabilidades nas tecnologias facilitadoras.

Estágio 4 – Integrado e Interoperável: Construção do processo na integração e na interoperabilidade de algumas aplicações e no intercâmbio de informações, totalmente planejado e implementado.

Estágio 5 – Orientado ao Digital: O processo é orientado para o digital, baseando-se em sólida infraestrutura tecnológica e organização de alto potencial de crescimento, sustentada por alto nível de integração e interoperabilidade, velocidade, robustez e segurança na troca de informações.

O modelo apresenta uma avaliação técnica consistente, que provê um mapa e uma visão geral em relação à Indústria 4.0. Entretanto, pouco se explora fatores organizacionais mais amplos como cultura, colaboradores, liderança, dentre outros.

2.2.11 *A categorical framework of manufacturing* (Qin, Liu, & Grosvenor, 2016).

O estudo do modelo *A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond* teve um enfoque na concepção fundamental da Indústria 4.0 e no estado dos sistemas

de fabricação atuais. O modelo também identifica as lacunas de pesquisa entre os sistemas atuais de fabricação e os requisitos do setor 4.0. A principal contribuição é uma estrutura de implementação da Indústria 4.0, que consiste numa estrutura multicamada, a qual pode ajudar os profissionais e empresas a entenderem e, desse modo, atingir os requisitos da Indústria 4.0.

O modelo apresenta um sistema de fabricação e seus diferentes níveis de maturidade, em que os autores propõem solucionar essas lacunas adotando e implementando tecnologias da Indústria 4.0, bem como práticas de automação digital e inteligente.

As dimensões consideradas neste estudo são:

Dimensão - Fábrica: Como um dos principais componentes da Indústria 4.0, a futura fábrica envolverá uma nova integradora, em que se conectam não apenas todos os recursos de fabricação (sensores, atuadores, máquinas, robôs e transportadores) para a troca de informações automaticamente, mas também para se tornar consciente e inteligente o suficiente para prever, manter e controlar a produção da fábrica.

Dimensão - Negócio: A Indústria 4.0 implica numa comunicação completa entre várias empresas, fábricas, fornecedores, logísticas, recursos e clientes. Todos os setores otimizam sua configuração em tempo real, dependendo das demandas e *status* das seções associadas na rede, que gera lucro máximo para todos os envolvidos.

Dimensão - Produtos: Beneficiando-se da Indústria 4.0, propor-se-á um novo tipo do produto gerado na manufatura, o produto inteligente. Os produtos inteligentes são incorporados com sensores, componentes identificáveis, processadores de informações, transmitindo *feedback* dos usos para o sistema de fabricação. Com esses elementos, muitas funções podem ser adicionadas aos produtos, por exemplo, medir o estado de produtos ou usuários, transportando informações, rastreando os produtos e analisando os resultados, segundo informação.

Dimensão - Clientes: Os clientes também terão muitas vantagens no setor 4.0. O fornecimento de novo método de compra lhes permitirá pedidos, independentemente da função dos produtos ou quantidade, mesmo que seja apenas um). O benefício dos produtos inteligentes permite ao cliente não apenas ter informações de produção do produto, como também orientação sobre sua utilização.

As análises dos autores sobre as tecnologias capacitadoras mostram que elas podem ser classificadas por níveis de inteligência, baixa ou alta; nível de controle, integração e inteligência.

Estágio 1 – Automação. As tecnologias: controle numérico por computador, controle lógico programável e análise estatística de probabilidade, dentre outras, são usadas para substituir a força de trabalho e otimizar a eficiência da produção.

Estágio 2 - Integração, *IoTs* e *CPS* aplicam-se à manufatura, com base nas tecnologias de nível de controle, gerando o ambiente e as redes de manufatura digital. Conecta não apenas o *hardware*, mas também cria a comunicação entre os sistemas de controle.

Estágio 3 – Inteligência. A manufatura usa dados ou informações obtidas no nível de integração para criar o plano e tomar decisões por tecnologias inteligentes, como mineração de dados avançada e análise de *Big Data*.

As revisões de tecnologia por si só não são suficientes para entender o desempenho da aplicabilidade da tecnologia, sendo necessárias metas de atuação categóricas. O sistema de produção é discutido como a gama de metas para atuação da tecnologia, englobando não somente o sistema de produção que atua na fábrica, como máquinas, robôs, processo de produção e o sistema da fábrica, mas também outras características como clientes, logística e recursos humanos.

A estrutura deste modelo envolve apenas fábricas possuidoras de um nível tecnológico baixo ou tecnologias inteligentes mais baixas, com um roteiro de desenvolvimento para a Indústria 4.0.

O modelo em questão tem dimensões que possibilitam avaliar toda a cadeia de valor da empresa; por outro lado, os 3 estágios de avaliação não permitem uma escalabilidade gradativa, o que leva a medir o avanço em um espaço de tempo mais amplo.

2.2.12 SMSRL (Jung *et al.*, 2016).

No modelo *An overview of a smart manufacturing system readiness assessment* (SMSRL), os autores propõem um método para avaliar uma fábrica quanto à sua prontidão para

implementação de tecnologias. Os estágios de prontidão propostos fornecem aos usuários uma indicação do estado atual da fábrica, quando comparados com um modelo de referência. Conhecendo esse estado, os usuários podem desenvolver um plano para aumentar sua prontidão. Por meio da análise de validação, é possível demonstrar que a avaliação tem uma correlação positiva com o desempenho operacional.

A avaliação SMSRL fornece uma medida quantitativa de tal capacidade, medida em forma de índice, usada para *benchmark*, composta de 4 dimensões, conforme se segue logo abaixo.

Dimensão - Maturidade Organizacional é conceitualmente definida como a abrangência das atividades no modelo de atividade de referência realizado pelos fabricantes. É medido por processos gerenciadores de cada atividade ou por recurso humano responsável pelas atividades, se houver.

Dimensão - Maturidade da TI é conceitualmente definida como o grau em que os recursos de TI estão disponíveis e funcionando. Os recursos de TI se referem a ferramentas e métodos computadorizados. Por exemplo, um método de análise baseado em papel para *design* de *layout* não seria qualificado como um recurso de TI.

Dimensão - Maturidade do Gerenciamento de Desempenho é conceitualmente definida como o grau em que as medidas de desempenho são usadas e monitoradas. Essa dimensão também leva em conta a conectividade entre diferentes medidas de desempenho operacional, quando apropriado.

Dimensão - Maturidade da Conectividade da Informação é conceitualmente definida como a maturidade do método para trocar as informações necessárias e o grau em que as informações são compartilhadas.

O modelo possui 6 estágios de avaliação, os quais permitem avançar gradativamente de acordo com a necessidade de cada organização. Dentre os modelos estudados, pode ser considerado o de maior volume de escala na avaliação da maturidade.

Estágio - Não desempenha: processos regulares e tradicionais de produção e organização.

Estágio - Inicial: processos estabilizados, mas não preditivos.

Estágio - Gerenciável: processos caracterizados por projetos.

Estágio - Definido: processos caracterizados para a organização.

Estágio - Qualitativo: processos mensurados e controlados.

Estágio - Otimizado: foco na melhoria do processo.

O modelo apresentado tem foco muito específico nas tecnologias empregadas e na efetividade desses processos, o que, torna o modelo robusto, quando o foco da avaliação é a TI.

2.2.13 Maturity and readiness model (Akdil, Ustundag, & Cevikcan, 2018).

Akdil, Ustundag e Cevikcan (2018) consideram o modelo *Maturity and readiness model for industry 4.0 strategy* como uma ferramenta muito importante para a Indústria 4.0, quando se busca por avaliação de processos, produtos e organizações, na compreensão do nível de maturidade.

Para facilitar diferentes análises da maturidade, o modelo proposto inclui um total de 13 campos associados, agrupados em 3 dimensões, que se baseia nos princípios e tecnologias da Indústria 4.0.

Dimensão - Produtos e serviços inteligentes: é formada para medir recursos dos produtos das empresas e as ofertas de serviços orientadas pelo produto.

Dimensão - Processos de negócios inteligentes: é considerada como uma dimensão com funções e operações de empresas para avaliar seu nível de maturidade em relação a princípios e tecnologias da Indústria 4.0.

Dimensão - Estratégia e organização: pode ser definida como uma "entrada" para transformação da Indústria 4.0, cuja importância consiste em moldar negócios e organização. Desenvolvimento de novos produtos inteligentes, serviços orientados a dados, negócios inteligentes, geração de modelos adequados, investimentos em tecnologias, colaboração com

parceiros estratégicos que proporcionam rápida progressão, estrutura organizacional e liderança.

Para identificar o nível de maturidade do setor 4.0, apresentam-se quatro estágios, com respostas da pesquisa avaliadas segundo ausência, existência, sobrevivência e maturidade. Perguntas associadas a cada estágio são aferidas 0 (ausência) e 3 (maturidade) para determinar um nível de maturidade.

Estágio 0 - Ausência: identifica o nível de uma empresa que não atende a nenhum dos requisitos para a Indústria 4.0, ainda que alguns dos requisitos possam existir, mas em nível baixo.

Estágio 1 – Existência: é um nível de maturidade da empresa com algumas iniciativas piloto em seus departamentos funcionais. Ela fornece produtos, mas eles não se classificam como totalmente inteligentes. Os níveis de integração e automação são baixos e os níveis de coleta/uso dos dados não são suficientes para a transformação da Indústria 4.0. Tecnologias digitais não foram implementadas em todas as operações, com a disponibilidade da infraestrutura também de baixo nível. A alta gerência considera implementação da estratégia da Indústria 4.0 com investimentos em algumas áreas. Há iniciativas piloto para gerar modelos de negócios ou transformar o atual. No entanto, a estrutura organizacional não é adequada suficientemente.

Estágio 2 – Sobrevivência: é um nível de maturidade em que os produtos da empresa possibilitam gerenciamento de dados em tempo real e rastreamento por diferentes sites; além disso, as ofertas de serviços orientadas a dados são de nível médio. Processos de negócios da empresa enquadram-se em nível médio quanto à integração, compartilhamento / coleta / uso de dados e agilidade. Processos prontos para descentralização e princípios de interoperabilidade são implementados em algumas áreas da empresa com suporte a tecnologias digitais. A empresa considera novas oportunidades de negócios em nível médio, criando parcerias com outras empresas ou instituições de ensino. A estrutura organizacional é adequada para projetos iniciais da Indústria 4.0, tendo novos modelos de negócios gerados.

Estágio 3 – Maturidade: é um nível de maturidade em que os produtos da empresa definidos como serviços inteligentes e orientados a dados são fornecidos em alto nível. Existem processos de negócios da empresa de alto nível quanto à integração, compartilhamento, coleta

e uso de dados, e agilidade. É possível descentralizar quase todos os processos; o princípio de interoperabilidade é implementado em muitas áreas da empresa com suporte de tecnologias digitais avançadas. A equipe de liderança fornece amplo suporte para a Indústria 4.0, com investimentos para quase todos os departamentos. A estrutura organizacional é adequada para gerenciar a transformação em toda a empresa, que passa a criar muitas parcerias com outras empresas, acadêmicos, fornecedores e provedores de tecnologia. Os modelos de negócios digitais são integrados aos modelos de seus negócios atuais, gerando receita com esses modelos.

Cada campo associado ao modelo de maturidade é classificado com perguntas relacionadas à pesquisa, pontuadas de 0 a 3. Ao final, os pontos calculados dos campos associados são agrupados em dimensões para identificar níveis de maturidade de forma individual para cada dimensão e em uma classificação geral para avaliar a organização.

Os estágios possibilitam ampla facilidade para aferir o avanço, mas as três dimensões no modelo não permitem uma avaliação detalhada da organização.

2.2.14 Development of a Digitalization MM (Canetta, Barni, & Montini, 2018).

Conforme os autores, o objetivo do modelo *Development of a Digitalization Maturity Model* tem duplo papel. Por um lado, cria um instrumento de avaliação destinado a fornecer uma análise descritiva da maturidade das empresas em relação à Indústria 4.0, por outro, permite uma comparação com outras empresas para formar diferentes setores e estratégias de produção.

Para apoiar a aplicação do roteiro proposto, o modelo de maturidade compõe-se das seguintes dimensões:

Dimensão - Estratégia: a adoção de tecnologias e métodos da Indústria 4.0 depende muito da empresa e da sua estratégia de produção.

Dimensão - Processos: analisa a integração entre processos, coleta de dados e segurança de TI. Em particular, essa seção visa a interesse de digitalização, colaboração de departamentos, integração de máquinas e sistemas, coleta de dados, controle de estoque e soluções de TI.

Dimensão - Tecnologia: A busca de conhecimentos sobre a implementação de diferentes tecnologias e técnicas é de fundamental importância para a Indústria 4.0.

Dimensão - Produtos e Serviços: Exame do impacto da Indústria 4.0 nos produtos e serviços, com foco na análise de seus recursos digitais, na possibilidade de rastreamento de produtos e seu gerenciamento, especialmente de produtos relativos ao ciclo de vida.

Dimensão - Colaborador: Refere-se à presença de colaboradores dedicados à jornada da Indústria 4.0, considerando a avaliação das habilidades dos colaboradores.

A metodologia desenvolvida parte de uma análise estratégica do posicionamento da empresa em relação a questões de digitalização, no aprofundamento gradual em nível de detalhe, a partir de análise dos processos mais relevantes da empresa, para eventualmente analisar o impacto das mudanças tecnológicas e metodológicas em atividades e força de trabalho. Dessa maneira, a estrutura estende a abordagem proposta, resultando em qualificações e habilidades para o colaborador do futuro.

Para cada uma das etapas adotadas, avalia-se a maneira de produzir aquilo que caracteriza como necessidades da empresa, em relação ao domínio da Indústria 4.0. Para alcançar esses resultados, a atividade de análise tira proveito de diferentes instrumentos, projetado para atender melhor aos requisitos dos estágios; questionário de alto nível para análise estratégica e posicionamento da empresa no processo de digitalização; análise de processos de maior interesse e entrevistas com colaboradores de referência; entrevistas com colaboradores envolvidos nas atividades de identificação de lacunas no campo das habilidades profissionais.

Estágio 1 - Avaliação da maturidade da digitalização: O primeiro passo envolve a compilação de um questionário estruturado em 5 seções, cada uma dedicada à análise para identificação do impacto atual e da expectativa a fim de atingir o nível de digitalização, com particular referência a Estratégia, Processos, Produtos e Serviços, Tecnologias e Pessoal. O questionário fornece, como resultado, uma avaliação da empresa, em cada uma das categorias consideradas.

Estágio 2 - Análise relacionada ao processo: O segundo nível fornece um foco em profundidade nos processos, tendo como base, a análise da etapa anterior. Para esse fim, a análise assume uma abordagem mais interativa, integrando entrevistas estruturadas com

contatos para rastrear os processos de maior interesse: infraestrutura tecnológica utilizada e necessidades do processo.

Estágio 3 - Requisitos baseados em atividades: O terceiro nível de análise fornece uma análise relevante das atividades de cada processo na definição da integração das tecnologias e métodos da Indústria 4.0 e nas modificações relacionadas às atividades, que resultam em mudança nas condições de trabalho e habilidades. A análise concentra-se nos dois aspectos a seguir: (1) criação de valor (habilidades ativadas digitalmente, desempenho da força de trabalho digitalmente, operações ativadas digitalmente); e (2) análise de requisitos de habilidades da força de trabalho (habilidades necessárias na transição para Indústria 4.0, habilidades necessárias nas atividades modificadas Indústria 4.0).

Ao contrário do modelo *Maturity and readiness model*, as dimensões possibilitam ampla facilidade na aferição do avanço. Os poucos estágios apresentados não possibilitam um avanço segregado e, conseqüentemente, uma possível morosidade desse quesito.

2.2.15 SIMMI 4.0 (Leyh *et al.* 2016).

Os autores apresentam o modelo *System Integration Maturity Model Industry 4.0* (SIMMI 4.0) que permite à empresa classificar sua TI, utilizando as dimensões, elencadas a seguir:

Dimensão - Integração vertical: Tal dimensão concentra-se nos componentes do nível mais baixo de uma empresa, sendo os mesmos, produtos físicos, máquinas e a troca de informações entre estes mesmos componentes.

Dimensão - Integração horizontal: o setor 4.0 requer integração horizontal nas diferentes redes de valor. Um sistema automatizado e integrado ao fluxo de informações é necessário ao longo da empresa horizontal, além das fronteiras da empresa. Sem esse fluxo de informações, uma rede de valor para toda a empresa não é realizável, o que significa que os vários sistemas corporativos dos diferentes parceiros nas redes de valor exigem interoperabilidade no nível dos dados.

Dimensão - Desenvolvimento de produto digital: para a continuidade digital da engenharia, é especialmente importante que cada etapa do processo seja representada

digitalmente. Para esse fim, pelo menos um sistema corporativo deve ser integrado em cada respectiva etapa do processo.

Dimensão - Critérios de tecnologia transversal: Esta dimensão se concentra em avaliar até que ponto as tecnologias são usadas em todos os diferentes campos da Indústria 4.0. Com base nos requisitos, os respectivos campos são: Arquitetura orientada a serviços, Computação em nuvem, *Big Data* e Segurança de TI. Além disso, o nível de suporte que os sistemas corporativos podem fornecer para esses campos deve ser avaliado nesta dimensão.

O modelo consiste em 5 estágios, com descrição das várias características da digitalização respectivamente, permitindo à empresa sua própria avaliação.

Estágio 1 - Nível básico de digitalização: A empresa não abordou a Indústria 4.0, cujas exigências não são ou são apenas parcialmente atendidas. Os sistemas corporativos ao longo da cadeia de valor da empresa suportam apenas seus respectivos campos de atividade. Quando a integração é alcançada, isso ocorre com implementações e interfaces complexas. Além disso, os processos não são digitais ou são apenas parcialmente digitais. A empresa não busca serviços orientados e abordagens baseadas na nuvem.

Estágio 2 - Digitalização interdepartamental: A empresa está ativamente envolvida nos tópicos do setor 4.0. A digitalização foi implementada em todos os departamentos e os primeiros requisitos da Indústria 4.0 foram implementados em toda a empresa.

Estágio 3 - Digitalização horizontal e vertical: A empresa é digitalizada horizontal e verticalmente. Os requisitos da Indústria 4.0 foram implementados dentro da empresa e os fluxos de informações foram automatizados. O desenvolvimento do produto é consistentemente suportado por sistemas corporativos.

Estágio 4 - Digitalização completa: A empresa foi completamente digitalizada, além das fronteiras corporativas e integradas às redes de valor. As abordagens do setor 4.0 são ativamente seguidas e ancoradas dentro da estratégia corporativa. Conseqüentemente, o nível de integração pode ser descrito como horizontal e vertical para toda a empresa e entre empresas integração.

Estágio 5 - Digitalização completa otimizada: A empresa é uma vitrine para as atividades da Indústria 4.0, numa robusta colaboração com seus parceiros de negócios e,

portanto, na otimização de suas redes de valor. Por meio dessas colaborações, novos modelos de negócios e novas soluções de ponta a ponta são desenvolvidos e ativados. Durante esse processo de desenvolvimento, cada etapa dentro e fora da empresa é digitalizada. Dentro das redes de valor, o fluxo de informação pode ser representado digitalmente, de modo que todo o valor pode ser simulado em tempo real. Assim, é possível realizar automaticamente os ajustes necessários para todas empresas da rede de valor.

O modelo abrange toda a cadeia de valor da organização e os estágios permitem uma avaliação segregada. Dessa forma, o modelo pode aferir a maturidade de forma gradual e trazer resultado em menor espaço de tempo.

2.3 CARACTERÍSTICAS DOS MODELOS DE MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0

Considerando a análise dos modelos, apenas três modelos apresentaram características diferentes dos demais: o modelo Rockwell (2014) e o *Model to evaluate the Industry 4.0 readiness degree* (Lucato *et al.*, 2019), os quais, possuem somente estágios de evolução e são aferidos de acordo o estado atual da empresa avaliada, e o modelo de Schrauf (2016) que não possui estágios, somente dimensões aferidas por percentuais de atingimento mediante uma avaliação de *benchmark*.

	Tipo de Modelo	Abrangência	Quant. Dimensões	Quant. Estágios
<i>Maturity and Readiness Model</i> Akdil <i>et al.</i> (2018)	Maturidade	Organizacional	3	4
<i>Development of a Digitalization Maturity Model</i> Canetta <i>et al.</i> (2018)	Maturidade	Organizacional	5	3
<i>DREAMY</i> De Carolis <i>et al.</i> (2017c)	Maturidade	Organizacional	4	5
<i>Three-stage Maturity</i> Ganzarain e Errasti (2016)	Maturidade	Organizacional	3	5
<i>SPICE</i> Gökalp <i>et al.</i> (2017)	Maturidade	Organizacional	5	6
<i>Reifegradmodell Industrie 4.0</i> Jodlbauer e Schagerl (2016)	Prontidão	Organizacional	3	11
<i>SIMMI 4.0</i> Leyh <i>et al.</i> (2016)	Maturidade	Organizacional	4	5
<i>IMPULS</i> Lichtblau <i>et al.</i> (2017)	Prontidão	Organizacional	6	6
<i>PwC Self-Assessment</i> Schrauf (2016)	Prontidão	Organizacional	4	-
<i>A categorical framework of manufacturing</i> Qin <i>et al.</i> (2016)	Maturidade	Organizacional	4	6
<i>Connected Enterprise Maturity Model</i> Rockwell (2014)	Maturidade	Tecnológico	-	5
<i>Model to evaluate the Industry 4.0 readiness degree in Industrial Companies</i> (Lucato <i>et al.</i> 2019)	Prontidão	Tecnológico	-	4
<i>Acatech</i> Schuh <i>et al.</i> (2017)	Maturidade	Organizacional	4	6
<i>Industry 4.0 Readiness and Maturity</i> Schumacher <i>et al.</i> (2016)	Maturidade	Organizacional	9	6
<i>SMSRL</i> Jung <i>et al.</i> (2016)	Prontidão	Organizacional	4	6

Tabela 1 - Mapa dos Modelos de Prontidão e Maturidade

Fonte: Elaborado pelo autor

O mapeamento dos modelos resultou em cinco modelos de prontidão e dez modelos de maturidade, apresentados na Tabela 1, dispostos em dimensões e estágios. As dimensões referem-se às áreas ou temas a serem abordados e os estágios correspondem aos níveis de maturidade.

Apesar de modelos de prontidão terem por objetivo aferir o estágio inicial da empresa em relação à Indústria 4.0, consideram-se todas as dimensões dos modelos de avaliação para a construção do modelo proposto nesta pesquisa, ou seja, prontidão e maturidade, uma vez que todas as dimensões fazem parte do contexto da maturidade.

As dimensões mapeadas têm nomenclaturas distintas, similares ou idênticas, e essa homogeneização e diferenças gerou a necessidade de uma análise da descrição de cada uma das dimensões, de forma que fosse possível, agrupá-las para equiparar os modelos. Este agrupamento considerou todas as explicações dos autores em cada uma das dimensões para obter a certeza de que, independente da nomenclatura dada pelos autores a cada dimensão, não alteraria o contexto de avaliação.

Considerando os modelos analisados a seguir são apresentadas as dimensões propostas para um modelo de maturidade da Indústria 4.0. Após a descrição, na Tabela 2, em que se contempla o nome da dimensão e uma breve descrição de cada uma delas.

Dimensão Tecnologia: Abrange os sistemas de TI internos e externos à empresa, tecnologia industrial, coleta e análise de dados de várias fontes, assim como, a capacidade de expansão e de interconexão entre eles (Gökalp *et al.*, 2017; Jung *et al.*, 2016; Schumacher *et al.*, 2016; Lucato *et al.*, 2019). Também são considerados recursos digitais na comunicação colaborativa, processamento de informações, autoaprendizagem e sistemas de informação modernos e integrados (Schuh *et al.*, 2017; Lucato *et al.*, 2019). E, por fim, a implementação de diferentes tecnologias com foco na Indústria 4.0 tais como: Big Data, IoTs, MES e segurança (Canetta *et al.*, 2018; De Carolis, 2017c; Jodlbauer & Schagerl, 2016).

Esta dimensão consiste em avaliar até que ponto as tecnologias são usadas em todos os diferentes campos da Indústria 4.0 (Leyh *et al.*, 2016). A tecnologia está presente direta ou indiretamente em todas as outras dimensões, mas este tópico é especificamente sobre a tecnologia adotada e as capacidades tecnológicas das empresas. A empresa deve possuir tecnologias para atender a Indústria 4.0, com capacidade de crescimento e processamento para que essas tecnologias funcionem de forma adequada, que não se restrinjam às necessidades da organização.

