UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANA CAROLINA RODRIGUES DE ARRUDA FALCÃO

**Sistematização dos Pilares da Indústria 4.0: Uma Análise Utilizando Revisão
Bibliográfica Sistemática**

São Carlos
2019

ANA CAROLINA RODRIGUES DE ARRUDA FALCÃO

**Sistematização dos Pilares da Indústria 4.0: Uma Análise Utilizando Revisão
Bibliográfica Sistemática**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Processos e Gestão de Operações

Orientador: Prof. Dr. Mateus Cecílio Gerolamo

São Carlos
2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues
Fontes da EESC/USP

F178s	<p>Falcão, Ana Carolina Rodrigues de Arruda</p> <p>Sistematização dos pilares da indústria 4.0 : uma análise utilizando revisão bibliográfica sistemática / Ana Carolina Rodrigues de Arruda Falcão; orientador Mateus Cecílio Gerolamo. -- São Carlos, 2019.</p> <p>Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Área de Concentração em Processos e Festão de Operações -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2019.</p> <p>1. Pilares. 2. Indústria 4.0. 3. Revisão bibliográfica Sistemática. 4. Entrevistas. 5. Sistematização. 6. Matriz. I. Título.</p>
-------	---

Elaborado por Elena Luzia Palloni Gonçalves – CRB 8/4464

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Tecnóloga **ANA CAROLINA RODRIGUES DE ARRUDA FALCÃO**.

Título da dissertação: "Sistematização dos pilares da indústria 4.0: uma análise utilizando revisão bibliográfica sistemática".

Data da defesa: 03/05/2019

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr. **Matheus Cecilio Gerolamo**

(Orientador)

(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovada

Profª. Dra. **Magaly Natalia Pazzian Vasconcellos Romão**

(Faculdade de Tecnologia de Jahu/Fatec-Jaú)

Aprovada

Prof. Dr. **Daniel Braatz Antunes de Almeida Moura**

(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovada

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção:

Prof. Dr. **Marcelo Seido Nagano**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Titular **Murilo Araujo Romero**

Dedico este trabalho à todas as pessoas que me ajudaram nesta caminhada e que irei representar em nome do meu marido Leandro, minha filha Ana Clara e em memória de meu pai, Helládio.

Agradecimentos

Agradeço à Deus e aos bons espíritos pela conclusão deste trabalho e por terem colocado em meu caminho as oportunidades e pessoas certas. Não posso deixar de agradecer ao meu marido, Leandro, por todo apoio e compreensão. Agradeço ao Professor Dr. Mateus Cecílio Gerolamo pela paciência, apoio e dedicação.

Agradeço aos professores Henrique Rozenfeld, Kleber Esposto, Edson Casarini e Daniel Braatz por toda ajuda concedida a mim, durante o projeto Bragecrim (Iniciativa Brasil-Alemanha para Pesquisa Colaborativa em Tecnologia de Manufatura), aos colaboradores, professores e pesquisadores da Technischen Universität Berlin (TU Berlin) aqui representados pelo Dipl.-Ing. Bernd Muschard e pelo professor Dr.-Ing. Holger Kohl, que me acolheram na Alemanha para que eu pudesse participar do projeto e a todos os alunos que participaram comigo neste projeto.

Agradeço à agência Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) que me proporcionou o mestrado sanduíche e acima de tudo, a ampliação dos meus conhecimentos profissionais e pessoais.

Agradeço ao Lucas Gomes e a Jessyca Aparecida Duarte de Francisco por todo suporte fornecido ao longo do meu mestrado. Não posso deixar de mencionar as queridas Prof Dra. Magaly Romão, Prof. Dra. Jeanne Michel e a Prof. Dra. Anabela Simões que me deram tanto suporte ao longo da dissertação.

Agradeço aos meus colegas de trabalho e amigos em especial ao Manoel de Jesus Lucas que me ajudou a ingressar como aluna especial na USP, e as queridas Cida Cris, Amanda Oliveira, Aparecia Zem Lopes, Adriana Carreto e Nathalia Gerotti Franco.

Enfim, agradeço minhas amigas, que conheci na USP e seguirão comigo pela vida, aqui representadas pelas queridas: Camila Fabricio, Gisele Atayde Margarido, Sânia Fernandes, e Giovana Dionísio.

“..... Sempre que você pensar em desistir de seus sonhos, olhe as estrelas no céu, porque assim como elas você tem o universo a seu favor. Basta querer!!!”

(Helládio de Arruda Falcão)

“Na Vida, não vale tanto o que temos, nem tanto importa o que somos. Vale o que realizamos com aquilo que possuímos, e acima de tudo, importa o que fazemos de nós...”

(Chico Xavier)

Resumo

FALCÃO, A.C.R.A. **Sistematização dos Pilares da Indústria 4.0: Uma Análise Utilizando Revisão Bibliográfica Sistemática.** 2019. Número De Páginas 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

Várias empresas em todas as partes do mundo, estão iniciando o processo de migração para a Indústria 4.0. Isso requer uma mudança no modelo de gestão, na cultura e nos direcionadores das decisões organizacionais e tecnológicas. Este trabalho retrata a relevância que o tema vem adquirindo ao longo dos últimos anos e a necessidade de um entendimento comum sobre os Pilares da Indústria 4.0, visando contribuir para, no campo teórico, melhor análise dos impactos que este novo modelo está trazendo para as organizações e, no campo da prática, para auxiliar no planejamento da implantação das mudanças necessárias. Portanto, este trabalho tem por objetivo sistematizar os Pilares da Indústria 4.0 considerando artigos acadêmicos publicados nas bases *Web Of Science e Scopus*. A metodologia adotada para a condução da pesquisa foi a revisão bibliográfica sistemática apoiada pelo uso da ferramenta Start e como complemento, as entrevistas com profissionais que trabalham com Indústria 4.0 para entender se a visão desses convergem para os pilares encontrados nos artigos. Um total de 1104 *papers* foram identificados e revisados sistematicamente. O principal resultado obtido é uma matriz na qual são apresentados os pilares e as tecnologias da Indústria 4.0 subdivididos em internos e externos às empresas.

Palavras Chave: Pilares. Indústria 4.0. Revisão Bibliográfica Sistemática. Entrevistas. Sistematização. Matriz.

Abstract

FALCÃO, A.C.R.A Systematization of the Pillars of Industry 4.0: An Analysis Using Systematic Bibliographic Review. 2019. Number of Pages 93 p Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

Many companies in all parts of the world are starting the process of migration to Industry 4.0 also called Factory of the future. This requires a change in the model, in the culture, and in the direction of organizational and technological decisions. This article presents the relevance of the theme over the last years and the need for a common understanding on the Pillars of Industry 4.0, aiming to contribute, in the theoretical field, to a better analysis of the impacts that this new model is bringing to the organizations and in the field of practice to assist in planning the implementation of the necessary changes. Therefore, this article aims to systematize the Pillars of Industry 4.0 considering academic articles published in the Web of Science and Scopus databases. The methodology used to conduct the research was the systematic bibliographic review supported by the use of the Start tool and, as a complement, the interviews with professionals working with Industry 4.0 to understand if the vision of these converge to the pillars found in the articles. A total of 1104 papers were systematically identified and revised. Thirteen papers were used and two interviews were carried out. The main result obtained is a matrix in which the pillars and technologies of Industry 4.0 are subdivided into internal and external to the companies.

Keywords: Pillars. Industry 4.0. Systematic Bibliographic Review. Interviews. Systematization. Matrix.

Lista de Figuras

Figura 1- Visão Geral das Revoluções Industriais	35
Figura 2- RBS proposta para desenvolvimento da pesquisa	46
Figura 3- Visão Geral do RBS Roadmap	47
Figura 4– Procedimento interativo da Fase de Processamento da RBS Roadmap	49
Figura 5 - Resumo do processo de condução da RBS	54
Figura 6 - Protocolo da Ferramenta Start.....	55
Figura 7- Tela da Execução da Ferramenta Start	56
Figura 8 - Matriz Proposta para a Sistematização dos Pilares da Indústria 4.0	75

Lista de Quadros

Quadro 1 - Maiores Economias Mundiais.....	36
Quadro 2 – Termos utilizados na Europa	37
Quadro 3 – Etapas da Primeira Fase do RBS Roadmap	48
Quadro 4 – Etapas da Fase Saída.....	50
Quadro 5- Termos utilizados para construção da string de busca em Inglês	53
Quadro 6– Processo de construção das <i>Strings</i> de busca	54
Quadro 7- Resumo da condução da RBS	57
Quadro 8 – Exemplos de artigos após a análise cruzada das <i>strings</i>	58
Quadro 9 - Artigos usados na Definição dos Pilares da Indústria 4.0 a partir da RBS ...	59
Quadro 10– Artigos usados na RBS elencados por autor, país e ano.	60
Quadro 11- Pilares em ordem decrescente de quantidade de citação pelos autores.	61
Quadro 12– Publicações baseadas em Hermann, Pentek e Otto (2015)	62
Quadro 13 - 15 Pilares elencados pelo entrevistado A após análise dos 27 propostos pela RBS	72
Quadro 14– Modelo de questionário enviado para os entrevistados para os Pilares da Indústria 4.0	90

Lista de Gráficos

Gráfico 1- Crescimento anual das pesquisas em Indústria 4.0 segundo WOS	31
Gráfico 2 – Principais áreas de pesquisa e publicação	33
Gráfico 3- As Quatro Maiores Economias do Mundo 2012-2022 (PIB)	36

Lista de Tabelas

Tabela 1- Ranking de publicações por países entre os anos de 2011 a 2018	32
---	-----------

Lista de abreviaturas e siglas

BCG	Boston Consulting Group
CSIS	Center for International Studies
CPS	Sistema Ciber Físico
C2M	Humano- Máquina
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos
FMI	Fundo Monetário Internacional
HMI	Integração Homem Máquina
IoT	Internet das Coisas
IPRI	Instituto de Pesquisas de Relações Internacionais
M2M	Máquina -Máquina
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MIIT	Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação
OE1	Objetivo Específico 1
OE2	Objetivo Específico 2
OE3	Objetivo Específico 3
OE4	Objetivo Específico 4
PIB	Produto Interno Bruto
RBS	Revisão Bibliográfica Sistemática
SMLC	Smart Manufacturing Leadership Coalition
TI	Tecnologia de Informação
WOS	Web Of Science
3D	Três dimensões

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	27
1.1	Contextualização.....	27
1.2	Objetivo	33
1.3	Visão Geral do Método de Pesquisa e Estrutura do Trabalho	33
2	REVISÃO DA LITERATURA	35
2.1	Desenvolvimento Histórico das Revoluções Industriais.	35
2.2	Características, Impactos e bases fundamentais da Quarta Revolução Industrial	37
3	MÉTODO E RESULTADOS DA RBS	45
3.1	Considerações Iniciais	45
3.1.1	Revisão Bibliográfica Sistemática.....	46
3.1.2	Planejamento da RBS.....	50
3.1.3	Condução da RBS.....	54
3.2	Resultados da RBS	57
3.2.1	Resultados Quantitativos da RBS.....	57
3.2.2	Resultados Qualitativos da RBS.....	62
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA RBS.....	69
4.1	Método das Entrevistas	69
4.2	Resultados das Entrevistas.....	71
5	SISTEMATIZAÇÃO DOS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0.....	75
6	CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E PESQUISAS FUTURAS	79
6.1	Conclusões	79
6.2	Limitações	80
6.3	Pesquisa futuras	80
	Referências	83
	APÊNDICE A -Entrevista com entrevistados – Identificar os Pilares da Indústria 4.0...	89
	APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	91

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Kang et al. (2016) afirmam que desde o início da Revolução Industrial no século XVIII a indústria de fabricação vem obtendo avanços inovadores e revolucionários. A automação e a mecanização vêm ganhando força na indústria, principalmente quanto aos avanços tecnológicos que aumentam a cada nova revolução (KANG et al., 2016; LASI et al., 2014).

Manyika et al. (2012) afirmam que indústria continua a ocupar o centro da economia mundial, e para atender seus consumidores ela precisa reinventar-se nas áreas como logística, tecnologia e processos. Lee et al. (2016) afirmam que o aumento da demanda por bens produzidos com sistemas altamente automatizados e o uso de novas tecnologias para apoiar a produção, tem sido impulsionado pelo crescente dinamismo do mercado consumidor. Kagermann e Wahlster (2013) esclarecem que a principal característica dos consumidores é o uso de redes e mídias sociais, tornando-os mais sensíveis à qualidade, variedade e inovação. Um dos aliados para a melhoria contínua dos processos visando atender o mercado consumidor é a tecnologia. Lee et al. (2016) afirmam que se torna necessária a criação de fábricas inteligentes, para atender a demanda crescente de forma satisfatória.

Nesse cenário descrito anteriormente torna-se cada vez mais relevante uma convergência quanto ao significado sobre os pilares da Indústria 4.0.

Os autores Wang et al. (2016) esclarecem que o termo Indústria 4.0, foi uma iniciativa estratégica proposta e adotada pelo governo alemão como parte *do "High-Tech Strategy 2020 Action Plan"*¹, este plano de ação do governo prevê a integração dos Ciber Physical System (CPS)² para a Quarta Revolução Industrial.

Kagermann e Wahlster (2013) definem Indústria 4.0 como fruto de avanços tecnológicos alavancados pela Internet e por demais tecnologias de suporte, que visam integrar pessoas, objetos, máquinas inteligentes, processos e produção para formar uma organização inteligente, ou também chamada de fábrica inteligente.

¹ *HighTech Strategy 2020 Action Plan* - plano de ação do governo cujo objetivo é transformar ideias em projetos inovadores (produtos e serviços) fortalecendo a Alemanha como uma das principais nações industriais e exportadoras (FEDERAL MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH (BMBF), 2014).

² Ciber Physical System- Gorecky et al. (2014) afirmam que CPS são relações físicas e virtuais de interações entre seres humanos e sistemas que auxiliam nos controles, minimização de falhas e maior gerenciamento.

Para que se possa entender a mudança industrial deve-se primeiramente entender o fenômeno. Nota-se, através da literatura, que cada país utiliza uma nomenclatura distinta para o que neste trabalho é tratado como Indústria 4.0.

Liao et al. (2018) listaram onze políticas públicas que incentivam a Quarta Revolução Industrial:

- “*Industrie 4.0*” – Alemanha (National Academy of Science and Engineering, 2013)
- “*Made in China*” – China (2015);
- “*Factories of the future*” – Europa (European Factories of the Future Research Association, 2013);
- “*Advanced Manufacturing Partnership*” – Estados Unidos (President’s Council of Advisor on Science and Technology, 2011, 2014);
- “*Smart Industry*”- Países Baixos (2014);
- “*Industria Conectada 4.0*” – Espanha (2014);
- “*Eleventh Malaysia Plan*” – Malaysia (Economic Planning Unit, 2015);
- “*La Nouvelle France Industrielle*”- França (Conseil National de L’industrie, 2013);
- “*Future of Manufacturing*”- Reino Unido (Foresight, 2013);
- “*Smart Industry*” – Suécia (2016);
- “Piano Nazionale Industria 4.0” Itália (2016).

