

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E SOCIEDADE**

ADRIANA RIPKA

**ANÁLISE DAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ALAVANCAGEM DAS *STARTUPS*
VINCULADAS À INDÚSTRIA 4.0, APLICADAS AO SETOR DE ENERGIA
ELÉTRICA BRASILEIRO**

TESE

CURITIBA

2020

ADRIANA RIPKA

**ANÁLISE DAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ALAVANCAGEM DAS *STARTUPS*
VINCULADAS À INDÚSTRIA 4.0, APLICADAS AO SETOR DE ENERGIA
ELÉTRICA BRASILEIRO**

***ANALYSIS OF PUBLIC POLICIES FOR LEVERAGE OF STARTUPS LINKED TO
INDUSTRY 4.0, APPLIED TO THE BRAZILIAN ELECTRICITY SECTOR***

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Tecnologia e Sociedade. Área de Concentração: Tecnologia e Sociedade. Linha de Pesquisa: Tecnologia e Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Christian Luiz da Silva

CURITIBA

2021



4.0 International

Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original. As fotografias deste trabalho não estão sob a licença da CC, sendo expressamente proibida suas reproduções ou inclusões em outros trabalhos.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba



ADRIANA RIPKA

**ANÁLISE DAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ALAVANCAGEM DAS STARTUPS VINCULADAS À
INDÚSTRIA 4.0, APLICADAS AO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRO**

Trabalho de pesquisa de doutorado apresentado como requisito para obtenção do título de Doutora Em Tecnologia E Sociedade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia E Sociedade.

Data de aprovação: 29 de Setembro de 2020

Prof Christian Luiz Da Silva, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Ariane Hincá Schneider, Doutorado - Senai - Departamento Regional do Paraná, Observatórios Sesi/Senai/Iel

Prof Ricardo Lobato Torres, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Sidarta Ruthes De Lima, Doutorado - Senai - Departamento Regional do Paraná, Observatórios Sesi/Senai/Iel

Prof Silvestre Labiak Junior, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 07/07/2021.

A minha mãe Jandira
Sobrevivente da pandemia COVID-19

AGRADECIMENTOS

Esses agradecimentos se direcionam às inúmeras pessoas que contribuíram, das mais diversas formas, para que eu conseguisse concluir esta pesquisa, são elas: familiares, amigos e colegas. Desta vez, não arriscarei nominá-los, pois a chance de cometer injustiça, por não citar alguém, é muito grande.

Ao meu orientador e amigo Christian, que sempre me apoiou e esteve comigo em todos os momentos, desde os difíceis aos de alegrias, e ao mesmo tempo me fazendo evoluir como pessoa e pesquisadora.

Aos professores que compuseram a minha banca de avaliação, desde a qualificação até a defesa, Ariane Hinça Schneider, Sidarta Ruthes de Lima, Ricardo Lobato Torres e Silvestre Labiak Junior por avaliarem esta pesquisa e contribuírem com seus conhecimentos, trazendo novos pontos de vista a este trabalho.

Aos professores, servidores e estagiários da UTFPR, em especial ao PPGTE, que acompanharam a minha rotina e contribuíram durante essa caminhada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ser derrotado por ignorância é precisamente o que devemos evitar, particularmente quando se trata da formação, desenvolvimento e relacionamento mútuo das diversas comunidades que compõem a sociedade moderna (SCHWAB, 2016, p. 94).

RESUMO

RIPKA, Adriana. **ANÁLISE DAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ALAVANCAGEM DAS STARTUPS VINCULADAS À INDÚSTRIA 4.0, APLICADAS AO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRO**. 2020. 174 f. Tese (Doutorado em Tecnologia e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

Desde o surgimento na Alemanha, o termo Indústria 4.0 tem se difundido entre os países, e por envolver a busca pela integração de tecnologias e sistemas digitais, a Indústria 4.0 pode ser aplicada em diversos setores, dentre eles o de energia elétrica. No Brasil, este setor é, tradicionalmente, composto por empresas de grande porte, geralmente de caráter público. E a partir de editais de chamadas públicas, tem se verificado o interesse dessas grandes empresas por soluções mais descentralizadas, como a aproximação com *startups*. As políticas públicas possibilitam o direcionamento de ações e, até mesmo, o investimento em pontos ou setores estratégicos que podem contribuir para o desenvolvimento do país. Dito isso, para explorar as possibilidades das *startups*, agora no contexto da Indústria 4.0, se aproximarem das tradicionais empresas do setor de energia elétrica do país, a presente tese tem como objetivo: analisar como as políticas públicas podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, aplicadas ao setor de energia elétrica brasileiro. Considerando as variáveis envolvidas, trata-se de uma pesquisa interdisciplinar e de natureza aplicada, na qual se utilizou a técnica de análise de conteúdo, sobre a pesquisa bibliográfica e documental, focando em um formato de pesquisa qualitativa. No desenvolvimento deste estudo se pôde verificar a inclusão de novos nichos de participação das *startups* no setor, indicando áreas como desenvolvimento social e *Fintech*, o que nos revela a existência de uma expansão dos tipos de *startups* que são buscadas para uma aproximação às grandes companhias de energia elétrica. No âmbito internacional, foi desenvolvido um estudo sobre as políticas, voltadas para a Indústria 4.0, adotadas pelos Estados Unidos, Alemanha, Japão, Índia, Coreia do Sul, China, França e Reino Unido, o que serviu de suporte para se traçar um cenário do que está sendo feito no mundo, além de embasar a análise do que se pode criar de expectativas no Brasil, a partir das medidas que estão sendo tomadas. No âmbito nacional foi estruturada uma linha do tempo com a evolução das políticas públicas brasileiras, a qual possibilitou a apresentação de algumas das potencialidades e limitações das políticas públicas, no que se refere à alavancagem das *startups* vinculadas à Indústria 4.0, aplicadas ao setor de energia elétrica brasileiro. Verificou-se, ainda, que as políticas públicas geram um círculo virtuoso, apresentando um efeito catalisador sobre a relação das *startups* e a Indústria 4.0, no setor de energia elétrica.

Palavras-chave: Política Pública. *Startup*. Indústria 4.0. Energia Elétrica. Energia 4.0.

ABSTRACT

RIPKA, Adriana. **ANALYSIS OF PUBLIC POLICIES FOR LEVERAGE OF STARTUPS LINKED TO INDUSTRY 4.0, APPLIED TO THE BRAZILIAN ELECTRICITY SECTOR.** 2020. 174 f. *Doctoral Thesis* in Technology and Society – Postgraduate Program in Technology and Society, Federal Technological University of Paraná, Curitiba, 2020.

Since the emergence in Germany, the term Industry 4.0 has been spreading among countries. Since it involves a search for the integration of technologies and digital systems, Industry 4.0 can be applied in several sectors, among them the electric energy. In Brazil, this sector is traditionally composed of large companies, generally of a public nature. Public calls for tenders have shown the interest of these large companies in more decentralized solutions, such as approaching startups. How public policies make it possible to direct actions and even invest in strategic points or sectors that can contribute to the country's development. That said, to explore the possibilities of startups, in Industry 4.0 context, to get closer to the traditional companies in the electric energy sector in Brazil, it aims to: analyze how public policies can leverage startups linked to Industry 4.0, applied to the Brazilian electricity sector. It identifies the variables, it is an interdisciplinary and applied research, which uses the technique of content analysis, on bibliographic and documentary research, focusing on a qualitative research format. In the development of this study, it was possible to verify the inclusion of new niches of startups participation in the sector, indicating areas such as social development and Fintech. This revealed to us the existence of an expansion of the types of startups that are sought for a relationship with the large companies of electricity. At the international level, a study was developed on the policies, aimed at Industry 4.0, adopted by the United States, Germany, Japan, India, South Korea, China, France and the United Kingdom, which served as support to outline a scenario of what is being done in the world, in addition to supporting an analysis of what can be created of expectations in Brazil, based on the measures that are being met. At the national level, a timeline with the evolution of Brazilian public policies was structured, which enabled the presentation of some of the potential and public policies, with regard to the leverage of startups linked to Industry 4.0, applied to the Brazilian electricity sector. It was also found that public policies generate a virtuous circle, implemented a catalytic effect on the relationship between startups and Industry 4.0, in the electricity sector.