Dimensão das Operações inteligentes: Esta dimensão está relacionada à interligação dos sistemas internos com sistemas de parceiros externos, clientes ou qualquer outro membro da cadeia de valor (Jodlbauer & Schagerl, 2016; Lichtblau *et al.*, 2015; Schrauf, 2016; Qin *et al.*, 2016; Leyh *et al.* 2016). Possibilita avaliar a descentralização de operações, modelagem e simulação interdisciplinar, e a colaboração interdepartamental (Schumacher *et al.*, 2016). Possibilita também verificar a transformação dos processos de planejamento, aquisição, produção e venda e distribuição, assim como, a maneira como a qual estes processos são

monitorados e controlados (Gökalp *et al.*, 2017; De Carolis, 2017c). É considerada como uma dimensão que contém funções das operações de todos os membros da cadeia de valor para avaliar seu nível de maturidade em relação às tecnologias e compreensão da Indústria 4.0 (Akdil *et al.*, 2018; Canetta *et al.*, 2018).

As operações inteligentes foram consideradas como a integração dos sistemas e processos relativos à empresa, fornecedores e clientes de forma informatizada. Considera-se que esta dimensão atinge a cadeia de suprimentos, produção e cliente, diretamente ligada à cadeia de valor da empresa desde o início de um processo, de um produto ou de um serviço.

Dimensão da Estratégia: Avalia o roteiro da implantação, revisão e operacionalização da Indústria 4.0 como estratégia, assim como, temas da Indústria 4.0 já internalizados na orientação estratégica da empresa (Lichtblau, *et al.*, 2015; Schumacher *et al.*, 2016; Schuh *et al.*, 2017). Também são consideradas as ações diretamente associadas à estratégia de produção e não necessariamente da estratégia organizacional (Canetta *et al.*, 2018; Ganzarain & Errasti, 2016). Por fim, também é avaliada a organização de empresas em termos de estrutura organizacional e estratégia dos negócios (Gökalp *et al.*, 2017).

Pode-se considerar que a dimensão da estratégia trata a Indústria 4.0 como parte estratégica da empresa ou como de suas próprias ações.

Dimensão da Estrutura Organizacional: Refere-se ao gerenciamento de empresas quanto à estrutura organizacional (Gökalp *et al.*, 2017), que, de fato, estão por trás desses processos (De Carolis, 2017c). A abrangência das atividades tem um impacto no contexto geral da empresa (Jung *et al.*, 2016). Definida como uma entrada para transformação da Indústria 4.0 onde é importante moldar os negócios e a organização (Akdil *et al.*, 2018).

A dimensão da organização é considerada como as ações, projetos, programas ou qualquer outro item que tenham impacto direto na organização, independentemente de estar inserida ou não na estratégia da empresa.

Dimensão dos Produtos e Serviços inteligentes: Produtos são incorporados com sensores, componentes identificáveis e processadores com informações de funcionalidades orientadas aos clientes (Qin *et al.*, 2016; Lichtblau *et al.*, 2015; Akdil *et al.*, 2018). Produtos digitalizados, cujo foco é fornecer soluções completamente integradas, geram soluções digitais disruptivas (Schrauf, 2016). Nesta dimensão, avalia-se a utilização de dados de clientes na

digitalização de vendas e serviços, a individualização de produtos e a digitalização de produtos (Schumacher *et al.*, 2016; Qin, *et al.*, 2016). Também examina o impacto da Indústria 4.0 no produto e serviços, com foco na análise de seus recursos digitais (Canetta *et al.*, 2018).

Os produtos e serviços englobam objetos com tecnologias embarcadas e serviços on-line ou tecnologicamente avançados. Em alguns são citados produtos individualizados para cada cliente.

Dimensão dos Colaboradores: Consiste em preparar colaboradores para mudanças por meio de treinamento apropriado e educação contínua (Lichtblau, *et al.*, 2015). Consiste também em competências em TI, comunicação, abertura a novas tecnologias (Schumacher *et al.*, 2016). Desta dimensão fazem parte colaboradores sob a ótica da jornada da Indústria 4.0 e respectivas necessidades de adaptação (Canetta *et al.*, 2018; Jodlbauer & Schagerl, 2016).

Com relação aos colaboradores, destaca-se a gestão do conhecimento, competências e capacitação, de forma que eles possam estar preparados para transformação digital.

Dimensão da Indústria inteligente: Todos os recursos de fabricação conectam-se para trocar informações automaticamente, de forma a tornar a fábrica consciente e inteligente o suficiente para controlar a produção (Qin *et al.*, 2016; Lichtblau, *et al.*, 2015). É conceitualmente definida como o grau em que as medidas de desempenho são usadas e monitoradas (Jung *et al.*, 2016). Este desempenho concentra-se nos componentes do nível mais baixo de uma planta industrial, onde diferentes componentes precisam trocar informações entre si (Leyh *et al.* 2016).

A indústria inteligente é considerada, neste projeto de pesquisa, como a indústria informatizada, possuidora de todos os sistemas integrados e tecnologia para auxiliar na produção, previsão e qualquer outro fator que impulse as linhas de produção e serviços.

Dimensão da Cultura: Avalia o compartilhamento de conhecimento, inovação, colaboração e abertura para mudanças (Schumacher *et al.*, 2016; Schuh *et al.*, 2017).

A cultura está diretamente ligada à transformação da organização. Os autores supracitados destacam a mudança sofrida pelos colaboradores quanto a forma com que se lida com as atividades, as informações, reuniões virtuais, trabalhos a distância e suporte à distância.

Dimensão da Liderança: Tem-se neste item, a disposição de líderes, competências gerenciais e métodos (Schumacher *et al.*, 2016).

Apenas um dos artigos analisados tratou da liderança e a caracterizou como fator impulsionador e motivador da transformação. É possível entender que se não avaliado este tema, corre-se o risco da organização não atingir o objetivo no tempo esperado, por falta de empenho ou conhecimento das lideranças.

Dimensão da Governança: São tratados neste tópico os regulamentos trabalhistas para Indústria 4.0, a adequação de padrões tecnológicos e a proteção de direitos propriedade (Schumacher *et al.*, 2016).

	Rockwell (2014)	Lucato <i>et al.</i> (2019)	Lichtblau <i>et al.</i> (2017)	Schumacher <i>et al.</i> (2016)	Schrauf (2016)	Jodlbauer e Schagerl (2016)	Ganzarain e Errasti (2016)	Schuh <i>et al.</i> (2017)	Gökalp <i>et al.</i> (2017)	De Carolis <i>et al.</i> (2017c)	Qin <i>et al.</i> (2016)	Akdil <i>et al.</i> (2018)	Canetta <i>et al.</i> (2018)	Leyh <i>et al.</i> (2016)	Jung <i>et al.</i> (2016)
Tecnologia	X	X		X		X		X	X	X			X	X	X
Operações Inteligentes			X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	
Organização									X	X		X			X
Estratégia			X	X			X	X	X				X		
Produtos e Serviços Inteligentes			X	X	X						X	X	X		
Colaborador			X	X		X							X		
Indústria Inteligente			X								X			X	X
Cultura				X				X							
Liderança				X											
Governança				X											

Tabela 2 - Agrupamento das dimensões existentes nos modelos

Fonte: Elaborado pelo autor

A RSL realizada também mapeou os estágios para aferir o nível de maturidade da Indústria 4.0. Alguns autores avaliam as dimensões estabelecidas em seus respectivos modelos; outros avaliam a organização de modo geral. A análise de cada documento possibilitou agrupar e equiparar os níveis de avaliação descritos por cada autor para definir a possibilidade de partir de um nível totalmente desconhecido da Indústria 4.0 até o estado da arte, conforme Tabela 3. Apesar de Schumacher *et al.* (2016) apresentarem apenas uma escala de 1-5 e de não

descreverem detalhadamente os níveis de maturidade, há uma equivalência na avaliação proposta, partindo de um nível desconhecido até o estado da arte.

Estágio desconhecido: A empresa não possui infraestrutura para sistemas digitais, os componentes da Indústria 4.0 não estão presentes ou são inconsistentes (Lucato *et al.*, 2019). Uma empresa nesse nível não atende a nenhum dos requisitos para a Indústria 4.0. (Lichtblau *et al.*, 2017), ou não tem nenhuma informação a respeito da Indústria 4.0 (Rockwell, 2014; Akdil *et al.*, 2018), assim como, não apresenta informações sobre tecnologias, processos ou qualquer outro item relacionado a Indústria 4.0 (Jodlbauer & Schagerl, 2016; Ganzarain & Errasti, 2016).

O estágio desconhecido demonstra total falta de conhecimento, documentação, processo ou tecnologia como parte da Indústria 4.0. Neste nível, os modelos de prontidão auxiliam de forma eficaz por aferirem o estágio atual da organização quanto à Indústria 4.0.

Estágio Inicial: Uma empresa neste nível, envolve-se na Indústria 4.0 por intermédio de investimentos e iniciativas-piloto em vários departamentos (Lichtblau *et al.*, 2017), mediante uma avaliação da estrutura tecnológica para identificar lacunas e fraquezas (Rockwell, 2014; Ganzarain & Errasti, 2016). Significa a instalação de computadores e sistemas de informação que darão suporte a tarefas e aliviarão as atividades manuais repetitivas (Schuh *et al.*, 2017), demonstrando que as práticas iniciais da Indústria 4.0 são parcialmente alcançadas ou que ainda não há implementação (Gökalp *et al.*, 2017). O processo é mal controlado ou não é totalmente automatizado (De Carolis *et al.*, 2017c).

Neste estágio, as empresas iniciam o processo de transformação baseada no resultado da avaliação de maturidade da Indústria 4.0, o que significa os primeiros passos na jornada da transformação.

Estágio Básico: A empresa conta com uma pequena infraestrutura para sistemas digitais, estando presentes os componentes da Indústria 4.0 (Lucato *et al.*, 2019). Inicia-se então, um desenvolvimento de uma estratégia para implementar a Indústria 4.0 e a construção de indicadores apropriados para medir o avanço (Lichtblau *et al.*, 2017), identificadas lacunas e fraquezas com visão de curto, médio e longo prazo que contemplam a construção da Indústria 4.0 (Rockwell, 2014). Os processos são parcialmente planejados e implementados, mas é fraco, devido à falta de tecnologias facilitadoras (De Carolis *et al.*, 2017c; Jung *et al.*, 2016). Tem

início a estruturação de computadores e sistemas para dar suporte aos principais processos de negócios (Ganzarain & Errasti, 2016; Schuh *et al.*, 2017), assim como, a transição da infraestrutura tecnológica para a Indústria 4.0 (Gökalp *et al.*, 2017). Neste nível de maturidade as empresas têm algumas iniciativas piloto em seus departamentos funcionais (Akdil *et al.*, 2018; Leyh *et al.*, 2016).

O estágio básico é quando se estabelece um nível mínimo de automação ou informatização, em que a empresa apoia o desenvolvimento da Indústria 4.0.

Estágio Intermediário: neste estágio, existe uma infraestrutura média para sistemas digitais, e os componentes estão totalmente presentes e efetivamente implementados (Lucato *et al.*, 2019), tendo sido formulada uma estratégia para Indústria 4.0, destinando-se os investimentos para várias áreas da empresa, promovendo a introdução da Indústria 4.0, numa gestão de inovação (Lichtblau *et al.*, 2017), na transformação da estratégia em projetos concretos (Ganzarain & Errasti, 2016). Cria-se um ambiente digital em tempo real na fábrica que apoia as decisões (Schuh *et al.*, 2017) e um conjunto de dados relacionados a cada operação são definidos e começam a ser coletados (Gökalp *et al.*, 2017). O processo é definido devido ao planejamento e a implementação de boas práticas de gestão (De Carolis *et al.*, 2017c), porém, ainda não preditivos (Jung *et al.*, 2016). As tecnologias como controle numérico por computador, controle lógico programável e análise estatística de probabilidade são usadas para substituir a força de trabalho e otimizar a eficiência da produção (Qin *et al.*, 2016; Rockwell, 2014; Akdil *et al.*, 2018).

No estágio intermediário as ações fazem parte da estratégia, os investimentos são direcionados para a Indústria 4.0 e não somente para automação ou informatização. A Indústria 4.0 está presente na gestão e nos departamentos, em que a coleta de dados e os sistemas trazem informações que podem gerar resultados. Neste estágio, a Indústria 4.0 está presente e auxilia a organização no desenvolvimento de planos e ações.

Estágio de Performance: Uma estratégia voltada para Indústria 4.0 foi implantada e monitorada por indicadores apropriados (Ganzarain & Errasti, 2016; Lichtblau *et al.*, 2017) cujas principais atividades do negócio e das operações geram valor agregado com apoio da Indústria 4.0 (Gökalp *et al.*, 2017; Jung *et al.*, 2016). Foi construída uma manufatura digital com tecnologias da Indústria 4.0 (Qin *et al.*, 2016) e com atualizações regulares para obter melhoria contínua e gerar oportunidades (Rockwell, 2014), as quais, permitem visualizar

eventos para entender a causa raiz e predição de problemas (Schuh *et al.*, 2017). A empresa é digitalizada horizontal e verticalmente, cujos requisitos da Indústria 4.0 foram implementados (Leyh *et al.*, 2016).

É neste estágio que se dá a organização com performance, dando início aos trabalhos de melhoria contínua, no mapeamento de problemas de forma efetiva, agregando valor às operações. A tecnologia e os processos trazem um resultado expressivo, mas sem que haja ainda uma integração em toda a cadeia de valor.

Estágio da Performance Elevada: A empresa possui uma infraestrutura completa para sistemas digitais, e os componentes da Indústria 4.0 estão totalmente presentes, efetivamente implementados e apresentam melhoria contínua (Lucato *et al.*, 2019). Neste estágio, além de existir uma estratégia voltada para Indústria 4.0, regularmente monitora o status de implementação das ações e projetos (Lichtblau *et al.*, 2017), havendo um planejamento para tomar decisões com base em cenários futuros (Schuh *et al.*, 2017). A manufatura usa dados ou informações obtidas no nível de integração para criar o plano e tomar decisões por tecnologias inteligentes, como a mineração de dados e avanço na análise de *Big Data* (Qin *et al.*, 2016). Foco na melhoria do processo (Jung *et al.*, 2016). Os processos são digitais e todos integrados (De Carolis *et al.*, 2017c; Gökalp *et al.*, 2017), a empresa completamente digitalizada, além das fronteiras corporativas envolvendo instituições, fornecedores e clientes (Leyh *et al.*, 2016).

No estágio de alta performance, os avanços se tornam nítidos e as integrações entre fornecedores e clientes por intermédio dos sistemas e processos, são evidentes e geram valor agregado para as empresas. Dependendo das características de determinada organização, pode-se considerar o estágio mais elevado, por não haver mais o que ser implementado.

Estágio da Performance Digital: Fazem parte deste estágio, processos de negócio em alto nível de integração, compartilhamento, coleta, uso de dados e agilidade (Akdil *et al.*, 2018), que, além de colaborar fortemente com seus parceiros de negócios, otimizam a cadeia de valor (Leyh *et al.*, 2016). É possível prever e antecipar as atividades, com eficiência nos processos da organização digital (Rockwell, 2014), incluindo a resposta autônoma de máquinas e de outros sistemas com base na sua capacidade preditiva (Schuh *et al.*, 2017). Foi alcançada a integração com a vida útil da engenharia e do produto para permitir o compartilhamento e a sincronização de conhecimento com baixo esforço entre o desenvolvimento de produtos e serviços e os ambientes de fabricação (Gökalp *et al.*, 2017). A organização é orientada para o

digital e baseia-se em uma sólida tecnologia com potencial elevado de crescimento, alto nível de integração e interoperabilidade, velocidade, robustez e segurança na troca de informações (De Carolis *et al.*, 2017c).

O estágio digital é o mais alto nível da Indústria 4.0, ou seja, além de toda a organização estar alinhada com os processos, conhecimento, capacitação, informatização, seus produtos e serviços possuem componentes ou tecnologias embarcadas que permitem que a empresa seja uma empresa 100% digital. Não se trata exatamente de organização de tecnologia e sim de organização que atingiram o nível máximo de automação, inteligência e gestão.

	Akdil <i>et al.</i> (2018)	Canetta <i>et al.</i> (2018)	Lucato <i>et al.</i> (2019)	De Carolis <i>et al.</i> (2017c)	Ganzarain e Errasti (2016)	Gökalp <i>et al.</i> (2017)	Jodlbauer e Schagerl (2016)	Jung <i>et al.</i> (2016)	Leyh <i>et al.</i> (2016)	Lichtblau <i>et al.</i> (2017)	Qin <i>et al.</i> (2016)	Rockwell (2014)	Schuh <i>et al.</i> (2017)	Schumacher <i>et al.</i> (2016)	Schrauf (2016)
Desconhecido		X	X		X		X			X		X		X	
Inicial	X			X	X	X	X			X			X		
Básico	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
Intermediário	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
Performa				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Performance elevada			X			X	X	X	X	X	X		X	X	
Performance digital	X			X		X	X		X			X	X	X	

Tabela 3 - Estágios mapeados nos modelos

Fonte: Elaborado pelo autor

Uma vez apresentados os modelos de maturidade e os modelos de prontidão, mapeados nesta RSL, bem como seus estágios, passa-se na próxima seção à análise dos Projetos na Indústria 4.0, para um levantamento de informações, utilizando-se também de uma RSL, a fim de identificar fatores e características.

2.4 PROJETOS DA INDÚSTRIA 4.0

Este capítulo tem por objetivo entender e mapear as características de projetos da Indústria 4.0, comuns a tantos outros, o que se constitui como princípio para a maturidade da indústria 4.0.

Desde o surgimento da Indústria 4.0, vêm crescendo projetos relacionados ao tema, cuja atenção especial, não se dá somente por sua importância, como também por sua complexidade, relacionados a novas tecnologias como algoritmos genéticos, redes neurais, simulações, incertezas, lógica nebulosa (Lógica Fuzzi), aprendizado de máquina (Machine Learning), gerenciamento de projetos ágil, etc. (Darko *et al.*, 2020). Além das novas tecnologias, o estudo realizado por Kolasa (2017) demonstra que as organizações, tanto do setor público quanto do setor privado têm preocupações importantes voltadas para construção da Indústria 4.0, principalmente em relação a engajamento da alta gerência, desenvolvimento de competências, contratação de uma equipe de projeto eficiente e seu próprio gerenciamento.

A implementação bem-sucedida de projetos da Indústria 4.0 exige que gerentes, líderes, equipes de TI e de gerenciamento de projetos estejam alinhados com questões estratégicas (Scott, Sullivan, & Staib, 2019). Os autores interpretam a transformação digital como sendo uma evolução de todos os serviços executados na organização.

A Indústria 4.0 impacta significativamente na gestão de projetos durante todas as fases. Havendo falta de informações detalhadas, dificulta-se sua elaboração (Faltejsek, 2018). O caminho para implementar a transformação digital nas indústrias está longe de se viabilizar, especialmente no Brasil; do ponto de vista do gerenciamento de operações, são necessários estratégias e planos para apoio ao conhecimento, gerenciamento de projetos híbridos e valores sócio tecnológicos (Barbosa & Saisse, 2019).

As novas demandas geradas pela transformação digital exigem dos participantes dos projetos uma reavaliação dos paradigmas relacionados aos processos e abordagens existentes (Ochara *et al.*, 2018). Portanto, segundo os autores, adquirir conhecimentos que sustentem a quarta revolução industrial é necessário para gerar novos processos e novas estruturas, que incentivem uma maior participação com ênfase na experiência, trabalho colaborativo e comunicação eficaz.

Bierwolf *et al.* (2017) consideram que as habilidades mais importantes e necessárias para um gerente de projetos são: capacidade de se comunicar, cumprir os objetivos do projeto e tomar decisões. Assim, para atingir o tempo e a qualidade em projetos inovadores, os gerentes de projetos devem possuir conhecimento e habilidades em ferramentas e abordagens modernas.

Lappi, Aaltonen e Kujala (2019) reforçam a preocupação com necessidades específicas de setores públicos em relação à complexidade dos projetos inovadores e o desenvolvimento de competências específicas por área de atuação em gerenciamento de projetos. Os autores entendem que a Gestão de Projetos é a área que pode gerar disseminação do conhecimento e disseminação das ferramentas de apoio.

Enquanto as capacidades técnicas são valorizadas no setor de projetos, as habilidades sociais têm um aspecto diferenciado, principalmente, em relação à colaboração que envolve trabalho em equipe e relacionamento junto a níveis hierárquicos horizontais e verticais (Rojas & Mejia-Moncayo, 2019). Outra habilidade importante para o gerente de projetos da Indústria 4.0 é a agilidade, que pode ser definida como a capacidade de responder a mudanças e criar valor para uma organização de forma estruturada, porém mais rápida (Jovanović, Lalić, Mas, & Mesquida, 2015).

É perceptível que a maioria das organizações consideram introduzir uma inovação ou está em via de sua implementação. A gestão de projetos é considerada uma ferramenta importante para a implementação de mudanças, tendo uma relação direta na influência e no sucesso de uma empresa quanto à Indústria 4.0, demonstrando que o desenvolvimento corporativo e das equipes em gerenciamento de projetos ainda continua sendo um dos maiores desafios (Marousek & Novotný, 2016).

A comunicação em gerenciamento de projetos é uma habilidade que nunca é totalmente efetiva, podendo sempre ser aprimorada. Ela é essencial para iniciar e mobilizar um projeto efetivamente. Portanto, para obtenção de um projeto bem-sucedido, seu gerente deve ser um bom comunicador (Hassani & Idrissi, 2018).

A seleção do projeto é uma forma de garantir o apoio necessário para alcançar o sucesso. Além do envolvimento massivo da alta-gestão, minimiza problemas recorrentes em prazo, custo e qualidade (Jin, Sperandio, & Girard, 2019). A gestão de recursos é uma das preocupações dentro do contexto dos projetos da Indústria 4.0, não podendo ser considerados apenas seus

participantes efetivos, devendo ser incluídos os colaboradores ou usuários finais. Nesse sentido, considera-se que os gerentes de projetos e a equipe de gerenciamento, são os principais responsáveis pela tomada de decisões junto aos recursos humanos (Zaouga, Rabai, & Alalyani, 2019).

Os fatores mapeados e apresentados na Tabela 4 demonstram uma diversidade de competências, habilidades, atividades e conhecimento nos projetos da Indústria 4.0.

	Bierwolf, <i>et al.</i> (2017)	Braun e Sydow (2019)	Chowdhury e Lamacchia (2019)	Cividino, Egidi, Zambon e Colantoni (2019)	Ganis e Waszkiewicz (2018)	Gentner (2016)	Hassani e El Bouzekri El Idrissi (2019a)	Hassani e El Bouzekri El Idrissi (2019b)	Hassani, e Idrissi (2018)	Hassani, El Idrissi e Abouabdellah (2017)	Jin, Sperandio e Girard (2019)	Kolasa (2017)	Kryvenchuk, Shakhovska, Melnykova e Holoshchuk (2018)	Lappi, Aaltonen e Kujala (2019)	Malmelin (2016)	Marnewick e Marnewick (2019a)	Moeuf <i>et al.</i> (2020)	Ochara <i>et al.</i> (2018)	Phohole e Ntwana (2018)	Teubner (2019)	Yin e Qin (2019)	Zgodavova, Sutoova e Cicka (2019)	
Colaboração																					X		
Comunicação					X	X			X	X					X		X	X					
Conhecimento organizacional	X	X																					
Conhecimento tecnológico	X	X																					
Definição de objetivos						X	X	X		X		X			X								
Equipes																			X				
Financeiro													X										
Colaborador										X			X										
Gerenciamento da qualidade								X				X											
Gerenciamento de clientes	X																						
Gerenciamento de cronograma										X													
Gerenciamento de custos	X																						
Gerenciamento de pessoas	X		X																X				

Gerenciamento de Processos											X	X					X						
Gerenciamento de projetos	X										X						X	X					
Gerenciamento de relacionamento	X														X								
Gerenciamento de riscos	X			X				X	X										X	X			X
Gerenciamento de <i>stakeholders</i>	X										X							X					
Gerenciamento do conhecimento	X																						
Inovação								X															
Liderança																	X	X					
Planejamento							X																
Resiliência	X													X	X								
Seleção de Projetos		X									X			X									

Tabela 4 - Fatores relacionados à Gestão de Projetos da Indústria 4.0

Fonte: Elaborado pelo autor

A Indústria 4.0 leva a um fluxo de informações mais intenso, tornando a administração e a tomada de decisão mais difícil e, ainda que, uma abordagem central de tomada de decisão seja empregada no gerenciamento clássico de projetos, um gerenciamento com uma abordagem descentralizada deve ser adotado para projetos da Indústria 4.0 (Cakmakci, 2019).