A Alemanha, os Estados Unidos e a China estão estrategicamente dirigindo a fabricação inteligente, o que os coloca em uma posição à frente dos demais países quando se aborda sobre a Nova Revolução Industrial (KANG et al., 2016)

A principal justificativa para a realização desta pesquisa é escassez de artigos que abordem com clareza quais são os pilares da Indústria 4.0. Vários artigos falam sobre a Indústria 4.0, mas poucos explicam os pilares. Acadêmicos e empresas de consultoria estão publicando sobre o tema e neste sentido, destacam-se que a maioria dos autores baseia-se nos seis pilares: modularidade, interoperabilidade, capacidade em tempo real, virtualização, modularização, orientação à serviços, citados inicialmente por Hermann, Pentek e Otto (2015) na publicação intitulada: *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A literature Review* e em nove pilares tecnológicos abordados por Rubmann et al. (2015) através da publicação intitulada: *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*, são eles: Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada, Robôs Autônomos, *Big data* and

Analytics, Segurança Cibernética, Simulação, Integração Horizontal e Vertical , *IoT* e Computação em Nuvem.

A motivação gerada pelas tendências da mudança industrial incrementada pelo uso de diferentes Tecnologias, dos Sistemas Ciber Físicos e da Internet das Coisas incita uma questão maior: **Quais são os Pilares da Indústria 4.0?**

A novidade do tema e a escassez de material publicado - que de fato aborde com clareza e explique os pilares - corrobora para o aumento da dificuldade em entender quais são os pilares da Indústria 4.0. Faz-se necessário entender quais pilares para, visando contribuir no campo teórico, melhor análise dos impactos que este novo modelo está trazendo para as organizações e, no campo da prática, para auxiliar no planejamento da implantação das mudanças necessárias.

Erboz (2017) afirma que o conceito da Indústria 4.0 ganhou grande importância nos últimos anos, portanto sistematizar os pilares da Indústria 4.0 torna-se essencial em um momento em que todas as áreas, acadêmicas ou não, estão buscando informações e modelos sobre o assunto. Os governos estão investindo para que seus países possam se adequar à nova revolução. Um exemplo da preocupação dos governos encontra-se no Brasil, conforme matéria publicada em 14 de março de 2018 no site do jornal Folha de São Paulo³, relatando sobre a divulgação oficial do plano: Agenda Brasileira para a Indústria 4.0 no Fórum Econômico Mundial da América Latina.

Conforme o site do jornal Folha de São Paulo, a Agenda Brasileira para a Indústria 4.0 foi organizada pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), ela é composta por 50 instituições distribuídas entre governo, empresas e sociedade civil organizada que discutiram as ações para a Indústria 4.0 no Brasil. A agenda tem como premissas da Indústria 4.0 até o ano de 2019 os seguintes aspectos:

- Incentivar as iniciativas que fomentem o investimento privado levando-se em consideração a realidade fiscal brasileira;
- Propor uma agenda centralizada na indústria/empresário, levando um maior volume de recursos para a ponta;
- Testar, avaliar e construir consensos por meio dos projetos-piloto, garantindo a neutralidade tecnológica;

Equilibrar medidas de apoio para pequenas e médias empresas.

³ <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/03/governo-lanca-plano-para-incentivar-quarta-revolucao-industrial-no-brasil.shtml>

A Agenda brasileira ainda prevê 10 passos para auxiliar os empresários brasileiros a ingressarem na Indústria 4.0, conforme elencados abaixo:

1. Difusão do conteúdo: compreender o conceito da Indústria 4.0;
2. Auto avaliação: entender a situação atual da sua empresa;
3. Hub 4.0: criar uma plataforma de serviços em que as empresas possam vislumbrar sua auto avaliação e se conectar com empresas que fornecem tecnologia para a transformação;
4. Brasil mais produtivo (B+P) 4.0: Brasil mais produtivo é uma medida para apoiar as pequenas empresas na trajetória para Indústria 4.0 através da manufatura enxuta e da digitalização.
5. *Test Beds*: Testar, implementar e prototipar processos de implantação de novas tecnologias;
6. Conexão entre *Startup* e Indústria 4.0: o objetivo é focar as *startups* nas necessidades das indústrias nacionais para a transformação das mesmas em Indústria 4.0
7. Mercado de trabalho e educação 4.0: mapear as competências necessárias entendendo a demanda e requalificar os profissionais;
8. Regras do Jogo 4.0: Proposta de reformas legais e infralegais para que as empresas migrem para a Indústria 4.0 (adequação das normas para uso de robôs colaborativos, privacidade e proteção de dados)
9. Financiabilidade para uma indústria 4.0: estruturar parcerias com bancos públicos e privados para garantir opções de financiamentos para a migração;
10. Comércio Internacional 4.0: zerar os impostos de importação para as impressoras, insumos e robôs usados na Indústria 4.0 para acelerar o processo e reduzir custos.

O tema vem aumentando sua notoriedade anualmente, conforme retrata-se no Gráfico 1 em que após uma pesquisa na base de dados da Web of Science (WOS) entre os anos de 2011 à 2018 (anos completos) e usando apenas os termos mais conhecidos: Industry 4.0 e Industrie 4.0, tem-se os resultados do crescimento do interesse acadêmico na Indústria 4.0.

Gráfico 1- Crescimento anual das pesquisas em Indústria 4.0 segundo WOS

Fonte: elaborado pela autora baseada nas fontes de WOS e Scopus.

Os três países que mais publicaram entre os anos de 2011 a 2018 na base WOS são respectivamente: Alemanha com 899 publicações, China com 489 e EUA com 325 publicações na base.

A Tabela 1 elucida os 10 países que mais publicaram em ordem decrescente de 2011 a 2018.

Tabela 1- Ranking de publicações por países entre os anos de 2011 a 2018

Posição	País	Quantidade
1°	Alemanha	899
2°	China	489
3°	EUA	325
4°	Itália	256
5°	Espanha	233
6°	Inglaterra	214
7°	Brasil	184
8°	Índia	173
9°	França	117
10°	Taiwan	117

Fonte: elaborado pela autora baseada nas fontes de WOS e Scopus.

As principais grandes áreas que publicaram entre 2011 e 2018 (anos completos) na WOS foram: Engenharias com 43% do total de publicações, Automação e sistemas de controle com 8 % e Sistema de Informação com 6% respectivamente. As demais áreas ficam entre 1% e 5% do volume total de publicações, como exemplo pode-se citar a área de Robótica com 2%. As áreas de publicação estão expressas no Gráfico 2 em percentual.

Gráfico 2 – Principais áreas de pesquisa e publicação

Fonte: elaborado pela autora.

1.2 Objetivo

Considerando a introdução anteriormente apresentada, a questão de pesquisa que norteia este trabalho é: **Qual a importância, função e impacto da sistematização dos pilares e das tecnologias envolvidas nos sistemas, modelos e ambientes produtivos de forma geral e de forma específica para a Indústria 4.0?**

Os objetivos específicos (OE) foram elaborados a fim de auxiliar na condução da pesquisa e no entendimento do leitor.

OE1 - Identificar através da literatura estudos que apontam para os pilares da Indústria 4.0;

OE2 - Apresentar os pilares e seus conceitos;

OE3- Entender a visão de profissionais sobre os Pilares da Indústria 4.0;

OE4- Sistematizar, através de uma matriz 2x2 os pilares da Indústria 4.0.

1.3 Visão Geral do Método de Pesquisa e Estrutura do Trabalho

Para esclarecer quais são os Pilares da Indústria 4.0, a dissertação tem caráter exploratório e utiliza como principal método de pesquisa a revisão bibliográfica sistemática (RBS) e como complemento, foram inseridas entrevista com entrevistados - para que, além de

entender os pilares baseados na revisão da literatura, apresente um paralelo entre os resultados obtidos na revisão e nas entrevistas com os entrevistados.

O capítulo 1 teve como ênfase recapitular o cenário atual vivido pelas indústrias, a mudança pelas quais estão passando e a importância que a Indústria 4.0 vem obtendo, principalmente em nações como Alemanha, Estados Unidos e China. O cenário vem sendo modificado pela corrida em busca de melhores práticas para a produção, reduzindo o tempo de fabricação, e consumo de recursos transformáveis e transformadores.

O Capítulo 2 fornece a revisão teórica que suporta a dissertação, que teve como base uma revisão exploratória.

Já o Capítulo 3 demonstra o método e os resultados da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) que segundo Kitchenham (2004) torna possível a obtenção de uma visão macro dos estudos primários, em uma área específica, o que auxilia a detectar as evidências disponíveis na área. Definiu-se pela RBS devido a novidade do tema.

O Capítulo 4 elucida uma análise empírica dos resultados da RBS com o auxílio de entrevistas realizadas com profissionais que atuam na área.

O Capítulo 5 retrata a proposta para a sistematização dos Pilares da Indústria 4.0 a partir da análise dos resultados da RBS e das entrevistas. Neste Capítulo tem-se uma proposta de definição de Pilares e dos Meios e Métodos para alcançar a Indústria 4.0.

A Conclusão, expressa no capítulo 6, retoma o objetivo estabelecido, demonstra como ele foi atingido e relata uma breve visão que alguns profissionais- que puderam contribuir com a pesquisa- forneceram sobre os pilares da Indústria 4.0. Ressalta-se a importância dos resultados obtidos e aborda as implicações, limitações e sugere futuras pesquisas em lacunas encontradas ao longo desta dissertação que não foram abordadas devido ao escopo e proposta, mas que são pertinentes no estudo da Indústria 4.0.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para que se possa entender a importância da Indústria 4.0, deve-se primeiramente entender o desenvolvimento histórico das revoluções industriais pois, o entendimento trará maior clareza ao leitor.

2.1 *Desenvolvimento Histórico das Revoluções Industriais.*

Wang et al. (2016) apontam que o cenário industrial mundial vem passando por sucessivas transformações ao longo das décadas, para acompanhar a necessidade humana de melhoria na qualidade de vida. Schuh et al. (2014), afirmam que o centro de toda Revolução Industrial é o aumento de produtividade apoiada pelo uso de novas tecnologias.

Conforme retratado por Shafiq et al. (2015) a primeira Revolução Industrial teve início no final do século XVIII com a introdução da mecanização, a segunda revolução ocorreu no início do século XX pela produção em massa e uso da energia elétrica e a terceira ocorreu no final do século XX com o uso da eletrônica e da tecnologia da informação. O momento atual está sendo marcado pelo começo da quarta revolução. A Figura 1 expressa a visão geral das revoluções industriais baseada em Kagermann e Wahlster (2013) e Shafiq et al. (2015).

Figura 1- Visão Geral das Revoluções Industriais

Fonte: Adaptado de Kagermann e Wahlster (2013) e Shafiq et al. (2015)

De acordo a Instituto de Pesquisas de Relações Internacionais - IPRI (2017) que coletou os dados através do Fundo Monetário Internacional (FMI), em 2016 as quatro maiores

economias mensuradas pelo Produto Interno Bruto (PIB) são respectivamente: Estados Unidos, China, Japão e Alemanha. O Quadro 1 ilustra o resultado.

Quadro 1 - Maiores Economias Mundiais

Posição	País	PIB em US\$ bilhões
1º	Estados Unidos	18.569,10
2º	China	11.218,28
3º	Japão	4.938,64
4º	Alemanha (FMI)	3.466,64

Fonte: Adaptado de IPRI (2017)

Os resultados também apontam, que estes países ocupam as mesmas posições desde 2012 e a previsão é que para os próximos anos o cenário permaneça o mesmo, conforme percebe-se na projeção retratada no Gráfico 3 baseado no PIB das nações.

Gráfico 3- As Quatro Maiores Economias do Mundo 2012-2022 (PIB)

Fonte: Adaptado de IPRI (2017)

Mediante o exposto, Estados Unidos, China e Alemanha foram usados como base para explicar o momento industrial que a economia mundial vem passando. O Japão, apesar de ocupar a 3º posição no *ranking* não foram encontradas publicações relevantes para o objetivo proposto, e por esta razão não foi utilizado.

2.2 Características, Impactos e bases fundamentais da Quarta Revolução Industrial

Indústria 4.0 e Fábrica Inteligente são termos usados para fazer alusão ao momento vivido pelas indústrias. O Quadro 2, baseado no mapa geográfico da Europa, a seguir, demonstra o cenário atual que se encontra as diversas nomenclaturas atribuídas para a Indústria 4.0 (nota-se que a Alemanha, República Checa, Áustria, Itália e Portugal utilizam o termo: Indústria 4.0; Países baixos, Suécia e Eslováquia utilizam: Fábrica inteligente e os demais países retratados apontam outras nomenclaturas distintas e pouco conhecidas fora de seu contexto de uso).

Quadro 2 – Termos utilizados na Europa

Termos utilizados na Europa	Países que utilizam o termo
Industry 4.0	Alemanha, República Checa, Áustria, Itália, Portugal
Fábrica Inteligente	Países Baixos, Suécia e Eslováquia
Industria Conectada 4.0	Espanha
Indústria do Futuro	França

Fonte: adaptado de *European Commission* (2017)

O entendimento alemão da produção futura recebeu a nomenclatura de Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial. Ela contempla sistemas de fabricação eficientes e prevê um cenário em que os produtos controlam seu próprio processo de fabricação, podendo-se realizar a fabricação de produtos individualizados com a mesma economia gerada na produção em massa (LASI et al., 2014).

Os autores Lasi et al. (2014) elucidam que as principais características da Indústria 4.0 são :

- Individualização (produtos de acordo com o pedido do cliente);
- Descentralização – decisão rápida para atender o mercado;
- Eficiência dos recursos (foco na sustentabilidade para combater a escassez e aumento dos preços dos recursos);
- Ciclo de vida mais curtos dos produtos (inovação);
- Aperfeiçoamento dos computadores para serem melhores e mais compactos.

Os autores ainda afirmam que a Indústria 4.0 é um termo generalizado para a junção de:

- Fábrica inteligente – fábricas equipadas com sensores e sistemas autônomos relacionados à digitalização e demais tecnologias computacionais;
- CPS: chamados de Sistemas Ciber Físicos, são a fusão de sistemas digitais e físicos, interagindo para otimizar os processos. De acordo com Lee, Bagheri e Kao (2014), um CPS consiste em dois componentes funcionais principais, com conectividade avançada que permite a coleta de dados em tempo real, física e virtual, e o gerenciamento inteligente de dados, capacidade analítica e computacional. Já os autores Hermann, Pentek e Otto (2015) conceituam o CPS como integrações computacionais e processos físicos, ou seja, computadores e redes incorporados monitoram e controlam processos físicos, afetando os cálculos de produção e vice-versa.
- Descentralização: com sistemas inteligentes, surge a necessidade de migrar do sistema de tomada de decisão hierárquico para o descentralizado;
- Novos sistemas de distribuição e compras: os processos serão considerados de modo individual, alterando o modo como é feito hoje;
- Necessidades humanas em foco: os sistemas deverão atender as necessidades do cliente, os produtos serão confeccionados do formato que o cliente desejar.
- Sustentabilidade e responsabilidade social: os produtos devem ser produzidos de modo sustentável e responsável.