Keywords: Public Policy. Startup. Industry 4.0. Electrical energy. Energy 4.0.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas para o desenvolvimento da pesquisa	29
Figura 2 – Resumo da relação dos capítulos com os objetivos da tese	39
Figura 3 – Revoluções Industriais	42
Figura 4 – Recorte do Plano de CT&I para o Brasil	65
Figura 5 – Processo de definição de categorias.....	84
Figura 6 – Fluxograma do processo relativo à metodologia da pesquisa.....	87
Figura 7 – Linha do tempo com a evolução da Indústria 4.0 no Brasil	122
Figura 8 – Círculo virtuoso	130

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Áreas para atuação das <i>startups</i> no setor de energia elétrica	61
Quadro 2 – Cronologia do marco regulatório brasileiro na área da geração distribuída, de 1988 a 2017.....	64
Quadro 3 – Evolução dos termos <i>Industry 4.0</i> e <i>Advanced Manufacturing</i> nas publicações no período de 2010 a 2021.....	81
Quadro 4 – Critério de busca utilizado nas bases.....	81
Quadro 5 – Resposta para busca dos termos combinados nas bases	82
Quadro 6 – Relação de instituições com publicações alinhadas ao tema da pesquisa.....	83
Quadro 7 – Categorização do conteúdo e autores pesquisados.....	85
Quadro 8 – Resumo da metodologia da pesquisa	89
Quadro 9 – Fatores da Indústria do Futuro – <i>L'industrie du futur</i>	102
Quadro 10 – Comparação das iniciativas internacionais direcionadas ao alcance da Indústria 4.0.....	105
Quadro 11 – Organização da Câmara Indústria 4.0.....	118
Quadro 12 – Relação verificada no círculo virtuoso entre os temas	129
Quadro 13 – Nichos de participação das <i>startups</i> no setor de energia elétrica, no contexto da Indústria 4.0	132
Quadro 14 – Quadro indicativo das potencialidades das políticas públicas que podem alavancar as startups vinculadas à Indústria 4.0, e suas limitações, aplicadas no setor de energia elétrica brasileiro.....	134

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Produção de Teses e Dissertações sobre <i>startups</i> e Indústria 4.0.....	34
Gráfico 2 – Teses produzidas sobre <i>startup</i> e Indústria 4.0, distribuídas ao longo do tempo	35
Gráfico 3 – Dissertações produzidas sobre <i>startup</i> e Indústria 4.0, distribuídas ao longo do tempo.....	36

LISTA DE SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABO20	Associação Brasileira Online to Offline
AB <i>Startups</i>	Associação Brasileira de <i>Startups</i>
BDTD	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAESenado	Comissão de Assuntos Econômicos do Senado
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
GD	Geração Distribuída
GS1 Brasil	Associação Brasileira de Automação
I4.0	Indústria 4.0
MBC	Movimento Brasil Competitivo
MCTIC	Ministério Da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
ME	Ministério da Economia
MME	Ministério de Minas e Energia
P&D Brasil	Associação de Empresas de Desenvolvimento Tecnológico Nacional e Inovação
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PD2T	Políticas Públicas e Dinâmicas de Desenvolvimento Territorial
PP	Política Pública
PPGTE	Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade
PPP	Parceria Público-Privado
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VDI-Brasil	Associação de Engenheiros Brasil-Alemanha
XI CBPE	XI Congresso Brasileiro de Planejamento Energético

LISTA DE ACRÔNIMOS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABIA	Associação Brasileira da Indústria de Alimentos
ABII	Associação Brasileira de Internet Industrial
ABIMAQ	Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
Abiplast	Associação Brasileira da Indústria do Plástico
ABIPTI	Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica e Inovação
ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
Abisemi	Associação Brasileira da Indústria de Semicondutores
ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção
Abramat	Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção
ABRUEM	Associação Brasileira dos Reitores das Universidades Estaduais e Municipais
AEA	Associação Brasileira de Engenharia Automotiva
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANDIFES	Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior
Anfavea	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANPEI	Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras
ANPROTEC	Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores
BRASSCOM	Associação Brasileira das Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CONFAP	Conselho das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa
CONIF	Conselho Nacional das Instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CRUB	Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras
Eletros	Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos
EMBRAPII	Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
MEC	Ministério da Educação e Cultura
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Nacional
SIN	Sistema Interligado Nacional
Sindipeças	Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores
SinditeleBrasil	Sindicato Nacional das Empresas de Telefonia e de Serviço Móvel Celular e Pessoal
SOFTEX	Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	CONTEXTO E JUSTIFICATIVA	17
1.2	PROBLEMA	23
1.3	OBJETIVOS	27
1.3.1	Objetivo Geral	27
1.3.2	Objetivos Específicos	27
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	27
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	28
1.6	RELEVÂNCIA E INEDITISMO	30
1.7	ESTRUTURA DA TESE	36
2	REFERENCIAL TEÓRICO	40
2.1	INDÚSTRIA 4.0 NO CONTEXTO DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA	40
2.1.1	Histórico	46
2.1.2	Tecnologias Habilitadoras	48
2.1.3	Indústria 4.0 e Energia Elétrica	54
2.2	<i>STARTUPS</i> NO CONTEXTO DA ENERGIA ELÉTRICA, VOLTADAS PARA A INDÚSTRIA 4.0	55
2.3	RELAÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS COM OS TEMAS ENERGIA ELÉTRICA, <i>STARTUP</i> E INDÚSTRIA 4.0	62
2.4	PARADIGMAS TECNOLÓGICOS E REVOLUÇÕES TECNOLÓGICAS	66
2.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE O REFERENCIAL TEÓRICO	74
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	79
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA E TIPOLOGIA DOS DADOS	79
3.2	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	80
3.3	PESQUISA DOCUMENTAL	82
3.4	CATEGORIZAÇÃO	84
3.5	TÉCNICAS DE ANÁLISE	86
3.6	CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS	86
4	POLÍTICAS PÚBLICAS INTERNACIONAIS QUE CONTRIBUEM COM A INDÚSTRIA 4.0	90
4.1	ESTADOS UNIDOS	93
4.2	ALEMANHA	95
4.3	JAPÃO	95
4.4	ÍNDIA	96
4.5	CORÉIA DO SUL	98
4.6	CHINA	99
4.7	FRANÇA	100
4.8	REINO UNIDO	102
4.9	CONSIDERAÇÕES SOBRE AS POLÍTICAS PÚBLICAS INTERNACIONAIS QUE CONTRIBUEM COM A INDÚSTRIA 4.0	103

5	POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ALAVANCAGEM DAS <i>STARTUPS</i> VINCULADAS À INDÚSTRIA 4.0, APLICADAS AO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRO	110
5.1	POLÍTICAS PÚBLICAS DIRECIONADAS PARA A INOVAÇÃO E A RELAÇÃO COM AS <i>STARTUPS</i> E INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL.....	111
5.2	EVOLUÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS E PROGRAMAS QUE CONTRIBUEM PARA A INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL	121
5.3	PAPEL DAS POLÍTICAS PÚBLICAS: <i>STARTUPS</i> VINCULADAS À INDÚSTRIA 4.0 E SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRO	127
5.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE AS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ALAVANCAGEM DAS <i>STARTUPS</i> VINCULADAS À INDÚSTRIA 4.0, APLICADAS AO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRO.....	143
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	148
	REFERÊNCIAS.....	153

1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo são apresentados os elementos que norteiam o desenvolvimento desta tese, como forma de contextualizar o problema identificado e os objetivos elaborados. No mesmo sentido, propicia uma maior compreensão dos procedimentos adotados durante a pesquisa, bem como a relevância da mesma para a sociedade e academia.

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

O conceito de Indústria 4.0 (I4.0), ou 4ª Revolução Industrial, como também é conhecida, surgiu na Alemanha no início da segunda década dos anos 2000 e, desde então, tem ganhado cada vez mais espaço nas discussões sobre planejamento e desenvolvimento, nos mais diversos setores (FIRJAN, 2016; IEDI, 2018c; MCTIC, 2018a, 2018b). De acordo com Schwab (2015), se está à beira de uma revolução que alterará fundamentalmente a maneira como se vive, trabalha e como as relações ocorrem. O autor destaca que ainda não se sabe exatamente como isso se desdobrará, mas certamente a integração e abrangência farão parte desta revolução, envolvendo todos os atores da política global, dos setores público e privado, da academia e da sociedade.