A gestão de projetos em tempo real demonstrou grande potencial em um protótipo que integrou Microsoft Excel e um determinado ERP, utilizado na prática apresentando um resultado expressivo na gestão de cronograma, recursos e custos (Dallasega, Frosolini, & Matt, 2016).

Ganis e Waszkiewicz (2018) afirmam que há um crescente uso da comunicação digital, por se tratar de um dos principais fatores de sucesso no gerenciamento ágil em projetos, levando a um apoio na construção de trabalhos com maior nível de colaboração, auxiliando na integração de seus participantes.

Os documentos analisados apresentam diferentes abordagens em projetos da Indústria 4.0, apresentadas na Tabela 5.

	Ahmad, Masse, Jituri, Doucette e Mertiny (2018)	Barata , da Cunha e Coyle (2018)	Dallasega, Frosolini e Matt (2016)	Darko <i>et al.</i> (2020)	Hassani e Idrissi (2018)	Mudassar, Zailin, Jabir, Lei e Hao (2019)	Yin e Qin (2019)
Aprendizagem baseada em projetos	X						
Comunicação em tempo real					X		
Gerenciamento de Projeto em tempo real			X			X	X
Simulação do projeto		X		X			

Tabela 5 - Abordagens presentes nos projetos da Indústria 4.0

Fonte: Elaborado pelo autor

Novas ferramentas como *Building Information Model* (BIM) auxiliam na implementação de processos e no gerenciamento de projetos, viabilizando práticas digitais para a rápida obtenção de resultados e identificação de gargalos nos projetos (Koseoglu & Nurtan-Gunes, 2018). *Product Lifecycle Management* (PLM) não são vistas apenas como um software de apoio, mas como uma habilidade a ser desenvolvida pelos Gerentes de Projetos para obter maiores avanços e ganhos (Padillo, Racero, Molina, & Eguía, 2018).

Na Tabela 6, os documentos analisados apresentam diferentes ferramentas tecnológicas utilizadas pela gestão de projetos da Indústria 4.0. Estas ferramentas tecnológicas são empregadas de acordo com as características de cada projeto ou segmento de atuação da empresa.

	Braun e Sydow (2019)	Faltešek (2018)	Goryunova, Goryunova e Lukinova (2019)	Kosoglu e Nurtan-Gunes (2018)	Lappi, Aaltonen e Kujala (2019)	Mudassar, Zailin, Jabir, Lei e Hao (2019)	Novack (2019)	Padillo, Racero, Molina, e Eguía (2018)	Papadonikolaki, van Oel e Kagioglou (2019)	Pereira, Ferreira e Silva (2019)	Villar-Fidalgo (2018)	Zaouga, Rabai e Alalyani (2019)
BIM	X	X		X					X			
CPS											X	
Digital Twins						X	X					
DMS										X		
HRM												X
ICT					X							
PLM								X				
TQM			X									

Tabela 6 - Adoção de ferramentas em projetos da Indústria 4.0

Fonte: Elaborado pelo autor

Existem diferentes métodos e cada um deles exige uma abordagem específica no planejamento, estrutura da equipe, comunicação, etc (Hassani, El Bouzekri, El Idrissi, & Abouabdellah, 2018). A partir disso, os autores afirmam que todo método traz a especificidade de seus benefícios. Assim, os gerentes de projeto devem aplicar as metodologias para cada projeto, de forma a extrair o melhor resultado.

O gerenciamento dos projetos pode se tornar ainda mais complexo e árduo, em decorrência da grande e crescente necessidade de novas abordagens metodológicas e das ferramentas tecnológicas para melhoramento das atividades (Dallasega, Frosolini, & Matt 2016). A discussão sobre metodologia está sempre presente em grande parte dos projetos da Indústria 4.0.

Maroušek e Novotný (2016) defendem que os projetos da Indústria 4.0 devem ser adequados a uma abordagem sistemática, centralizados e coordenados categoricamente para alcançar os objetivos com exatidão. Há desafios e complexidades envolvidos em uma estrutura tradicional de gerenciamento de projetos, o qual inclui plano de trabalho, plano de riscos e

mitigação, gerenciamento de partes interessadas entre outros, e que devido a tais complexidades, torna imprescindível agilidade no gerenciamento (Nerurkar & Das, 2017a).

A discussão entre metodologias ágeis e tradicionais torna-se ainda mais intensa quando relacionada a projetos de sistemas de informação, tendo como centro as consequências da falha e dos fatores relacionados à gestão de pessoas, tecnologia e processos (Hasibović & Tanović, 2019).

Metodologias como *Lean Project* no gerenciamento de projetos, além de agregar valor no ganho de produtividade, levam à redução de desperdício, elevando consequentemente a qualidade, reduzindo também o tempo de conclusão do projeto (Amran, Saraswati, & Harahap, 2019).

Os projetos da Indústria 4.0 mapeados mencionam três metodologias dispostas na Tabela 7.

	Amran, Saraswati e Harahap (2019)	Barbosa e Saisse (2019)	Betz, Olagunju e Paulson (2016)	Chowdhury e Lamacchia (2019)	Gentner (2016)	Hasibović e Tanović (2019)	Hassani, El Bouzekri El Idrissi e Abouabdellah (2018)	Jovanović, Lalić, Mas e Mesquida (2015)	Marek, Blümlein, Neubauer e Wehking (2019)	Nerurkar e Das (2017b)	Salehi e Wang (2019)	Salehi (2020)
Ágil			X	X	X	X		X	X	X	X	X
Híbrida		X		X			X					
Tradicional	X					X						

Tabela 7 - Metodologias presentes nos projetos da Indústria 4.0

Fonte: Elaborado pelo autor

Na era da transformação digital, metodologias tradicionais, ágeis e híbridas serão cada vez mais adotadas mediante oferta crescente de recursos tecnológicos, sociais e de inovação, que impactam as empresas e afetam a governança adotada, com *IoT*, *Big Data*, cidades

inteligentes, indústria e transportes inteligentes, cada vez mais conectados e complexos (Bierwolf, 2016).

Os projetos analisados apresentam 4 diferentes aspectos, assim elencados: (1) fatores que representam competências, habilidade, atividades e conhecimentos; (2) abordagens da gestão projetos, com menção específica de tratativas em tempo real; (3) tecnologias modernas e inovadoras, mencionadas anteriormente e mapeadas; (4) as respectivas metodologias dos projetos.

O mapeamento dos documentos relacionados aos projetos da Indústria 4.0 auxiliou no entendimento da identificação da gestão de projetos. Uma vez mapeadas as características dos projetos da Indústria 4.0 e de sua maturidade, adotou-se um modelo inicial para apoiar no complemento e na validação das informações. O referido modelo é apresentado no próximo capítulo. A partir dele e das informações obtidas, é possível construir o modelo final, a ser proposto.

2.5 BASE DO MODELO CONCEITUAL

Considerando a lógica e o objetivo do Diagrama de Ishikawa, no Apêndice A, utilizado nesta pesquisa, elaborou-se o modelo conceitual. Este modelo visa à compreensão das características da Gestão de Projetos, relevantes para a Maturidade da Indústria 4.0 como ponto de partida para o trabalho de campo da pesquisa.

As extremidades da Figura 1 representam as dimensões da maturidade da Indústria 4.0 mapeadas até o momento, que serão exploradas para identificar como a gestão de projetos contribui para a maturidade da Indústria 4.0. Por este motivo, a gestão de projetos está posicionada no eixo central. Ao final da Figura 1, temos a “Maturidade da Indústria 4.0”, a qual representa o tema principal da pesquisa.

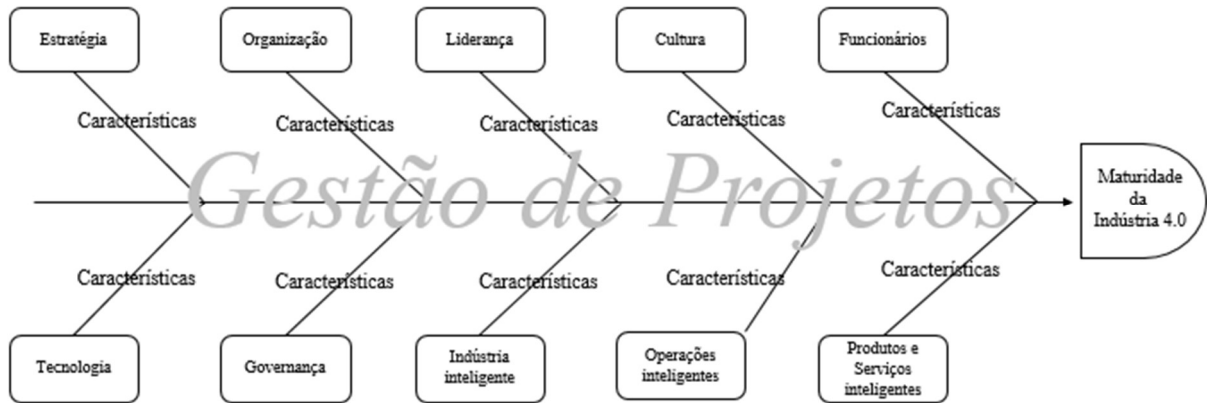


Figura 1 - Gestão de Projetos e Maturidade da Indústria 4.0

Fonte: Adaptado de Ishikawa, K. (1982). *Guide to quality control* (No. TS156. I3713 1994.)

O modelo conceitual apresentado traz nas suas extremidades a dimensão da Estratégia, Organização, Liderança, Cultura, Funcionários, Tecnologia, Governança, Indústria Inteligente, Operações Inteligentes e, por fim, Produtos e Serviços Inteligentes a serem exploradas na fase de coleta, com objetivo de extrair todas as características destas dimensões voltadas à Gestão de Projetos. A Gestão de Projetos encontra-se na área central do modelo conceitual para representar um “fio condutor” para a Maturidade da Indústria 4.0.

Considera-se, então, que os principais pilares teóricos foram explorados, partindo da Indústria 4.0, modelos de avaliação, projetos voltados à Indústria 4.0 e, por fim, um modelo de apoio para construção e validação dos elementos chave.

No próximo capítulo apresentar-se-á a abordagem metodológica.

3 MÉTODO

Esta pesquisa tem natureza qualitativa e exploratória, uma vez que aborda uma temática atual, cujos limites de conhecimento não estão muito bem estabelecidos (Creswell, 2007). Estas características também estão alinhadas com a questão de pesquisa proposta, do tipo “como”, que remete a um estudo qualitativo e que busca assertividade nos resultados com uma estrutura narrativa coesa e firme (Creswell, 2010; Forza, 2002). A Indústria 4.0 e estudos relacionados são muito recentes (Trotta & Garengo, 2018), assim como os estudos sobre a sua maturidade buscam apoiar a evolução do tema. Por sua vez, gestão de projetos contribui como ferramenta de implantação das necessidades tecnológicas e organizacionais (Bierwolf, 2016).

A pesquisa organiza-se em 4 fases, demonstrada na Figura 2. A primeira fase trata de uma revisão sistemática da literatura (RSL) para entender e mapear as características de Maturidade da Indústria 4.0. A segunda, também baseada em uma RSL, busca entender as características da Gestão de Projetos da Indústria 4.0. Neste estudo utilizamos as bases de dados Scopus e Web of Science dada a abrangência de um volume significativo de documentos para estudar a tecnologia, transformação, indústria 4.0 e gestão de projetos. As fases 1 e 2 permitiram um entendimento inicial sobre as características e a Maturidade da Indústria 4.0 em relação à Gestão de Projetos. Contribuíram para a elaboração do referencial teórico apresentado no capítulo 2, que culminou com a proposta do modelo conceitual inicial. A fase 3 consistiu no trabalho empírico, a partir de entrevistas com profissionais especialistas da área de Gestão de Projetos, visando a dar origem ao modelo proposto, denominado Beta 1. A fase 4 teve em vista discutir e validar o modelo e sua evolução com grupos focais na fase 4, dando origem ao modelo final.

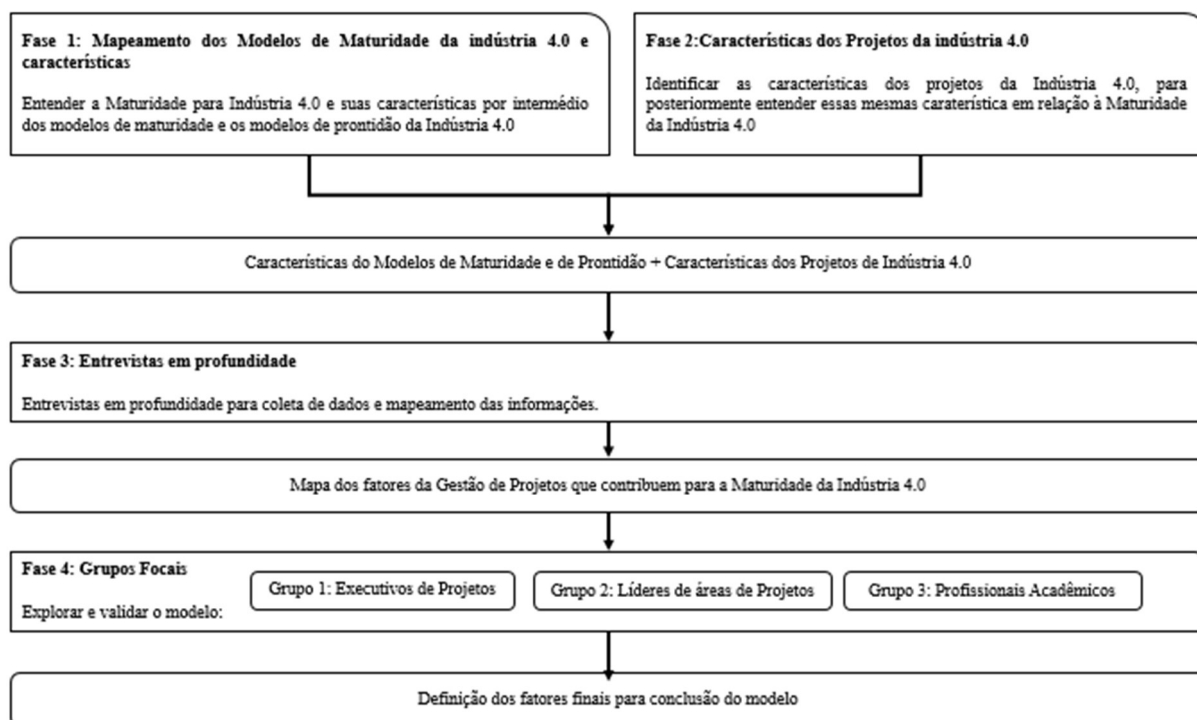


Figura 2 - Desenho de pesquisa

Fonte: O autor

Considerando a Figura 2, a seguir são detalhadas as quatro fases do estudo.

3.1 FASE 1 – RSL MODELOS DE MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0

A primeira fase da pesquisa deu-se a partir de uma RSL, buscando entender a Maturidade para Indústria 4.0 e suas características. Segundo Pollock e Berge (2018), uma RSL visa reunir evidências para responder a uma pergunta de pesquisa pré-definida e envolve a identificação de toda a pesquisa relevante, a avaliação crítica e a síntese dos achados relata a importância de um protocolo como parte essencial do processo de revisão, porque deve incluir informações suficientes para habilitar a replicação, independentemente dos métodos.

A busca por documentos para análise foi efetuada a partir dos seguintes termos: ("*industry 4.0*" AND (*maturity* OR *readiness*)), utilizando-se duas bases: a base de dados Scopus, que resultou em 33 documentos; e a base de dados do Web of Science, que resultou em 21 documentos. As bases foram comparadas, identificando-se 16 documentos duplicados. Obteve-se, assim, uma base unificada com 38 documentos.

Após a unificação das bases, foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão, uma vez que, em uma RSL, os critérios de seleção são determinantes para um resultado efetivo,

devendo ser alinhados à forma de avaliação para construção de uma base sólida de artigos, permitindo assim o desenvolvimento de uma discussão concisa (Russo & Camanho, 2015).

Após aplicar os critérios para selecionar os documentos relativos aos temas da Maturidade da Indústria 4.0 na base unificada, foram excluídos 9 documentos, resultando em 29, utilizados no estudo. Esses 29 documentos analisados apresentaram características da Maturidade da Indústria e 11 modelos de avaliação da maturidade da Indústria 4.0.

Dos 29 documentos selecionados, foram identificados 16 documentos adicionais pela revisão das referências dos artigos. Nesta etapa, a seleção dos artigos seguiu 2 critérios sendo: documentos que são considerados como modelos de maturidade ou documentos relacionados a modelos de maturidade. Assim, o mapeamento da Maturidade da Indústria 4.0 foi ampliado tendo resultado na adição de 4 modelos de avaliação da Maturidade da Indústria 4.0, totalizando 15 modelos ao final da respectiva RSL.

Os seguintes critérios de inclusão foram aplicados: (a) documentos sobre modelo de maturidade ou prontidão na Indústria 4.0 e (b) documentos cujo estudo utilizou algum modelo de maturidade ou prontidão na Indústria 4.0 como base de pesquisa. Os seguintes critérios de exclusão foram aplicados: (a) *books*, (b) idiomas diferentes de inglês e português, (c) artigos anteriores à 2015 e (d) artigos com questionário de avaliação e não propriamente um modelo de maturidade ou prontidão na Indústria 4.0.

Seguindo recomendações de Petticrew e Roberts (2008), a Figura 3 apresenta os passos do protocolo da RSL.

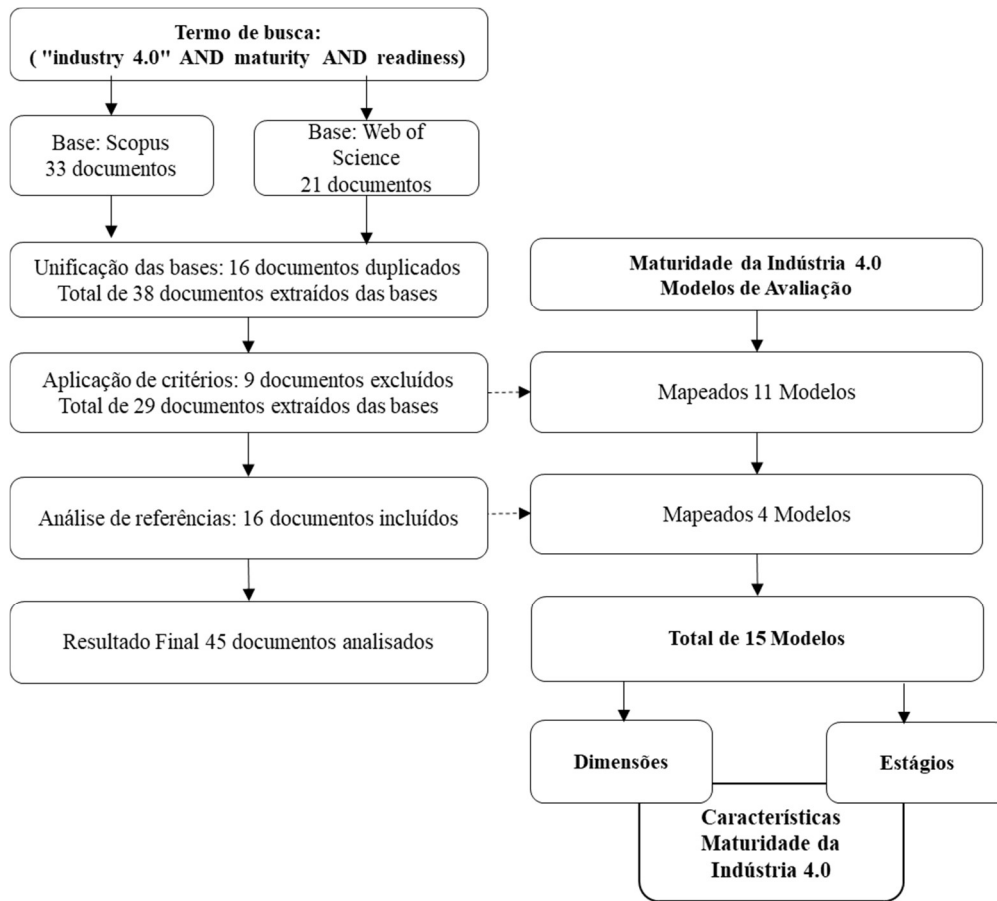


Figura 3 - RSL para Mapeamento dos Modelos de Maturidade
 Fonte: Adaptado de Petticrew e Roberts (2008)

A primeira fase da pesquisa apresentou como resultados 15 modelos de avaliação da maturidade, determinados por suas características e dimensões. As dimensões representam as áreas ou fatores organizacionais impactadas pela Indústria 4.0. Os estágios determinam o nível a que a empresa está posicionada em relação à maturidade da Indústria 4.0.

3.2 FASE 2 – RSL CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS DA INDÚSTRIA 4.0

A segunda fase da pesquisa consistiu em uma nova RSL, que se vê na Figura 4. O objetivo da segunda fase foi identificar as características dos projetos da Indústria 4.0, para posteriormente entender essas mesmas característica em relação à Maturidade da Indústria 4.0.

A busca por documentos para análise seguiu os termos: ("*Project Management*" AND ("Ind* 4.0" OR "Digital Transf*")). Foram utilizadas duas bases: a base de dados Scopus, que resultou em 136 documentos; e a base de dados do Web of Science, que resultou em 33

documentos. As bases foram comparadas, identificando-se 26 documentos duplicados, que resultaram numa base unificada com 143 documentos.

Na base unificada foram aplicados os critérios para selecionar os documentos que realmente abordavam os temas da Maturidade da Indústria 4.0. Excluídos 84 documentos, restaram 59, utilizados no estudo, conforme Figura 4. Os seguintes critérios de inclusão foram aplicados: (a) artigos que abordam especificamente Gestão de Projetos relacionados a inovação e tecnologia 4.0; (b) artigos que tratam de projetos de inovação e tecnologia 4.0; e (c) artigos que destacam o impacto da inovação e tecnologia 4.0 no Gerenciamento de Projetos. Os seguintes critérios de exclusão foram aplicados: (a) *books*; (b) idiomas diferentes de inglês e português; (c) artigos anteriores à 2015; (d) obras duplicadas; e (e) artigos que não estão relacionados Gestão de Projetos ou projetos relacionados a inovação e tecnologia 4.0.

A Figura 4 apresenta uma representação gráfica dos passos seguidos na segunda RSL.

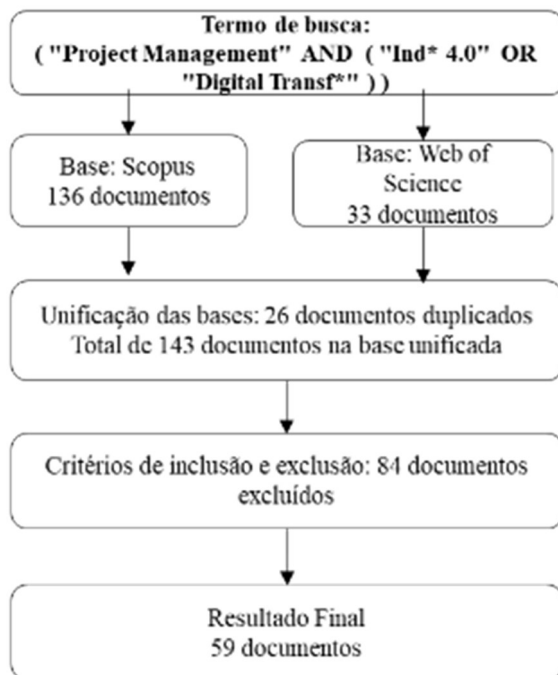


Figura 4 - Mapeamento das características dos projetos da Indústria 4.0
Fonte: Adaptado de Petticrew e Roberts (2008)

O resultado da RSL em questão auxiliou na compreensão de alguns fatores e características dos projetos da Indústria 4.0 conhecidas e estudadas pela academia.

Considerando as RSL da primeira e segunda fase da pesquisa, foi elaborado um modelo inicial que buscou responder à seguinte questão: “Como a Gestão de Projetos contribui para a maturidade da Indústria 4.0?”. Nessa etapa foram estudadas algumas propostas de modelos e lógicas de representação, tendo sido escolhido o Diagrama de Ishikawa.

3.3 FASE 3 – ENTREVISTAS

Na terceira fase da pesquisa foram conduzidas 12 entrevistas com profissionais da área de Gestão de Projetos de forma individual, sendo esta uma das formas de coleta de dados qualitativos (Gibbs, 2009). Foram selecionados Gerentes de Projetos que atuam diretamente na condução de projetos ou fazem parte de equipes de projetos de implantação da Indústria 4.0.