Para Weyer et al. (2015) a Indústria 4.0 é um sinônimo de transformação das fábricas atuais em fábricas inteligentes, que têm como objetivo entender e superar os desafios atuais de produção, como exemplo o ciclo de vida mais curto dos produtos, com características personalizadas e competitividade por mercados.

Ungurean, Gaitan e Gaitan (2014) afirmam que a Indústria 4.0 irá transformar a maneira como a fabricação e produção são vivenciadas, ela é a evolução tecnológica a partir de sistemas embarcados utilizando os CPS. Eles afirmam que a Indústria 4.0 é a Quarta Revolução Industrial e que surge a partir da IoT- com a utilização de dados e serviços integrados - e que a descentralização da inteligência ajuda a criar uma gestão independente dos processos. Os objetos inteligentes são interligados em toda a rede gerando integração entre o mundo virtual e o mundo real. Eles finalizam afirmando que os CPS juntamente com a IoT formam a base da Indústria 4.0.

Kang et al. (2016) definem a IoT como a incorporação de sensores para comunicação entre equipamentos e máquinas nas linhas de produção. A recepção e análise dos dados também é facilitada pela IoT, além de ser uma tecnologia básica para a

realização da fábrica inteligente. Para Vermesan e Frien (2013), a IoT utiliza a rede para controlar os objetos que suportam a integração entre o mundo físico e os sistemas baseados em computação, trazendo como um dos benefícios a economia na fabricação e a melhoria da produtividade.

O termo Indústria 4.0 representa a próxima etapa na organização e controle do fluxo de valor de um produto (IMPLEMENTATION..., 2016). Apontam-se que o ciclo de vida dos produtos é baseado em clientes cada vez mais individualizados, sendo que a disponibilidade de todas as informações relevantes em tempo real através da rede de todo o processo é essencial para a otimização e a redução dos custos.

Para Kang et al. (2016) a Indústria 4.0 está sendo impulsionada não apenas para a criação de fábricas inteligentes, mas para oito tarefas elencadas abaixo:

- Padronização e arquitetura de referência;
- Gerenciamento de sistemas complexos;
- Ampliação de infraestrutura de banda larga para a indústria;
- Segurança;
- Organização e design do trabalho;
- Fornecimento de treinamento e desenvolvimento profissional contínuo;
- Regulamentação dos processos;
- Aumento da eficiência dos recursos.

Segundo Posada et al. (2015) a Indústria 4.0 aborda os tópicos listados abaixo:

- Personalização em massa da manufatura: uso da TI para que a produção se adapte a lotes menores ou individuais;
- Adaptação automática e flexível da cadeia de produção aos requisitos em mudança;
- Rastreamento e autogestão de peças e produtos e sua comunicação com máquinas e outros produtos;
- Melhora na interação homem-máquina (HMI), incluindo a coexistência com robôs ou outras formas que possam surgir de interação;
- Otimização de produção devido IoT, que auxiliou na comunicação dos setores nas fábricas inteligentes;
- Tipos de serviços e modelos de negócios radicalmente novos que atendam a demanda da nova cadeia de valor (explicar isso).

Wang et al. (2016) defendem que a Indústria 4.0 tem como foco central atender as necessidades personalizadas dos clientes e para isso necessita de flexibilidade, eficiência, sustentabilidade, qualidade superior e redução dos custos que, podem ser atingidos utilizando as tecnologias de informação emergentes, como IoT, que auxiliam nos processos de negócios e de engenharia.

Wan, Cai e Zhou (2015) afirmam que a Indústria 4.0 criará uma nova forma de fabricação, uma vez que seus produtos e serviços são flexíveis, customizados e econômicos. Afirmam ainda, que os clientes participaram de forma ativa e que será possível simular todas as etapas do processo de fabricação e descrever sua influência na produção, o que acarretará em maior desempenho, controle e melhoria na troca de informações entre toda a cadeia produtiva interna e externamente, tudo isso auxiliado pelas tecnologias de comunicação.

Qin, Liu e Grosvenor (2016) afirmam que a Indústria 4.0 consiste em troca de informações e máquinas controladas, que irão atuar de forma autônoma e inteligente criando o conceito de interoperabilidade.

A Quarta Revolução Industrial é caracterizada por um alto nível de complexidade e utiliza plenamente a integração de rede total entre produtos e processos de produção e é auxiliada pelos CPS que podem registrar informações e comunicar-se independentemente entre si. A principal vantagem desta inovação é a aquisição de uma produção flexível à demanda dos clientes (DOMBROWSKI; WAGNER, 2014).

Segundo Roblek, Meško e Krapez (2016) a nova revolução baseia-se em conceitos e tecnologias que incluem CPS, IoT, integração entre seres humanos (C2C), integração homem-máquina (C2M), integração máquina-máquina (M2M).

Gorecky et al. (2014) afirmam que a Indústria 4.0 tem como objetivo conectar e integrar as indústrias tradicionais para obter flexibilidade, aumento da eficiência e da comunicação entre os elos da cadeia de valor.

Kagermann e Wahlster (2013) definem Indústria 4.0 como fruto de avanços tecnológicos alavancados pela Internet e por demais tecnologias de suporte que visam integrar pessoas, objetos, máquinas inteligentes, processos e produção para formar uma organização inteligente, ou também chamada de fábrica inteligente. Eles explicam que as características principais desta revolução seriam:

- Integração horizontal (em mesmo nível, entre os elos da cadeia) e vertical (entre os níveis) dos *stakeholders*;
- Flexibilidade (CPS propiciam maior interação entre os elos);

- Rápido poder de decisão – devido a grande integração entre os *stakeholders*, as decisões podem ser tomadas e alteradas em tempo real;
- Aumento da produtividade e eficiência dos recursos – produzir em maior quantidade, com um uso mais racional dos recursos reduzindo, inclusive as emissões de poluentes;
- Oportunidades para novos serviços agregarem valor;
- Responder às mudanças demográficas de local de trabalho – possibilitar, através dos recursos tecnológicos integrados com as atividades, trabalhar em locais distintos;
- Equilibrar a vida profissional com a pessoal - com a ajuda dos recursos tecnológicos as pessoas poderão ter mais tempo para equilibrar trabalho e vida pessoal, uma vez que as máquinas farão a maior parte do trabalho hoje ocupada pelos humanos;
- Evoluir para a obtenção de plataformas mais seguras e confiáveis para a troca de informações.

Lee, Kao e Yang (2014) apontam que um dos principais focos da Indústria 4.0 é a personalização em massa com o custo mínimo de produção, eles afirmam que isto é conseguido através da inovação, custos mais baixos, melhores respostas para necessidades dos clientes, soluções ótimas, sistemas inteligentes e alternativas para a demanda da produção que são permitidos pelos recentes avanços da digitalização industrial e da Internet integrando o mundo físico e virtual.

A Indústria 4.0 torna mais fácil a transformação de um sistema de produção centralizado para um sistema descentralizado baseado em novas relações entre esses elementos. Especificamente, a lógica do processo é anexada a um componente da Indústria 4.0 em vez da máquina (PRAUSE; WEIGAND, 2016).

A comunicação entre os componentes deste novo modelo de indústria, seres humanos e máquinas, depende de sistemas sensíveis ao contexto e não do controle centralizado da produção. A consciência do novo modelo contribui, desta forma, para a preservação de um sistema autônomo e autocontrolado (PRAUSE; WEIGAND, 2016).

Segundo os autores Schuh et al. (2014), é evidente que a mudança organizacional em direção à Indústria 4.0 só será permitida por meio de níveis mais elevados de colaboração. Por exemplo, os recursos produtivos que são auto-organizados precisam não só colaborar com outros recursos, mas também com a pessoa responsável por definir os parâmetros de

planejamento. Isso requer um alto grau de colaboração, não apenas em um nível superficial entre empresas, mas em um nível mais estreito entre seres humanos e máquinas.

Os benefícios da Indústria 4.0 são (IMPLEMENTATION..., 2016):

- Capacidade de atender os desejos dos clientes
- Produção de unidades individuais de forma mais rentável
- Aumento da flexibilidade através do design dinâmico dos processos
- Tomada de decisão mais eficaz pois usará informações da nuvem e de mídias sociais
- Resposta ágil aos problemas ocorridos
- Aumento da eficiência da produção através de produtividade e do uso eficiente de recursos (máquinas, energia etc.)
- Permitirá carreira profissional flexível com modelos de gestão distintos
- Equilíbrio da vida pessoal e profissional.

Zhou, Liu e Zhou (2015) afirmam que a Indústria 4.0 é baseada na integração da informação, de tecnologias industriais e de comunicação, que são dependentes da construção de um CPS para a concepção de uma fábrica inteligente e sustentável. Eles atestam que o principal intuito da Indústria 4.0 é construir um modelo de produção flexível, personalizado, digital, de produtos e serviços com interação momentânea entre todos os participantes (dispositivos, pessoas etc).

Drath e Horch (2014) apontam que na América do Norte, ideias semelhantes à Indústria 4.0 foram trazidas sob o nome de Internet Industrial pela General Electric. A base técnica é igual à Alemã, mas a aplicação é mais ampla do que a produção industrial, pois inclui, por exemplo, redes elétricas inteligentes.

Kang et al. (2016) atestam que os Estados Unidos (EUA) estão investindo na Nova Revolução e são obstinados no planejamento de pesquisa e desenvolvimento, e estão executando programas para o que eles denominaram de fabricação avançada ou fabricação inteligente. Pesquisas desenvolvidas envolveram 25 empresas, 7 universidades, 8 associados e 1 instituto governamental para estabelecer os planos concretos de ação, metas e um cronograma para a inovação e a fabricação de alta tecnologia, o programa é intitulado *Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC)*⁴.

⁴ SMLC *Smart manufacturing leadership coalition* foi criada nos EUA para superar os custos e os riscos associados à comercialização de sistemas de Fabricação Inteligente e instruir as empresas de todos os portes para a mudança, em 2010 após o anúncio dos resultados das

Após as pesquisas desenvolvidas, os Norte-Americanos delimitaram três tecnologias chave para alcançar a fabricação inteligente e três indicadores de desempenho baseados no programa SMLC (KANG et al.,2016).

Tecnologias chave de ação:

- Rede de controle descentralizada
- Fabricação digital
- Máquina descentralizada.

Indicadores de desempenho chave:

- Agilidade;
- Utilização de ativos;
- Sustentabilidade.

A China encontra-se em uma das primeiras posições no *ranking* do FMI considerando seu PIB, e está em busca de melhorar sua indústria baseada nos alemães. *O Center for Strategic International Studies – CSIS (2015)* aponta que a China iniciou o plano intitulado “*Made in China 2025*” elaborado pelo Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação (MIIT) ao longo de dois anos e meio, com a contribuição de 150 entrevistados da *China Academy of Engineering*. Eles afirmam que o plano é uma iniciativa para melhorar a indústria chinesa, e se inspiraram no plano Alemão da Indústria 4.0, que eles apontam ter como cerne a fabricação inteligente, ou seja, a aplicação das ferramentas da tecnologia da informação na produção (CSIS,2015)

O CSIS (2015) sinaliza que o esforço chinês é maior no sentido de equalizar a eficiência e a qualidade dos produtores chineses, hoje marcados pela desigualdade. E CSIS (2015) apresenta princípios, metas e ferramentas, conforme abordados abaixo:

- Os Princípios são para que a fabricação seja orientada para a inovação, enfatizando a qualidade em relação à quantidade, e obtendo um desenvolvimento sustentável, otimizando e promovendo o talento humano;
- O objetivo é tornar a indústria chinesa mais eficiente e integrada para poder projetar-se mais à frente nas cadeias mundiais de produção;

O plano destaca 10 setores prioritários para a ação:

- 1) Nova tecnologia de informação avançada;
- 2) Máquinas-ferramentas automáticas e robótica;
- 3) Equipamento aeroespacial e aeronáutico;
- 4) Equipamento marítimo e transporte de alta tecnologia;
- 5) Equipamento de transporte ferroviário moderno;
- 6) Veículos e equipamentos de nova energia;
- 7) Equipamento de potência;
- 8) Equipamento agrícola;
- 9) Novos materiais;
- 10) Biofarma e produtos médicos avançados.

O capítulo 3 expressa o método utilizado para a condução da pesquisa embasado nos referenciais apresentados no Capítulo 2.

3 MÉTODO E RESULTADOS DA RBS

Este Capítulo é dividido em etapas a fim de tornar mais clara a condução do método utilizado. Na primeira etapa são apresentados o planejamento e a execução do RBS, bem como quais os critérios que foram definidos a partir dos estudos selecionados na mesma. Posteriormente, baseado nos critérios identificados, foram estabelecidos os critérios para a sistematização dos pilares da Indústria 4.0 com as respectivas características de cada um. As informações serão demonstradas ao longo da dissertação e analisadas conjuntamente com a percepção coletada nas entrevistas.

3.1 *Considerações Iniciais*

Com o intuito de investigar e compreender os “Pilares da Indústria 4.0”, bem como identificar os trabalhos relacionados a essa pesquisa, uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) foi planejada e executada. A RBS teve por objetivo identificar conceitos, modelos e abordagens desenvolvidas para determinar os pilares e fornecer suporte na fundamentação da proposta deste trabalho que é o de sistematizar os Pilares da Indústria 4.0.

Torna-se importante destacar que um dos principais objetivos do trabalho, seria o de esclarecer os conceitos da Indústria 4.0, contudo mostrou-se inviável neste momento em que o movimento é muito recente, não sendo possível conceituar o mesmo através da literatura. As tentativas para a RBS dos conceitos não obtiveram sucesso, apesar do uso de diferentes *strings* de busca, não foi possível encontrar artigos que abordassem os conceitos de forma clara. Como não se conseguiu encontrar suporte técnico que conceituasse a Indústria 4.0, foi solicitado a um docente da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) entrevistado em RBS ajuda para a construção de uma nova *string* e, a partir do auxílio, decidiu-se reformular a pesquisa e focar nos pilares que sustentam a Indústria 4.0.

Os pilares são citados por artigos científicos e por artigos e matérias escritas pela comunidade empresarial, bem como empresas de consultoria.

A Figura 2 demonstra as etapas da metodologia RBS utilizada nesta pesquisa para atingir os objetivos propostos.