A Indústria 4.0 surgiu a partir do planejamento do governo alemão para manter a competitividade do país frente os desafios globais (BMW, 2018; FIRJAN, 2016; HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). Com base no *Federal Ministry for Economic Affairs and Energy* (instituição alemã) o início do projeto foi em 2011, tendo sua formalização em 2012, com a entrega do relatório *Implementation of Recommendations for the Future Project Industrie 4.0* (BMW, 2018; 2017; 2013).

De um projeto de desenvolvimento nacional alemão a um conceito de revolução industrial, a Indústria 4.0 tem conquistado cada vez mais áreas e ganhado maior aprofundamento de execução, no Brasil ainda em uma velocidade aquém do restante do mundo, mas inegavelmente crescente (IEDI, 2018c; CNI, 2018). O caráter não linear e exponencial desta mudança pode ser atribuído à busca de integração e abrangência, onde destacam-se importantes objetivos envolvendo a Indústria 4.0, como por exemplo a eficiência e sustentabilidade, de interesse não apenas da

indústria, mas no âmbito governamental e socioambiental (CGEE, 2017; CNI, 2016a; SCHWAB, 2015).

Referente à expectativa sobre a influência da Indústria 4.0 no âmbito governamental, pode-se recorrer a Schwab (2015), que destaca que a capacidade dos sistemas governamentais e das autoridades públicas de lidar com mudanças disruptivas será determinante para se alcançar soluções ou mesmo agravar os problemas. E sobre mudanças disruptivas, o autor inclui a necessidade de as autoridades públicas sujeitarem suas estruturas aos níveis de transparência e eficiência que lhes permitirão garantir a vantagem competitiva para o país.

Vale destacar que, ao se estudar os elementos relacionados à utilização de tecnologias disruptivas, é possível se deparar com o termo transformação digital. Para que a Indústria 4.0 seja adotada, a transformação digital faz-se necessária nos mais diferentes setores, incluindo o governamental, ou seja, tecnologias habilitadoras são implantadas nas atividades que ainda não as utilize, modificando a forma como estas costumavam ser executadas (ALVARENGA, 2019; MCTIC, 2018b; AZEVEDO, 2017). Sobre isso, o MCTIC (2018b, p. 70) afirma que “é importante que o Brasil se encontre preparado para enfrentar o desafio de estimular a adaptação de todos os seus segmentos industriais”, viabilizando a solução dos problemas identificados.

Os desafios que seguem em foco, em cada setor, como no caso de transparência e eficiência citados anteriormente, em geral, não são desconhecidos e, de forma semelhante, algumas soluções já podem ser conhecidas (IEDI, 2018c; LEE; KAO; YANG, 2014; DRATH; HORCH, 2014). Isso pode ser observado em IEDI (2018c), quando cita que:

Apesar do potencial de geração de grandes impactos sobre a atividade industrial, nem todas as tecnologias que dão suporte à Indústria 4.0 são novas. Algumas já são utilizadas pela produção industrial, tais como sistemas modernos de gestão, automação eletrônica de processos produtivos e robotização, comunicação móvel, sensores e atuadores etc. (IEDI, 2018c, p. 6)

A frase “o potencial de geração de grandes impactos”, citado no trecho anterior, demonstra a expectativa de alteração do setor industrial decorrente da aplicação do conceito de Indústria 4.0, mas destaca também que não se refere somente à “novidade”. Dito isso, cabe ressaltar que ao se discutir os desafios de um determinado setor, neste novo contexto, é possível se deparar com desafios já

incluídos em pautas de discussões anteriores ao surgimento da Indústria 4.0. Um dos pontos em que se diferem, tais discussões, é a visão de aplicação dos recursos disponíveis, considerando a utilização, principalmente, de sistemas complexos e integrados, os quais são a base da Indústria 4.0 (IEDI, 2018c; SCHWAB; DAVIS, 2018).

Uma medida que tem sido utilizada para diferenciar se a discussão envolve os conceitos da Indústria 4.0, ou não, tem sido adicionar ao tema de pauta o complemento “4.0”, destacando que este já apresenta avanços da discussão neste novo contexto. Como exemplo, pertinente à presente pesquisa, é o que é verificado quando se discute sobre Energia considerando a Indústria 4.0, passando a ser denominada Energia 4.0. Apesar de trazer em sua essência a busca por solucionar problemas que em sua maioria já são conhecidos, “tem como um desafio adicional a necessidade de uma evolução tecnológica mais complexa e integrada, como por exemplo a utilização de sistemas inteligentes e a conectividade entre máquinas” (RIPKA; SILVA, 2018, p. 2 - 3).

Citados em ANEEL (2018a; 2018b), alguns pontos relevantes, e de ampla discussão, no setor de energia elétrica são: manter a segurança energética; expandir a geração e distribuição de energia; diversificar a matriz energética; e gerir os recursos naturais ligados à energia, de forma a minimizar os impactos negativos ambientais e, conseqüentemente, sociais. Estes objetivos, no contexto da Energia 4.0, são exemplos de problemas conhecidos anteriormente, mas que suas soluções podem ganhar novas formas de execução.

O setor de energia elétrica no Brasil tem como característica ser composto por empresas de grande porte e, de acordo com Maciel *et al.* (2018), em geral, estas concentram os esforços de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I). Frente à necessidade de maior velocidade nas relações, que é um dos requisitos do contexto da Indústria 4.0, a questão sobre a centralização dos processos de PD&I de uma empresa nela mesma (característica do modelo de inovação fechada), faz com que a estrutura do planejamento e desenvolvimento da Energia 4.0 seja reavaliada, considerando que o tempo para a obtenção de resultados no modelo de inovação fechada é maior e os altos custos envolvidos costumam direcionar a tomadas de decisões mais conservadoras e menos disruptivas.

De certa forma, já se pode observar a evolução do modelo de inovação fechada para um modelo de inovação aberta no setor de energia elétrica, no entanto

as *startups* que se aproximavam do setor, tinham suas relações associadas mais ao desenvolvimento de formas de utilização de energias renováveis, como por exemplo, a partir de pequenas centrais hidrelétricas (PCH), eólica e painéis solares. Apesar de as *startups* já figurarem como atores no setor de energia elétrica, sua associação a grandes empresas do setor é algo mais recente. Segundo Feigelson, Nybø e Fonseca (2018, p. 29), “as *startups* representam rupturas tecnológicas da atualidade” e por serem, em sua essência, projetadas “para criar novos produtos e serviços sob condições de extrema incerteza”, como definidas por Ries (2019, p. 24), representam organizações com grande potencial no contexto da Indústria 4.0.

No entanto, Schwab e Davis (2018, p. 57) afirmam que seria um erro “imaginar que a ruptura competitiva virá apenas das *startups*. A digitalização permite também que os grandes operadores históricos cruzem as barreiras da indústria, aproveitando a sua base de clientes, a infraestrutura ou a tecnologia que já possuem”. Tal observação merece atenção, principalmente, no que diz respeito ao setor de energia elétrica, como dito anteriormente, dada a sua característica de possuir grandes empresas em sua composição.

Pode-se afirmar que as parcerias entre *startups* e grandes empresas de energia elétrica começam a ganhar um cenário mais definido, principalmente, quando observado os esforços de aproximação, como por exemplo, por chamadas públicas para seleção de *startups* como a da Companhia Paranaense de Energia Elétrica (Copel), Copel nº 05/2017 (COPEL, 2017), Copel nº 001/2018 (COPEL, 2018), a da AES TIETÊ energia nº 002/2018 (AES TIETÊ, 2018) e a da Lab Procel – 02/2020 (ELETROBRAS, 2020b). De acordo com Schwab e Davis (2018, p. 58), tais parcerias estão surgindo, a partir do momento que “as empresas aprendem a importância de novas formas de colaboração”.