3.3.1 Coleta de dados

Foram conduzidas 12 entrevistas individuais conforme Tabela 8, quantidade que possibilitou encontrar saturação em relação aos elementos do modelo conceitual (Figura 5). As entrevistas foram individuais, realizadas entre o dia 8 de julho de 2020 e 10 de agosto de 2020, de forma remota, considerando a situação de pandemia Covid-19, na impossibilidade de reunião presenciais. O Apêndice B apresenta o roteiro para as entrevistas; o C consiste no roteiro das questões, no cumprimento dos requisitos da pesquisa qualitativa (Gibbs, 2009).

A Tabela 8 descreve os detalhes de cada uma das entrevistas, considerando o código do entrevistado, a data, o tempo de duração, a formação, gênero, idade e o número de páginas transcritas. Os entrevistados possuem uma experiência média e 3,5 em gestão de projetos da Indústria 4.0.

Entrevistado	Data	Duração (min)	Formação	Gênero	Idade	Páginas	Experiência em projetos da Indústria 4.0
PM1	08/07/2020	63	Ciências da Computação	Masculino	42	18	2 anos
PM2	14/07/2020	34	Ciências da Computação	Feminino	28	9	4 anos
PM3	17/07/2020	53	Analista de Sistemas	Masculino	34	16	4 anos
PM4	20/07/2020	61	Análise de Sistemas	Masculino	33	13	3 anos

PM5	21/07/2020	28	Ciências da Computação	Masculino	45	9	6 anos
PM6	23/07/2020	40	Ciências da Computação	Masculino	39	9	2 anos
PM7	28/07/2020	55	Engenheiro Elétrico	Masculino	40	20	3 anos
PM8	29/07/2020	48	Processamento de Dados	Masculino	35	14	2 anos
PM9	29/07/2020	39	Engenheira de Materiais	Feminino	27	13	2 anos
PM10	06/08/2020	33	Adm. de Empresas	Masculino	54	7	3 anos
PM11	07/08/2020	36	Ciências da Computação	Feminino	30	9	2 anos
PM12	10/08/2020	35	Engenheira Mecânica	Feminino	31	13	1 ano

Tabela 8 - Perfil do Entrevistados

Fonte: Autor

As entrevistas tiveram duração média de 50 minutos, gravadas e transcritas com anotações, posteriormente analisadas utilizando o termo de consentimento, conforme Apêndice D. O número de 12 entrevistas foi considerado adequado, uma vez que, segundo Guest, Bunce e Johnson (2006), a saturação é alcançada quando se obtém um senso confiável de temática, exaustão e variabilidade em um conjunto de dados.

Os códigos foram utilizados para nomear os dados, buscando rigor na captura de realidades empíricas (Charmaz, 2006). Esta fase consistiu em mapear os fatores de suporte ao modelo conceitual, apresentado na Figura 8 (Capítulo 4) e em desenvolver a primeira versão do modelo na Figura 10 (Capítulo 4).

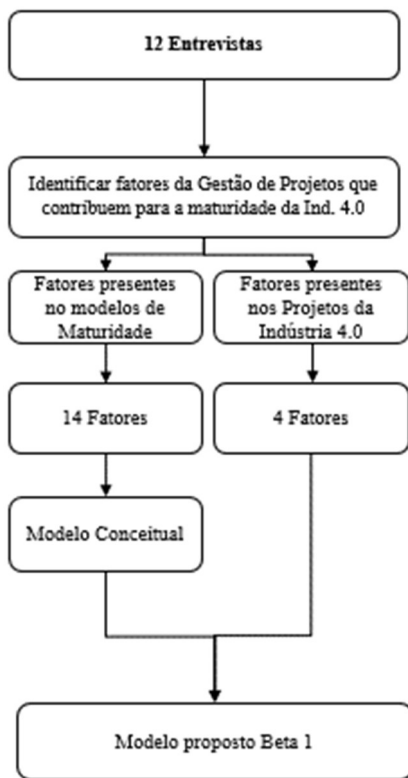


Figura 5 - Coleta e análise de dados Fase 3
Fonte: Autor

3.3.2 Análise de dados

Para a análise dos dados foi utilizado o software Nvivo, que pode elevar o rigor do estudo qualitativo a fim de assegurar a rigidez do processo de análise e uso adequado dos relatórios e gráficos e, conseqüentemente, a interpretação das informações (Leech & Onwuegbuzie, 2011). A ferramenta NVivo também sustenta a exploração dos relatórios e das análises efetuadas para não gerar vieses de pesquisa, apoia-se na estruturação dos dados, extração de relatório e validação de proposições do método desta pesquisa definido em questão (QSR International Inc, 2020).

Esta etapa consistiu na codificação dos fatores presentes nas entrevistas com os Gerentes de Projetos. Foram mapeados 10 fatores, sendo que cada um foi associado a uma das dimensões dos modelos de maturidade previamente mapeados na RSL da fase 1. A tabela 9 apresenta as dimensões e fatores na coluna denominada GPs, onde também são apresentados os Gerentes de Projetos Entrevistados, que mencionaram os fatores na coluna denominada GPs. Por fim, na coluna denominada Cód., o número de vezes em que o código foi mencionado durante as entrevistas.

Nesta etapa de análise, a codificação e análise dos dados possibilitaram identificar os fatores que inicialmente contribuem para maturidade da Indústria 4.0 e mapear em quais dimensões estão presentes. Estes mesmos fatores foram objetos de discussão nas próximas etapas de coleta com Grupos Focais com o objetivo de sua exploração e validação.

Dimensões e Fatores	GPs	Cód.
Estratégia	12	53
Agente de Transformação	5	8
Conhecimento Técnico	4	8
Definição do escopo	2	3
Gestão de Projetos em Tempo Real	4	4
Monitoração (KPI's)	5	6
Seleção de Projetos	8	14
Cultura	12	47
Comunicação	4	4
Empregando Metodologias	6	16
Engajamento de <i>stakeholders</i>	7	10
Empregando metodologias	5	6
Treinamento	8	11
Tecnologia	12	47
Conhecimento Técnico	10	20
Novas Ferramentas	12	19
Visão Sistêmica	5	8
Indústria inteligente	12	24
Conhecimento Técnico	12	22
Empregando Metodologias	1	2
Colaboradores	11	15
Agente de Transformação	5	8
Comunicação	2	2
Treinamento	5	5
Liderança	9	14
Comunicação	1	2
Engajamento de <i>stakeholders</i>	9	11
Visão Sistêmica	1	1
Estrutura Organizacional	7	16
Agente de Transformação	2	2
Comunicação	4	9
Treinamento	4	5
Governança	6	11
Conhecimento Técnico	2	3
Visão Sistêmica	6	7
Operações Inteligentes	4	6
Visão Sistêmica	4	5
Engajamento de <i>stakeholders</i>	1	1
Produtos e Serviços Inteligentes	1	1
Conhecimento Técnico	1	1

Tabela 9 - Fatores agrupados por Dimensões dos Modelos de Maturidade da Indústria 4.0

Fonte: Elaborado pelo autor

Uma vez codificados e agrupados os fatores de maior expressividade em relação a maturidade da Indústria 4.0, foi possível concluir o modelo conceitual. O modelo conceitual

demonstra de forma ilustrativa os fatores da Gestão de Projetos presentes na maturidade da Indústria 4.0 e onde estão alocados os fatores da Maturidade da Indústria 4.0.

A codificação e análise dos dados também possibilitaram identificar fatores da Gestão de Projeto que contribuem diretamente para a maturidade da Indústria 4.0. Os fatores, planejamento, liderança em projetos, poder de decisão e resiliência foram classificados como contribuição direta ao tema, sem nenhuma relação com as dimensões dos modelos de maturidade. A Tabela 10 apresenta as dimensões e fatores na coluna denominada GPs, onde se apresenta o número de Gerentes de Projetos Entrevistados que mencionaram os fatores na coluna GPs e, por fim, em Cód., observa-se o número de vezes em que o código foi mencionado durante as entrevistas.

Fatores	GPs	Cód.
Planejamento	3	4
Liderança em projetos	2	2
Poder de Decisão	6	7
Resiliência	1	1

Tabela 10 - Fatores agrupados por Dimensões que contribuem diretamente Indústria 4.0

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir das tabelas 8 e 9, mencionadas anteriormente, foram criados *cluster*, agrupando todos os códigos da mesma nomenclatura a fim de entender o volume e a significância do fator perante a codificação, segundo Tabela 11. Os cluster representam fatores da Gestão de Projetos, utilizados para o desenvolvimento do modelo Beta1.

Fatores	Cód.
Conhecimento Técnico	29
Engajamento de Stakeholders	17
Treinamento	17
Visão Sistêmica	16
Empregando Metodologias	12
Novas Ferramentas	12
Agente de Transformação	12
Comunicação	11
Seleção de Projetos	8
Poder de Decisão	6
Monitoração de indicadores	5
Gestão de Projetos em Tempo Real	4
Planejamento	3
Definição do escopo	2
Liderança em projetos	2
Resiliência	1

Tabela 11 - Fatores agrupados e indexados por volume de códigos atribuídos

Fonte: Elaborado pelo autor

As próximas etapas foram constituídas de Grupos Focais que permitiram explorar, validar, excluir e agrupar fatores de forma que a análise final considerasse apenas os que realmente respondem ao objetivo deste estudo.

3.4 FASE 4 – GRUPOS FOCAIS

A fase 4 consistiu em discutir e validar o modelo proposto por grupos focais conforme demonstra a Figura 6. Grupo focal é uma técnica de pesquisa social para estudar ideias e informações em um ambiente de grupo, bastante utilizado em pesquisas exploratórias, quando pouco se sabe sobre o fenômeno (Morgan, 1988). A técnica de grupo focal é utilizada pela flexibilidade, devido ao formato aberto, pela interação direta do entrevistador com os participantes, obtenção de um volume de dados significativos e, por fim, pela interação entre os próprios participantes (Tremblay, Hevner & Berndt, 2010).

A fase 4 foi organizada em 3 etapas sendo (1) Grupo focal composto por executivos da área de projetos para explorar a visão em relação à avaliação da maturidade e discutir e adotar critérios para a evolução do modelo; (2) Grupo com líderes da área de gestão de projetos para explorar o modelo, reapplicar critérios previamente utilizados e definir novos critérios para evolução do modelo e (3) Grupo focal composto por profissionais acadêmicos para validação final dos fatores mapeados e discussão do modelo proposto com foco no desenvolvimento do modelo final.

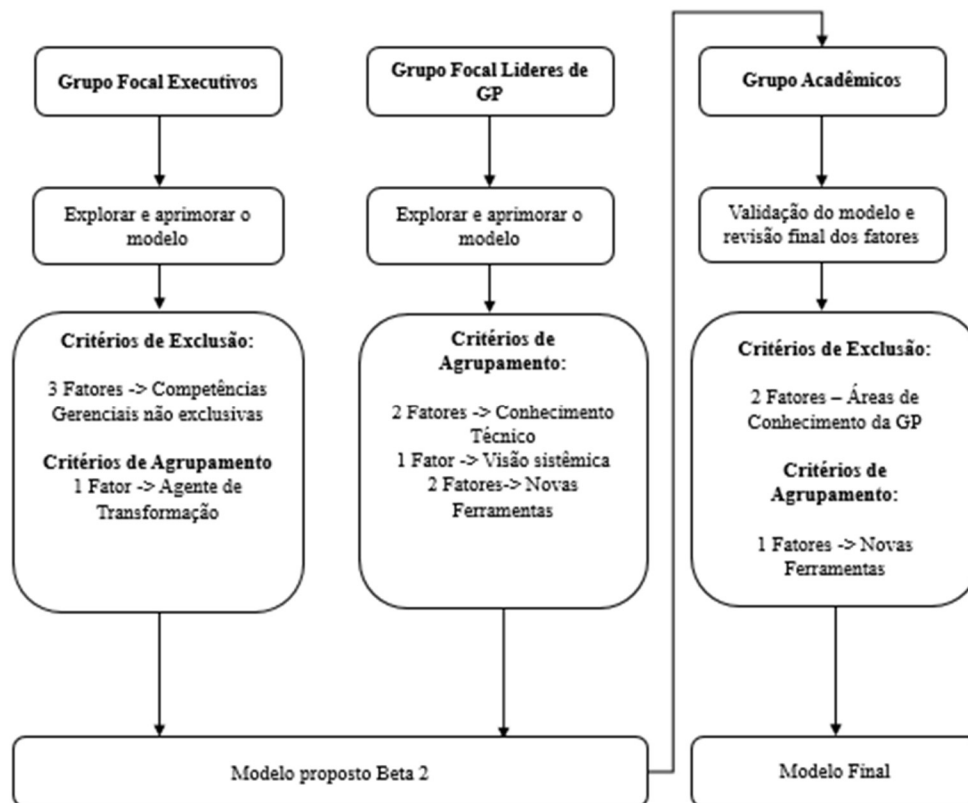


Figura 6 - Coleta e análise de dados fase 4

Fonte: Autor

3.4.1 Coleta de Dados

Os participantes selecionados para o grupo focal possuem conhecimentos da Indústria 4.0 oriundos de projetos vivenciados por eles. Em todos os Grupos Focais, cada participante respondeu, de forma alternada, perguntas abertas a partir da explicação do modelo proposto, alternando a ordem dos participantes, possibilitando uma interação dinâmica. Vale salientar que na última rodada foram permitidos comentários finais de cada um dos participantes. As reuniões foram transcritas e as informações codificadas. Os códigos foram utilizados para validar e buscar a rigorosidade na captura de realidades empíricas (Charmaz, 2006).

Apesar de Morgan (1998) sugerir um mínimo de 4 participantes e o máximo de 12 de forma presencial, considerando que a coleta se deu em meio à Pandemia do Covid-19, adotou-se a forma virtual, utilizando a ferramenta do *Microsoft Teams*, com 3 participantes para uma melhor interação e exploração das discussões. A decisão de como conduzir o grupo focal levou em consideração o que Morgan (1998) sugere, que, para assuntos complexos, que envolvem maior nível de discussão e interação, grupos menores favorecem este contexto. Os participantes

das entrevistas dos Grupos Focais foram convidados formalmente via e-mail, conforme Apêndice E.

O Grupo Focal de Executivos foi composto por dois Diretores Gerais e um Diretor Industrial. A reunião deste grupo teve duração de 45 minutos e buscou explorar o modelo proposto denominado Beta 1, conforme a Figura 10. A visão da alta direção contribuiu para entender quais são os fatores presentes nas características profissionais, os quais não são específicos da área de projetos, também permitiu identificar fatores de responsabilidade de outras áreas. O resultado da análise deste Grupo de Executivos contribuiu para a evolução do modelo proposto, mais tarde discutido no Grupo Focal de Acadêmicos.

O Grupo Focal de Líderes de Projetos foi composto por três Líderes de áreas de Gestão de Projeto. Teve duração de 58 minutos e buscou explorar o modelo proposto denominado Beta 1, a fim de aprimorá-lo, considerando a visão dos praticantes. Por este motivo, os membros deste grupo, além de líderes de áreas de Gestão Projetos também atuaram diretamente em projetos da Indústria 4.0, o que fortaleceu a discussão. O resultado possibilitou um agrupamento de fatores considerados primários, detalhados na seção de análise de dados. O resultado da análise deste Grupo de Líderes de Projetos contribuiu para a evolução do modelo proposto a ser discutido com o Grupo Focal de Acadêmicos.

O Grupo Focal de Profissionais Acadêmicos foi composto por três Professores especialistas em Indústria 4.0 e com conhecimentos em Gestão de Projeto. Com duração de 1 hora e 50 minutos, a reunião teve por objetivo validar o modelo Beta 2, conforme Figura 10. Além do olhar acadêmico dos profissionais convidados, também foi possível ampliar a discussão da aplicação do modelo, por meio das experiências vivenciadas pelos participantes. O Grupo focal possibilitou a criação de novos critérios de exclusão e de agrupamento de fatores conforme análise de dados a seguir.

3.4.2 Análise de Dados

Para a análise dos dados foi utilizado o Software Nvivo como apoio, o qual, auxilia o pesquisador e possibilita elevar o rigor do estudo qualitativo a fim de assegurar a rigidez do processo de análise e o uso adequado dos relatórios e gráficos, o que possibilita uma melhor interpretação das informações (Leech & Onwuegbuzie, 2011). A ferramenta NVivo também

sustenta a exploração dos relatórios e das análises para não gerar vieses de pesquisa, sendo que apoia na estruturação dos dados, extração de relatórios e validação de proposições (QSR International Inc, 2020).

Esta etapa possibilitou discutir os fatores previamente mapeados e adotar critérios de exclusão e agrupamento para evolução do modelo. Os critérios foram aplicados a partir da análise de conteúdo dos grupos focais, pela ótica do pesquisador e com suporte do software NVivo, via análise de relatórios de apoio. Foram considerados os seguintes critérios:

- Critérios de exclusão: Avaliar a discussão dos membros dos grupos focais que consideram a falta de relevância de determinados fatores em relação a contribuição da Gestão de Projetos para a maturidade da Indústria 4.0. A validação desta exclusão tem como pressuposto a reavaliação das entrevistas e análise complementar dos dados e relatórios via ferramenta Nvivo.
- Critérios de agrupamento: Avaliar a discussão dos membros dos grupos focais que consideram que determinados fatores devem ser agrupados em um único fator pela característica apresentada. A validação deste agrupamento tem como pressuposto a reavaliação das entrevistas e análise complementar dos dados e relatórios via Nvivo.

Os fatores excluídos e agrupados estão representados na Tabela 12. A descrição dos fatores é apresentada no Capítulo 4, considerando uma lógica de como se deu a construção, evolução e conclusão do modelo proposto na pesquisa. Além da análise dos dados e critérios aplicados.

3.4.2.1 Grupo Focal de Executivos

O Grupo Focal de Executivos contribuiu com a análise dos fatores relacionados a atuações que não são de responsabilidade da Gestão de Projetos e fatores, consideradas como competências gerencias presentes de modo geral na organização.

A discussão neste grupo focal possibilitou aplicar os seguintes **critérios de exclusão** para os fatores Resiliência, Poder de Decisão e Liderança. Nessa mesma discussão, o grupo focal também possibilitou aplicar o **critério de agrupamento** no fator Treinamento, agregando o mesmo ao fator Agente de Transformação, pelo fato do treinamento ser uma ação em loco com o objetivo de prover informação e apoiar na mudança mapeadas nos projetos.

3.4.2.2 Grupo Focal de Líderes de Projetos

O Grupo Focal de Líderes de Projetos teve por objetivo explorar e aprimorar o modelo na visão dos praticantes. Por este motivo, os membros deste grupo, além de líderes de áreas de Gestão Projetos também tinham, na sua trajetória profissional, atuado diretamente em projetos da Indústria 4.0, o que fortaleceu a discussão.

A discussão realizada neste grupo possibilitou aplicar os **critérios de agrupamento** dos fatores Seleção de Projetos e Definição de Escopo ao fator Conhecimento Técnico. O fator Planejamento foi agrupado ao fator Visão Sistêmica e de Negócio. E por fim, os fatores Monitoração de Indicadores e Gestão de Projetos em Tempo Real foram agrupados ao fator Novas Ferramentas.

3.4.2.3 Grupo Focal de Profissionais Acadêmicos

O Grupo Focal de Profissionais Acadêmicos possibilitou a evolução por meio de definições claras sob a ótica científica e prática para a construção do modelo final. O resultado deste grupo possibilitou identificar que alguns fatores se originavam de fatores considerados “nativos” da área da Gestão de Projetos, endereçando uma revisão de alguns fatores a fim de obter uma melhor interpretação das entrevistas. Este grupo também buscou um entendimento claro do envolvimento da Gestão de Projetos, o que gerou a necessidade de apresentar o fluxo disposto na Figura 7. O fluxo representa o objetivo da organização em avaliar o nível de maturidade em relação à Indústria 4.0, seguido da necessidade de gerar projetos apoiadores na evolução e necessidades da Gestão de Projetos.

A discussão possibilitou aplicar os **critérios de exclusão** do fator Comunicação e Engajamento dos *Stakeholders*, além de **critérios de agrupamento** do fator Empregando Metodologias a Novas Ferramentas.

Grupo Focal	Exclusão	Agrupamento		
Grupo Focal de Executivos	Resiliência	Treinamento	⇒	Agente de Transformação.
	Poder de Decisão			
	Liderança			
Grupo Focal de Líderes de Projetos		Seleção de Projetos	⇒	Conhecimento Técnico
		Definição de Escopo		
		Planejamento	⇒	Visão Sistêmica e de Negócio
		Monitoração de Indicadores	⇒	Novas Ferramentas
		Gestão de Projetos em Tempo Real		
Grupo Focal de Profissionais Acadêmicos	Comunicação	Empregando Metodologias	⇒	Novas Ferramentas
	Engajamento dos <i>Stakeholders</i>			

Tabela 12 - Aplicação dos Critérios de Exclusão e Agrupamento

Fonte: Autor

3.5 MATRIZ DE AMARRAÇÃO

Para finalizar o capítulo da metodologia é apresentada uma matriz de amarração na Tabela 13, relacionando os objetivos, coleta e análise de dados.

Questão de Pesquisa	Objetivo Geral	Objetivos Específicos	Coleta de dados	Análise/Abordagem
Como a Gestão de Projetos contribui para a maturidade da Indústria 4.0?	Propor um modelo para identificar como a gestão de projetos contribui para a maturidade da Indústria 4.0.	Entender as características da maturidade da Indústria 4.0, por intermédio dos modelos de avaliação, sendo os mesmo, maturidade e prontidão	Base de dados Scopus e WoS	RSL
		Mapear características da Gestão de Projetos em projetos da Indústria 4.0	Base de dados Scopus e WoS	RSL
		Identificar as características da Gestão de Projetos que contribuem para a maturidade da Indústria 4.0	Entrevistas com Gerente de Projetos e Grupo Focal Exploratório.	Análise Qualitativa de dados utilizando software NVivo
			Grupo focal com Executivos.	Análise Qualitativa Exploratória
			Grupo focal com Praticantes.	Análise Qualitativa Confirmatória
			Grupo Focal com Acadêmicos.	

Tabela 13 - Matriz de amarração

Fonte: Autor

4 CONSTRUÇÃO E EVOLUÇÃO DO MODELO

A construção do modelo proposto traz como base as dimensões dos modelos de maturidade e de prontidão da Indústria 4.0, apresentados na RSL da Fase 1. Além dos fatores presentes nas dimensões dos Modelos de Maturidade, foram identificados outros fatores mencionados pelos entrevistados que inicialmente também contribuíam diretamente para a Maturidade da Indústria 4.0.

O Fluxo apresentado na Figura 7 representa a relação entre a Maturidade da Indústria 4.0 e Gestão de Projetos da seguinte forma: (1) a organização entende a necessidade de avaliar o nível de maturidade em relação à Indústria 4.0 e adota um determinado modelo de prontidão ou modelo de maturidade; (2) uma vez realizada a avaliação, se obtém o diagnóstico do nível de maturidade perante o modelo selecionado; o resultado (3) dá origem a projetos da Indústria 4.0 a fim de elevar o nível de maturidade; (4) geram necessidades específicas à Gestão de Projetos para obtenção do nível de maturidade esperado na avaliação seguinte.

Pode-se observar na RSL que a avaliação da maturidade surge na estratégia das organizações, portanto, a partir do momento em que há um objetivo para avançar na Indústria 4.0, adota-se um determinado modelo. Os projetos gerados pela avaliação da maturidade devem manter o alinhamento estratégico ativo. A Gestão de Projetos visa à manutenção do alinhamento estratégico para mostrar os avanços e as barreiras a fim de que sejam tomadas ações para atingir os resultados esperados e, conseqüentemente, atingir o estágio desejado na avaliação de maturidade seguinte.

Destaca-se no modelo proposto neste estudo que, além de absorver os projetos gerados especificamente na avaliação da maturidade, a Gestão de Projetos auxilia na identificação de outros projetos mesmo sem estarem necessariamente mapeados, mas cuja relação exista com o avanço da Indústria 4.0. Eles podem ser discutidos na estratégia, de forma a endereçá-los como uma prioridade diferenciada como parte integrante dos objetivos para o avanço da Indústria 4.0.