Figura 2- RBS proposta para desenvolvimento da pesquisa

Fonte: elaborado pela autora.

A RBS teve início em fevereiro de 2018 com a construção das *strings* nas bases WOS e Scopus, dos protocolos de condução da pesquisa, alertas de novas publicações bem como os critérios de exclusão e inclusão citados anteriormente. As pesquisas nas bases de dados encerraram-se em 16 de maio de 2018, para que as etapas de leitura dos artigos pudessem ser executadas de maneira eficiente. Em outubro de 2018 encerrou-se as leituras e análises e elencou-se os artigos finais para a elaboração dos resultados das pesquisas. Ressalta-se que de maio de 2018 até outubro de 2018 não surgiram artigos relevantes para o objetivo deste artigo, portanto não houve inclusões

3.1.1 Revisão Bibliográfica Sistemática

A pesquisa utilizou como método principal a RBS porque permite que outros pesquisadores façam uso dos resultados deste trabalho com maior confiabilidade devido a exatidão com que as etapas são conduzidas (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2009). A revisão sistemática é uma metodologia muito utilizada para realizar revisão bibliográfica de maneira organizada e permite uma condução bem elaborada tornando sólida a base do trabalho (KITCHENHAM, 2004).

Para que o primeiro objetivo da pesquisa fosse atingido “identificar artigos que abordem os Pilares da Indústria 4.0” realizou-se a RBS a qual Kitchenham (2004, p.01) afirma que “é a maneira de identificar, avaliar e interpretar toda a pesquisa disponível relevante para uma questão de pesquisa específica, ou área temática ou fenômeno de interesse”.

Kitchenham (2004) ainda complementa que os estudos que contribuem para uma revisão sistemática são chamados de estudos primários e a revisão sistemática é um estudo secundário e torna possível a obtenção de uma visão macro dos estudos primários, em uma área específica, o que auxilia a detectar as evidências disponíveis na área.

Uma RBS pode ser classificada como narrativa ou sistemática, a narrativa é uma descrição simplificada dos estudos e dados sobre os assuntos abordados, já a sistemática

utiliza métodos rigorosos para garantir o rigor científico e MULROW aumentar a veracidade das conclusões obtidas (COOK; MULROW; HAYNES, 1997; 1994).

O processo de RBS utilizado nesta pesquisa é o proposto por Conforto, Amaral e Silva (2009) o qual eles denominaram como RBS Roadmap, ele é dividido em três fases subdivididas em quinze etapas. A Figura 3 ilustra a visão geral da condução do método elaborado por Conforto, Amaral e Silva (2009)

Figura 3- Visão Geral do RBS Roadmap

Fonte: Conforto, Amaral e Silva (2009, p.7)

A Primeira Fase chamada de Entrada é subdividida em oito etapas são apresentadas no Quadro 3:

Quadro 3 – Etapas da Primeira Fase do RBS Roadmap

Etapas	Nome	Descrição	Pontos relevantes
1	Problema	Será o ponto inicial, ela busca responder uma ou mais perguntas com a revisão bibliográfica sistemática (RBS).	Deve-se formular problemas em forma de pergunta de maneira clara e as mesmas devem ser passíveis de solução.
2	Objetivos	Os objetivos da RBS devem ir ao encontro da pesquisa de modo claro.	Deve-se atentar para o rigor na definição dos objetivos e a partir deles é possível traçar os critérios de inclusão dos artigos.
3	Fontes Primárias	As fontes primárias podem ser artigos, periódicos ou bases de dados que auxiliarão na definição de palavra-chave, autores relevantes etc.	Pode-se consultar entrevistados e pesquisadores da área para coletar informações sobre principais publicações e/ou fazer uma pesquisa preliminar sem o rigor que a RBS exige.
4	String de busca	Deve-se criar a <i>string</i> a partir de palavras e termos que se referem ao objeto do estudo.	Para a determinação das palavras e termos pode-se consultar entrevistados, realizar um estudo preliminar e posteriormente deve-se adaptar e testar a mesma.
5	Crítérios de Inclusão	Deve-se criar os critérios de inclusão atentando-se para o objetivo da pesquisa.	É necessário que haja delimitação do que se pretende para que os critérios sejam coerentes e atendam às necessidades.
6	Crítérios de Qualificação	Os critérios de qualificação são necessários para avaliar o grau de relevância do artigo selecionado.	Pode-se determinar os critérios de qualificação a partir do método de pesquisa, da quantidade de citações do artigo, do fator de impacto da revista que o artigo foi publicado etc .
7	Método e ferramenta	O método e as ferramentas são necessários para que se defina as etapas para a execução das buscas dos artigos, definir os filtros que serão usados etc.	Para o método deve-se buscar métodos que sejam cíclicos para que a pesquisa seja refinada e deve-se realizar o cruzamento de informações coletadas.
8	Cronograma	O cronograma é necessário para que sejam definidos tempo de condução e execução da RBS.	Deve-se estimar o cronograma para compra de softwares e afins caso haja necessidade.

Fonte: Adaptado de Conforto, Amaral e Silva (2009, p.7)

A Segunda Fase, chamada de Processamento, é subdividida em três etapas e juntas contemplam sete passos interativos para a condução da RBS de maneira sistemática. A Figura 4 desenvolvida pelos autores Conforto, Amaral e Silva (2009) ilustra a dinâmica que deverá ser seguida nesta Fase.

Figura 4– Procedimento interativo da Fase de Processamento da RBS Roadmap

Fonte: Conforto, Amaral e Silva (2009, p.8)

Ainda na Segunda Fase, conforme elencam os autores Conforto, Amaral e Silva (2009) é necessário documentar os passos realizados e eles propõem o uso de da ferramenta Mendeley⁵ para a gestão dos artigos selecionados e o uso de formulários intitulados Form 1, Form 2 e Form 3, estes formulários são confeccionados em planilha eletrônica MS-Excel®⁶ e possuem dados dos artigos, base de dados de coleta, data da coleta, etc. Foi utilizada a ferramenta Start⁷ para a condução da RBS e construção dos passos. Essa ferramenta foi desenvolvida pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software da Universidade Federal de São Carlos e é disponibilizada gratuitamente.

A Terceira e última Fase intitulada pelos autores Conforto, Amaral e Silva (2009) de Saída é subdividida em quatro etapas conforme expresso no Quadro 4:

⁵ Mendeley – Reference Management Software & Research - Disponível em: <http://www.mendeley.com>

⁶ MS-Excel® - software da empresa Microsoft

⁷ Start – Disponível em: http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool.

Quadro 4 – Etapas da Fase Saída

Etapa	Nome	Descrição	Pontos relevantes
1	Alertas	Deve-se criar alertas com as <i>strings</i> de busca usadas para possa-se receber atualizações dos periódicos relacionados a pesquisa.	É de suma importância a criação dos alertas para que possa-se manter o repositório atualizado mesmo com a pesquisa em andamento.
2	Cadastro e arquivo	Os artigos selecionados no Form 3 devem ser armazenados no software Mendeley.	O software Mendeley auxilia o pesquisador na organização e uso dos artigos selecionados.
3	Síntese e Resultados	Deve-se escrever um texto sobre o assunto estudado que posteriormente poderá ser um capítulo da revisão do trabalho.	É necessário que nesta etapa se elucide ao leitor o estado atual da pesquisa, principais autores e evolução dos conceitos, artigos e compilar e avaliar os termos e/ou modelos.
4	Modelos Teóricos	Ao término da RBS deve-se construir um modelo teórico que servirá de base para o andamento das pesquisas.	É importante ressaltar que quando a RBS possui hipóteses, deve-se confrontar os resultados com as hipóteses para enfim chegar ao resultado final elencando se a hipótese é verdadeira ou não.

Fonte: Adaptado de Conforto et al. (2009 p.10).

Esta fase final é a que irá demonstrar se as hipóteses levantadas no início da pesquisa tem fundamento ou não e dará embasamento para a obtenção de resultados (CONFORTO et al., 2009)

3.1.2 Planejamento da RBS

Na primeira etapa, a partir do objetivo de pesquisa iniciou-se a elaboração do protocolo para a coleta de dados da RBS. Esta fase foi conduzida e sumarizada com o apoio da ferramenta Start.

A RBS possui várias etapas que devem ser seguidas com rigor, as mesmas são trabalhosas e repetitivas – conforme já explanado anteriormente sobre a definição e passos da RBS- nesse sentido, a ferramenta Start dá suporte para o pesquisador auxiliando na organização das etapas, facilitando o acessos aos artigos e proporcionando agilidade no uso dos dados coletados uma vez que a ferramenta possui um campo específico para cada artigo

selecionado em que o pesquisador pode inserir seus comentários, resumos etc e posteriormente exportar em formato de Excel para a utilização.

O uso da RBS neste trabalho teve por objetivo identificar conceitos, modelos e abordagens desenvolvidas para determinar os pilares da Indústria 4.0 e definiu-se o seguinte problema de pesquisa:

1. Existe algum artigo que aborde de forma clara e objetiva os Pilares da Indústria 4.0?
2. Os pilares identificados nos artigos são idênticos ou possuem similaridade?

De acordo com o protocolo definido para o RBS, foram estabelecidos os critérios de inclusão e exclusão a fim de garantir que os artigos selecionados pudessem responder à questão de pesquisa. Os critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE) definidos foram:

Critérios de Inclusão (CI):

- CI-1: Artigos que abordem pilares da Indústria 4.0;
- CI-2: Apresenta definições dos Pilares da Indústria 4.0;
- CI-3: Apresenta um método/modelo dos Pilares da Indústria 4.0.

Critérios de exclusão (CE):

- CE-1: Estudos que não estejam na língua inglesa;
- CE-2: Relatórios técnicos, documentos em forma de apresentação ou resumos ;
- CE-3: Estudos que não possuam versões completas disponíveis de forma gratuita ou pelos acessos fornecidos pela Universidade de São Paulo⁸;
- CE-4: Estudos que abordam apenas aspectos teóricos e filosóficos (sem definição de método, modelo);
- CE-5: Estudos que não apresentam relação com os Pilares da Indústria 4.0.

Para a definição das bases de busca, baseou-se em Dieste et al. (2009), que propõem alguns critérios como: a cobertura das publicações, a disponibilidade dos estudos primários e

⁸ Os artigos que não possuem versões completas disponíveis gratuitamente foram elencados nos motivos de exclusão apesar de serem “limitações da pesquisa” porque os mesmos não podem ser acessados sem custo e os custos individuais multiplicados pela quantidade de artigos encontrados extrapolariam a verba de pesquisa disponível. Conforme publicado no sistema integrado de bibliotecas da USP, sua base de dados da USP possui mais de 20 mil títulos de periódicos e mais de 200 bases de dados. <http://www.sibi.usp.br/sobre/quem-somos/>.

conferências relevantes na área de pesquisa. A busca por estudos no idioma inglês foi adotada por ser o idioma adotado nos periódicos científicos e eventos de maior impacto. No Quadro 3 encontram-se os termos utilizados em língua inglesa para a construção das *Strings* de busca.

As bases consultadas foram: Web Of Science e Scopus, decidiu-se pelas duas bases de pesquisa porque são bases muito utilizadas para pesquisas na área de engenharia de produção.

Sobre a coleta de dados das publicações de empresas de consultoria, utilizou-se como base publicações em sites oficiais e publicações relacionadas e divulgadas pela internet, uma vez que empresas de consultoria não possuem a obrigatoriedade de publicar periódicos em bases de dados de larga escala, porém podem contribuir com publicações como as de Rubmann et al.(2015) pela *Boston Consulting Group* (BCG) e será citada no decorrer desta dissertação.

Após a seleção das bases de dados acadêmicas para a busca dos artigos, iniciou-se a construção da *string* de busca e para isso, utilizou-se a definição de Kitchenham (2004) que propõe a identificação das principais palavras-chave decorrentes das questões de pesquisa. Para a abrangência de sinônimos e termos alternativos utilizou-se os operadores booleanos OR e AND respectivamente.

As palavras chave definidas na primeira etapa foram: *Industry 4.0; Smart Factory, Intelligent Factory, Intelligent Industry, Pillar, Concept, Principals, Fundamentals*.

Ressalta-se que uma análise exploratória foi essencial para que a introdução fosse construída e para que os termos utilizados nas *strings* de busca construídas na etapa da RBS pudessem ser elencados e utilizados. Para a aplicação devida dos termos nas *strings*, buscou-se entender o significado dos termos recorrentes nos artigos lidos na revisão exploratória: pilar e princípio sobre Indústria 4.0. Conforme encontrado na wordnet⁹ a palavra pilar é “um princípio ou prática fundamental, por exemplo: a ciência erodiu os pilares da superstição” a Oxford Dictionaries (2018) afirma que pilar é “Uma pessoa ou coisa considerada confiável fornecendo suporte essencial para algo. Exemplo: "Ele era o pilar de sua comunidade local".

A mesma busca foi conduzida para a definição de princípio, e conforme a wordnet: “é uma regra, uma generalização básica que é aceita como verdadeira e que pode ser usada como base para um raciocínio ou conduta, exemplo: seus princípios de convicção caracterizaram todas as suas obras”. Já, para a Oxford Dictionaries (2018) princípio é “uma verdade

⁹Wordnet:<http://wordnetweb.princeton.edu/perl/webwn?s>

fundamental ou proposição que serve de base para um sistema de crença ou comportamento ou para uma cadeia de raciocínio, exemplo: os princípios básicos da justiça”

A partir do entendimento dos termos pilar e princípio, adotou-se o termo pilar (em português) para descrever os resultados obtidos na RBS uma vez que na definição da wordnet eles são equivalentes. Os termos usados na construção das *strings* para as bases WOS e Scopus estão ilustradas no Quadro 5, a seguir.

Quadro 5- Termos utilizados para construção da string de busca em Inglês

Termos	Sinônimos
Industry 4.0	Smart Factory; Intelligent Factory, Intelligent Industry, New Industrial Revolution, Smart Industry
Pillar	Basis, support
Concept	Conception, Definition, Description
Fundamentals	Principles, Bases, Notions

Fonte: elaborado pela autora

A primeira *string* de busca elaborada a partir dos termos pré-selecionados foi a seguinte:

(Industry4.0 OR Smart Factory OR Intelligent Factory OR Intelligent Industry OR New Industrial Revolution OR Smart Industry) AND (Pillar OR Basis OR Support OR Maintenance OR Concept* OR Conception OR Definition OR Description OR Fundamentals* OR Principles* OR Bases* OR Notions*)) AND Idioma: (English) AND Tipos de documentos: (Article)*

Na primeira consulta utilizando a String elaborada, apenas na base de dados da Web of Science encontrou-se 995 artigos, destes apenas 282 tinham acesso aberto, e em uma análise primária (análise de título e resumo), muitos artigos não condiziam com o objetivo da pesquisa, como por exemplo pode-se citar o artigo: “*Concept of dependent joints in functional reconfigurable robots de Mekid e Shang*” (2015) que apesar de conter o termo *Concept*, não aborda nada relacionado a Indústria 4.0.