Os avanços na chamada geração distribuída (GD) têm, gradativamente, dado suporte ao desenvolvimento de soluções mais descentralizadas para o setor de energia elétrica, mesmo de forma “isolada” de grandes empresas do setor (SOUZA, 2018; EPE, 2017). E neste sentido a Indústria 4.0 é um elemento que pode contribuir para tal descentralização, não somente relativa à geração distribuída, mas também quanto à estrutura de PD&I dentro das grandes empresas.

A descentralização do processo de PD&I, discutido em Chesbrough (2006), representa uma evolução no sentido do desenvolvimento de um sistema de inovação aberta. Tal mudança tende a criar novos agentes no setor de energia elétrica e

principalmente novas formas de organização. E, nesse contexto, partindo do pressuposto de que as *startups* têm como base a inovação, estas podem influenciar em tal mudança, seja de forma incremental, seja de forma radical, o que leva a um ponto de inflexão¹ no setor de energia elétrica. O sistema de inovação aberta baseia-se no fluxo de conhecimento externo às instituições, envolvendo cooperação e parcerias com o objetivo de futura compra e incorporação das tecnologias de interesse (SOUZA, 2018; RAHMAN; RAMOS, 2010; CHESBROUGH, 2003).

Contudo, as *startups* ligadas ao desenvolvimento de formas de utilização de fontes de energia renováveis, apesar de representativas no cenário da Indústria 4.0, não são as únicas com potencial de viabilizar a evolução do sistema de inovação aberta no setor de energia elétrica. Sobre a energia, vale resgatar que com a evolução do papel da energia na sociedade, de acordo com Pinto Junior *et al.* (2007, p. 2), chegou um momento que “[...] ter acesso à energia passou a ser sinônimo de progresso, desenvolvimento econômico e social e bem-estar; ao passo que não ter acesso a ela passou a representar o atraso, a pobreza e o desconforto”. Tal afirmação permanece atual e no cerne das discussões, não sendo possível se ater somente a questões econômicas e do desenvolvimento de novas fontes de energia, mas também soluções que permitam atender a necessidades ligadas a questões ambientais e sociais, para que haja a sustentabilidade no sistema. Neste sentido, existe uma diversidade de áreas de atuação de *startups*, de interesse para o setor de energia elétrica, dentre elas a área de telecomunicações e tecnologia da informação, tornando mais ampla as possibilidades de associação de *startups*, de nichos mais diversos, com o setor.

O setor de energia elétrica brasileiro possui grandes empresas de caráter público, regidas por leis que, em geral, diferem das possibilidades de parcerias das *startups* com empresas do setor privado. Desta forma, políticas públicas e o planejamento energético nacional são elementos essenciais para o estímulo da Parceria Público-Privado (PPP) no setor de energia elétrica. De acordo com SENAI-PR (2017, p. 23), “as cidades investirão cada vez mais energia no mapeamento e na alavancagem de seus fatores críticos de competitividade”, dito isso, considerar um

¹ Considera-se como ponto de inflexão, para o contexto da presente tese, o ponto crucial em que há a alteração na estrutura organizacional do setor de energia elétrica, aqui representado por mudanças disruptivas, ou radicais, associadas às startups, e que propiciam a modernização do setor para a adaptação ao contexto de transformação tecnológica, a Indústria 4.0.

aprofundamento dos estudos sobre *startups* no setor de energia elétrica, observando as mudanças de cenário impulsionadas pela Indústria 4.0, pode contribuir para a elaboração de um planejamento energético mais eficiente e um direcionamento de investimentos públicos mais assertivo.

Em se tratando do investimento privado em *startups*, em uma pesquisa feita pela Anjos do Brasil² é apresentado um ranking sobre as diferentes áreas de *startups*, de interesse de organizações para investimentos. No ano de 2016 a área energia não aparecia na relação das cinco áreas mais interessantes para as organizações investirem. No entanto, em 2017, além de passar a ser listada neste ranking, a área de energia já aparece na quarta posição, o que demonstra o interesse de se direcionar as *startups* para esta questão.

Baseado em um estudo desenvolvido e apresentado por 100 Open Startup (2017b), Maciel *et al.* (2018, p. 6) destacam que a partir da análise de contratos entre *startups* e grandes empresas, no período de 2015 e 2017, ficou evidenciado “como as grandes empresas e *startups* ainda estão aprendendo a desenvolver negócios em conjunto”. Essa frase acaba indicando a continuidade do processo de aproximação junto ao cenário apresentado até o momento.

O recente crescimento do interesse de investidores privados direcionarem seus recursos para *startups*, relacionadas ao setor de energia elétrica, é um ponto relevante para o desenvolvimento de estudos mais abrangentes no setor, como este estudo se propõem, analisando as políticas públicas associadas ao tema. Contudo, como o Brasil possui grandes empresas de caráter público no setor de energia elétrica, reforça a necessidade de que tais estudos devem ganhar maior grau de abrangência de conteúdo e maior aprofundamento em termos conceituais. Isso para que se alcance a compreensão da representatividade que o conceito de Indústria 4.0 tem na evolução do setor, servindo como estímulo às potencialidades da relação das *startups* com grandes empresas, principalmente por parte de um sistema de inovação aberta, contribuindo assim tanto com a elaboração quanto para a execução de políticas públicas para o setor de energia elétrica.

Ao abordar as *startups* e a intensidade de conhecimento e tecnologias necessários para o avanço da Indústria 4.0, IEDI (2018c, p. 29) afirma que as “políticas

² A Anjos do Brasil é uma organização sem fins lucrativos com o objetivo de fomentar o crescimento do investimento anjo para o apoio ao empreendedorismo de inovação brasileiro (ANJOS DO BRASIL, 2019).

específicas para esse segmento se justificam, abrangendo formação de recursos humanos, financiamento e gestão empresarial”. Contudo, para a elaboração de tais políticas específicas, faz-se necessário o fortalecimento conceitual sobre os temas envolvidos e, no presente contexto, é que se desenvolve o problema de pesquisa desta tese.

1.2 PROBLEMA

As *startups*, como apontado por Feigelson, Nybø e Fonseca (2018), são organizações conhecidas já há algumas décadas. Há apontamentos de que a palavra *startup* tenha sido utilizada já na década de 1970. Desta forma, existe um amplo conteúdo sobre o surgimento e desenvolvimento destas, principalmente, no modelo mais específico, que são os estudos de casos. De forma geral, esses estudos são focados em uma empresa (caso) e seu resultado contribui para o planejamento de empresas similares ao estudo de caso.

As *startups*, por terem ganhado espaço no mercado, de forma individual ou associada a empresas privadas, tiveram algumas questões que passaram a ser solucionadas no próprio mercado, sem que houvesse a intervenção direta de políticas públicas. Por exemplo, a dificuldade de financiamento das *startups* pode ser “superada” pelo aporte financeiro de investidores-anjo, *crowdfunding*, abertura societária, entre outros recursos (FEIGELSON; NYBØ; FONSECA, 2018).

A Indústria 4.0, apesar do seu surgimento ser recente, tem estimulado a discussão em diversos setores, principalmente, no que se referem às inseguranças sobre o rumo a ser seguido pelos tomadores de decisões, para que seja possível acompanhar as mudanças trazidas pela Indústria 4.0 (SCHWAB; DAVIS, 2018; SCHWAB, 2016; BMWI, 2018; FIRJAN, 2016).

Dentre as mudanças, pode-se citar a utilização, ou intensificação, de tecnologias associadas à “Internet das Coisas (Internet of Things – IoT), Internet dos Serviços (Internet of Services – IoS), Internet dos Dados (Internet of Data – IoD), Sistemas de Produção *Ciber-Físicos* (Cyber Physical Systems – CPS), Produtos Inteligentes” (PALMA *et al.* 2017, p. 3).

Como já contextualizado, a relação entre *startups* e Indústria 4.0 pode ser estabelecida pela inovação, de um lado as *startups* que possuem esse elemento em

sua essência e de outro a Indústria 4.0 que direciona as ações para sistemas integrados e abrangentes, cuja inovação ganha destaque na promoção deste novo cenário (IEDI, 2018c; CAVALCANTE; RAPINI; SILVA, 2018; BMWI, 2018; CAVALCANTE; ALMEIDA, 2017). Contudo, ao direcionarmos essa discussão para o setor de energia elétrica, pode-se observar que as *startups*, até o período que se concluiu essa pesquisa, figuram fortemente associadas a energias renováveis, destacadas em estudos de caso, mas um novo cenário está sendo viabilizado pela Indústria 4.0, incentivando a aproximação das *startups* das grandes empresas do setor de energia elétrica.