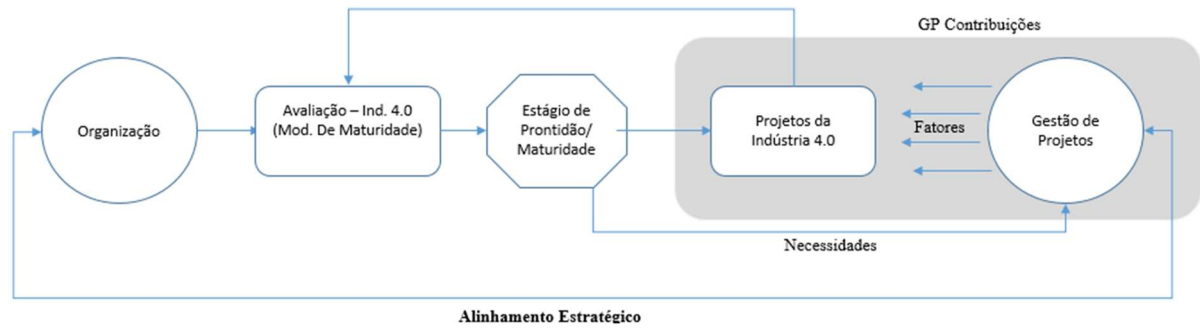


Figura 7 - Fluxo de avaliação da Maturidade da Indústria 4.0 e a Gestão de Projetos
Fonte: Autor

A seguir, apresenta-se desde o modelo oriundo da literatura (Modelo Conceitual), acompanhado da primeira versão do Modelo Proposto (Modelo Beta 1), sua evolução (Modelo Beta 2) e, finalmente, a versão final (Modelo Proposto Final).

4.1 MODELO CONCEITUAL

O modelo conceitual foi elaborado a partir do Digrama de Ishikawa, cujo objetivo foi mapear todos os fatores da Gestão de Projetos que tivessem relação com a Maturidade da Indústria 4.0. Durante a análise das RSL cada fator foi associado a cada uma das dimensões da Indústria 4.0, como demonstrado na Figura 8. O modelo conceitual foi concebido como modelo para obter as informações e definições necessárias para a construção do modelo proposto, considerando as entrevistas e os grupos focais.



Figura 8 - Modelo Conceitual
Fonte: Autor

Na dimensão Estratégia houve maior expressividade quanto a fatores e características apontadas pelos entrevistados. Afirmaram que os projetos devem fazer parte da estratégia para visibilidade e prioridade dentre as demais necessidades da organização.

Os entrevistados definem que a Gestão de Projetos tem um papel fundamental em selecionar os projetos que realmente alavanquem a maturidade da indústria 4.0, por ainda haver um entendimento errôneo entre automação, informatização e tecnologias da indústria 4.0. Também foi dada ênfase à gestão de projetos como um agente de transformação, uma vez que, é possível promover e disseminar as mudanças durante a execução dos projetos.

O Conhecimento Técnico é um ponto importante, citado em 5 dimensões pelos entrevistados. Isso retrata uma competência necessária aos gestores de projetos e, conseqüentemente, à área de gestão de projetos. Esta mesma competência foi mencionada pelos entrevistados como necessária em todas as fases de projetos da indústria 4.0. Há um consenso que as empresas ao longo dos últimos 3 anos perceberam a necessidade de incluir os projetos da Indústria 4.0 na estratégia das organizações para que os investimentos e os resultados em projetos atingissem o objetivo proposto.

Na dimensão Cultura, os entrevistados também destacaram características determinantes na Gestão de Projetos as quais tratam e apoiam quatro pontos de grandes campos culturais de atuação. Destaca-se a capacidade de comunicação em todos os níveis hierárquicos, que promove o entendimento não somente do estágio e necessidades prioritárias dos projetos, mas também a compreensão de mudança, na busca por clareza na comunicação.

A necessidade de Engajamento dos *Stakeholders* foi destacada já que a gestão de projetos promove a capacidade de relacionamento em todos os níveis da organização, bem como conhecimento técnico adequado a cada membro. Entende-se que a mesma característica de estabelecer bom relacionamento conduz a Gestão de Projetos a promover treinamentos pontuais e até mesmo programados para obtenção de resultados almejados.

Por fim, há uma mudança cultural na própria Gestão de Projeto porque existe a necessidade de adequar suas abordagens à necessidade do projeto ou da empresa. Isto significa que não necessariamente é seguida uma abordagem tradicional, ágil ou híbrida e sim, saber utilizar das abordagens de acordo com necessidades pontuais do projeto.

Na dimensão Tecnologia, os entrevistados reforçam a necessidade de conhecimento técnico na Gestão de Projetos, quando discutida a tecnologia foram propostas alternativas tecnológicas.

Os gestores de projetos reforçaram que a maioria dos projetos eram controlados em planilha e de forma centralizada, o que obrigava contatos com diversos membros para se obter informações. Atualmente, a Gestão de Projetos promove a implantação de ferramentas que apoiam em diversas necessidades. Dentre elas foram mencionadas: *Trello*, no controle de atividades; *Microsoft Teams* e *Google Hangout* como ferramentas de colaboração e comunicação. Além de outras bastantes robustas como *Microsoft Project Server*.

Nas entrevistas destaca-se a visão sistêmica e de negócios, caracterizada como o conhecimento de todas as áreas da organização e suas lideranças e a capacidade de acionar as pessoas adequadas em qualquer necessidade. Podem-se citar também os conhecimentos dos processos da empresa. Salientou-se que era fundamental o conhecimento da organização, cuja importância significaria o sucesso dos projetos.

A dimensão Indústria Inteligente é tratada pelos entrevistados como “chão de fábrica”, ao apontarem a Gestão de Projetos como área chave de apoio, devido ao conhecimento técnico. Representa apoio nas discussões na área responsável pela indústria definida como engenharia ou Tecnologia da Automação e a TI. Antes da Gestão de projetos atuar neste campo, os projetos da Indústria 4.0 apresentavam conflitos de responsabilidades e barreiras para a implantação de tecnologias, uma vez que sempre havia o desconhecimento de riscos que nem eram discutidos. A Gestão de Projetos aparece mais uma vez como área responsável por adequar metodologias para se viabilizar a entrega das atividades em conformidade com as necessidades.

Na dimensão Colaboradores, assim como na Dimensão da Estratégia, a Gestão de Projetos é definida como agente de transformação por seu poder de alcance de atuação, que atinge diretamente qualquer colaborador ou grupo de colaboradores participantes ou usuários da tecnologia implantada. A Gestão de Projetos e o poder de comunicação são novamente citados por atingir diretamente o público alvo do projeto, além de ser possível, identificar prováveis públicos não mapeados anteriormente, e que devem receber as informações para que não ocorram conflitos. Repete-se a característica de bom relacionamento da Gestão de Projetos, que promove treinamentos pontuais e até mesmo programados para obtenção dos resultados esperados.

Na dimensão Liderança, entende-se que antes dos projetos das Indústria 4.0, as preocupações dos líderes eram com projetos específicos das suas áreas, ainda que estratégicos. Apesar das características serem as mesmas já citadas em outras dimensões, a Gestão de Projetos exerce um papel específico junto às lideranças. A comunicação é um fator considerado importante pelos entrevistados e que atinge os líderes de forma direta, o que, conseqüentemente, leva a uma participação ativo nos projetos.

O engajamento dos *stakeholders* leva as lideranças a desempenharem um papel circunscrito, mas bastante atuante nos projetos da indústria 4.0, conduzindo mesmo aqueles não envolvidos diretamente, a se envolverem como apoiadores.

A dimensão Estrutura Organizacional apresenta as mesmas características da dimensão Colaboradores, apontado pelos entrevistados como a única diferença da abrangência. A Gestão de Projetos como agente de transformação para impulsionar a digitalização, a capacidade de comunicação e a habilidade de treinamento atinge uma amplitude organizacional. Neste caso, os entrevistados reforçam a presença da Gestão de Projetos na estratégia, por possibilitar esta abrangência.

Na dimensão da Governança, a Gestão de Projetos possibilita o apoio na construção de normativas técnicas e definição de padrões tecnológicos, tendo citado insistentemente que o conhecimento técnico se constitui como fator de maior expressão nesta contribuição. Os entrevistados também reforçam a necessidade deste conhecimento na condução dos projetos, presente de forma ampla em várias etapas do projeto.

Na dimensão Operações Inteligentes foi mencionada a importância da visão sistêmica não somente por envolver a organização internamente, mas também externamente por intermédio dos seus fornecedores e clientes.

O engajamento dos *stakeholders*, são considerados importantes pelos entrevistados, já que os membros externos são assim tratados e, cujo apoio é fundamental para integração de serviços e de soluções.

Na dimensão de Produtos e Serviços inteligentes, em apenas uma das entrevistas foi exposto que a Gestão de Projetos de fato contribuiu para a geração de serviço dentro da indústria.

A Figura 9 representa de forma gráfica as dimensões por volume de códigos gerados, demonstrando a intensidade de fatores em cada uma das dimensões mapeadas, dessa forma, é possível de forma as falas dos entrevistados foram empregadas em cada código.

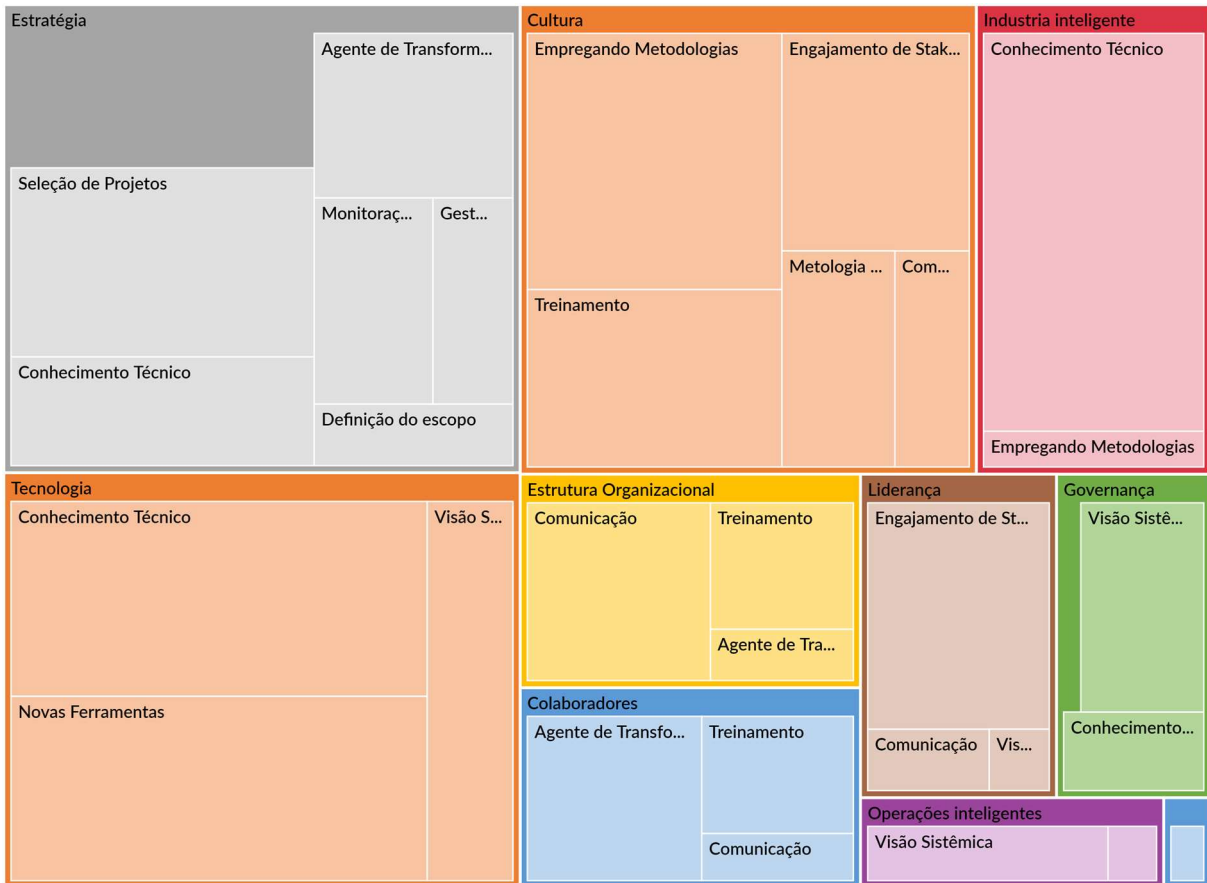


Figura 9 - Dimensões mapeadas e volume de código por dimensão
Fonte: Autor

4.2 MODELO PROPOSTO - BETA 1

A versão inicial teve como base o modelo conceitual acrescido dos 4 fatores adicionais identificados na análise dos dados que, inicialmente na visão dos entrevistados, contribuem para a maturidade da Indústria 4.0, sem estarem diretamente relacionados a nenhuma das dimensões previamente mapeadas nos modelos de maturidade.

O Modelo Proposto Beta 1 apresenta todos os fatores mapeados nas entrevistas, possibilitando uma discussão ampla nos grupos focais, realizados posteriormente. Este mesmo modelo foi utilizado para as discussões dos Grupos Focais de Executivos e Líderes de Projetos. Abaixo apresentam-se os fatores mapeados nas entrevistas e algumas falas dos entrevistados que justificam ou apoiam tal fator.

Planejamento – A Gestão de Projetos foi considerada por 25% dos entrevistados como área chave nos projetos da Indústria 4.0, não somente por ser uma habilidade nativa da área, mas também por intermédio da visão sistêmica saber o que e quem envolver. Nas palavras de um dos gerentes de projetos (GP8): “Mudou, mudou, porque quando criamos um planejamento, temos que fazer envolvimento de todos os recursos necessário, porém existem recursos que não estão mapeados”. Outra frase que corrobora esta questão foi do GP6: “Tenho que adaptar a qualquer processo fabril para fazer qualquer tipo de execução”.

Liderança em projetos – 17% dos entrevistados expressaram que diferentemente de projetos regulares, a liderança é secundária porque há um sponsor que influencia para entrega. Destaca-se que os projetos da Indústria 4.0 requerem uma interação com várias áreas, o que torna imprescindível que a Gestão de Projetos esteja à frente das entregas. Por exemplo, um dos Gerentes de Projetos entrevistados GP3 afirmou que: “A implantação da indústria 4.0 teria sido mais difícil e teria demorado mais, justamente pela falta de liderança do Gerente de Projeto onde é necessário se colocar no lugar um integrador”. Da mesma forma, o GP3 considera que: “(...) o principal papel do gerente de projetos nessa hora, é mostrar para liderança que aquilo tem uma importância para aquele negócio e aquilo pode ser disseminado aos outros”.

Poder de Decisão – 50% dos entrevistados afirmaram que os projetos da Indústria 4.0 possibilitaram à Gestão de Projetos maior autonomia e poder de decisão, que deve estar alinhado com o estratégico da organização. O GP11 comenta que ao abordar determinadas áreas tinha a seguinte sensação: “(...) não era nem chefe dele, então a abertura que a direção me deu, respaldo que eles me deram, e tanto o meu gerente, foi muito importante para condução dos projetos.”. Da mesma forma, o GP13 comentou: “Então, essa autonomia que a alta direção me deu foi fundamental para que hora eu não tivesse que ficar pedindo a benção.”. Por sua vez o GP3 argumenta que: “(...) é que a autonomia de fato aumentou, então o GP ele tem mais autonomia e ao mesmo tempo ele também tem mais responsabilidade.

Resiliência – Apenas um entrevistado reportou dificuldade para obter melhor resultado nos projetos, porque não havia percebido as mudanças necessárias no papel do gestor, mas ele mesmo se intitulou como resistente a assumir novas responsabilidades e empregar um nível superior de autonomia, decisão e influência. A partir do momento que passou a ser resiliente e se adaptar ao meio e às necessidades, os projetos da Indústria 4.0 passaram a obter maiores resultados. Em sua fala o GP7 afirma: “É a sua transparência, sinceridade, conversar muito e ser muito resiliente para entender todos os lados e entregar um resultado.”.

Conhecimento Técnico: Este tema foi mencionado por 100% dos entrevistados e definido por eles como conhecimentos superficiais em infraestrutura e sistemas de TI, que suportam as discussões sobre projetos para implantação de novas tecnologias. Este fator também é composto por conhecimentos superficiais em tecnologias da Indústria 4.0, tais como, Big Data, Inteligência Artificial, Computação em Nuvem, IOT, realidade aumentada. Pode ser considerado como o conhecimento técnico, com capacidade de absorção de conhecimentos técnicos em TI e Tecnologias Inovadoras. O GP1 abordou este tema da seguinte forma: “Porque assim como tudo está ligado, tudo são equipamentos de rede e tudo recebe um IP e tudo trafega dados, e mediante aos nossos últimos acontecimentos de cyber security no mundo todo, não só na indústria onde eu me encontro, mas no mundo todo (...)”. O GP6 comentou que: “(...) minha formação e técnica e eu tive colegas que foram trabalhar comigo e não tiveram essa formação técnica, o nível de dificuldade deles para conduzir os tipos de projetos foi enorme, então você falava assim para o cara, você precisa conectar esse cara no PLC, o cara, o que que é um PLC?”. O GP12 comentou que: “(...) o pessoal tinha muito a ideia que a indústria 4.0 era colocar robô na fábrica, ou até instalar um sistema da indústria 4.0 e não entendia que a indústria 4.0 é muito mais do que isso, Big Data, inteligência artificial, e como você pega esses dados e começa a trabalhar com eles. ”

Engajamento de Stakeholders: 75% dos entrevistados classificaram este fator como muito presente em projetos de Indústria 4.0 porque parte dos envolvidos não estão classificados ou identificados no início do projeto. Assim, a Gestão de Projetos, por intermédio dos Gerentes de Projetos, é que proporcionam o engajamento de pessoas e prestadores de serviços, ao longo do projeto. Os entrevistados consideraram este fator como a capacidade de envolver e engajar participantes antes e durante o projeto. O GP2 comentou que: “(...) um mapeamento de *stakeholder* bem feito, eu acho que, que é quando você consegue fazer, ter a visão do projeto, né, que é quando a gente fala que é o começo, meio e fim, né”. O GP5 demonstra o tema, destacando o envolvimento de áreas da seguinte forma: “(...) olha aqui você tem que trazer o cara da logística porque esse projeto vai afetá-lo, ele é uma peça do projeto ele é um stakeholder do projeto. Ah, mas eu não tinha essa visão, não, ele tem por que? Por que ele tem que participar? Esse é o ponto, então quando houve uma disseminação da informação de maneira igual aonde o gerente do projeto assume certas responsabilidades que não eram compartilhadas com ele”.

Treinamento: 67% dos Gerentes de Projetos consideraram este item importante porque existem algumas situações em que a Gestão de Projetos é responsável para alavancar o conhecimento dos envolvidos no projeto. Consideramos este fator como a capacidade de transmitir conhecimento ao longo de sua implantação. O GP10 comentou estar de fato treinando pessoas por intermédio dos projetos: “Estamos trabalhando ainda, treinando pessoas ainda nos conceitos, isso ainda não está totalmente difundido.”. O GP9 tratou o tema como uma situação esporádica da seguinte forma “Eu dei alguns treinamentos, em um grupo que chamamos de fábrica do futuro.”.

Visão Sistêmica e de Negócio: 50% dos entrevistados comentaram o tema, considerando que os projetos da Indústria 4.0, têm amplitude e abrangência em toda a organização. Eliminar riscos e apoiar para solução de problemas só acontece quando se é capaz de conhecer e saber quem envolver para realização do planejado ou até mesmo alavancar o projeto. Este fator é considerado como um conhecimento prévio de processos e de áreas de negócio que auxiliam a identificar e envolver todas e quaisquer áreas afins. Segue-se o comentário de um dos entrevistados (GP1): “Porque assim, eu entendo que o gestor de projeto, ele é o cara que é envolvido quando você tem multi-ações e multi-áreas, né, a gente tem que ter essa visão um pouco mais aberta, o cara que tem que estar fora da caixinha todo o tempo. “Então, hoje, o lado mais bacana da transformação desses 3 anos para cá, é essa integração com os negócios, e isso sim a gente entende que mudou.”. O GP12 também faz uma afirmação similar: “(...) e eu acho que a gente como gestor de projeto eu acho que a gente tem que ter essa habilidade de circular em todas as áreas um pouquinho, em todos os públicos para entender como é que vai fazer entregar a coisa melhor para todo mundo.”.

Empregar Metodologias: 42% dos entrevistados mencionaram este fator e consideram que ele não engloba apenas a questão de escolha de uma metodologia, quer seja tradicional, ágil ou híbrida, mas, sim, a capacidade de a Gestão de projetos tomar decisões no estágio de execução, adequando a metodologia às necessidades ou até mesmo desenvolvendo uma metodologia própria. Pode ser considerada como uma capacidade de adequar a forma de trabalho em projetos à necessidade do projeto. Um dos entrevistados (GP3) destacou a importância do tema em relação Indústria 4.0: “Então, eu vejo que antes Indústria 4.0 o projeto tinha escopo fechado e ferramentas e metodologias mais tradicionais, depois da indústria 4.0 as ferramentas elas se intensificaram, o dinamismo aumentou, e aí você tem um projeto mais globalizado e que ele envolve mais áreas, e tem mais inteligência”, já o GP3 traz o tema de

forma mais ampla em relação à área de Gestão de Projetos: “(...) a Gestão de Projetos traz uma bagagem de ferramentas e metodologias que facilita.”.

Novas Ferramentas: 100% dos entrevistados consideraram a Gestão de projetos uma área que propõe e implanta novos softwares e sistemas que ajudam a alavancar o gerenciamento, comunicação e a colaborações, conforme as necessidades dos projetos. Considera-se tal fator como a capacidade da Gestão de Projetos em apresentar e implantar soluções tecnológicas para apoio ao gerenciamento do projeto, comunicação e colaboração. O GP 3 resumiu o tema da seguinte forma: “Então essas foram as diretrizes que a gente seguiu para poder escolher a melhor ferramenta, e a utilização dela também ajuda na questão de, da própria indústria 4.0 mesmo, né, você ter uma gama de projeto como eu comentei né, aquela explosão de projetos que você precisa de alguma forma fazer esse controle e avisar a gestão, olha está acontecendo o movimento aqui. ”

Agente de Transformação: 83% dos entrevistados consideraram que a Gestão de Projetos apoia a transformação das pessoas, uma vez que o contato constante com todos os envolvidos possibilita a disseminação de conhecimento, levando a transformações significativas, a melhorias advindas de projetos inovadores da indústria 4.0. Dessa maneira, este fator pode ser visto como a possibilidade de Gestão de Projetos influenciar os membros dos projetos para um adesão e uso de tecnologias implantadas, proporcionando as mudanças necessárias. Há um destaque para as ações da Gestão de Projetos comentado pelo GP1: “(...) a facilidade na questão da mudança cultural a gente tem porque a gente consegue chegar a níveis de equipes, né, com um simples-, como eu estava comentando, com um simples status report ou reuniões periódicas de projeto, você consegue trazer as pessoas para que você consiga disseminar a informação, é o acreditar na mudança.”. E o GP7, também destacou o tema como importante: “Se você traz uma pessoa e coloca ela como peça importante ou mostra para ela que ela é um fator, ela é uma engrenagem do processo como um todo e ela é importante para que a entrega ocorra com sucesso ela pode vender como uma coisa boa”.

Comunicação: Apesar de ser uma área de conhecimento da Gestão de Projetos, 33% dos entrevistados ressaltaram este fator porque a comunicação escrita e verbal tem possibilitado uma comunicação com clareza a todo o público envolvido nos projetos, cuja exigência é a de linguagem detalhada ou compacta, de acordo com as inovações tecnológicas e organizacionais. Ao consideramos este fator como uma capacidade de permear a informação a todos os públicos, sabe-se da importância de se estruturar as informações a todos os envolvidos em cada projeto.

O plano de comunicação foi destacado na fala do GP11: “Um bom plano de comunicação, se tudo estiver montadinho, tudo isso você consegue fazer a disseminação da informação, como no caso da Indústria 4.0”, e reforçado pelo GP9 na seguinte fala: “Então, isso deixa a comunicação mais clara entre a alta gerência e o pessoal da indústria”.

Seleção de Projetos: 67% dos entrevistados caracterizaram a Gestão de Projetos como área base para selecionar os projetos que realmente fazem parte da Indústria 4.0 e dessa forma evitar que aqueles considerados regulares em tecnologia tenham o mesmo nível de prioridade. Este fator pode ser reconhecido como a capacidade de identificar projetos que façam parte de Projetos da Indústria 4.0, definidos pela organização. A fala de um dos entrevistados (GP11) demonstrou essa questão da seguinte forma: “Então, esse ano a primeira coisa que a gente entendeu que era necessário, foi fazer primeiro um mapa de maturidade dentro de cada unidade da empresa”. O GP9 aponta a relevância do tema da seguinte forma: “Foi possível identificar o que era relevante e os ganhos. Conseguiu pontuar quais são os projetos que a gente deve conduzir e trouxe uma visibilidade maior”.