Por esta razão foi modificada a *string* de busca, ou seja, os termos similares à Indústria 4.0 foram retirados e manteve-se apenas o termo *Industry 4.0* com as demais palavras que fazem alusão a pilar.

Após as análises, iniciou-se o processo de construção das *strings* para as bases WOS e Scopus o Quadro 6 ilustra o processo.

Quadro 6– Processo de construção das *Strings* de busca

Key Words	String WOS	String Scopus
Pillar, Principles, Definition, Notions, Description, Basis, Support, Maintenance, Fundamentals, bases, Concept, Conception, Industry 4.0	Ts= ((Industry 4.0) AND (Pillar* OR Basis OR Support OR Maintenance OR Concept* OR conception OR definition OR description OR fundamentals* OR principles* OR bases* OR notions*))) AND Idioma: (English) AND Tipos de documento: (Article) .N=341	TITLE-ABS-KEY ((industry 4.0) AND ((pillar* OR basis OR support OR maintenance OR concept* OR definition OR description OR fundamentals* OR principles* OR bases* OR notions*))) AND (LIMIT- TO (DOCTYPE," ar")) AND (LIMIT- TO (LANGUAGE," English")). N=763

Fonte: elaborado pela autora

Com as *strings* elaboradas, iniciou-se o processo de análise dos dados coletados e os resultados estão expressos no Capítulo 3.2.

3.1.3 Condução da RBS

O processo de condução do Revisão Bibliográfica Sistemática, foi realizado. Um resumo da condução está expresso na Figura 5, a seguir:

Figura 5 - Resumo do processo de condução da RBS

Fonte: elaborado pela autora

A primeira etapa do processo de condução da RBS foi a de preencher o protocolo da pesquisa, nele são inseridos: objetivo, palavras-chave, bases de pesquisa, idioma dos artigos,

critérios de inclusão e exclusão e explicações para nortear a condução da pesquisa. A Figura 6 demonstra a tela “protocolo” da ferramenta Start.

Figura 6 - Protocolo da Ferramenta Start.

Protocol

Criterion: Add Remove

Fontes com acesso autorizado
Fontes com relevância nos estudos de engenharia de produção
Contempla uma vasta variedade de publicações relacionadas ao tema

Edit
Up
Down

* This field must be filled in

Studies Languages: ?

English

Sources Search Methods: ?

Executar as buscas nas bases através das strings criadas com base nas palavras-chave;
Importar para a base de dados no formato bibtex;

Source list* ?

Source: ▼ Add Remove

Scopus
Web of Science

Up
Down

* This field must be filled in

Study selection criteria (inclusion and exclusion) ?

Criterion: Inclusion ▼ Add Remove

(I) Artigos que abordem os Pilares da Indústria 4.0
(I) Artigos que apresentem definições dos Pilares
(I) Artigos que apresentem um modelo/método dos Pilares da Indústria 4.0

^ Edit
Up

Fonte: elaborado pela autora

Após o preenchimento do protocolo, deve-se seguir para a etapa de Execução em que foram inseridas as informações sobre as *strings* das bases de dados: *Web Of Science* e *Scopus* e os resultados das mesmas foram exportados em formato bibtex. A Figura 7, a seguir, esboça a tela da ferramenta *Start* com a etapa devidamente preenchida.

Figura 7- Tela da Execução da Ferramenta Start

Fonte: elaborado pela autora.

Na etapa de execução os artigos foram classificados de acordo com os critérios de inclusão ou exclusão pré-determinados no início do estudo a partir da leitura do resumo, título e palavra-chave. Os artigos classificados como duplicados somaram 77, ou seja 6,97% do total artigos pré-selecionados para a pesquisa. Os artigos classificados como rejeitados ficam alocados na ferramenta Start em uma aba com esta nomenclatura para que posteriormente sejam quantificados. Os artigos elencados como aceitos seguiram para a próxima etapa da pesquisa, e o Quadro 7, abaixo, ilustra o resumo parcial da condução da RBS.

Quadro 7- Resumo da condução da RBS

Base eletrônica	Busca inicial	1ª seleção			2ª seleção	
		Incluídos	Excluídos	Duplicados	Incluídos	Excluídos
Web of Science e Scopus	1104	147	880	77	12	135

Fonte: Elaborado pela autora.

A revisão bibliográfica sistemática foi conduzida durante cinco meses, contados desde a concepção das *strings* de busca até a etapa final em que os artigos foram selecionados e lidos. O número de artigos selecionados na primeira etapa da RBS foram de 1104-o número alto deve-se ao fato das *strings* das duas bases de dados usadas- WOS e Scopus- possuírem caráter mais abrangente.

3.2 Resultados da RBS

3.2.1 Resultados Quantitativos da RBS

Com a nova *String*, obteve-se 763 artigos na base Scopus e 341 artigos na base da Web Of Science, sendo que um paper foi adicionado a pesquisa devido sua relevância. Entende-se que a *string* elaborada desta maneira abrange mais artigos e torna o trabalho do pesquisador mais complexo pois o volume de artigos a ser analisados é maior devido a abrangência da *String* usada, contudo devido à novidade do tema e a necessidade de se coletar artigos com foco nos pilares, optou-se por este modelo de pesquisa.

Para validação da *string* proposta (Quadro 6), foi realizada uma busca por artigos os quais no primeiro estudo exploratório foram encontrados e considerados relevantes, os artigos são contemplados na *string* atual, ou seja, nada se perde em termos de informação. O Quadro 8, a seguir, expressa exemplos de artigos que aparecem nas duas buscas e, portanto, validam a nova *string* mais focada no termo Indústria 4.0 sem seus sinônimos.

Quadro 8 – Exemplos de artigos após a análise cruzada das *strings*

ID	Title	Author	Year
1	A Complex View of Industry 4.0	Roblek, Meajko and Krapea	2016
2	A big data enabled load-balancing control for smart manufacturing of Industry 4.0	Li, Tang, Wang and Liu	2017
3	Developing of industry 4.0 applications	Contreras, Garcia and Pastrana	2017
4	Essential Implications of the Digital Transformation in Industry 4.0	Lee, Lee and Chou	2017
5	Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis	Liu and Xu	2017
6	Pilot Study pf readiness of Czech Companies to Impment the pinciples of Industry 4.0	Basl	2017
7	Design principles for industrie 4.0	Hermann, Pentek and Otto	2015

Fonte: elaborado pela autora

Após a fase de levantamento nas bases de dados foram encontrados 1104 artigos e destes 77 encontram-se nas duas bases de dados.

Como já abordado anteriormente, foi intencional usar os termos de modo genérico, mesmo sabendo que os resultados poderiam contemplar na primeira etapa um número maior de artigos que não condizia com a pesquisa, neste caso exatos 880 artigos, contudo devido a relevância do tema e sua novidade foi mais seguro não restringir e revisar todos os artigos do que correr o risco de não contemplar algum artigo importante.

Aplicando-se os critérios de inclusão e exclusão já explicados, foram lidos na íntegra 147 artigos e destes foram selecionados 12 artigos que abordavam de forma clara os pilares da Indústria 4.0. O Quadro 9 apresenta os 12 artigos utilizados expressos em ordem decrescente de citação (os números de citações foram coletados nas bases WOS e Scopus no dia 24 de fevereiro de 2019) e os *journals* que foram publicados.

Quadro 9 - Artigos usados na Definição dos Pilares da Indústria 4.0 a partir da RBS

ID	Nº Citações	Título	Journal/Procedings
1	175	Design principles for industrie 4.0 Scenarios:A Literature Review	Proceedings of the 49 th Annual Hawai International Conference on System Sciences (HICSS 2016)
2	57	A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond	Sixth International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2016)
9	12	Opportunities Assessment of Product Development Process in Industry 4.0	Procedia Manufacturing
10	12	Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps	Procedia Manufacturing
8	7	Assembly system configuration through Industry 4.0 principles: the expected change in the actual paradigms	IFAC-Papers On Line
7	4	Industry 4.0 learning factory didactic design parameters for industrial engineering education in South Africa	South African Journal of Industrial Engineering
12	4	How data will transform industrial processes: Crowdsensing, crowdsourcing and big data as pillars of industry 4.0	Future Internet
6	3	Implementing Industry 4.0-A Technological Readiness Perspective	2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and EnEngineering Management (IEEM)
11	3	Re-thinking Innovation in Organizations in the Industry 4.0 Scenario:New Challenges in a Primary Prevention Perspective	Frontiers in Psychology
3	0	How to Define Industry4.0: The Main Pillars Of Industry 4.0	Managerial Trends in the Development of Enterprises in Globalization Era
4	0	Industry 4.0 Concept Introduction into Construction SMEs	World Multidisciplinary Civil Engineering- Architecture- Urban Planning Symposium WMCAUS
5	0	Use of the Fourth Industrial Revolution Principles for Switched Reluctance Motors Development	2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)

Fonte: elaborado pela autora

O Quadro 10 demonstra os mesmos artigos mencionados no Quadro 9, porém destacando os autores e países de publicação. Nota-se que os artigos são caracterizados pelo número de ID de cada um. Percebe-se a partir dos autores e países, que a Europa se destaca nas publicações utilizadas neste artigo.

Quadro 10– Artigos usados na RBS elencados por autor, país e ano.

ID	Autores	País	Ano
1	Hermann.M, Pentek.T, Otto.B	Alemanha	2015
2	Qin, Jian; Liu, Ying and Grosvenor, Roger	Inglaterra	2016
9	Santos, K. ; Loures, E. ; Piechnicki, F. and Canciglieri, O.	Itália	2017
10	Santos, C. ; Mehraei, A. ; Barros, A.C. ; Araujo, M. and Ares, E.	Espanha	2017
8	Cohen, Y. ; Faccio, M. ; Galizia, F.G. ; Mora, C. and Pilati, F.	França	2017
7	Sackey, S. M. ; Bester, A. and Adams, D.	África do Sul	2017
12	Pilloni, V.	Cingapura	2017
6	Samaranayake, P. ; Ramanathan, K. and Laosirihongthong, T.	Eslováquia	2017
11	Palazzeschi, Letizia ; Bucci, Ornella and Di Fabio, Annamaria	República Checa	2017
3	Erboz, Gizem	Rússia	2017
4	Nowotarski, Piotr and Paslawski, Jerzy	Itália	2018
5	Ivanov, A. S. ; Nusratov, P. R. and Stepanov, V. M.	Itália	2018

Fonte: elaborado pela autora

Os 27 Pilares da Indústria 4.0 encontrados (OE1) partir do RBS, estão expostos no Quadro 11 e, foram elencados na ordem dos pilares mais citados para os menos citados. As IDs são as mesmas usadas nos Quadros 9 e 10 e auxiliam na identificação dos autores e títulos que mencionaram cada pilar.

Quadro 11- Pilares em ordem decrescente de quantidade de citação pelos autores.

Pilares	IDs												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Interoperabilidade	x	x		x	x	x	x			x			7
Capacidade em tempo real	x			x		x	x			x			5
Descentralização	x			x	x	x				x			5
Modularidade	x			x		x	x			x			5
Orientação a serviços	x			x		x	x			x			5
Virtualização	x			x		x	x			x			5
Soluções Inteligentes			x						x				2
Acesso à Internet												x	1
Análises Avançadas												x	1
Big Data and Analytics			x										1
Cadeia de Suprimentos Inteligente									x				1
Computação em Nuvem			x										1
Comunicação Máquina Máquina												x	1
Conectividade								x					1
Conhecimento								x					1
Fábrica Inteligente									x				1
Informação								x					1
Inovação											x		1
Inovação Inteligente									x				1
Integração Horizontal e Vertical			x										1
Inteligência								x					1
Internet das Coisas (IoT)			x										1
Manufatura Aditiva			x										1
Realidade Aumentada (RA)			x										1
Robôs Autônomos			x										1
Segurança Cibernética			x										1
Simulação			x										1

Fonte: elaborado pela autora

Pode-se destacar que após a leitura do artigo intitulado *How to Define Industry 4.0: The Main Pillars Of Industry 4.0* de Erboz (2017) verificou-se que a autora menciona uma publicação da Boston Consulting Group (BCG) de autoria de Rubmann et al.(2015) intitulada: *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industrie*, como fonte para explicação dos Pilares da Indústria 4.0. Portanto, foi inserida manualmente o artigo de Rubmann et al. (2015) e ao término da RBS a quantidade de artigos utilizados para definir os pilares da Indústria 4.0 somaram-se 13.

As 13 fontes de dados mencionam em alguns casos pilares e outros *principles*, contudo em nenhum dos trabalhos lidos e aqui mencionados encontrou-se a definição de pilares ou

principles. Uma busca exploratória foi conduzida para encontrar alguma referência bibliográfica no âmbito da Indústria 4.0 que elucidasse os termos, e não houve êxito.

Os pilares mais citados na literatura foram os mencionados por Hermann, Pentek e Otto (2015) na publicação intitulada *Design principles for industrie 4.0 Scenarios: A literature Review*, sendo citadas em mais 6 publicações. O Quadro 12 expressa os IDs dos artigos que mencionam cada pilar mencionado por Hermann, Pentek e Otto em 2015 (nos Quadros anteriores são expressos por ID 1).