O sistema de inovação aberta pode contribuir com a integração, buscada pela Indústria 4.0, mas de acordo com Maciel *et al.* (2018, p. 2), trazendo para o setor de energia elétrica, os “dados referentes às práticas de inovação aberta entre grandes empresas e *startups* ainda são inexistentes, principalmente na literatura nacional”.

A CNI (2016b, p. 1) ressalta que “o avanço da Indústria 4.0 no Brasil depende de maior conhecimento por parte das empresas”, contudo, o baixo conhecimento e o fato de a indústria brasileira ainda estar se familiarizando com os conceitos, resulta em limitações no desenvolvimento de soluções ligadas à Indústria 4.0. No mesmo estudo é apresentado como resultado, que:

O desconhecimento é significativamente maior entre as pequenas empresas (57%). Entre as grandes empresas, o percentual de empresas que não identificaram alguma das 10 tecnologias digitais apresentadas como importante para a competitividade cai para 32%. (CNI, 2016b, p. 3)

Vale destacar que a base para qualquer planejamento são os estudos gerais e específicos sobre determinado setor, para que se possa elaborar quais objetivos se pretende atingir, compreender quais problemas podem ser enfrentados e se os meios escolhidos atendem a legislação em vigor, desta forma o desconhecimento impacta negativamente sobre o planejamento.

Em se tratando do setor de energia elétrica, o CGEE (2017) destaca a tradição do Brasil em estudos voltados para se planejar a oferta e a demanda de energia, o que contribuí para guiar os investimentos em infraestrutura. Contudo, no mesmo documento, chama-se a atenção para a necessidade de se direcionar esforços para o planejamento da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no setor de energia elétrica, e este é um dos pontos pertinentes ao desenvolvimento da Energia 4.0.

Dentre os setores econômicos brasileiros, uma pesquisa encomendada pelo MCTIC, apresenta a energia como sendo um setor promissor para a aplicação da Indústria 4.0 (MCTIC, 2017). Mas o resultado desta pesquisa refere-se apenas ao potencial, dado que no mesmo documento consta que “em razão da incipiência do tema de manufatura avançada no Brasil, existe um déficit de disponibilidade de infraestruturas para apoio à inserção das empresas no ecossistema de manufatura avançada” (MCTIC, 2017, p. 37). Vale destacar que o termo “manufatura avançada” trata-se de uma denominação norte-americana, que no trecho citado pode ser considerado similar ao termo Indústria 4.0. Contudo, sublinha-se que o termo “manufatura avançada”, em seu primeiro formato, não se trata de um sinônimo do termo Indústria 4.0 e tal diferença é melhor detalhada no item 4.1.

Retomando sobre incipiência do tema no Brasil, o MCTIC (2017) também afirma que:

Aplicar o conceito da Indústria 4.0 é condição inegociável para a competitividade do setor produtivo brasileiro. Por isso, são urgentes a disseminação desses novos conceitos e a capacitação das indústrias que representam setores transversais e estratégicos, indutores de produtividade e de inovação. (MCTIC, 2017, p. 1)

Sobre a necessidade da disseminação de conceitos, apresentada na citação anterior, eventos nos quais a discussão sobre as *startups*, Indústria 4.0 e o setor de energia elétrica possuem destaque, podem expor lacunas que existem nos âmbitos estrutural e de conhecimento, para a aplicação. Dentre alguns exemplos deste tipo de evento, podemos citar o Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (CBPE)³, de abrangência nacional, e o *Smart City Expo World Congress*⁴, de abrangência internacional.

Em eventos como estes, o interesse em organizar palestras e discussões que envolvam conceitos e ações relacionadas à Indústria 4.0 e *startups* no setor de energia elétrica, pode estimular o direcionamento da produção de conhecimento, e até mesmo a conversão deste em políticas públicas, que tendem a contribuir com o

³ O Congresso Brasileiro de Planejamento Energético é organizado pela Sociedade Brasileira de Planejamento Energético, e realizado em diferentes cidades do Brasil. Maiores informações podem ser encontradas no site <https://sbpe.org.br>.

⁴ A marca Smart City Expo World Congress promove eventos em diferentes regiões do mundo e maiores informações, e detalhamento sobre suas edições, podem ser obtidas no site <http://www.smartcityexpo.com/en/home>.

aprimoramento do ecossistema de inovação no setor. Em eventos como os promovidos pela marca *Smart City*, por exemplo, verifica-se também um certo alinhamento entre poder público, financiamento privado e academia, o que pode contribuir, dentre outros temas, com a criação de ecossistemas nos quais a inovação e a criação de *startups* são incentivadas para soluções do setor de energia elétrica.

Tratando sobre o alinhamento do poder público com o setor privado, de acordo com a 100 Open Startup (2017a, p.18), “a tendência em PPP⁵ está no topo da lista por não haver nenhuma *startup* explorando esse modelo de relacionamento em que governo e entidades privadas se unem para um objetivo específico”. Tal interação auxilia a se ampliar o dinamismo nas questões envolvendo a infraestrutura de setores como o de energia elétrica que, como elemento transversal para a efetivação da Indústria 4.0, apresenta a necessidade de se adequar a presente revolução.

Partindo do contexto e problematização, assume-se o pressuposto que as *startups*, por serem ligadas à inovação e a atividades de risco, podem contribuir para a aceleração da busca por inovação no setor de energia elétrica, contribuindo para o desenvolvimento da Indústria 4.0.

O setor de energia elétrica brasileiro encontra-se em um cenário em que é exigida a sua modernização, para atender as demandas da sociedade e conseqüentemente o recente avanço da Indústria 4.0. As *startups* mostram-se com uma possibilidade de acelerar este processo, contudo, dado os altos custos necessários para esta modernização do setor, verifica-se a necessidade da intervenção por meio de políticas públicas para estimular a aproximação das startups às empresas do setor de energia elétrica. Desta forma, a questão norteadora elaborada para o desenvolvimento da presente pesquisa é: **Como as políticas públicas podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, aplicadas ao setor de energia elétrica brasileiro?**

⁵ Parceria Público-Privado.

1.3 OBJETIVOS

Dado o contexto e o problema já apresentados, foram definidos os objetivos geral e específicos, apresentados nos subtítulos 1.3.1 e 1.3.2 respectivamente.

O objetivo geral está ligado diretamente à intenção de responder à pergunta norteadora desta pesquisa, contida no subtítulo 1.2, com a expectativa de que esta proporcione os principais resultados.

No que se refere aos objetivos específicos, cada um destes foi definido de forma a ser composto por temas parciais e ligados à área foco desta tese que, em sua análise conjunta, propiciará o atendimento do objetivo geral.

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar como as políticas públicas podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, aplicadas ao setor de energia elétrica brasileiro.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar os nichos de participação das *startups* no setor de energia elétrica no contexto da Indústria 4.0;
- b) Efetuar levantamento e análise das políticas públicas internacionais que contribuem com a Indústria 4.0;
- c) Elaborar uma linha do tempo com a evolução das políticas públicas e programas que contribuem para a Indústria 4.0 no Brasil;
- d) Desenvolver um quadro indicativo das potencialidades das políticas públicas que podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, e suas limitações, aplicadas ao setor de energia elétrica brasileiro.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Quanto ao assunto, a pesquisa se delimita à relação das políticas públicas alinhadas ao tema da pesquisa, *startups*, Indústria 4.0 e setor de energia elétrica brasileiro. Como contextualizado, o termo Indústria 4.0 trata-se do termo mais recente

na literatura, frente aos temas *startup* e setor de energia elétrica. Desta forma, como recorte temporal pretende-se priorizar conteúdos de meados do ano de 2010, que apresenta conteúdos que estimularam o desenvolvimento da Indústria 4.0 na Alemanha, até o ano de 2020, referente à finalização do texto da presente tese.