Monitoração de Indicadores: As Gestões de Projetos por seus indicadores, possibilitam alertar sobre qualquer necessidade de ajustes nos da Indústria 4.0 a fim de atingirem seus objetivos. Isso foi mencionado por 42% dos entrevistados, dada a complexidade dos projetos em questão. É, então, considerada como a capacidade da Gestão de Projetos em alertar sobre a utilização de toda e qualquer metodologia e sistemas. Um dos entrevistados (GP5) aborda o tema: “Com certeza, com certeza. A partir do que você tem a parte de modelagem, e você começa a modelar informação, gerar relatórios e indicadores mostrando o andamento, a caixa de entrega, tudo que está acontecendo dentro do projeto, isso é fundamental para que você ganhe confiança e agilidade naquilo que está entregando. ”

Gestão de Projetos em Tempo Real: Este tema foi abordado por 33% dos Gerentes de Projetos pela necessidade de tomada de decisão no tempo certo a fim de impactar qualquer rotina da organização por se tratar de projetos que envolvem atividades complexas em linhas de produção. Consideramos este fator como a necessidade da Gestão de Projetos em obter informações de prazo, tempo e custo em tempo real. A Gestão de Projetos em Tempo Real foi destacada como uma necessidade na fala do GP10: “É uma necessidade mais urgente, porque quando você define o projeto, fazer aquilo acontecer e com o mínimo de desvio possível do tempo”, e reforçada esta mesma necessidade na fala do GP3: “Existe uma cobrança forte de

tempo real justamente porque não se tem acesso a todos no momento em que se necessita atualizar as informações”.

Definição do escopo: 17% dos entrevistados consideraram que a Gestão de projeto, pelos conhecimentos de tecnologia, possibilita a definição de escopos para projetos da Indústria 4.0. Consideramos este fator como a capacidade da Gestão de Projeto apoiar na definição do escopo por intermédio do conhecimento técnico em Projetos e Tecnologias da Indústria 4.0. A definição de escopo apoia em reduzir problema durante o projeto como comentado pelo GP7: “(...) foi um problema de escopo, e o cara falou, a gente faz de tudo! Na hora que foi ver o negócio, eles não tinham estrutura e recurso interno para fazer. ”

Considerando todos os elementos acima descritos, chega-se à definição do Modelo Beta 1 (Figura 10) numa demonstração de que a Gestão de Projetos, inicialmente, contribui para a maturidade da Indústria 4.0.

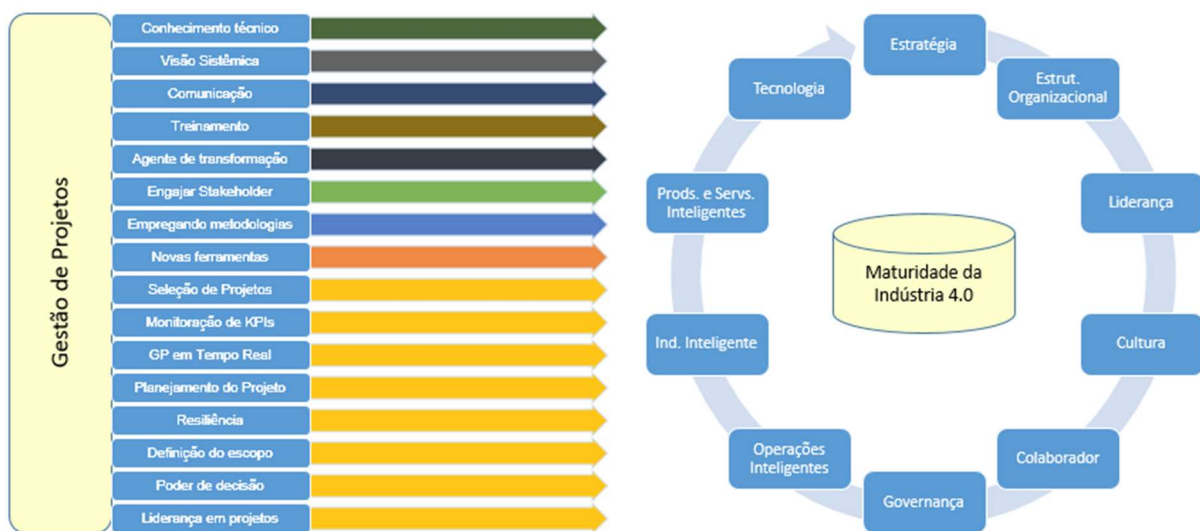


Figura 10 - Modelo Proposto Beta 1

Fonte: Autor

4.3 MODELO PROPOSTO - BETA 2

O primeiro Grupo Focal de Executivos foi constituído de Diretores responsáveis pelo projeto da Indústria 4.0 com a finalidade de se obterem críticas sobre o modelo e entender, a partir de suas opiniões, sua relevância.

A princípio, o Grupo Focal de Executivos teve dificuldades em entender o modelo, sendo necessário retornar ao Modelo Conceitual para interpretar as informações. Com a

retomada da discussão sobre o Modelo Proposto Beta 1, os participantes do Grupo apoiaram o modelo. Por unanimidade reconheceu-se que o modelo não apresentava o espaço para identificação de cada um dos fatores, quanto a sua importância nas Dimensões da Maturidade da Indústria 4.0. Esta unanimidade resultou na melhoria do Modelo Proposto, assinalando cada um dos fatores, em cada uma das dimensões. Também foi mencionado que o fator Resiliência é uma competência humana e não do âmbito de gestão de projetos, o que nos endereçou a uma análise específica deste dado.

O Grupo Focal de Líderes de Projetos apoiou o modelo, mas, mencionaram que alguns dos fatores, na verdade, seriam características da gestão de projetos, impulsionadas por outros fatores mapeados nos modelos. Mediante tal contexto e análise dos dados, foi aplicado o critério de agrupamento conforme descrito nos parágrafos a seguir.

A Seleção de Projetos, Planejamento e a Definição de Escopo foi mencionada nas entrevistas porque o conhecimento técnico alavancou estes fatores, integrados ao fator Conhecimento Técnico. A Gestão de Projetos em Tempo Real é baseada em sistema de gestão de projetos, que foi integrada ao fator Novas Ferramentas. Esta questão pode ser observada na fala do seguinte participante:

“(...) essa parte da visão sistêmica, seleção de projetos, monitoração de indicadores, para gente de projeto, acho que falta aqui, na minha opinião, um ponto que, não sei, apesar de eu estar vendo todos esses desenhos aqui, me parece que a estratégia da empresa. ” (Executivo de Projetos 1)

A discussão e análise de dados dos Grupos Focais de Executivos e Líderes em Projetos possibilitaram o desenvolvimento do Modelo Proposto Beta 2, o qual foi discutido com o Grupo Focal de Acadêmicos.

Planejamento: Apesar de também ser uma área de conhecimento da Gestão de Projetos, ressaltou-se que o planejamento se torna ainda mais importante pela complexidade dos projetos e pela necessidade de assertividade nas implantações de novas tecnologias. Os grupos focais de executivos e líderes de projetos consideraram este fator como a capacidade da Gestão de Projetos de apoiar no planejamento pelo conhecimento técnico em projeto e de tecnologias da Indústria 4.0.

Liderança em projetos: A liderança em projeto se mostra importante pela interação entre diversas áreas de projetos, em que é preciso empregar atividades coordenadas para

andamento dos relativos à Indústria 4.0. Os grupos focais de executivos e líderes de projetos consideraram este fator importante por levar à integração entre as diversas áreas de gestão.

Poder de Decisão: Os Gerentes de Projetos descrevem este fator como uma atribuição necessária à Gestão de Projetos, ou seja, não somente mapear e conduzir atividades conforme cronogramas e sim, tomar decisões quer sejam de adequações ou até mesmo suspensão do projeto em face das necessidades ou quaisquer problemas. Os grupos focais de executivos e líderes de projetos consideraram este fator como a capacidade de tomar decisão a fim de adequar, postergar ou cancelar atividades, sem que haja necessidade do envolvimento de membros de nível superior.

As características apontadas nos fatores Planejamento, Liderança em Projetos e Poder de Decisão podem ser observadas na fala a seguir.

“Então, o que diz respeito a parte de gestão de projetos, sim, nós precisamos ter uma pessoa que seja aquela que vai fazer a organização de todo o trabalho para ajudar a desenhar aquilo que foi incumbido na estratégia, quais são as ações projetadas a serem desenvolvidas, então no que diz respeito a essa característica para mim, o que você compõe aqui, eu acho que está em linha, ou seja, basicamente a gestão de projetos é começo, meio e fim, por que, como, até chegar no resultado.” (Executivo de Projetos 3)

Resiliência: Pela complexidade apontada pelos Gerentes de Projetos, e pelas dificuldades no decorrer da execução, a resiliência se torna um fator importante em meio a conflitos ocasionados por tal complexidade. Os grupos focais de executivos e líderes de projetos consideraram este fator como a capacidade dos Gestores de Projetos em liderar mediante complexidade e conflitos em projetos da Indústria 4.0.

A discussão realizada neste grupo possibilitou aplicar os seguintes critérios de exclusão dos fatores mencionados a seguir:

O fator Resiliência foi considerado como uma habilidade inata ou construída ao longo do tempo, mas não diretamente relacionada à Gestão de Projetos.

O fator Poder de Decisão está relacionado ao cargo ou algum projeto específico, não diretamente associado à Gestão de Projetos ou a projetos da Indústria 4.0. Entende-se que o poder de decisão dos projetos está associado à estratégia da organização e aos executivos responsáveis.

O fator Liderança em Projetos foi considerado como uma habilidade presente nos projetos de modo geral, sem que haja diferenças na aplicação a Projetos da Indústria 4.0.

A discussão neste grupo também possibilitou aplicar o seguinte **critério de agrupamento** de fator:

- O fator Treinamento considera a capacidade de transmitir a informação em loco durante as atuações, promove a mudança e conscientização e, por este motivo, foi agrupado ao fator Agente de Transformação.

A seguir, o Modelo Beta 2 disposto na Figura 11:

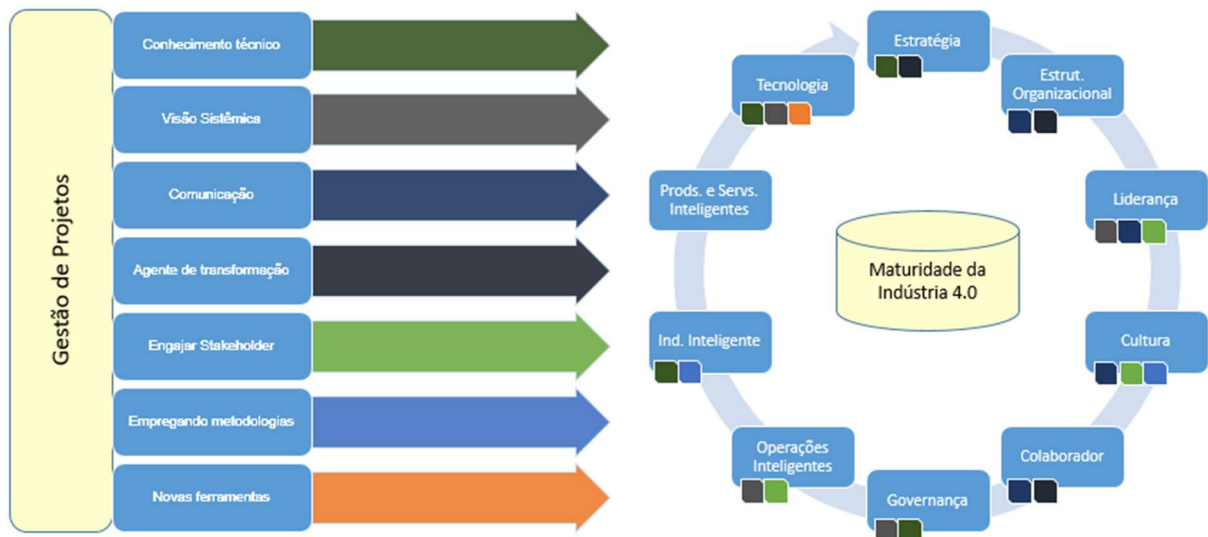


Figura 11 - Modelo Proposto Beta 2
Fonte: Autor

4.4 MODELO PROPOSTO FINAL

O modelo proposto foi construído a partir da coleta e discussão do Grupo Focal de Profissionais Acadêmicos, cujos argumentos remeteram à exclusão e agrupamento de outras dimensões, a fim de se obter o modelo final. Após a revisão e considerações finais, chega-se ao Modelo Proposto, considerado como versão Final, apresentado na Figura 12.

O fator Comunicação e Engajamento de *Stakeholders* foi excluído por se tratar de habilidades da área de Gestão de Projetos, considerado como habilidade mais intensa, de acordo com o tipo de projeto. Isso pode ser observado nas falas a seguir:

“Eu só fico pensando se a comunicação é básica de gestão de projetos, eu não vejo como ela seria diferente para uma indústria 4.0” (Acadêmico 3)

“(...) quando a gente fala de comunicação em gerenciamento de projetos a gente já sabe, inclusive o que se espera, e o que que é diferente quando a gente pensa em projetos da indústria 4.0? ” (Acadêmico 1)

O fator Empregando Metodologias foi integrado a Novas Ferramentas porque proporciona um método de gestão, que pode ser acompanhado por softwares e sistemas.

As demais dimensões foram mantidas, porém, revisadas e complementadas, conforme as informações e argumentos do Grupo Focal de Profissionais Acadêmicos. Todas as entrevistas passaram também por uma revisão geral para aprimoramento dos conceitos em todas as dimensões.

Como resultados finais, foram mantidos os fatores considerados essenciais e necessários à Gestão de Projetos, que caracterizam uma real contribuição para o avanço da Maturidade da Indústria 4.0, conforme a seguir.

O fator **Conhecimento Técnico**: Representa conhecimentos básico de TI, Infraestrutura de TI e Tecnologias da Indústria 4.0. Ainda que superficiais, reconhecem a importância do entendimento dos benefícios das tecnologias a serem implementadas na condução dos projetos. Este fator foi mencionado em vários momentos e por grande parte dos participantes, conforme se constata a seguir:

“Faz diferença sim, precisa ter conhecimento técnico nos assuntos que estão falando. Apesar de ser novas tecnologias que estamos implantando, a pessoa que tem o conhecimento técnico na hora de fazer a gestão, ela consegue direcionar a conversa para a solução sem desvio. ” (Líder de GP 1)

“Eu concordo plenamente, porque quando a gente fala de gestão de projetos, principalmente já de tempos atrás, eu acho que todos nós já ouvimos falar assim, não, tocar o projeto é só fazer o cronograma e tocar bumbo lá para manter o ritmo. ” (Líder de GP 2)

“(…), mas não sei se o gerente de projetos precisa ter de fato tão detalhado conhecimento técnico, não sei quanto interfere o conhecimento, ou conhecer técnico para definir por exemplo uma estratégia” (Acadêmico 1)

“É uma questão de função e resultado, você pega lá um chão de fábrica, em determinado momento, você foi de um operador de máquina, chega um momento que você até esquece como opera uma máquina” (Acadêmico 2)

O fator **Visão Sistêmica e de Negócio**: Conhecimento técnico de negócio e processos gerenciais. Esta visão se torna importante para estratégia, para a cultura e para a estrutura organizacional porque apoia o alinhamento estratégico. Fortemente discutido por membros dos grupos focais, pode ser observado em falas dos entrevistados:

“(...) ele tem que ter uma visão todo, porque o projeto na indústria 4.0, ou no chão de fábrica, ele vai afetar não só a produção, mas ele vai afetar a logística, ele vai afetar a expedição do produto, ele vai afetar o administrativo. ” (Líder de GP2)

“(...) a gente sabe que ter uma visão sistêmica, não só para o gerenciamento de projetos, mas para a própria área de TI, é extremamente importante, porque tudo que a gente faz, acaba impactando em todo o negócio. ” (Líder de GP3)

“(...) a respeito da Visão sistêmica e chamando atenção inclusive no que a gente já conversou e vamos pensar de forma complementar, todas essas categorias ou dimensões. Essa visão sistêmica ela não seria mais adequada se fosse visão sistêmica e de negócios? ” (Acadêmico 2)

“Eu acho que você pode manter visão sistêmica, ele está dentro, mas e de negócios? ” (Acadêmico 2)

“Você precisa conhecer a visão sistêmica para transitar também dentro da organização, é muito importante que o gerente de projetos seja uma pessoa que tenha uma habilidade comportamental de trânsito. ” (Acadêmico 2)

O fator **Agente de Transformação**: Mantivemos o conceito de transformação das pessoas pelos contatos constantes com todos os envolvidos, na disseminação de conhecimentos e na transformação de área para apoiar a melhoria de processos cujas propostas eram resultantes de projetos correntes da indústria 4.0. Também foi mantido este fator como a capacidade da Gestão de Projetos de influenciar seus membros para adesão e uso de tecnologias implantadas, proporcionando as mudanças necessárias. É o que se destaca nas falas abaixo:

“Então, quando eu olho agente de transformação, eu fico pensando muito mais naquela questão da mudança organizacional, do alinhamento estratégico, né, da Inovação aplicada aos processos também da questão do quanto ele é capaz de fazer isso de fato ser executado, por meio dessa gestão de projetos. ” (Acadêmico 1)

“(...) ele é um promotor, na verdade ele não é só o cara que gerencia, o projeto na verdade ele é um promotor da mudança. ” (Acadêmico 2)

“(...) é desapegar um pouquinho lá dos processos das atividades padrões da gestão de projetos e focar no benefício que ela traz para impulsionar a indústria 4.0, né. E aí, fecha com chave de ouro se você faz essa confirmação. ” (Acadêmico 1)

O fator **Novas Ferramentas**: Foi considerado como a capacidade da Gestão de Projetos de buscar novas formas de trabalho para atender as necessidades, além de buscar soluções tecnológicas como sistemas e softwares como apoio. São exemplos, as falas a seguir:

“Concordo plenamente, e assim, dependendo do contexto, vai continuar sendo sempre convencional, tradicional, waterfall, dependendo do contexto vai ser híbrido, um pouquinho de cada coisa. Só me incomoda um pouco Sílvia, quando tu botas ali o escritor empregando metodologias, e aí eu vou esperar um pouquinho para falar porque eu quero ouvir o que tu vais falar em relação a novas ferramentas. ” (Acadêmico 2)

“(…) empregando a metodologia e novas ferramentas, olhando o cerne do método ágil, e o cerne dessas novas tecnologias que você se tem aplicado como ferramentas para indústria 4.0. ” (Acadêmico 1)

“(…) não vejo diferença das novas ferramentas, inclusive na sua fala, porque quando você fala empregando novas metodologias, ou na hora da nova ferramenta, para mim elas estão ali convergindo para o mesmo ponto, até o descritivo como Maurício falou poderia mudar. ” (Acadêmico 2)

Os fatores descritos acima foram a base para a construção de Modelo Proposto denominado Final e apresentado na Figura 12.

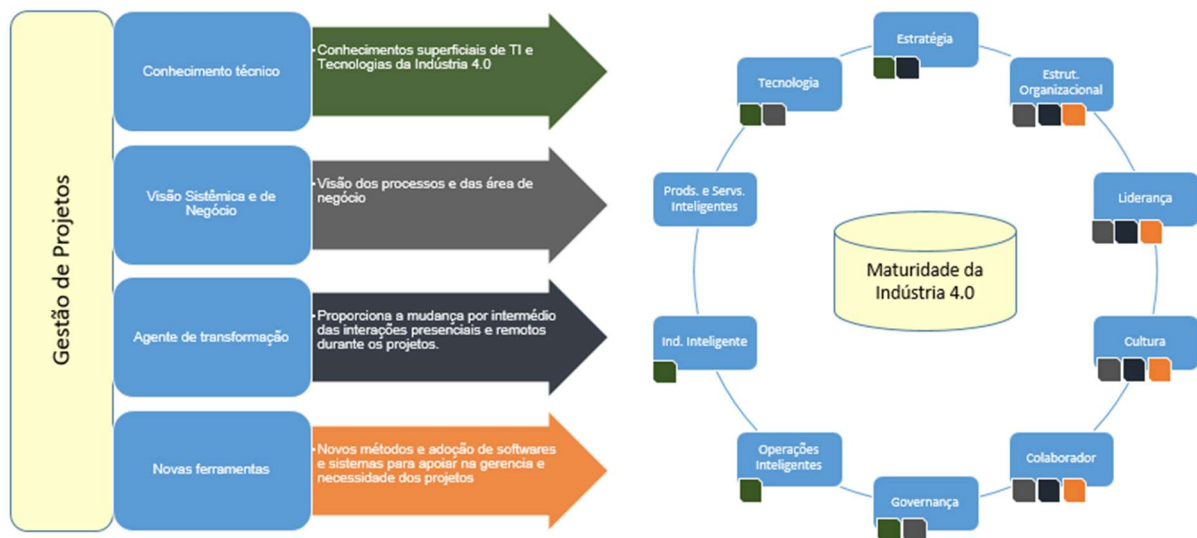


Figura 12 - Modelo Proposto Final

Fonte: Autor

O Modelo final apresenta a Gestão de Projetos como tema principal desta pesquisa, no lado esquerdo da Figura 12, em seguida os 4 fatores considerados determinantes para a Maturidade da Indústria 4.0. Do lado direito, tem-se o tema central da Maturidade da Indústria 4.0; ao redor, as dimensões que caracterizam a maturidade conforme modelos de avaliações da maturidade da Indústria 4.0:

Conhecimento Técnico caracteriza a importância do conhecimento técnico superficial em tecnologias de TI, Infraestrutura de TI e Tecnologias na Indústria 4.0. Aplicado aos projetos, contribui para a maturidade nas Dimensões da Tecnologia, Indústria Inteligente, Operações Inteligentes e Governança, por apoiar nas decisões de implantação, na Dimensão da Estratégia e nas discussões de escolha e determinação dos projetos, na Dimensão estrutura Organizacional, disseminando conhecimento a todos os envolvidos.

Visão Sistêmica e de Negócio destaca o conhecimento da organização e de seus processos, que contribui nas Dimensões da Tecnologia e Governança por reconhecer a importância dos processos organizacionais para implantação ou desenvolvimento de sistemas e nas Dimensões Estrutura Organizacional, Liderança, Cultura e Colaborador, pelo amplo conhecimento das áreas, necessidades e funções.

Agente de Transformação destaca a Gestão de Projetos como impulsionadora da mudança por suas constantes interações durante o projeto. Contribui, assim, diretamente na Dimensão Estratégia por estar diretamente envolvendo necessidades e objetivos, o que leva a promover sua disseminação, resultando em mudanças decorrentes das interações havidas, alcançando as Dimensões Estrutura Organizacional, Liderança, Cultura e Colaborador.

Novas Ferramentas, que destaca a capacidade da Gestão de Projetos em adotar novos métodos e novos sistemas e softwares para condução dos projetos.

De modo geral é perceptivo que os participantes dos grupos focais não tinham conhecimento sobre os modelos de maturidade da Indústria 4.0. Isso reforça a relevância deste trabalho para a área acadêmica, uma vez que explora melhor os modelos para aprimorar as ações na Gestão de Projetos e, possivelmente, outras áreas correlatas à Indústria 4.0.

A aplicação dos critérios de exclusão ou agrupamento não isentam a aplicação das áreas de conhecimento da Gestão de Projetos. Elas estão presentes, mas são consideradas como regulares porque, conforme análise, a mudança existe devido à intensidade de aplicação das áreas, de acordo com o tipo de projeto.

5 CONTRIBUIÇÃO PARA OS PRATICANTES

A Indústria 4.0 é um tema atual, discutido nas organizações, cujos investimentos têm gerado inúmeros projetos. Aferir o estágio de maturidade de uma empresa em relação à Indústria 4.0 remete à avaliação do estado atual da empresa em relação à Indústria 4.0.

A avaliação do estado atual deve ser realizada utilizando-se dos modelos de maturidade descritos neste estudo, a fim de avaliar o estado atual e entender as necessidades para o avanço em relação ao tema. Cada modelo possui uma estrutura de avaliação e as organizações devem determinar o modelo que melhor se enquadre segundo suas necessidades.

Uma vez avaliado o nível de maturidade da Indústria 4.0, é possível responder a segunda questão. Primeiramente, as necessidades de avanço da Indústria 4.0 geram projetos específicos, não bastando apenas elencá-los. É preciso entender o impacto de um determinado projeto para organização e a melhor forma para assegurar que o objetivo seja atingido. Neste contexto, o modelo proposto nesta pesquisa indica que uma empresa pode atingir o resultado esperado desde que sejam utilizados fatores específicos para alinhamento da Gestão de Projetos às necessidades mapeadas no modelo de avaliação da maturidade da Indústria 4.0 adotado.