Quadro 12– Publicações baseadas em Hermann, Pentek e Otto (2015)

IDs	Pilares
2,4,5,6,7,10	Interoperabilidade
4,6,7,10	Capacidade em tempo real
4,5,6,10	Descentralização
4,6,7,10	Modularidade
4,6,7,10	Orientação à Serviços
4,6,7,10	Virtualização

Fonte: elaborado pela autora

3.2.2 Resultados Qualitativos da RBS

Os 27 pilares identificados no Quadro 11 estão na sequência:

- **Interoperabilidade:** pessoas, máquinas, sensores e dispositivos se comunicam através do uso da internet (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015).
- **Capacidade em tempo real:** os dados da empresa serão recebidos e analisados em tempo real. Na fábrica inteligente os processos são monitorados e rastreados para que, caso alguma máquina necessite parar a produção, possa direcionar os produtos para outras máquinas (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015).
- **Descentralização:** os mesmos autores já mencionados afirmam que a crescente demanda por produtos individuais, dificulta o controle dos sistemas de modo centralizador. Os computadores interligados permitem que os Sistemas Ciber Físicos tomem decisões por conta própria, ou seja descentralizando as tomadas de decisões tornando o sistema mais ágil.
- **Modularidade:** os sistemas modulares são capazes de se adaptar de maneira flexível às necessidades de mudança dos produtos, substituindo ou expandindo módulos individuais (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015)

- **Orientação à Serviços:** os serviços das empresas, Sistemas Ciber Físico e seres humanos estão disponíveis através da Internet dos Serviços e podem ser utilizados por outros participantes. Eles podem ser oferecidos internamente e/ou fora das empresas, a planta da fábrica inteligente é baseada em uma arquitetura orientada à serviços (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015).
- **Virtualização:** Hermann, Pentek e Otto (2015) afirmam que a virtualização significa que os Sistemas Ciber Físicos serão capazes de monitorar processos físicos. Esses dados de sensores são vinculados a modelos de plantas virtuais e modelos de simulação. Assim, uma cópia virtual do mundo físico é criada, o que pode possibilitar simulações no ambiente virtual para posterior implantação no ambiente real.
- **Acesso à Internet (sem fio):** Weyrich et al.¹⁰ (2014); Varghese et al.¹¹ (2014) e Li et al.¹² (2017) *apud* Pilloni (2018) afirmam que os ambientes industriais têm sido caracterizados por dispositivos conectados através do uso de fios sobre protocolos industriais. Eles argumentam que os cabos são mais confiáveis, seguros e possuem menores históricos de interferências, porém, as redes sem fio oferecem vantagens significativas como: agilidade e facilidade no uso mesmo em locais de difícil acesso, maior flexibilidade para se adaptar as mudanças na configuração da rede, por exemplo.
- **Análises Avançadas:** os autores Zhou, Liu e Zhou¹³ (2015) *apud* Pilloni (2018) afirmam que as tecnologias que ativam a Indústria 4.0 são: a Internet das Coisas, a comunicação Máquina-Máquina e a computação em nuvem e elas são usadas para coletar e manipular grandes quantidades de dados (*big data*) que podem ser usados para obter uma análise mais profunda e tomar decisões mais assertivas que nortearão os processos industriais.
- **Big data e Analytics:** seu conceito se aplica a conjuntos de grandes dados, diversificados e complexos que afetam as tomadas de decisões organizacionais de uma empresa em relação à sua estratégia. A estrutura do *Big Data* pode ser descrita como

¹⁰ Weyrich et al (2014). Machine-to-machine communication. IEEE Softw. 2014, 31, 19–23.

¹¹ Varghese et al (2014). Requirements and challenges in Industry 4.0. In Proceedings of the IEEE 2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), Mysore, India, 27–29 November 2014; pp. 634–638.

¹² Li et al (2017). A review of industrial wireless networks in the context of industry 4.0. Wirel. Netw. 2017, 23, 23–41.

¹³ Zhou, Liu e Zhou (2015) . Industry4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In Proceedings of the IEEE 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), Zhangjiajie, China, 15–17 August 2015; pp. 2147–2152.

uma ferramenta no intuito de resolver problemas tradicionais da cadeia de valor por recursos já existentes, como uma indústria na intenção de abertura de novos empreendimentos e de desenvolver sistemas de *software* para manipular grandes volumes de dados e como uma estratégia, visando construir novos modelos de negócios inovadores (RUBMANN et al., 2015)

- **Cadeia de Suprimentos Inteligente:** os autores Santos K et al. (2017) afirmam que um dos pilares da Indústria 4.0 é a cadeia de suprimentos inteligente, ela é formada por redes ágeis de colaboração e cadeias de suprimentos conectadas. As redes ágeis de colaboração descrevem a direção da integração horizontal, permitindo que os fabricantes se concentrem em suas competências, oferecendo produtos personalizados em qualquer mercado, já as cadeias de suprimento conectadas são formadas por meio de redes verticais de suprimento, permitindo a integração e a automação de processos físicos e proporcionando maior transparência entre os elos da cadeia.
- **Computação em Nuvem:** a computação em nuvem inclui conjuntos de recursos de Tecnologia da Informação (TI) que oferecem recursos de armazenamento e processamento no sistema virtual, atendendo a vários usuários e possui várias vantagens para a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), como ajudar a automatizar e integrar, e facilita o gerenciamento e a administração. É a maneira de virtualizar os recursos e serviços e combinar o sistema baseado em cliente / servidor (CANDEL-HAUG et al.¹⁴, 2016 *apud* ERBOZ, 2017).
- **Comunicação Máquina-Máquina:** na Indústria 4.0 os objetos são equipados com capacidades de comunicação que lhes permitem ser autônomos e auto organizados, isso é possível baseando-se em máquinas, dispositivos, logística e seres humanos conectados, através da comunicação Máquina-Máquina as decisões podem ser tomadas e rearranjadas instantaneamente (WEYRICH et al.¹⁵, 2014 *apud* PILLONI, 2018).
- **Conectividade:** os autores Cohen et al. (2017) afirmam que a conectividade é a forma de conectar e coletar dados quando e onde a empresa/pessoa quiser e puder, podendo

¹⁴ CANDEL-HAUG et al. (2016) . Cloud adaptiveness within industry sectors – Measurement and observations. Telecommunications Policy, 40(4), pp.291–306.

¹⁵ Weyrich et al (2014). Machine-to-machine communication. IEEE Softw. 2014, 31, 19–23.

ser através de sensores ou pela inserção de dados através de dispositivos conectados usando as pessoas envolvidas nos processos.

- **Conhecimento:** os autores Cohen et al. (2017) afirmam que, devido ao fluxo de informações Ciber-físicas integradas e de um sistema de suporte operacional, as informações, dados, procedimentos, indicadores de desempenho e melhores práticas são fornecidos em tempo real, o que possibilita os processos autodesenvolvidos padronizados.
- **Fábrica Inteligente:** Zhou, Liu e Zhou (2015) afirmam que a fábrica inteligente é um componente essencial da Indústria 4.0 uma vez que contempla infraestrutura inteligente, processos de fabricação e produção em redes em que não apenas interagem entre si, mas com humanos visando atender o cliente.
- **Informação:** a partir dos dados coletados, é possível criar informações úteis usando o KPIs padronizados e estruturados e aprimorando o procedimento (COHEN et al., 2017).
- **Inovação:** Palazzeschi, Bucci e Di Fabio (2018) afirmam que, na Indústria 4.0, a inovação é um conceito central, eles remetem a publicação de Kagermann e Wahlster (2013) em que os autores afirmam que a Indústria 4.0 refere-se à tendência de aumento do uso de tecnologias de informação e automação no ambiente de produção. Lasi et al. (2014) afirmam que as inovações tecnológicas estão implícitas no cenário da Indústria 4.0, principalmente se considerar o seu potencial tecnológico semelhante ao ocorrido nas outras revoluções industriais.
- **Inovação Inteligente:** os autores Santos k et al. (2017) afirmam que a inovação inteligente é um dos pilares da Indústria 4.0, isso porque ela é composta pela inovação estendida e pela inovação do ciclo de vida conectado. A inovação estendida tem dois fluxos de informações que vêm de dentro para fora e de fora para dentro da empresa e os sistemas avançados de gerenciamento do ciclo de vida do produto formam a inovação do ciclo de vida conectado.
- **Integração Horizontal e Vertical:** a integração vertical se refere aos sistemas flexíveis e reconfiguráveis dentro da fábrica para que sejam integrados entre si visando obter agilidade. Já a integração horizontal trata da integração de parceiros na Cadeia de Suprimentos (CS). A rede industrial coleta os dados (*Big Data*) e os envia para a nuvem criando a estrutura da fábrica inteligente (RUBMANN et al., 2015).

- **Inteligência:** os autores Cohen et al. (2017) acreditam que com o uso de atuadores inteligentes, que se baseiam em algoritmos e informações coletadas, o sistema deve adaptar-se ao mercado conseguindo atender a demanda de forma satisfatória.
- **Internet das Coisas (IoT):** Kang et al. (2016) definem IoT como sendo a incorporação de sensores para comunicação entre equipamentos e máquinas nas linhas de produção. Eles argumentam que a recepção e análise dos dados também são facilitadas por ela, além dela ser uma tecnologia básica para a realização da fábrica inteligente.
- **Manufatura Aditiva:** também definida como Impressão em três dimensões (3D), refere-se à produção de produtos personalizados para os clientes. A forma mais comum é o protótipo e os métodos de impressão em 3D para produzir pequenos lotes, evitando estoques e grandes níveis de produção (RUBMANN et al., 2015).
- **Realidade Aumentada (RA):** He et al.¹⁶ (2017) *apud* Erboz (2017) afirmam que a realidade aumentada é definida como a tecnologia interativa que permite a harmonia entre o mundo virtual e seus usuários, ela pode ser usada em muitas aplicações, combinando gráficos gerados por computador e objetos físicos, e, ainda fornece o controle de movimento de seus usuários usando tecnologia de sensores para controlar algumas tarefas.
- **Robôs Autônomos:** são usados nas indústrias de manufatura para resolver tarefas complexas que não podem ser resolvidas facilmente por um ser humano. Várias interfaces homem-robô criam uma estreita colaboração entre a utilização de robôs e o cérebro humano. A parceria entre eles seria caracterizada pelas informações necessárias sendo fornecidas pelo operador humano que controlaria o sistema, dando instruções aos robôs industriais. (RUBMANN et al., 2015)
- **Segurança Cibernética:** conforme Cho e Woo¹⁷ (2017) *apud* Erboz (2017) a segurança cibernética é essencial para prevenir ataques terroristas no ambiente de negócios, portanto soluções evitáveis e sistemas de defesa são necessários contra os efeitos negativos dos incidentes terroristas.

¹⁶ He et al. (2017). Research on Human-computer Interaction Technology of Wearable Devices Such as Augmented Reality Supporting Grid Work. *Procedia Computer Science*, 107, pp.170–175.

¹⁷ Cho e Woo (2017). Cyber security in nuclear industry – Analytic study from the terror incident in nuclear power plants (NPPs). *Annals of Nuclear Energy*, 99, pp.47–53

- **Simulação:** Para Weyer et al. (2015) as ferramentas de simulação possuem um papel de apoio nas atividades relacionadas à produção, promovendo o ambiente de produção sustentável, além de oferecer ajustes em sistemas complexos, planejando as operações, coletando conhecimentos e informações e estimativas precisas sobre o sistema.
- **Soluções Inteligentes:** segundo Santos K et al. (2017), serviços inteligentes possibilitam que os negócios baseados em novas tecnologias cresçam. Já os produtos inteligentes estão integrados nos CPS e fornecem novos recursos e funções baseados em conectividade e a junção dos dois geram as soluções inteligentes.

Percebe-se que os diferentes autores têm visões distintas sobre os pilares que compõem a indústria 4.0 e não há um padrão no estabelecimento para o que cada um atribuiu como pilar da Indústria 4.0.

O Capítulo 4, a seguir, aborda as entrevistas realizadas com o intuito de complementar a revisão da literatura.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA RBS

Neste Capítulo serão demonstradas as análises realizadas a partir dos resultados encontrados na RBS. Visando contribuir com o entendimento, entrevistas foram realizadas.

4.1 *Método das Entrevistas*

As entrevistas foram realizadas como complemento para a revisão da literatura proposta neste trabalho, e visou coletar evidências empíricas da RBS realizada.

As entrevistas foram estruturadas a partir dos pilares coletados na RBS e a principal exigência quanto à escolha dos selecionados foi a de que trabalhassem e/ou conhecessem a Indústria 4.0 e pudessem colaborar com suas visões e experiências para verificar quais dos pilares encontrados condizia ou não com as expectativas de sua área de atuação e posteriormente sistematizar os pilares.

Para a estruturação da entrevista utilizou-se os pilares encontrados na RBS e criou-se um roteiro pré-determinado pela pesquisadora para que os aspectos relacionados aos pilares fossem abordados com os dois entrevistados. Apresentou-se a definição de pilar e foi solicitado para cada entrevistado comentar sobre sua percepção, sem a influência da pesquisadora. Após esta etapa a pesquisadora apresentou os pilares encontrados na literatura e solicitou que os entrevistados os classificassem de 0 a 3, sendo zero sem relevância para a Indústria 4.0 e 3 muito relevante. As entrevistas foram realizadas por Skype¹⁸ e pessoalmente. O Apêndice A retrata o modelo enviado para os entrevistados por e-mail e o Apêndice B apresenta o modelo de consentimento livre e esclarecido enviado para os participantes antes da entrevista (no primeiro contato).

Para se garantir o anonimato e privacidade dos respondentes, decidiu-se não mencionar os nomes das pessoas/instituições que foram convidadas e que participaram ou não da pesquisa. Para a busca e posterior entrevista, separou-se inicialmente, os perfis em três grupos distintos, para que fosse possível coletar as visões e fazer uma análise crítica sobre as divergências ou convergências que poderiam surgir.

- Grupo 1: Grupo de pesquisadores da Indústria 4.0
- Grupo 2: Acadêmicos

¹⁸ Skype é um software que permite comunicação pela Internet através de conexões de voz e vídeo, criado por Janus Friis e Niklas Zennstrom. O Skype foi lançado no ano de 2003.

- Grupo 3: Profissionais da indústria ou prestadores de serviço.

Para o grupo 1, foi enviado um convite através do Facebook¹⁹, explicando quem era a pesquisadora, seu objetivo e os resultados esperados a partir das entrevistas. O grupo era composto por 284 membros subdivididos em três focos de pesquisa: mercado de trabalho, novas tecnologias e notícias atuais sobre a Indústria 4.0. O convite foi enviado em novembro de 2018 e até o mês de março de 2019 não houve interessados em colaborar.

O segundo grupo, Acadêmicos, buscou-se pesquisadores da academia que trabalhassem ou ao menos conhecessem sobre a Indústria 4.0. Dois professores-pesquisadores foram convidados, um europeu que trabalha tanto na academia quanto na indústria e um brasileiro que conduz pesquisas sobre a Indústria 4.0. Os convites para a participação, bem como o objetivo proposto e os resultados esperados foram enviados previamente por e-mail para que os mesmos pudessem analisar e concordar ou não em participar.

O professor-pesquisador brasileiro recebeu a pesquisadora pessoalmente, contudo devido a fatores externos não concluiu a entrevista. O pesquisador europeu em um primeiro momento conversou com a pesquisadora pessoalmente e abordou assuntos relacionados a Indústria 4.0 de maneira global. Posteriormente foi enviado por e-mail o roteiro da entrevista e foi solicitado a ele uma data para que pudesse colaborar com a pesquisa através da ferramenta Skype ou mesmo com o envio das respostas eletronicamente. Até a conclusão da pesquisa o professor-pesquisador não havia respondido.

O grupo 3 composto por profissionais da indústria ou prestadores de serviço foi composto por dois profissionais que após receberem o e-mail com o convite, bem como com as explicações sobre o objetivo da entrevista e aceitaram participar. O primeiro entrevistado (entrevistado A) é europeu, está concluindo seu doutorado em uma renomada instituição de ensino e trabalha em uma empresa que desenvolve soluções para multinacionais que já trabalham com os pilares da Indústria 4.0. Suas soluções são baseadas em novas tecnologias para auxiliar as indústrias. A entrevista ocorreu em duas etapas, sendo a primeira usando a ferramenta Skype no dia 19 de novembro de 2018, com duração de quarenta minutos e posterior envio do questionário para que ele pudesse, a partir da sua experiência colaborar com os Pilares da Indústria 4.0.