Quanto ao direcionamento do conteúdo, será voltado para o cenário brasileiro do setor de energia elétrica, que apresenta empresas de grande porte de caráter público, que são regidas por regulamentação específica. Destacando as empresas do setor, que abriram editais específicos para *startups*.

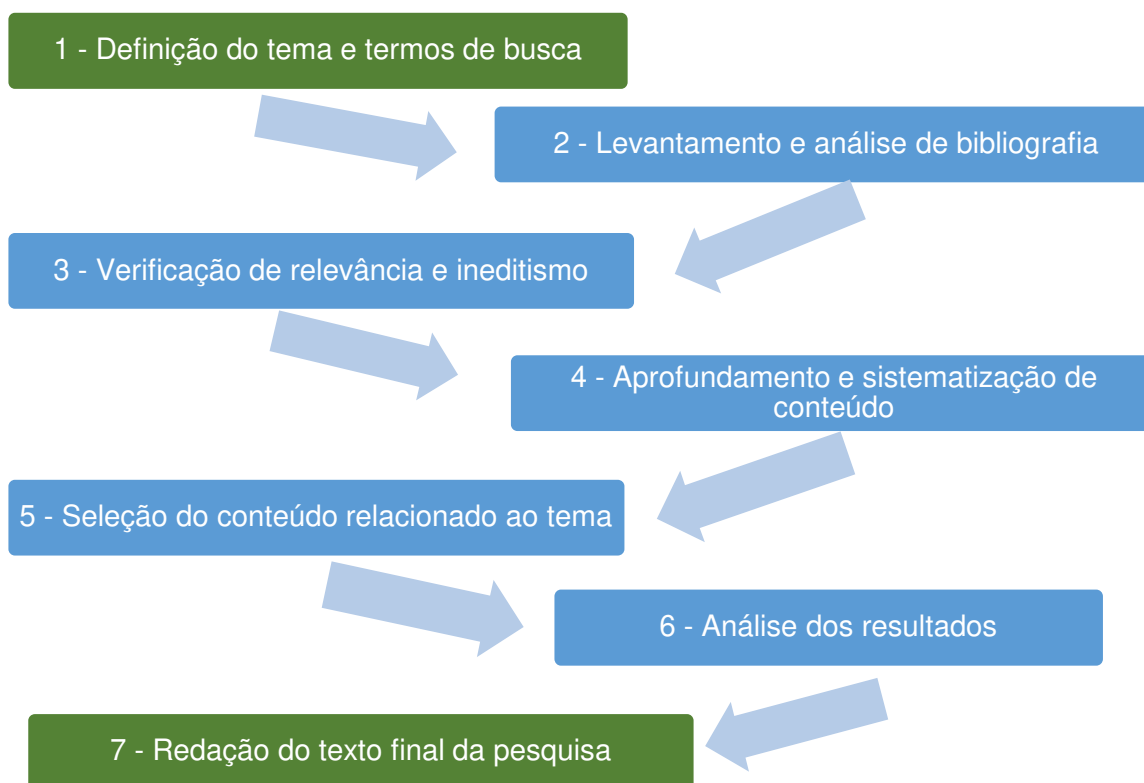
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Para alcançar os objetivos geral e específicos, e conseqüentemente responder à questão norteadora, há a necessidade de recorrer a diversas áreas de conhecimento, envolvendo assuntos como: políticas públicas, *startup*, Indústria 4.0 e setor de energia elétrica. Dado isso, a presente tese de acordo com a área de conhecimento é classificada como interdisciplinar, considerando as classificações de pesquisa apresentadas por Gil (2017).

A abordagem da pesquisa é voltada para a análise qualitativa, de natureza aplicada e, quanto aos objetivos, é classificada como descritiva (GIL 2017; MARCONI; LAKATOS, 2017). É apresentado maior detalhamento sobre a metodologia da pesquisa, no Capítulo 3.

Para o desenvolvimento da tese, com base em Bardin (2016) e Gil (2017) foram definidas as etapas apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama das etapas para o desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2020).

O interesse inicial da pesquisadora, que levou à definição do tema, foi estimulado pelo conhecimento da chamada pública 05/2017 para a seleção de *startups* voltadas ao setor de energia elétrica, divulgada pela Companhia Paranaense de Energia – COPEL – em outubro de 2017 (COPEL, 2017). Após uma pesquisa inicial sobre a relação das *startups* e o setor de energia elétrica, verificou-se a ascendência do termo Indústria 4.0, principalmente em eventos voltados para a área de energia elétrica e para a área de *startups*, o que levou à definição dos termos de busca *startup* e Indústria 4.0. Temas relativamente recentes quando se observa o setor de energia elétrica e as políticas públicas voltadas a este setor.

Ao passar para a etapa da pesquisa bibliográfica, nas bases *Web of Science* e *Scopus*, foi verificada uma carência no que se refere a conteúdo que envolva *startup*, Indústria 4.0 e o setor de energia elétrica, sejam associados em pares ou com os três termos. Em conjunto, foi feita uma breve pesquisa em fontes secundárias seguindo o indicado por Marconi e Lakatos (2017).

Isso levou à terceira etapa, a de verificação de relevância e ineditismo. Para a verificação de relevância, foi feita a análise da bibliografia inicial; a observação de

temas abordados em eventos, dos quais a pesquisadora participou; a verificação do alinhamento do tema com o Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Sociedade (PPGTE) e com o grupo de pesquisa Políticas Públicas e Dinâmicas de Desenvolvimento Territorial (PD2T); por fim, como resultado desta pesquisa inicial, foi elaborado um artigo sobre o tema, o qual foi aprovado em um dos maiores eventos sobre energia no Brasil, o XI Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (XI CBPE). Durante a apresentação foi possível verificar o interesse dos participantes, atores relacionados ao setor de energia elétrica, estimulando o progresso da presente pesquisa.

O segundo ponto desta etapa, foi a verificação do ineditismo da pesquisa. Além da pesquisa de artigos científicos, a pesquisa foi extrapolada para a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) e Google Scholar, sendo este último utilizado para buscar teses e dissertações produzidas internacionalmente.

A etapa de aprofundamento e sistematização de conteúdo, foi feita com o suporte do aplicativo de criação de planilhas eletrônicas Excel (Microsoft), que possibilitou a organização do conteúdo em categorias, bem como a sistematização para o avanço da pesquisa para a etapa seguinte.

A etapa de seleção do conteúdo relacionado ao tema e a etapa de análise dos resultados foram desenvolvidas a partir da leitura dos textos e documentos levantados na etapa de aprofundamento e sistematização de conteúdo.

1.6 RELEVÂNCIA E INEDITISMO

O Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade (PPGTE), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), no qual essa pesquisa é desenvolvida, apresenta como relevante que “as visões, representações e impactos da tecnologia na vida do homem e do meio natural devem ser investigados e analisados a partir de uma perspectiva interdisciplinar, haja vista a complexidade do estudo” (PPGTE, 2020a, p. 1), e isso é, marcadamente, um dos pontos explorados para o desenvolvimento do tema central desta tese. Pois, dado que dentre os elementos de pesquisa discute-se sociedade, meio ambiente, energia, tecnologia, *startup*, inovação, indústria, políticas públicas, entre outros, a perspectiva interdisciplinar torna-se imprescindível para o tratamento do tema.

Neste sentido, na apresentação do PPGTE encontra-se que:

Nesse contexto de alteração dinâmica da sociedade em que o homem historicamente situado atua sobre si mesmo e sobre seu entorno, faz-se necessário não só analisar e problematizar essas mudanças, mas também propor soluções tecnológicas que contribuam para o fortalecimento de uma sociedade mais justa e solidária em que não predomine um pensar e um agir tecnicista, mas um pensar reflexivo voltado para uma atuação democrática em relação ao mundo da tecnologia. (PPGTE, 2020a, p.1)

Sob esta perspectiva, o desenvolvimento da presente tese, ou seja, analisar como as políticas públicas podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, aplicadas ao setor de energia elétrica brasileiro, está devidamente alinhado ao escopo do programa, pois, além de analisar e problematizar as mudanças pretendeu-se identificar as possíveis soluções para se estimular e/ou fortalecer, por meio de políticas públicas, a interação das *startups* com o setor de energia elétrica, possibilitando uma aceleração no sentido de aumentar a eficiência, reduzindo perdas e melhorando a qualidade da infraestrutura para a sociedade e indústria, tendo em conta a redução de impactos ambientais.