O Modelo Proposto considerou os 15 modelos de maturidade da Indústria 4.0, encontrados na literatura acadêmica e de praticantes:

- *Maturity and Readiness Model*
- *Development of a Digitalization Maturity Model*
- *DREAMY*
- *Three-stage Maturity*
- *SPICE*
- *Reifegradmodell Industries'' 4.0*
- *SIMMI 4.0*
- *IMPULS*
- *PwC Self-Assessment*
- *A categorical framework of manufacturing*
- *Connected Enterprise Maturity Model*
- *Model to evaluate the Industry 4.0 readiness degree in Industrial Companies*
- *Acatech*
- *Industry 4.0 Readiness and Maturity*
- *SMSRL*

O modelo propõe que a gestão de projetos contribui para a maturidade da Indústria 4.0 considerando quatro fatores:

- **Conhecimento Técnico:** Emprega e destaca a importância dos conhecimentos básicos em TI, Infraestrutura de TI e Tecnologias consideradas da Indústria 4.0. Estes conhecimentos possibilitam discussões coesas durante a elaboração e planejamento do projeto e para o controle do andamento do projeto durante a fase de execução.
- **Visão Sistêmica e de Negócio:** Destaca o conhecimento da organização e de seus processos para que todos os *stakeholders* estejam envolvidos, alinhados, comunicados adequadamente com os processos aderentes às novas soluções implantadas.
- **Agente de Transformação:** Destaca a Gestão de Projetos como impulsionador e promotor de mudança por suas constantes interações e poder de influência com diversos públicos, durante todas as fases.
- **Novas Ferramentas:** Trata-se da capacidade da Gestão de Projetos em adotar novos métodos e novos sistemas/softwarewares para condução dos projetos, contando também com a adoção de qualquer tipo de tecnologia ou sistema de apoio à organização na colaboração, comunicação e interação de tarefas.

Os gestores de projetos, executivos, líderes de áreas ou gerentes precisam estar atentos às necessidades expostas no modelo para que possam utilizá-lo como guia para obtenção de resultados na Indústria 4.0. De forma prática, o entendimento claro dos fatores mencionados acima, possibilita avanços não somente nos projetos quanto à condução ou controle, mas a presença da Gestão de Projetos na transformação da organização apoiando decisões, que se utiliza do Conhecimento Técnico e Visão Sistêmica e de Negócio na transformação da organização.

O Modelo Proposto demonstra a importância de um alinhamento estratégico constante e ativo entre a Gestão de Projetos e a Organização, para que se possa atingir os resultados esperados nos projetos voltados ao avanço da Indústria 4.0 e conseqüentemente alavancar o nível de maturidade. Podemos imaginar que durante uma reunião de estratégia, a Gestão de Projetos é envolvida porque a empresa precisa avançar na Indústria 4.0 e adotar um determinado modelo para avaliar a prontidão da Indústria 4.0. Logo nesta etapa a Gestão de Projetos por

intermédio do Conhecimento Técnico consegue avaliar os resultados da avaliação para apoiar na geração dos projetos e identificar projetos correntes que se classificam no contexto avaliado. Em seguida, os projetos são demandados e se faz necessário mapear processos e envolver as áreas e a Gestão de Projetos com a Visão Sistêmica e de Negócio para empregar velocidade e discussões diretas por saber qual a necessidade e como estas áreas podem contribuir ou como estas áreas serão afetadas. Uma vez iniciado os projetos, reuniões cadenciais, comunicações escritas e verbais e outras atividades, ferramentas de colaboração, de comunicação, de gestão de projetos e outros podem auxiliar na obtenção de resultados e ao redor todo este tema a Gestão de Projetos, se posiciona como figura chave para que o processo de transformação ocorra, tornando-se um agente de transformação expressivo.

O Agente de Transformação tem um papel de tornar a mensagem principal e seus e os objetivos claros para a compreensão durante e após a realização do projeto. É durante os projetos que são identificadas as necessidades de adequação de abordagens ágeis, tradicionais ou híbridas para atingir os objetivos para a implantação de novos sistemas ou ferramentas.

Há uma vantagem clara no modelo que destaca a área de Gestão de Projetos como ferramenta de apoio para assegurar e alavancar o resultado esperado para o avanço da Indústria 4.0, porém, em que todo embasamento é sustentado pelos modelos de maturidade, ou seja, caso exista um projeto, a Gestão de Projetos pode identificar a necessidade de incluí-lo no portfólio, mesmo assim, o modelo não trata de seleção de projetos, mas tem grandes chances de integração.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Indústria 4.0 não trata apenas a questão de inserção de novas tecnologias, mas trata também da maneira como pode afetar, de forma significativa, o ambiente de trabalho, onde os projetos são executados (Marnewick & Marnewick, 2019). Importante destacar que as organizações reconhecem a relevância da Gestão de Projetos como ferramenta importante para implantação da indústria 4.0 (Ochara *et al.*, 2018). Mesmo com a premente necessidade de melhoria, diante da realidade dos avanços tecnológicos, as organizações apontam problemas para avançar na maturidade da Indústria 4.0, o que evidencia a cada dia a necessidade da criação de modelos específicos para obtenção de melhores e mais eficazes resultados (De Carolis *et al.*, 2017b).

Esta pesquisa buscou entender justamente como a Gestão de Projetos contribui para a Maturidade da Indústria 4.0, tendo como objetivo propor um modelo como suporte para isso. Pode-se afirmar que o Modelo Proposto nesta dissertação possibilitou, não somente, um apoio para se atingir os resultados, mas, sobretudo, conduziu para a criação de um elo entre a Gestão de Projetos e os modelos de maturidade.

A proposição do modelo contou com um conjunto de passos metodológicos, considerando elementos teóricos e empíricos. Após duas RSL sobre os pilares teóricos da maturidade da Indústria 4.0 e da Gestão de Projetos, foram conduzidas entrevistas com abordagem qualitativa-exploratória com Gerentes de Projetos que atuam em projetos de Indústria 4.0 para extrair informações sobre o tema. Logo após, novas fases exploratórias e confirmatórias com grupos focais de executivos responsáveis por projetos, líderes de área de projetos e profissionais acadêmicos foram conduzidas. Este conglomerado de experiências que permitiram a construção de conhecimento, possibilitou uma análise ampla de todas as informações e, assim, determinar os fatores realmente relevantes para o Modelo Proposto. Desta forma, podem ser considerados como fatores de gestão de projetos que contribuem para a maturidade da Indústria 4.0: (1) Conhecimento Técnico, (2) Visão Sistêmica e de Negócio, (3) Agente de Transformação e (4) Novas Ferramentas.

Os fatores a seguir possibilitam a visualização de cada um deles.

- **Conhecimento Técnico:** Representa a visão superficial de TI, Infraestrutura de TI e Tecnologias da Indústria 4.0. Mesmo superficiais, esses conhecimentos apoiam e promovem o entendimento dos benefícios das tecnologias a serem implementadas e conseqüentemente condutoras dos projetos.
- **Visão Sistêmica e de Negócio:** Conhecimento técnico de negócio e processos gerenciais é relevante para estratégia, cultura e estrutura organizacional, uma vez que se apoia no alinhamento estratégico.
- **Agente de Transformação:** Mantivemos o conceito de transformação das pessoas a partir do contato constante com todos os envolvidos, cujo poder é o de disseminar conhecimento e transformação de área. É de suma importância o apoio para melhoria de processos advindos de projetos na indústria 4.0.
- **Novas Ferramentas:** Foi considerado fator para desenvolver a capacidade da Gestão de Projetos na busca por novas formas de trabalhos, a fim de atender as necessidades, além de também buscar soluções tecnológicas como sistemas e softwares.

O Modelo Proposto traz como resultado um guia de conhecimentos a serem aplicados pela área de Gestão de Projetos, possibilitando que os projetos voltados para Maturidade da Indústria 4.0 atinjam o resultado esperado. O modelo demonstra uma aplicação prática, conforme é apontado por todos os entrevistados dos Grupos Focais. Relevante salientar seu valor para a academia como um novo modelo que pode ser utilizado e, o mais importante ainda, com condição para sucessivas atualizações.

Poderia ser apontada como limitação nesta pesquisa a pouca abrangência, cujo conteúdo ficou circunscrito à realidade brasileira, com as experiências e os conhecimentos de profissionais com vivências no âmbito nacional. No entanto, essa questão não pode ser considerada redutora, uma vez que possibilita se abrir à novas buscas por outras realidades em outros países.

É importante destacar que durante as entrevistas, foi identificado que os Gerentes de Projetos eram procedentes de áreas de TI e Engenharia, o que não significa necessariamente uma limitação. No entanto, abre-se assim, mais uma possibilidade para ampliação da pesquisa, levando em conta novos participantes, gerando novos estudos.

A pesquisa também evidencia que há uma falta de conhecimento dos modelos de maturidade, que ao serem demandados projetos, a falta desse conhecimento pode incorrer em resultados menos expressivos do que o esperado.

Como propostas de trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação do modelo na prática e a criação de uma escala capaz de medir o quanto a Gestão de Projetos contribui para a Maturidade da Indústria 4.0.

Para finalizar as considerações finais, informo que a pesquisa será disponibilizada na sua totalidade de forma on-line no seguinte endereço:

https://osf.io/wg6bf/?view_only=f303bef7f88f4d32bc39d2b0e8990e1d

REFERÊNCIAS

- Ahmad, R., Masse, C., Jituri, S., Doucette, J., & Mertiny, P. (2018). Alberta Learning factory for training reconfigurable assembly process value stream mapping. *Procedia Manufacturing*, 23, 237-242. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.023>
- Akdil, K. Y., Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). Maturity and readiness model for industry 4.0 strategy. In *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*, 61-94. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_4
- Al-Zwainy, F., Mohammed, I. A., & Varouqa, I. F. (2018). Diagnosing the Causes of Failure in the Construction Sector Using Root Cause Analysis Technique. *Journal of Engineering*, 2018, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2018/1804053>
- Alaa, A. S., Paśławski, J., & Nowotarski, P. (2019, Maio). Quality Management to continuous improvements in process of Ready Mix Concrete production. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 518(2), 61-139. IOP Publishing.
- Almada-Lobo, F. (2015). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *Journal of Innovation Management*, 3(4), 16-21. https://doi.org/10.24840/2183-0606_003.004_0003
- Amran, T. G., Saraswati, D., & Harahap, E. F. (2019, Maio). Evaluating Storage Tank Cap 10000L Manufacturer by Using Lean Project Management. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 528(1), 1-9. IOP Publishing.
- Atkinson, R., Crawford, L., & Ward, S. (2006). Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management. *International Journal of Project Management*, 24(8), 687-698. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.09.011>
- Barata, J., da Cunha, P., & Coyle, S. (2018). Guidelines for Using Pilot Projects in the Fourth Industrial Revolution. In *29th Australasian Conference on Information Systems (ACIS), At Sydney, Australia* Retrieved December, 20, 1-11.
- Barbosa, A. M. C., & Saisse, M. C. P. (2019). Hybrid project management for sociotechnical digital transformation context. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16(2), 316-332. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2019.v16.n2.a12>
- Basl, J. (2018, Setembro). Analysis of industry 4.0 readiness indexes and maturity models and proposal of the dimension for enterprise information systems. In *International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems*, 57-68. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99040-8_5
- Basl, J., & Doucek, P. (2019). A metamodel for evaluating enterprise readiness in the context of Industry 4.0. *Information*, 10(3), 89-102. <https://doi.org/10.3390/info10030089>
- Betz, C., Olagunju, A. O., & Paulson, P. (2016, Setembro). The impacts of digital transformation, agile, and DevOps on future IT curricula. In *Proceedings of the 17th*

Annual Conference on Information Technology Education, 106-106.
<https://doi.org/10.1145/2978192.2978205>

- Bierwolf, R. (2016). Project excellence or failure? Doing is the best kind of learning. *IEEE Engineering Management Review*, 44(2), 26-32. <https://doi.org/10.1109/EMR.2016.2568745>.
- Bierwolf, R., Romero, D., Pelk, H., & Stettina, C. J. (2017, Junho). On the Future of Project Management Innovation. In *Proceedings of the 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 27-29. Funchal, Portugal.
- Bittighofer, D., Dust, M., Irslinger, A., Liebich, M., & Martin, L. (2018, Junho). State of Industry 4.0 across German companies. In *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 1-8. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436246>.
- Braun, T., & Sydow, J. (2019). Selecting Organizational Partners for Interorganizational Projects: The Dual but Limited Role of Digital Capabilities in the Construction Industry. *Project Management Journal*, 50(4), 398-408. <https://doi.org/10.1177/8756972819857477>
- Cakmakci, M. (2019). Interaction in Project Management Approach Within Industry 4.0. In *Advances in Manufacturing II*, 176-189. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18715-6_15
- Canetta, L., Barni, A., & Montini, E. (2018, Junho). Development of a Digitalization Maturity Model for the manufacturing sector. In *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 1-7. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436292>
- Centro das Indústria do Estado de São Paulo (2020). Indústria 4.0: O avanço, a consolidação e a expansão da tecnologia. Recuperado em 31 de março, 2020 de <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/senai-avalia-estagio-das-empresas-no-uso-de-tecnologias-40/>
- Cerezo-Narvaez, A., Otero-Mateo, M., & Pastor-Fernandez, A. (2017). Development of professional competences for industry 4.0 project management. In *7th IESM Conference Proceedings. International Conference on Industrial Engineering and Systems Management*, 487-492.
- Creswell, J. W., Hanson, W. E., Clark Plano, V. L., & Morales, A. (2007). Qualitative research designs: Selection and implementation. *The Counseling Psychologist*, 35(2), 236-264. <https://doi.org/10.1177/0011000006287390>
- Creswell, J. W., Silva, D. da, & Lopes, M. F. (2010). *Projeto de Pesquisa - Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto* (Edição: 3). SAGE.
- Charmaz, K. (2006). *Constructing Grounded Theory: A Practical Guide Through Qualitative Analysis*. SAGE.

- Chonsawat, N., & Sopadang, A. (2019). The development of the maturity model to evaluate the smart SMEs 4.0 readiness. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bangkok*, Thailand, 354-363.
- Chowdhury, K., & Lamacchia, D. (2019, Novembro). Collaborative Workspace for Employee Engagement Leveraging Social Media Architecture. *In Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference*. Society of Petroleum Engineers, 1-16. <https://doi.org/10.2118/197325-MS>
- Cividino, S., Egidi, G., Zambon, I., & Colantoni, A. (2019). Evaluating the Degree of Uncertainty of Research Activities in Industry 4.0. *Future Internet*, 11(196), 3-21. <https://doi.org/10.3390/fi11090196>
- Dallasega, P., Frosolini, E., & Matt, D. T. (2016). An approach supporting real-time project management in plant building and the construction industry. *Proceedings of the XXI Summer School Francesco Turco*, Naples, Italy, 247-251.
- Darko, A., Chan, A. P., Adabre, M. A., Edwards, D. J., Hosseini, M. R., & Ameyaw, E. E. (2020). Artificial intelligence in the AEC industry: Scientometric analysis and visualization of research activities. *Automation in Construction*, 112, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103081>
- De Carolis, A., Macchi, M., Negri, E., & Terzi, S. (2017a). Guiding manufacturing companies towards digitalization a methodology for supporting manufacturing companies in defining their digitalization roadmap. *In 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 487-495. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICE.2017.8279925>
- De Carolis, A., Macchi, M., Kulvatunyou, B., Brundage, M. P., & Terzi, S. (2017b). Maturity models and tools for enabling smart manufacturing systems: comparison and reflections for future developments. *In IFIP International Conference on Product Lifecycle Management*, 23-35. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72905-3_3
- De Carolis, A., Macchi, M., Negri, E., & Terzi, S. (2017c). A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. *In IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, 13-20. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66923-6_2
- de Sousa Jabbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C., Foropon, C., & Godinho Filho, M. (2018). When titans meet—Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.017>
- Deloitte Touche Tohmatsu Limited (2018.) The Industry 4.0 paradox. Recuperada em 31 de março, 2020 de https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/challenges-on-path-to-digital-transformation/summary.html?id=us:2ps:3gl:confidence:eng:cons:050519:nonem:na:47Ft6rYY:1150326353:346939503586:b:Internet_of_Things:Industry_4.0_Paradox_BM M:nb

- Digilio, F. A., Lanati, A., Bongiovanni, A., Mascia, A., Di Carlo, M., Barra, A., ... & Liguori, G. L. (2016). Quality-based model for Life Sciences research guidelines. *Accreditation and Quality Assurance*, 21(3), 221-230. <https://doi.org/10.1007/s00769-016-1205-0>
- Doskočil, R., & Lacko, B. (2019). Root Cause Analysis in Post Project Phases as Application of Knowledge Management. *Sustainability*, 11(6), 1-15. <https://doi.org/10.3390/su11061667>
- Fageha, M. K., & Aibinu, A. A. (2013). Managing project scope definition to improve stakeholders' participation and enhance project outcome. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 74(29), 154-164. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.038>
- Faltejssek, M. (2018). BIM as an effective tool of project and facility management. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology & mining Ecology Management*, 18, 195-200. <https://doi.org/10.5593/sgem2018/2.1/S07.025>
- Forza, C. (2002). Survey research in operations management: A process-based perspective. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 152-194. <https://doi.org/10.1108/01443570210414310>
- Ganis, M. R., & Waszkiewicz, M. (2018). Digital Communication Tools as a Success Factor of Interdisciplinary Projects. *Problemy Zarzadzania*, 16(4), 85-96
- Ganzarain, J., & Errasti, N. (2016). Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 9(5), <https://doi.org/1119-1128.10.3926/jiem.2073>
- Gartner Inc. (2019). Industrie 4.0 in Advanced Manufacturing is Driving Digital Differentiation Through Data Innovation. Recuperado em 20 de fevereiro, 2020, de <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-03-21-gartner-says-by-2020-at-least-30-percent-of-industrie-4-projects-will-source-their-algorithms-from-leading-algorithm-marketplaces>
- Gartner Inc. (2019b). Industrie 4.0 in Advanced Manufacturing Is Driving Digital Differentiation Through Data. Recuperado em 31 de março, 2020 de <https://www.gartner.com/en/documents/3904281/predicts-2019-industrie-4-0-in-advanced-manufacturing-is>
- Gentner, S. (2016). Industry 4.0: reality, future or just science fiction? How to convince today's management to invest in tomorrow's future! Successful strategies for industry 4.0 and manufacturing IT. *CHIMIA International Journal for Chemistry*, 70(9), 628-633. <https://doi.org/10.2533/chimia.2016.628>
- Gibbs, G. (2009). *Análise de dados qualitativos: coleção pesquisa qualitativa*. Bookman Editora.
- Gökalp, E., Şener, U., & Eren, P. E. (2017). Development of an assessment model for industry 4.0: industry 4.0-MM. In *International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination*, 128-142. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67383-7_10

- Goryunova, V. V., Goryunova, T. I., & Lukinova, O. V. (2019). Integrated platform solutions and quality management in the planning and organization of production processes. *In Journal of Physics: Conference Series*, 1353(1), 1-8. IOP Publishing. doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012121
- Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How Many Interviews Are Enough?: An Experiment with Data Saturation and Variability. *Field Methods*, 18(1), 59-82. <https://doi.org/10.1177/1525822X05279903>
- Hamidi, S. R., Aziz, A. A., Shuhidan, S. M., Aziz, A. A., & Mokhsin, M. (2018, March). SMEs maturity model assessment of IR4.0 digital transformation. In *International Conference on Kansei Engineering & Emotion Research*, 721-732. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8612-0_75
- Hasibović, A. Ć., & Tanović, A. (2019). PRINCE2 vs Scrum in digital business transformation. In 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology. *Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, 1514-1518. IEEE. <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2019.8756716>
- Hassani, R., El Bouzekri El Idrissi, Y., & Abouabdellah, A. (2018). Digital project management in the era of digital transformation: Hybrid method. *In Proceedings of the 2018 International Conference on Software Engineering and Information Management*, 98-103. <https://doi.org/10.1145/3178461.3178472>
- Hassani, R., & El Bouzekri El Idrissi, Y. (2019a). A framework to succeed the Requirement Specification Document of IT projects in Morocco. *In Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Geoinformatics and Data Analysis*, 138-144. <https://doi.org/10.1145/3318236.3318262>
- Hassani, R., & El Bouzekri El Idrissi, Y. (2019b). Proposal of a framework and integration of artificial intelligence to succeed it project planning. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(6), 3396-3404. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/114862019>
- Hassani, R., & Idrissi, Y. E. B. E. (2018). Communication and software project management in the era of digital transformation. *In Proceedings of the International Conference on Geoinformatics and Data Analysis*, 22-26. <https://doi.org/10.1145/3220228.3220254>
- Hassani, R., El Idrissi, Y. E. B. E., & Abouabdellah, A. (2017). Software Project Management in the Era of Digital Transformation. In *International Conference on Networked Systems*, 391-395. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59647-1_28
- Hauser, S. (2018). Analysis of Requirement Problems Regarding their Causes and Effects for Projects with the Objective to Model Qualitative PRIs-Empirical Study. *In REFSQ Workshops*.
- Ishikawa, K. (1982). *Guide to quality control* (No. TS156. I3713 1994.).
- Jin, G., Sperandio, S., & Girard, P. (2019). Collaborative and Participatory Design: Assignment of Team Members to Engineering Projects with the Consideration of Designer's

- Expectations. *In Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*, 1(1), 59-68. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.9>
- Jodlbauer, H., & Schagerl, M. (2016). Reifegradmodell industrie 4.0-ein vorgehensmodell zur identifikation von industrie 4.0 potentialen. *Informatik*, 1473-1487.
- Jovanović, M., Lalić, B., Mas, A., & Mesquida, A. L. (2015). The Agile approach in industrial and software engineering project management. *Journal of Applied Engineering Science*, 13(4), 213-216. <https://doi.org/10.5937/jaes13-9577>
- Jung, K., Kulvatunyou, B., Choi, S., & Brundage, M. P. (2016). An overview of a smart manufacturing system readiness assessment. *In IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, 705-712. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7_83
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408-425. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>
- Kolasa, I. (2017, Junho). Success Factors for Public Sector Information System Projects: Qualitative Literature Review. *In Proceedings of the 17th European Conference on Digital Government Military Academy*, 326-335.
- Koseoglu, O., & Nurtan-Gunes, E. T. (2018). Mobile BIM implementation and lean interaction on construction site. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), 1298-1321. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2017-0188>
- Lacueva-Pérez, F. J., Khakurel, J., Brandl, P., Hannola, L., Gracia-Bandrés, M. Á., & Schafler, M. (2018). Assessing TRL of HCI Technologies Supporting Shop Floor Workers. *In Proceedings of the 11th PErvasive Technologies Related to Assistive Environments Conference*, 311-318. <https://doi.org/10.1145/3197768.3203175>
- Lappi, T. M., Aaltonen, K., & Kujala, J. (2019). Project governance and portfolio management in government digitalization. *Transforming Government: People, Process and Policy* 13(2), 159-196. <https://doi.org/10.1108/TG-11-2018-0068>
- Leech, N. L., & Onwuegbuzie, A. J. (2011). Beyond constant comparison qualitative data analysis: Using NVivo. *School Psychology Quarterly*, 26(1), 70. <https://doi.org/10.1037/a0022711>
- Leyh, C., Bley, K., Schäffer, T., & Forstenhäusler, S. (2016). SIMMI 4.0-a maturity model for classifying the enterprise-wide it and software landscape focusing on Industry 4.0. *In 2016 federated conference on computer science and information systems (fedcsis)*, 1297-1302. IEEE.
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., ... & Schröter, M. (2015). IMPULS-Indústria 4.0-readiness. Impuls-Stiftung des VDMA, Aachen-Köln. Recuperado em 04 de abril, 2020, de

https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/26342484/Industrie_40_Readiness_Study_1529498007918.pdf/0b5fd521-9ee2-2de0-f377-93bdd01ed1c8

- Lin, T. C., Wang, K. J., & Sheng, M. L. (2020). To assess smart manufacturing readiness by maturity model: a case study on Taiwan enterprises. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(1), 102-115. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1699255>
- Loufrani-Fedida, S., & Missonier, S. (2015). The project manager cannot be a hero anymore! Understanding critical competencies in project-based organizations from a multilevel approach. *International Journal of Project Management*, 33(6), 1220-1235. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.02.010>
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research Issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Lucato, W. C., Pacchini, A. P. T., Facchini, F., & Mummolo, G. (2019). Model to evaluate the Industry 4.0 readiness degree in Industrial Companies. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 1808-1813. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.464>
- Maasz, G. J., & Darwish, H. (2018). Towards an initiative-based industry 4.0 maturity improvement process: master drilling as a case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 29(3), 92-107. <http://doi.org/10.7166/29-3-2052>.
- Malmelin, N., & Virta, S. (2016). Managing creativity in change: Motivations and constraints of creative work in a media organisation. *Journalism Practice*, 10(8), 1041-1054. <https://doi.org/10.1080/17512786.2015.1074864>
- Marek, J., Blümlein, K., Neubauer, J., & Wehking, C. (2019). Ditching labor-intensive paper-based processes: Process automation in a Czech insurance company. Copyright © 2019 for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).
- Marnewick, A., & Marnewick, C. (2019a). The Ability of Project Managers to Implement Industry 4.0-related Projects. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 8, 314 – 324. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2961678>
- Marnewick, C., & Marnewick, A. L. (2019b). The Demands of Industry 4.0 on Project Teams. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1-9. <https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2899350>
- Maroušek, R., & Novotný, P. (2016). Project Management for Increasing Logistics Productivity in Direction of Industry 4.0. Carpathian Logistics Congress.
- Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57(5), 339-343. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>

- Methavitakul, B., & Santiteerakul, S. (2018). Analysis of key dimension and sub-dimension for Supply Chain of Industry to fourth Industry Performance Measurement. *In 2018 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI)*, 191-195. IEEE. <https://doi.org/10.1109/SOLI.2018.8476765>.
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of manufacturing systems*, 49, 194-214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
- Mittal, S., Khan, M. A., Purohit, J. K., Menon, K., Romero, D., & Wuest, T. (2020). A smart manufacturing adoption framework for SMEs. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1555-1573. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1661540>
- Moeuf, A., Lamouri, S., Pellerin, R., Tamayo-Giraldo, S., Tobon-Valencia, E., & Eburdy, R. (2020). Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1384-1400. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1636323>
- Moreira, F., Ferreira, M. J., & Seruca, I. (2018). Enterprise 4.0—the emerging digital transformed enterprise?. *Procedia computer science*, 138, 525-532. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.072>
- Morgan, D.L. (1988) *Focus Groups as Qualitative Research*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Mouhoubi, N., & Boudemagh, S. S. (2019). A study on the causes of the failure to implement the Constantine metropolis urban project. *Spatium*, 41, 52-61. <https://doi.org/10.2298/SPAT1941052M>
- Mudassar, R., Zailin, G., Jabir, M., Lei, Y., & Hao, W. (2019). Digital Twin-Based Smart Manufacturing System for Project-Based Organizations: A Conceptual Framework. *CIE49 Proceedings*, 281, 1-10.
- Nerurkar, A., & Das, I. (2017a). Agile Project Management in Large Scale Digital Transformation Projects in Government and Public Sector: a Case Study of DILRMP Project. *In Proceedings of the 10th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, 580-581. <https://doi.org/10.1145/3047273.3047355>
- Nerurkar, A., & Das, I. (2017b). Analysis of DILRMP Project: Identifying the Applicability of Agile Project Management for Digital Transformation Projects in Government and Public Sector. *In Proceedings of the Special Collection on eGovernment Innovations in India*, 34-38. <https://doi.org/10.1145/3055219.3055242>
- Nick, G. A., Gallina, V., Szaller, Á., Várgedő, T., & Schumacher, A. (2019a). Industry 4.0 in Germany, Austria and Hungary: interpretation, strategies and readiness models. *Testing, Diagnostics & Inspection as a comprehensive value chain for Quality & Safety Berlin, Germany*, 71-76.