O segundo entrevistado (entrevistado B), é um brasileiro com mestrado pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP) e que atualmente trabalha em uma empresa

¹⁹ Facebook é uma mídia social e rede social virtual lançada em 4 de fevereiro de 2004, operado e de propriedade privada da Facebook Inc.

multinacional. Ele atua com processos de negócios da manufatura e afirmou que a empresa está no estágio inicial para a Indústria 4.0. A entrevista ocorreu em duas etapas, sendo a primeira usando a ferramenta @Skype no dia 21 de novembro de 2018, com duração de quarenta minutos e posterior envio do questionário para que ele pudesse, a partir da sua experiência colaborar com a pesquisa.

Após entendimento dos possíveis métodos para a entrevista, decidiu-se pela entrevista por Skype e pessoalmente além do envio eletrônico do questionário, pois o mesmo é o que possui menor custo para a realização e considerando que o tempo é algo extremamente disputado- a flexibilidade que se tem para responder o mesmo quando se recebe por e-mail.

4.2 *Resultados das Entrevistas*

O entrevistado A, pertence ao grupo 3, reside em Portugal e comenta que eles usam o termo Indústria 4.0 assim como no Brasil. Hoje a empresa que o profissional atua desenvolve soluções como: criação de assistentes virtuais, provador virtual de calçados, plataforma de gestão integrada entre outras, todas baseadas em novas tecnologias, em sua maioria para médias empresas (ele considera média as empresas que tem 30 pessoas trabalhando no departamento de TI) e em alguns casos para grandes empresas. Os nomes das empresas serão mantidos em sigilo. O entrevistado comenta que elas solicitam as soluções por partes -em módulos- e que as maiores solicitações são : **interoperabilidade**, as empresas querem integrar as informações, sensores e sistemas e que os solicitantes se preocupam com a segurança dos dados e a **confiabilidade**, tanto que relatou um exemplo em que a empresa solicitante não permitiu que os dados de sua produção fossem para a nuvem alegando que estas informações são sigilosas e não confiavam plenamente na nuvem.

A integração entre os sistemas com foco em manutenção das máquinas visando o mínimo impacto na produção é outra solução muito solicitada, o entrevistado relatou que eles usam algoritmos de aprendizado aliado a inteligência artificial para prever se a máquina começar a se desgastar e com isso realizar as manutenções antes que a quebra da máquina ocorra, ainda no tocante da manutenção eles têm como objetivo alcançar a capacidade de decisão em tempo real.

O entrevistado afirmou que as empresas que querem ter integração vertical e horizontal, devem primeiramente ter a integração vertical bem estabelecida para que posteriormente possa iniciar a integração horizontal, pois ela utiliza as informações que vem da integração vertical.

Sobre o *Big Data*, o entrevistado comentou que algumas empresas muitas vezes usam o termo erroneamente, pois o *Big Data* prevê que a empresa tenha alto volume de dados, ele comenta que muitas usam o termo *Big Data* porque leram em algum lugar enquanto que na verdade ela poderia usar uma base de dados normal, já que seu fluxo não é grande. A percepção relatada pelo entrevistado A é que as empresas estão buscando se adequar de maneira modular a Indústria 4.0. Dos 27 pilares encontrados na literatura, o entrevistado elencou 15 pilares como sendo muito relevante para a implantação da Indústria 4.0. O Quadro 13 ilustra a percepção do entrevistado A.

Quadro 13 - 15 Pilares elencados pelo entrevistado A após análise dos 27 propostos pela RBS

Pilares
Interoperabilidade
Descentralização
Virtualização
Capacidade em tempo real
Big data and Analytics
Integração horizontal e vertical
Computação em nuvem
Segurança cibernética
Inovação
Análises avançadas
Informação
Inovação inteligente
Cadeia de suprimentos inteligente
Internet das coisas
Fábrica inteligente

Fonte: elaborado pela autora

Os fatores humanos também foram mencionados na entrevista, o entrevistado relatou que as pessoas precisam se adequar ao uso das novas tecnologias e que para isso é necessário educação e como consequência a geração de conhecimento.

Já o entrevistado B, comenta que a partir de sua experiência com a Indústria 4.0 advinda da multinacional em que trabalha ele enxerga que há pilares internos e externos. O entrevistado chama de pilares internos àqueles em que a empresa é totalmente responsável por prover, por exemplo:

- Maturidade dos processos internos, ou seja, ele argumenta que para a Indústria 4.0 os processos têm que estar estabilizados, padronizados;

- Capacitação dos membros da indústria para que possam entender quais são as competências necessárias para a implantação da Indústria 4.0;
- Infraestrutura adequada, deve-se estar preparado internamente para a comunicação entre máquinas, pessoas e processos e para isso o parque tecnológico deve estar adequado;

Para os pilares externos, o entrevistado B argumenta que são essenciais, mas que não dependem apenas do esforço da empresa/indústria:

- Cadeia de fornecedores principais devem estar na mesma base que a empresa, deve possuir os mesmos recursos tecnológicos e humanos, do contrário não há como haver integração entre os elos da cadeia;
- Política Pública é essencial para a formação da Indústria 4.0, ele comenta que a política pública deve instigar a mudança a partir de incentivos tanto para as empresas como para as pessoas que irão trabalhar nelas;
- Educação, pela percepção do entrevistado, as escolas devem adequar-se às novas tecnologias para atender as necessidades da Indústria 4.0 por pessoas capacitadas para trabalhar com as inovações tecnológicas que a Indústria 4.0 contempla. Deve-se investir em todos os níveis da educação, desde a básica até o ensino superior, do contrário, não haverá pessoas capacitadas para trabalhar neste novo cenário;

O questionário eletrônico foi enviado, mas devido a agenda do entrevistado não houve tempo hábil para a resposta e inserção dos resultados até o final de fevereiro de 2019.

5 SISTEMATIZAÇÃO DOS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

Baseado na RBS realizada e nas entrevistas entende-se que para migrar para a Indústria 4.0 ou mesmo começar uma empresa que tenha como objetivo ser uma Indústria 4.0, alguns pilares e tecnologias são necessárias. A Figura 8 retrata os resultados da pesquisa apresentados em formato de matriz, separados em pilares internos e externos e tecnologias internas e externas.

Entende-se como fatores internos – os que dependem das empresas para que sejam realizados- e fatores externos – os que não dependem diretamente das empresas, ou seja dependem de políticas públicas, por exemplo para que sejam implementados e /ou incentivados.

O primeiro passo realizado foi elencar o que era pilar interno e externo e o que era tecnologia interna e externa à empresa. Além dos artigos utilizou-se os resultados das entrevistas para compor a matriz.

Figura 8 - Matriz Proposta para a Sistematização dos Pilares da Indústria 4.0

Fonte: elaborado pela autora

Para pilares internos elencou-se os pilares que através da RBS e das entrevistas percebeu-se que são essenciais, mas que dependem das empresas. Os pilares internos

elencados foram: Capacidade em tempo real, Descentralização, Integração vertical, Interoperabilidade, Modularidade, Orientação à serviços, Virtualização, Educação e Fábrica inteligente – esta foi considerada um pilar interno e externo pois sem uma estrutura interna adequada a empresa não consegue se tornar uma fábrica inteligente, e foi considerada externa porque depende de fatores externos como melhoria nas comunicações (internet), segurança cibernética para que possa de fato ser implementada.

Ressalta-se que os pilares internos condizem com os pilares propostos por Hermann, Pentek e Otto (2015) e convergem com a maioria dos autores, sendo os mais citados conforme elencados no Quadro 12. Os demais itens citados pelos autores como pilares, aparecem apenas nos trabalhos publicados por eles enquanto os citados por Hermann, Pentek e Otto (2015) foram replicados em outros artigos.

Como pilares externos, foram considerados: Fábrica inteligente, a Integração horizontal, Educação e a Cadeia de suprimentos inteligente, que são pilares para que a Indústria 4.0 seja composta de maneira plena. Para que haja integração horizontal, ou seja, a integração entre os elos da cadeia de suprimentos que a indústria está inserida, somente é possível se todos os participantes estiverem trabalhando como Fábricas inteligentes. Quando existe a integração horizontal surge a Cadeia de suprimentos inteligente.

As tecnologias internas elencadas na matriz foram: Acesso à Internet para que a empresa possa trabalhar com a Internet das Coisas (IoT), e usar os elementos como Simulação, Realidade Aumentada, Robôs Autônomos e Manufatura Aditiva auxiliando a empresa a trabalhar de maneira conectada, com máquinas e pessoas integradas (Comunicação Máquina-Máquina). Ainda no pilar Tecnologia, destaca-se que seus elementos são essenciais para a coleta de dados que são analisados pelo *Big Data* e Análises de Dados o que juntamente com o pilar descentralização auxilia a empresa a atingir o capacidade em tempo real (informações para tomar decisões, sejam elas ligadas diretamente à produção ou não).

As tecnologias externas elencadas foram IoT (considerado interno também), Computação em Nuvem, Segurança cibernética e as Soluções inteligentes, pois elas são necessárias para que a Indústria 4.0 seja construída, mas dependem de incentivos externos às empresas para que possam ser desenvolvidas. Destaca-se que a Segurança cibernética foi discutida nas duas entrevistas e percebeu-se que há grande preocupação por parte das empresas sobre a prevenção de ataques cibernéticos e afins, neste sentido as Soluções inteligentes podem auxiliar.

Na matriz foram elencados os pilares já estudados e entendidos a partir da RBS, contudo após as entrevistas sugere-se um novo pilar: Educação, que foi ilustrado na matriz

como sugestão para englobar os pilares informação, conhecimento, inteligência, inovação e inovação inteligente – que não estão expressos na matriz mas foram encontrados nos artigos. A educação irá fornecer subsídios para que os seres humanos possam se adequar as novas tecnologias e estejam aptos a trabalhar no âmbito da Indústria 4.0. Com o pilar educação, pode-se ampliar as pesquisas para que a inteligência humana, das máquinas e dos robôs possam constantemente evoluir e consequentemente aumentar o nível de conhecimento dos *stakeholders*.

6 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E PESQUISAS FUTURAS

6.1 Conclusões

Este estudo enumerou os 27 pilares encontrados na literatura através de uma RBS e da equalização do significado de pilar e princípios. Pôde-se perceber que ainda existe uma confusão de conceitos e entendimentos o que pode ser explicado devido a novidade do tema. Os meios acadêmico e empresarial ainda estão em estágio inicial sobre a Indústria 4.0 e seus pilares.

A contribuição desejada deste trabalho deve-se ao fato dele criar uma matriz que propõe de forma clara os pilares e as tecnologias que compõem a Indústria 4.0, inclusive pode nortear a implantação de políticas de incentivo. Deve ser destacado o quanto a educação deverá auxiliar as pessoas a preparar-se para a Indústria 4.0 e neste aspecto a contribuição relevante é a identificação das tecnologias para que o setor da educação possa elencar quais serão abordadas no ensino.

Os itens denominados pilares são: Capacidade em tempo real, Descentralização, Integração vertical, Interoperabilidade, Modularidade, Orientação à serviços, Virtualização, Fábrica inteligente, Integração horizontal, Cadeia de suprimentos inteligente e foi inserido o pilar Educação o qual, tem como proposta englobar os pilares encontrados na literatura: informação, conhecimento, inteligência, inovação e inovação inteligente.

As tecnologias elencadas na matriz foram: Acesso à Internet, Internet das Coisas (IoT), Simulação, Realidade Aumentada, Robôs Autônomos, Manufatura Aditiva, Comunicação Máquina-Máquina, *Big Data* e Análises de Dados, Computação em Nuvem, Segurança cibernética e as Soluções inteligentes.

Um fator que cabe ressaltar é a diferença percebida nas entrevistas, ambos entrevistados têm em comum a prestação de serviços para filiais de uma empresa multinacional (com filiais no Brasil e na Europa), ocorre que a multinacional sediada na Europa está à frente da multinacional sediada no Brasil. Segundo relato dos entrevistados entende-se que no Brasil a filial está iniciando sua mudança para a Indústria 4.0 e na Europa ela já migrou. Uma questão surge: Quais critérios foram relevantes para implantar a Indústria 4.0?

Os pilares da Indústria 4.0, bem como o próprio conceito da Indústria 4.0 podem ser explorados em inúmeras áreas como ensino, política, economia, etc, e, delinear os pilares com enfoque em cada um. Será que são os mesmos? A maioria das publicações mencionam as

propostas de Hermann, Pentek e Otto (2015), que neste artigo estão descritos como pilares. Os pilares da Indústria 4.0 necessitam de novas formas de modelos de negócios, redes, alianças, e colaborações, então as teorias existentes, como são agora, deverão ser revisadas.

6.2 *Limitações*

Este estudo possui algumas limitações como: o foco central da pesquisa foi encontrar os pilares da Indústria 4.0 e não conceituar a mesma, portanto na pesquisa dos artigos para a RBS deu-se ênfase apenas nos artigos que abordassem os pilares, portanto alguns trabalhos relevantes podem não terem sido incluídos neste estudo. Este trabalho também considerou artigos escritos apenas em inglês, e sabe-se que o fenômeno Indústria 4.0 começou na Alemanha e publicações valiosas podem existir em outros idiomas como o alemão e não foram incluídas.

Incluindo os artigos não ingleses as publicações podem trazer uma compreensão mais rica sobre os pilares da Indústria 4.0. Além disso, a pesquisa pode ter negligenciado alguns artigos ou eventos com o tema Indústria 4.0, que exploraram o mesmo fenômeno usando termos diferentes, embora uma abordagem de pesquisa abrangente tenha sido aplicada.

Outra limitação da pesquisa foi encontrar pessoas/instituições que aceitassem participar das entrevistas, vários foram os convites e tentativas de contatos, porém apenas duas pessoas aceitaram participar, ressalta-se que os convites foram feitos em várias áreas e países.

6.3 *Pesquisa futuras*

O estudo mostra que existem muitas oportunidades de pesquisa para detectar e validar os pilares da Indústria 4.0 inclusive entendendo o contexto de cada país, os próximos estudos podem considerar os pilares abordados neste artigo ou encontrar outros que possam surgir.

Algumas sugestões para futuras pesquisas: Como as empresas de países em desenvolvimento poderão implantar a Indústria 4.0? Os pilares serão os mesmos usados em países desenvolvidos como a Alemanha? Como as pessoas deverão se preparar para atender a nova demanda que está emergindo? As escolas técnicas e universidades estão aptas para formar profissionais para a Indústria 4.0? Como será o ensino para a Indústria 4.0? Pode-se realizar um estudo de caso, utilizando a matriz proposta neste artigo com o intuito de validar e aprimorar a mesma.