Ainda sobre o alinhamento desta tese com o PPGTE, cabe destacar que esta pesquisa está atrelada à linha de pesquisa Tecnologia e Desenvolvimento, sob a qual são aprofundados os objetivos do programa de forma mais específica, com destaque à perspectiva do Desenvolvimento Territorial Sustentável. Dentre os pontos elencados na apresentação da linha de pesquisa, pode-se identificar a afinidade do tema com pelo menos cinco elementos: Cidades; Política Energética e Desenvolvimento; Estudos de Futuro; políticas públicas; Tecnologia e Inovação (PPGTE, 2020b).

Durante a pesquisa de relevância, detalhada mais à frente, também foram efetuadas buscas nas teses e dissertações desenvolvidas no PPGTE, mais especificamente na linha de Tecnologia e Desenvolvimento que é o alinhamento da presente tese. Nestas buscas, verificou-se a existência de títulos de pesquisas que apresentam termos relativos ao presente estudo. No caso do termo política pública, ou o seu plural, foram identificadas duas dissertações, ambas do ano de 2019. Uma delas é intitulada “Políticas públicas para discentes com deficiência: a UTFPR” da autoria de Gustavo Hamyr Chaiben e orientado por Maclovia Correa da Silva e a segunda intitulada “Determinação de variáveis relevantes para a proposição de políticas públicas em bioenergia” da autoria de Izabel Biernaski e orientada por Christian Luiz da Silva.

Com os mesmos parâmetros de busca, apenas no título, quando é utilizado o termo *startup*, ou seu plural, pode-se verificar duas dissertações. Uma em 2019, sob o título “*Corporate venture capital no sistema regional de inovação: a percepção das grandes empresas tradicionais industriais da Região Metropolitana de Curitiba sobre o investimento em startups*” de autoria de André Luiz Turetta, orientado por Silvestre Labiak Junior, e outra dissertação no ano de 2017, de autoria de Alessandra Redua Leonardecz, orientada por Dario Eduardo Amaral Dergint, intitulada “Gerenciamento de riscos em contratos de *startups* e empresas de base tecnológica”. Quanto ao termo Indústria 4.0, foi verificada apenas uma dissertação em 2019, que contém o termo em seu título “*Soft Skills na Indústria 4.0*” de Juliana de Rezende Penhaki, orientada por Décio Estevão do Nascimento, com coorientação de Sidarta Ruthes de Lima. Ao se pesquisar setor de energia elétrica não se obteve retorno.

O resultado obtido na pesquisa dos termos, nos títulos das dissertações e teses do PPGTE, na linha de pesquisa Tecnologia e Desenvolvimento, confirma o ineditismo desse estudo, dentro do programa, visto que não houve resultado em que ocorresse a relação dos três termos pesquisados. Contudo, este resultado, mesmo que verificados nas buscas dos termos individuais, acaba por também reforçar a aderência desta tese ao programa e linha de pesquisa, sob o qual essa tese foi desenvolvida, além da relevância e atualidade do tema, dentro do PPGTE, considerando que as pesquisas que contém os termos pesquisados datam a partir de 2017.

Outros pontos internos à academia também impactaram na verificação da relevância do tema desta pesquisa, como a participação em um projeto de pesquisa relacionado a energias renováveis e em discussões do grupo de pesquisa.

Sobre o projeto de pesquisa, intitulado “Energias Renováveis: construção de uma matriz de decisão multicritério para opção da matriz tecnológica”⁶, este foi coordenado pelo orientador desta tese, Prof. Dr. Christian Luiz da Silva, e financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – MES/Cuba, Edital 046/2013, e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Edital Universal 2014. Este projeto teve sua prorrogação deferida devido à relevância do tema, e seu fechamento se estendeu até o final de

⁶ Para maiores informações sobre projeto “Energias Renováveis: construção de uma matriz de decisão multicritério para opção da matriz tecnológica” acessar: <https://pd2t.wordpress.com/prospeccao-energias-renovaveis/>.

2018. Ao longo dos trabalhos desenvolvidos, pela presente autora, associados ao projeto, estão uma dissertação de mestrado (no mesmo programa) e artigos que possibilitaram identificar tendências a mudanças no setor de energia elétrica nas últimas décadas e como os termos, por exemplo, energia renovável, inovação, sociedade, indústria, tecnologia e outros se inserem no cerne das discussões.

O grupo de pesquisa Políticas Públicas e Dinâmicas de Desenvolvimento Territorial (PD2T)⁷, da UTFPR, registrado no CNPq e também liderado pelo Prof. Dr. Christian Luiz da Silva, por envolver pesquisadores de diversas áreas, possui um campo amplo de discussão interdisciplinar e este foi um dos pontos que favoreceu o reconhecimento da necessidade de um aprofundamento da questão energética envolvendo Indústria 4.0 e *startups* no setor de energia elétrica brasileiro.

No que se refere aos artigos produzidos pela presente autora, de forma mais específica, o artigo apresentado no XI CBPE (RIPKA; SILVA, 2018), mencionado no item 1.5, foi uma produção voltada para o tema desta tese, como forma de avaliar a aceitação da proposta de conteúdo sobre a relação política pública, *startup*, setor de energia elétrica e Indústria 4.0. A aprovação do artigo em um congresso de abrangência nacional, avaliado por um comitê científico e o interesse demonstrado pelos presentes, durante o evento, revelou que a pesquisa proposta tratava-se de um tema relevante para a área, o que levou à continuidade deste estudo.

Quanto ao ineditismo, fez-se uma busca na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD)⁸, pesquisa atualizada em 31 de agosto de 2020, para verificar sobre a produção de teses e dissertações, sobre o tema, até o presente momento. Utilizou-se como termos de busca start*⁹ e “Indústria 4.0”¹⁰, no título das pesquisas e sem limitação de data de publicação. Também foram feitas as combinações entre os termos, contudo, as combinações start* AND Indústria 4.0 não retornaram trabalhos. Da mesma forma, ao atribuir o termo energ*¹¹ a cada um dos termos pesquisados não houve retorno de trabalhos.

⁷ Para conhecer mais sobre o grupo de pesquisa Políticas Públicas e Dinâmicas de Desenvolvimento Territorial (PD2T) acessar: <https://pd2t.wordpress.com/>.

⁸ A Biblioteca Digital de Teses e Dissertações pode ser acessada pelo link: <http://bdt.d.ibict.br/vufind/>.

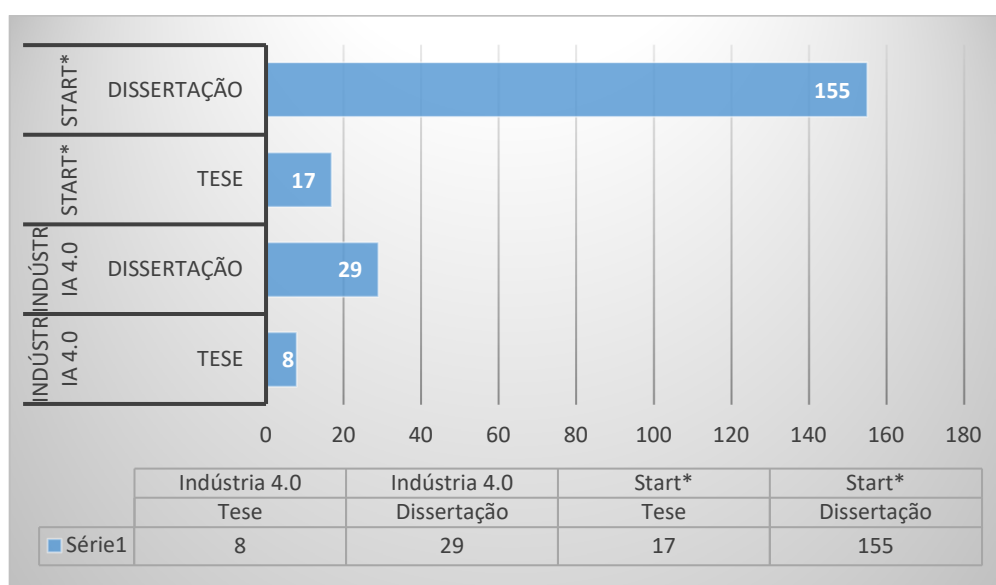
⁹ A utilização do termo de busca start* possibilitou que fossem localizados tanto o termo startup como o start-up, devido a utilização do asterisco que permite a localização das variações do prefixo indicado, neste caso, que se inicia com start.