- Nick, G., Szaller, Á., Bergmann, J., & Várgedő, T. (2019b). Industry 4.0 readiness in Hungary: model, and the first results in connection to data application. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 289-294. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.185>
- Novack, J. (2019, November). Digital Twins and Industry 4.0: Videogamers Will Staff and Manage Industrial Projects in the Near Future. *In Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference*, 11-14. Society of Petroleum Engineers. <https://doi.org/10.2118/197538-MS>
- Ochara, N. M., Nawa, E. L., Fiodorov, I., Lebedev, S., Sotnikov, A., Telnovl, Y., & Kadyamatimba, A. (2018, October). Digital Transformation of Enterprises: A Transition Using Process Modelling Antecedents. *In 2018 Open Innovations Conference (OI)*, 325-331. IEEE. <https://doi.org/10.1109/OI.2018.8535735>
- Pacchini, A. P. T., Lucato, W. C., Facchini, F., & Mummolo, G. (2019). The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. *Computers in Industry*, 113, 103-125. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103125>
- Padillo, A., Racero, J., Molina, J. C., & Eguía, I. (2018). PLM for Education. The Next Generation of Engineers. *In IFIP International Conference on Product Lifecycle Management*, 327-337. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01614-2_30
- Pereira, T., Ferreira, F. A., & Silva, A. (2019). Information systems for industrial processes support and optimization. *In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 642-651. IOEM Society International.
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2008). Systematic reviews in the social sciences: *A practical guide*. John Wiley & Sons.
- Phohole, L., & Ntwana, N. (2018). System Engineering Methodology–Towards Successful Projects Management. *In International Conference on Emerging Trends in Electrical, Electronic and Communications Engineering*, 414-424. Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18240-3_38
- Pirola, F., Cimini, C., & Pinto, R. (2019). Digital readiness assessment of Italian SMEs: a case-study research. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15(1), 1-39. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2018-0305>
- Pollock, A., & Berge, E. (2018). How to do a systematic review. *International Journal of Stroke*, 13(2), 138-156. <https://doi.org/10.1177/1747493017743796>
- Papadonikolaki, E., van Oel, C., & Kagioglou, M. (2019). Organising and Managing boundaries: A structural view of collaboration with Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 37(3), 378-394. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.01.010>
- Price Waterhouse Coopers (2016) Global Industry 4.0 Survey. Recuperado em 20 de fevereiro, 2020, de <https://www.PwC.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>

- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia Cirp*, 52, 173-178.
- QSR International Inc. (2020) Global Industry 4.0 Survey. Recuperado em 20 de julho, 2020, de <https://www.qsrinternational.com/nvivo-qualitative-data-analysis-software/home>
- Rajnai, Z., & Kocsis, I. (2018). Assessing industry 4.0 readiness of enterprises. In *2018 IEEE 16th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI)*, 225-230. IEEE. <https://doi.org/10.1109/SAMI.2018.8324844>
- Rauch, E., Dallasega, P., & Matt, D. T. (2017). Distributed manufacturing network models of smart and agile mini-factories. *International Journal of Agile Systems and Management*, 10(3/4), 185-205.
- Rockwell Automation Inc. (2014). The Connected Enterprise Maturity Model, Recuperado em 20 de fevereiro, 2020, de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/cie-wp002_-en-p.pdf
- Rojas, A. E., & Mejía-Moncayo, C. (2019). Students' Perception of a Postgraduate Course in Agile Project Management Aimed at Developing Soft Skills. *Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) 2019 ICAI Workshops*, 2486, 194–204.
- de FSM Russo, R., & Camanho, R. (2015). Criteria in AHP: a systematic review of literature. *Procedia Computer Science*, 55, 1123-1132. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.081>
- Salehi, V., & Wang, S. (2019). Munich Agile MBSE Concept (MAGIC). In *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*, 1(1), 3701-3710. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.377>
- Salehi, V. (2020). Development of an Agile Concept for MBSE for Future Digital Products through the Entire Life Cycle Management Called Munich Agile MBSE Concept (MAGIC). *Computer-Aided Design & Applications*, 17(1), 147-166.
- Saucedo-Martínez, J. A., Pérez-Lara, M., Marmolejo-Saucedo, J. A., Salais-Fierro, T. E., & Vasant, P. (2018). Industry 4.0 framework for management and operations: a review. *Journal of ambient intelligence and humanized computing*, 9(3), 789-801. <https://doi.org/10.1007/s12652-017-0533-1>
- Schönfelder, W. (2011). CAQDAS and qualitative syllogism logic—NVivo 8 and MAXQDA 10 compared. In *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research*, 12(1), 1-27.
- Schrauf, S. (2016). Price Waterhouse Coopers: The Industry 4.0/Digital Operations Self Assessment. Recuperado em 04 de abril, 2020, de <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M., & Wahlster, W. (2017). Industrie 4.0 maturity index. *Managing the digital transformation of companies*. Munich: Herbert Utz.

Recuperado em 04 de abril, 2020, de https://en.acatech.de/wp-content/uploads/sites/6/2020/04/aca_STU_MatInd_2020_en_Web-1.pdf

- Schumacher, A., Erol, S., & Sihm, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia Cirp*, 52(1), 161-166.
- Schumacher, A., Nemeth, T., & Sihm, W. (2019). Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia Cirp*, 79, 409-414.
- Scott, I. A., Sullivan, C., & Staib, A. (2019). Going digital: a checklist in preparing for hospital-wide electronic medical record implementation and digital transformation. *Australian Health Review*, 43(3), 302-313. <https://doi.org/10.1071/AH17153>
- Scremin, L., Armellini, F., Brun, A., Solar-Pelletier, L., & Beaudry, C. (2018). Towards a framework for assessing the maturity of manufacturing companies in Industry 4.0 adoption. *In Analyzing the Impacts of Industry 4.0 in Modern Business Environments*, 224-254. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3468-6.ch012>
- Simanová, E., Sujová, A., & Gejdoš, P. (2019). Improving the Performance and Quality of Processes by Applying and Implementing Six Sigma Methodology in Furniture Manufacturing Process. *Wood Industry/Drvna Industrija*, 70(2), 193-202. <https://doi.org/10.5552/drwind.2019.1768>
- Singh, S., Misra, S. C., & Chan, F. T. (2019). Establishment of critical success factors for implementation of product lifecycle management systems. *International Journal of Production Research*, 58(4), 997-1016. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1605227>
- Stefan, L., Thom, W., Dominik, L., Dieter, K., & Bernd, K. (2018). Concept for an evolutionary maturity based Industrie 4.0 migration model. *Procedia Cirp*, 72, 404-409. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.155>
- Teubner, R. A. (2018). IT program management challenges: insights from programs that ran into difficulties. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 6(2), 71-92. <https://doi.org/10.12821/ijispm060204>
- Teubner, R. A. (2019). An Exploration into IT Programs and Their Management: Findings From Multiple Case Study Research. *Information Systems Management*, 36(1), 40-56. <https://doi.org/10.1080/10580530.2018.1553648>
- Tremblay, M. C., Hevner, A. R., & Berndt, D. J. (2010). Focus groups for artifact refinement and evaluation in design research. *Cais*, 26(27), 599-618. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.02627>
- Trotta, D., & Garengo, P. (2018). Industry 4.0 key research topics: A bibliometric review. *In 2018 7th international conference on industrial technology and management (ICITM)*, 113-117. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICITM.2018.8333930>

- Trotta, D., & Garengo, P. (2019). Assessing Industry 4.0 Maturity: An Essential Scale for SMEs. *In 2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 69-74. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICITM.2019.8710716>
- Villar-Fidalgo, L., Crespo Márquez, A., González-Prida, V., De la Fuente, A., Martínez-Galán, P., & Guillén López, A. J. (2018). Cyber physical systems implementation for asset management improvement: A framework for the transition. *Safety and Reliability—Safe Societies in a Changing World: Proceedings of ESREL*, 3063-3069. <https://doi.org/10.1201/9781351174664>
- Wiesner, S., Gaiardelli, P., Gritti, N., & Oberti, G. (2018). Maturity models for digitalization in manufacturing-applicability for SMEs. *In IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, 536, 81-88. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99707-0_11
- World Economic Forum (2018). Readiness for the Future of Production Report 2018. Recuperado em 31 de março, 2020, de http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf
- Yin, Y., & Qin, S. F. (2019). A smart performance measurement approach for collaborative design in Industry 4.0. *Advances in Mechanical Engineering*, 11(1), 1-15. <https://doi.org/10.1177/1687814018822570>
- Zaouga, W., Rabai, L. B. A., & Alalyani, W. R. (2019). Towards an Ontology Based-Approach for Human Resource Management. *Procedia Computer Science*, 151, 417-424. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.04.057>
- Zgodavova, K., Sutoova, A., & Cicka, M. (2019). Launching New Projects in Industry 4.0: Best Practices of Automotive Suppliers. *In International Conference on the Industry 4.0 model for Advanced Manufacturing*, 183-191. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18180-2_14.

APÊNDICE A – DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O diagrama de Ishikawa ou diagrama de Espinha de Peixe, foi criado pelo Professor Kaoru Ishikawa, sendo uma abordagem estrutural que mostra possíveis causas de um problema ao definir seus efeitos, mas também, uma forma de identificar maneiras de resolver um problema. Esta técnica de análise ajuda a organizar os esforços de solução de problemas, identificando as categorias ou fatores, ou seja, ajuda a descobrir, reconhecer, mostrar razões prováveis ligadas a determinadas necessidades (Ishikawa, 1982).

O Diagrama de Ishikawa começa com uma questão ou problema central, que divide as causas em diferentes temas da pesquisa, permitindo uma análise eficaz de cada deles (Hauser, 2018). O Diagrama é considerado um método que proporciona clareza nos resultados mensurados auxiliando no gerenciamento de projetos e na melhoria do processo de mudança (Simanová, Sujová, & Gejdoš, 2019). Isso porque, segundo os autores, permite interpretar os dados analisados, identificar problema singulares e gerais, e organizar os fatores para um resultado efetivo.

O Diagrama de Ishikawa já foi usado em diferentes pesquisas, como na identificação de ofensores que afetaram a implementação do projeto urbano na cidade de Constantino, cujo, os resultados demonstraram que os fatores com maior influência no projeto, se enquadram na gestão de *stakeholders*, relacionamento e processo de regulamentação (Mouhoubi & Boudemagh, 2019). Al-Zwainy, Mohammed e Varouqa (2018) utilizaram o modelo para mapear treze falhas na execução nos processos de gerenciamento de projetos, sendo que sete causas estavam no grupo de processos de gerenciamento de contrato, outras três no grupo de processos de iniciação e as demais destruídas em outros grupos, demonstrando a efetividade do modelo.

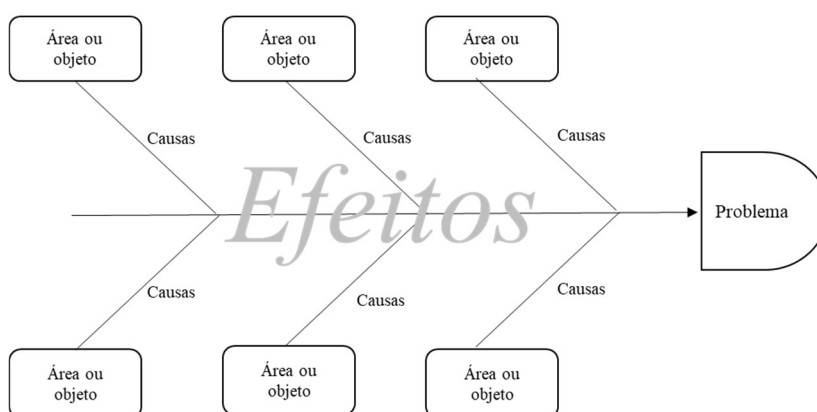


Figura 13 - Diagrama de Ishikawa - Visão Geral

Fonte: Adaptado de Ishikawa, K. (1982). *Guide to quality control* (No. TS156. I3713 1994.).

Encontrar a relação entre o gerenciamento de projetos e o gerenciamento da qualidade, combinando os processos para obter os melhores resultados, maior produtividade e maior satisfação dos clientes foi o objetivo do trabalho de Alaa, Paślawski e Nowotarski (2019), o qual, resultou em sete grupos de fatores utilizando o Diagramas de Ishikawa. O Diagrama de Ishikawa apoia na organização de tópicos principais para identificar fatores ou dados de um determinado problema e que também auxilia na estruturação das descobertas (Digilio *et al.*, 2016).

APÊNDICE B – PROTOCOLO DE ENTREVISTA

INSTRUÇÕES PARA O ENTREVISTADOR

A – Abertura

Considerando as dificuldades correntes ou sofridas pelas empresas para implantação da Indústria 4.0 e também os fatores mais amplos como a própria organização, colaboradores, tecnologias, lideranças, competências, . Nossa pesquisa busca entender de que forma a gestão de projetos contribui para os avanços da Indústria 4.0 e, conseqüentemente, para a maturidade desta mesma indústria.

Por motivos de ética e segurança, os dados obtidos serão mantidos sob absoluto sigilo profissional e pessoal, no entanto, é necessário que os resultados desta pesquisa sejam divulgados.

B - Dados do Pesquisador e Orientador

Pesquisador: Silvio Cesar Alves Teixeira

Professor Orientador: Prof.^a. Dr.^a. Cristiane Drebes Pedron

C - Entrevistado

Nome:

Data:

Local:

Duração:

Cargo:

Função:

Formação:

Experiência:

Período: As entrevistas acontecerão nos meses de julho, agosto e setembro de 2020.

Forma: Sistemas de comunicação como Skype, Hangout ou até mesmo presencial.

APÊNDICE C – ROTEIRO ELABORADO PARA ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS E GRUPO FOCAL.

Pense nos projetos em que trabalhou nos últimos 3 anos.

Gestão de Projetos da Indústria 4.0 em relação à Estratégia (Lichtblau *et al.*, 2017; Schumacher *et al.*, 2016; Ganzarain & Errasti, 2016; Schuh *et al.*, 2017; Gökalp, Şener & Eren, 2017; Canetta, Barni & Montini, 2018)

Concentre-se nos projetos da indústria 4.0 e os respectivos resultados, sejam eles positivos ou negativos:

1. Os projetos faziam parte da estratégia da empresa?
2. Havia um PMO o qual selecionava os projetos estratégicos da Indústria 4.0?

Gestão de Projetos da Indústria 4.0 em relação à Organização (Gökalp, Şener & Eren, 2017; De Carolis *et al.*, 2017b; Akdıl, Ustundag & Cevikcan, 2018; Jung *et al.*, 2016)

Em relação a estes mesmos projetos, pense nos que impactaram toda a organização ou parte significativa da mesma:

3. Existia uma clareza da abrangência do projeto?
4. A área de Gestão de Projetos possibilitou uma maior abrangência do projeto na organização.

Gestão de Projetos da Indústria 4.0 em relação à Cultura (Schumacher *et al.*, 2016; Schuh *et al.*, 2017)

Como você observa as mudanças culturais nos projetos da Indústria 4.0:

5. Quais as facilidades e dificuldades encontradas por questões culturais?
6. Havia um mapeamento dos projetos que tinha relação com a mudança cultural?

Gestão de Projetos da Indústria 4.0 em relação ao Colaborador (Lichtblau *et al.*, 2017; Schumacher *et al.*, 2016; Jodlbauer & Schagerl, 2016; Canetta, Barni & Montini, 2018)

Em relação aos colaboradores, o impacto e a influência da Indústria 4.0:

7. Os colaboradores foram receptivos as mudanças?
8. Como foi a passagem do conhecimento e a reaprendizagem?
9. Os projetos geraram novas oportunidades?

Gestão de Projetos da Indústria 4.0 em relação à Governança (Schumacher *et al.*, 2016)

Em relação a permanência ou mudança da Governança:

10. Os projetos alteraram a forma de trabalhos em relação aos processos?

11. A própria forma de trabalhar da área de projetos mudou?

Gestão de Projetos da Indústria 4.0 em relação à Indústria Inteligente (Lichtblau *et al.*, 2017; Qin, Liu & Grosvenor, 2016; Leyh *et al.*, 2016; Jung *et al.*, 2016; Lucato *et al.*, 2019)

Concentre-se nos projetos da indústria na indústria 4.0 os quais eram voltados a melhorias tecnológicas ou novas tecnologias no chão de fábrica:

12. O quanto a Gestão de Projetos apoiou no desenvolvimento e implantação da Indústria em relação à tecnologia?

13. Houve obstáculos? A Gestão de Projetos ajudou a superar obstáculos?

Gestão de Projetos da Indústria 4.0 em relação à Liderança (Schumacher *et al.*, 2016)

Concentre-se nos projetos da indústria na indústria 4.0 os quais diversas lideranças foram envolvidas:

14. O quanto os líderes estavam engajados com as necessidades?

15. O quanto a Gestão de Projetos promoveu a visão dos líderes quanto a importância do projeto?

Gestão de Projetos da Indústria 4.0 em relação à Operações Inteligentes (Lichtblau *et al.*, 2017; Schumacher *et al.*, 2016; PWC, 2016; Jodlbauer & Schagerl 2016; Gökalp, Şener & Eren 2017; De Carolis *et al.*, 2017b; Qin, Liu & Grosvenor, 2016; Akdil, Ustundag & Cevikcan, 2018; Canetta, Barni & Montini, 2018; Leyh *et al.*, 2016)

Concentre-se nos projetos da indústria na indústria 4.0 impactavam toda a cadeia de valor:

16. A Gestão de Projetos tinha acesso a todos os participantes, sejam eles internos ou externos ou até mesmo cliente?

17. Qual a o nível de conhecimento ou de acesso aos processos pela Gestão de Projetos?

Gestão de Projetos da Indústria 4.0 em relação à Produtos e Serviços Inteligentes (Lichtblau *et al.*, 2017; Schumacher *et al.*, 2016; PWC, 2016; Qin, Liu & Grosvenor, 2016; Akdil, Ustundag & Cevikcan, 2018; Canetta, Barni & Montini, 2018)

Concentre-se nos projetos da indústria na indústria 4.0 os quais tiveram dificuldades de obter o resultado esperado:

18. Qual a sua visão em relação Gestão de Projetos na geração de novos produtos ou serviços?

Gestão de Projetos da Indústria 4.0 em relação à Tecnologia (Schumacher *et al.*, 2016; Jodlbauer e Schagerl, 2016; Schuh *et al.*, 2017; Gökalp, Şener & Eren, 2017; De Carolis *et al.*, 2017b; Canetta, Barni & Montini, 2018; Leyh *et al.*, 2016; Jung *et al.*, 2016; Lucato *et al.* 2019)

Concentre-se nos projetos da indústria na indústria 4.0 os quais tiveram dificuldades de obter o resultado esperado:

19. Como a Gestão de projetos apoia ou impulsiona na implantação de novas tecnologias?

20. As novas tecnologias para Gestão de Projetos, apoiam nos projetos da Indústria 4.0?

APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO ENTREVISTADOS

Agradeço por sua participação na Pesquisa com o título “GESTÃO DE PROJETOS E A MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0”, sob a responsabilidade do pesquisador Silvio Cesar Alves Teixeira, que será usada na dissertação do próprio e referente ao curso de mestrado no Programa de Pós-graduação em Gestão de Projetos, PPGP da Universidade Nove de Julho – UNINOVE

A participação foi voluntária por meio de entrevista virtual denominada Grupo Focal na data de 09/10/2020, com a utilização de perguntas abertas que terão como objetivo registrar sua experiência e percepção do tema, embasado em seu histórico profissional. O (a) Sr (a) tem o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa. O (a) Sr (a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade e os dados sobre sua empresa não serão divulgados, sendo guardados em sigilo. Para qualquer outra informação, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com o pesquisador, pelo telefone (11) 96375-8763.

Consentimento Pós-Informação

Eu, _____ fui informado sobre o que o pesquisador pretende fazer e porque precisa da minha colaboração. Por isso, eu concordo em participar do projeto e que posso desistir quando no período de 60 dias.

Peço que retorno este e-mail com o seu “de acordo” sob o termo.

APÊNDICE E - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO GRUPO FOCAL

Agradeço por sua participação na Pesquisa com o título “GESTÃO DE PROJETOS E A MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0”, sob a responsabilidade do pesquisador Silvio Cesar Alves Teixeira, que será usada na dissertação do próprio e referente ao curso de mestrado no Programa de Pós-graduação em Gestão de Projetos, PPGP da Universidade Nove de Julho – UNINOVE

A participação foi voluntária por meio de entrevista virtual denominada Grupo Focal na data de 29/10/2020, com a utilização de perguntas abertas que terão como objetivo registrar sua experiência e percepção do tema, embasado em seu histórico profissional. O (a) Sr (a) tem o direito e a liberdade de retirar seu consentimento até o dia 15/11/2020, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa. O (a) Sr (a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade e os dados sobre sua empresa não serão divulgados, sendo guardados em sigilo. Para qualquer outra informação, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com o pesquisador, pelo telefone (11) 96375-8763.

Consentimento Pós-Informação

Peço que retorne este e-mail com o seu “de acordo” sob o termo.