Sugere-se também que futuros trabalhos sejam voltados para recomendações para que as políticas públicas e agências de fomento possam se adequar e incentivar a Indústria 4.0, países como Alemanha, Brasil, EUA já publicaram suas políticas de incentivo para que as empresas possam migrar para a Indústria 4.0. A Alemanha, por exemplo está desde 2011 com o *HighTech Strategy 2020 Action Plan*, um plano de ação do governo cujo objetivo é transformar ideias em projetos inovadores (produtos e serviços) fortalecendo a Alemanha como uma das principais nações industriais e exportadoras.

Referências

- CENTER FOR STRATEGIC & INTERNATIONAL STUDIES. **Made in China 2025**. 2015. Disponível em:<<https://www.csis.org/analysis/made-china-2025>>. Acesso em: 26 jul. 2017.
- COHEN, Y. et al. Assembly system configuration through Industry 4.0 principles: the expected change in the actual paradigms. **IFAC-PapersOnLine**, v.50, n.1, p.14958-14963, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2550>.
- CONFORTO, E.C.; AMARAL, D.C.; SILVA, S.L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 8., 2011, Porto Alegre. **Anais...** [S.l.:s.n.].
- COOK, D.J.; MULROW, C.D.; HAYNES, R.B. Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. **Annals of Internal Medicine**, v.126, n.5, p.376-380, 1997.
- DIESTE, O.; GRIMÁN, A.; JURISTO, N. Developing search strategies for detecting relevant experiments. **Empirical Software Engineering**, v.14, n.5, p.513-539, 2009.
- DOMBROWSKI, U.; WAGNER, T. Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. **Procedia CIRP**, v.17, p.100-105, 2014.
- DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: hit or hype?. **IEEE Industrial Electronics Magazine**, v.8, n.2, p.56-58, 2014.
- ERBOZ, G. How to define industry 4.0: the main pillars of industry 4.0. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIS CONFERENCE MANAGERIAL TRNDES IN THE DEVELOPMENTS OF ENTERPRISE IN GLOBALIZATION ERA, 2017, Nitra. **Proceedings...** Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra, 2017. p.761-767.
- EUROPEAN COMMISSION. **Digitising european industry** – catalogue of initiatives. 2017. Disponível em:<<https://ec.europa.eu/futurium/en/content/digitising-european-industry-catalogue-initiatives>>. Acesso em: 26 jul. 2017.
- FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, p.152-194, 2002. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1108/01443570210414310>>. Acesso em: 13 jul. 2017.
- GORECKY, D. et al. Human-machine-interaction in the industry 4.0 era. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL INFORMATICS, 12., 2014, Porto Alegre. **Proceedings...** Piscataway: IEEE, 2014. p.289-294.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review**. St.Gallen: Technische Universität Dortmund; Fakultät Maschinenbau; Business Engineering Institute, 2015. (Working Paper N° 01).

IMPLEMENTATION strategy industrie 4.0, report on the results of the industrie 4.0 platform. Berlin: Bitkom; VDMA; ZVEI, 2016. Disponível em:<<http://www.zvei.org/Publikationen/ImplementationStrategy-Industrie-40-ENG.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISA DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS. Fundação Alexandre Gusmão. **As 15 maiores economias do mundo.** Disponível em:<<http://www.funag.gov.br/ipri/index.php/teses-e-dissertacoes/47-estatisticas/94-as-15-maiores-economias-do-mundo-em-pib-e-pib-ppp>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

IVANOV, A.S.; NUSRATOV, P.R.; STEPANOV, V.M. Use of the fourth industrial revolution principles for switched reluctance motors development. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING, APPLICATION AND MANUFACTURING, 2017, Great Saint-Petersburg. **Proceedings...** Saint-Petersburg: Polytechnic University, 2017.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W. **Securing the future of germany manufacturing industry:** recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 – final report of the industrie 4.0 working group. Essen: Forschungsunion; Munich: Acatech, 2013.

KANG, H. et al. Smart manufacturing: past research, present findings, and future directions. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, v.3, n.1, p.111-128, 2016.

KITCHENHAM, B. **Procedures for performing systematic reviews.** Keele: Keele University, 2004. Disponível em:<<http://www.inf.ufsc.br/~awangenh/kitchenham.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

LASI, H. et al. **Industry 4.0.** Wiesbaden : Springer Fachmedien, 2014.

LEE,J; BAGHERI,B; KAO, H. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, v3,pp. 18–23, 2014.

LEE, J.; KAO, H.A.; YANG, S.H. Cyber-physical systems: servisse innovation and smart analytics for industry 4.0 and bog data enviroment. *Procedia CIRP*, v.16, p.3-8 , 2014.

LEE et al. (2016)

LIAO,Y. et al. The Impact of the fourth industrial Revolution: a cross-country/region comparison. *Production* [online], v.28, e20180061, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.20180061>.

MANYIKA, J.S. et al. **Manufacturing the future:** the next era of global growth and innovation. New York: Mckinsey Global Institute, 2012.

MARIO, H.; TOBIAS, P.; BORIS, O. **Design principles for industrie 4.0 scenarios:** a literature review. Dortmund: Technical University of Dortmund, 2015. (Working Paper, N° 01-2015).

MULROW, C.D. Systematic reviews rationale for systematic reviews. *British Medical Journal*, v.309, pp.597–599, 1994.

NOWOTARSKI, P.; PASLAWSKI, J. Industry 4.0 concept introduction into construction SMEs. **IOP Conference Series: materials sciences and engineering**, v.245, n.5, 2017. DOI: 10.1088/1757-899x/245/5/052043.

ORLIKOWSKI, W.J. The Duality of technology: rethinking the concept of technology in organizations. **Organization Science**, v.3, n.3, p.398-427, Aug. 1992.

OXFORD DICTIONARIES (2018). Disponível em www.oxforddictionaries.com.br. Acesso em 12 dez. 2018.

PALAZZECCHI, L.; BUCCI, O.; DI FABIO, A. Re-thinking innovation in organizations in the industry 4.0 scenario: new challenges in a primary prevention perspective. **Frontiers in Psychology**, Jan. 2018. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00030>.

PEI, F. et al. Research on design of the smart factory for forging enterprise in the industry 4.0 environment. **Mechanika**, v.23, p.146-152, 2017.

PILLONI, V. How data will transform industrial processes: Crowdsensing, crowdsourcing and big data as pillars of industry 4.0. **Future Internet**, v.10, n.3, 2018. DOI: <http://doi.org/10.3390/fi10030024>.

POSADA, J. et al. Visual computing as a key enabling technology for industrie 4.0 and industrial internet. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v.35, n.2, p.26-40, Mar./Apr. 2015.

PRAUSE, G.; WEIGAND, J. Industry 4.0 and object-oriented development: incremental and architectural change. **Journal of Technology Management and Innovation**, v.11, p.104-110, 2016.

QIN, J.; LIU, Y.; GROSVENOR, R. A Categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. **Procedia CIRP**, v.52, p.173-178, 2016.

ROBLEK, V.; MEŠKO, M.; KRAPEŽ, A. A Complex view of industry 4.0. **Sage Journal**, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>.

RUBMANN, M. et al. **Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries**. Boston: Boston Consulting, 2015.

SACKEY, S.M.; BESTER, A.; ADAMS, D. Industry 4.0 learning factory didactic design parameters for industrial engineering education in South Africa. **South African Journal of Industrial Engineering**, v.28, n.1, 2017. DOI: <http://doi.org/10.7166/28-1-1584>.

SAMARANAYAKE, P.; RAMATHAN, K.; LAOSIRIHONGTHONG, T. Implementing industry 4.0 - a technological readiness perspective. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT, 2017, Singapore. Proceedings... Picastaway: IEEE, 2017. p. 529-533.

SANTOS, C. et al. Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. **Procedia Manufacturing**, v.13, p.972-979, 2017.

SANTOS, K. et al. Opportunities assessment of product development process in industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v.11, p.1358-1365, 2017.

SCHUH et al. Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. Robust Manufacturing Conference. **Procedia CIRP**, pp 51 – 56, 2014.

SHAFIQ, S. et al. Virtual engineering object / virtual engineering process: a specialized form of cyber physical system for industrie 4.0. **Procedia Computer Science**, v.60, p.1146-1155, 2015.

SILVA, J.C.T. Tecnologia: novas abordagens, conceitos, dimensões e gestão. **Revista Produção**, v.13, n.1, p.50-63, 2003.

SMART MANUFACTURING LEADERSHIP COALITION. Disponível em: <<https://smartmanufacturingcoalition.org/about>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

TRAPPEY, A.J.C. et al. A Review of essential standards and patent landscapes for the internet of things: a key enabler for industry 4.0. **Advanced Engineering Informatics**, v.33, p.208-229, Aug. 2017.

UNGUREAN, I.; GAITAN, N.; GAITAN, V. An IoT architecture for things from industrial environment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS, 10., 2014, Bucharest. **Proceedings...** Picastaway: IEEE, 2014. DOI: 10.1109/ICComm.2014.6866713. 2014.

VERMESAN, O.; FRIESS, P. (Ed.). **Internet of things**: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems. Aalborg: River, 2013. (River Publishers Series Communications).

WAN, J.; CAI, H.; ZHOU, K. Industrie 4.0: enabling technologies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT COMPUTING AND INTERNET OF THINGS, 2015, Harbin. **Proceedings...** Picastaway: IEEE, 2015. p.135-140.

WANG, S. et al. Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v.12, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/3159805>.

WEYER, S. et al. Towards industry 4.0 - standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. **IFAC – PaperOnLine**, v.48, n.3, p.579-584, 2015.

ZHOU, K.; LIU, T.; ZHOU, L. Industry 4.0: towards future industrial opportunities and challenges. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS AND KNOWLEDGE DISCOVERY, 12., 2015, Zhangjiajie. **Proceedings...** Piscataway: IEEE, 2015. DOI: 10.1109/FSKD.2015.7382284.

APÊNDICE A -Entrevista com entrevistados – Identificar os Pilares da Indústria 4.0

Objetivo: Identificar os pilares que compõem a Indústria 4.0 a partir da literatura e de entrevistas com entrevistados nas áreas acadêmica, industrial e prestação de serviços. Os dados iniciais foram coletados a partir da Revisão Bibliográfica Sistemática realizada nas bases de dados Web of Science e Scopus entre os anos de 2011 a 2018 .

A entrevista tem como foco extrair, a partir da experiência de cada um, a definição dos Pilares da Indústria 4.0. Para que a pesquisa não influencie o participante, estão disponíveis todos os pilares encontrados na literatura e classificados como tais. Fica a critério do entrevistado, concordar, discordar e /ou propor novos pilares não encontrados na literatura.

As definições de Pilar, Indústria 4.0 estão elencadas abaixo, visando equalizar os conceitos.

Definição de Pilar: A Oxford Dictionaries (2018) define pilar como uma pessoa ou coisa considerada confiável fornecendo suporte essencial para algo.

Definição de Indústria 4.0: Kagermann e Wahlster (2013) definem Indústria 4.0 como fruto de avanços tecnológicos alavancados pela Internet e por demais tecnologias de suporte que visam integrar pessoas, objetos, máquinas inteligentes, processos e produção para formar uma organização inteligente, ou também chamada de fábrica inteligente.

No Quadro 17 , foi solicitado que o entrevistado indique quais itens listados abaixo você considera como pilar da Indústria 4.0 e atribua valores de 0 a 3 para sua importância. O campo observação pode ser usado caso você queira classificar o item em outra categoria que não seja pilar e/ou comentar o que achar necessário.

Quadro 14– Modelo de questionário enviado para os entrevistados para os Pilares da Indústria 4.0

Considere 0 a 3 para relevância, nos itens listados abaixo, sobre os pilares da Indústria 4.0. Utilize o campo observações caso queira expressar sua visão sobre o item.					
Itens	0 (sem relevância)	1 (pouco relevante)	2 (relevante)	3 (muito relevante)	Observações
Modularidade					
Interoperabilidade					
Virtualização					
Descentralização					
Orientação à Serviços					
Capacidade em Tempo Real					
Big Data and Analytics					
Robôs Autônomos					
Simulação					
Integração Horizontal e Vertical					
Internet das Coisas (IoT)					
Computação em Nuvem					
Manufatura Aditiva					
Realidade Aumentada					
Segurança Cibernética					
Inovação					
Acesso à Internet (rede sem fio)					
Comunicação Máquina – Máquina					
Análises Avançadas					
Conectividade					
Informação					
Conhecimento					
Inteligência					
Soluções Inteligentes					
Inovação Inteligente					
Cadeia de Suprimentos Inteligente					
Fábrica Inteligente					

Fonte: elaborado pela autora

3. Durante a execução da pesquisa não há riscos possíveis às pessoas. Caso você sinta algum constrangimento, desconforto em responder às perguntas da entrevista ou sentir que a presença da pesquisadora está atrapalhando a rotina de trabalho, poderá a qualquer momento solicitar a interrupção de sua participação. É premissa a imparcialidade da pesquisadora da EESC/USP. Também não haverá a divulgação de nenhuma informação concedida durante as entrevistas ou questionários aos superiores ou colegas de trabalho. Todos os dados coletados por meio de entrevistas, dirão respeito exclusivamente aos temas abordados no item 2.

4. Ao participar desse trabalho estarei contribuindo com o fortalecimento da parceria universidade/universidade e com o entendimento dos pilares da Indústria 4.0.

5. Não terei nenhuma despesa ao participar da pesquisa e poderei deixar de participar ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e não sofrerei qualquer prejuízo.

6. Fui informado e estou ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação, no entanto, caso eu tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, serei ressarcido.

8. Caso ocorra algum dano comprovadamente decorrente de minha participação no estudo, poderei ser compensado conforme determina a Resolução 510/16 do Conselho Nacional de Saúde.

9. Meu nome será mantido em sigilo, assegurando assim a minha privacidade, e se eu desejar terei livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

10. Fui informado que os dados coletados serão utilizados, única e exclusivamente, para fins desta pesquisa, e que os resultados serão publicados na dissertação de mestrado da pesquisadora bem como em trabalhos científicos desenvolvidos por ela pela EESC/USP.

Qualquer dúvida, pedimos a gentileza de entrar em contato com Ana Carolina Rodrigues de Arruda Falcão, responsável pela pesquisa, telefone: +55 14 981168153, e-mail :<anafalcao@usp.br>, com o orientador *Mateus Cecílio Gerolamo*, telefone: +55 16 33738643, e-mail: <gerolamo@sc.usp.br>.

Eu, _____, RG nº _____ declaro ter sido informado e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

Cidade, _____ de _____ de 2018.

Assinatura do participante

Assinatura do Pesquisador Responsável: Ana Carolina Rodrigues de Arruda Falcão