¹⁰ Sobre a Indústria 4.0 foi efetuada uma pesquisa também com o termo Manufatura Avançada e o resultado desta foi somado aos resultados da pesquisa com o termo Indústria 4.0 para simplificação de apresentação.

¹¹ A utilização do termo de busca energ* possibilita que a pesquisa localize as variações da palavra energia, devido a utilização do asterisco após o prefixo indicado, neste caso energ.

No Gráfico 1 é possível verificar o resultado da pesquisa de teses e dissertações. Deve-se considerar que a BDTD apresenta textos completos das teses e dissertações produzidas em todo o Brasil. Para trabalhos acadêmicos no exterior, devido à limitação de não localizar uma plataforma específica como a BDTD, foi utilizado o Scholar¹² para essa pesquisa, focando na combinação dos termos utilizados na BDTD – em língua inglesa – com a associação com o termo *thesis*. Também não foi obtido resultado.

Gráfico 1 – Produção de Teses e Dissertações sobre *startups* e Indústria 4.0



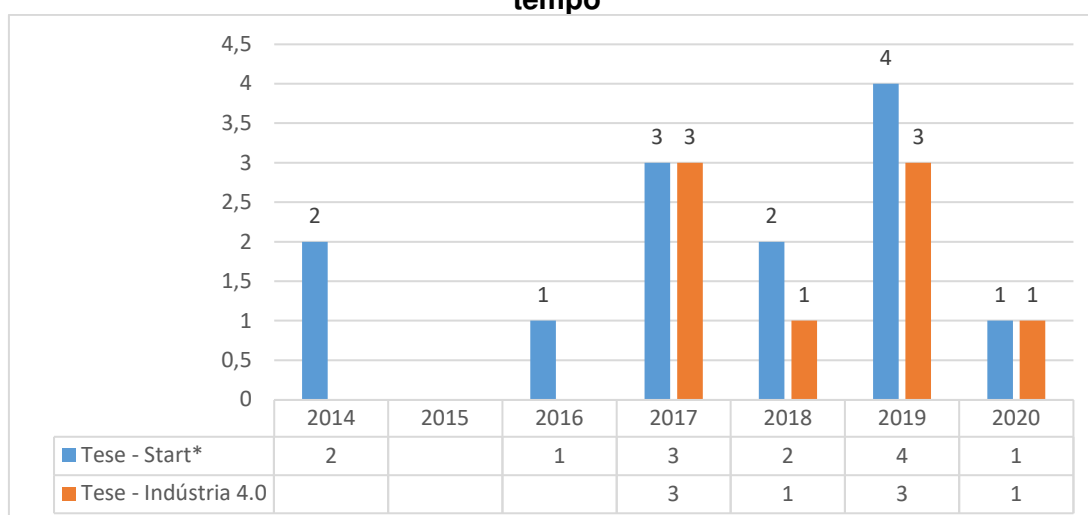
Fonte: Autoria própria (2020).

No Gráfico 1 é possível verificar que o número de trabalhos exaustivos sobre o tema *startup* (Start*) e sobre Indústria 4.0, separadamente, possui maior quantidade de dissertações do que de teses. Contudo, trata-se de um número ainda pequeno diante de outros temas com maior tempo de discussão, como no caso do setor de energia elétrica e políticas públicas. Pesquisando somente o termo energ* são obtidos 5.310 dissertações e 1.849 teses, nas mais diferentes áreas. O mesmo ocorreu com políticas públicas. Desta forma, deu-se destaque às pesquisas voltadas a *startups* e Indústria 4.0 que tivessem aderência aos objetivos desta tese para posteriormente direcionar ao setor de energia elétrico brasileiro e políticas públicas.

¹² Plataforma voltada para pesquisas acadêmicas, seu acesso poder ser feito pelo link <https://scholar.google.com.br/>.

Observando a distribuição das teses ao longo do tempo, apresentada no Gráfico 2, percebe-se que em 2014 houveram duas teses com o título contendo o termo *startup* e que retornam as publicações em 2016, seguindo até 2020 sem interrupções. Já com relação ao termo Indústria 4.0, este aparece apenas em 2017, com a publicação de três teses. Cabe ressaltar que a atualização da BDTD depende da inclusão da pesquisa final no sistema, sendo assim, as quantidades de teses e dissertações podem alterar, com relação ao ano de 2020 para ambos os termos de busca, principalmente considerando os trabalhos defendidos no segundo semestre de 2020.

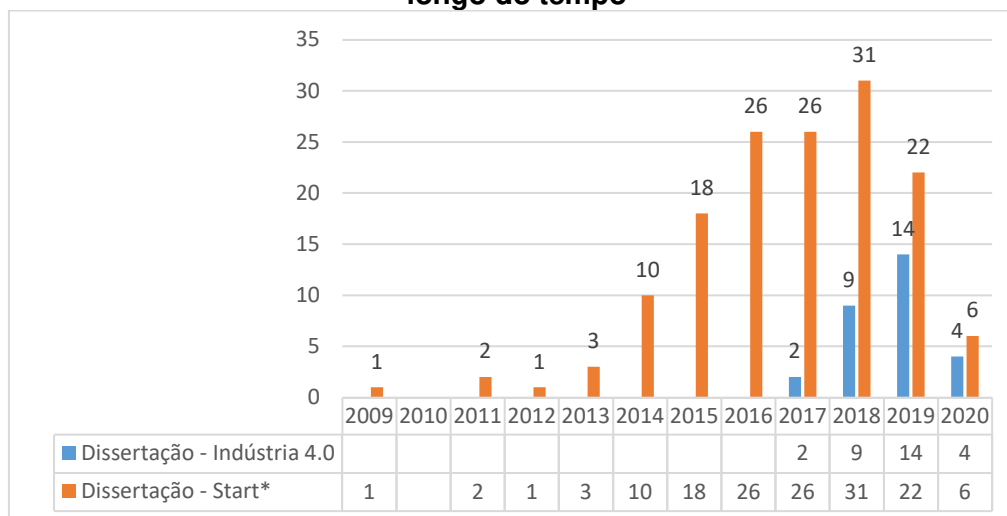
Gráfico 2 – Teses produzidas sobre *startup* e Indústria 4.0, distribuídas ao longo do tempo



Fonte: Autoria própria (2020).

O Gráfico 3 apresenta a distribuição das publicações das dissertações ao longo do tempo, diferente do que foi visto no Gráfico 2, a primeira dissertação com o termo *startup*, no título, aparece em 2009 e a partir de 2011 mantém recorrência. No caso do termo Indústria 4.0, em 2017 são apresentadas 2 e em 2018 são apresentadas 9, em 2019 são apresentadas 14 e em 2020, até o fechamento da escrita desta tese, são apresentadas 5 dissertações, demonstrando uma tendência de crescimento do número de publicações, a cada ano.

Gráfico 3 – Dissertações produzidas sobre *startup* e Indústria 4.0, distribuídas ao longo do tempo



Fonte: Autoria própria (2020).

A diferença entre a quantidade de teses e de dissertações pode ser dada pelo tempo necessário para o desenvolvimento e conclusão da pesquisa em cada nível. Contudo, da observação conjunta dos Gráficos 2 e 3, percebe-se que o tema é atual, pois, mesmo não sendo delimitado um período de tempo, durante as buscas, o resultado apresentado para as primeiras publicações foi: o ano de 2009 para o termo *startup* e 2017 para o termo Indústria 4.0.

Como visto, apesar de os termos individuais, *startup* e Indústria 4.0, mostrarem-se representados na pesquisa, e os termos energia elétrica e política pública já serem amplamente pesquisados, não foi identificada uma pesquisa exaustiva que contemplasse a proposta da presente tese. Isso revela o ineditismo da presente pesquisa.

1.7 ESTRUTURA DA TESE

A tese foi estruturada em seis capítulos. O primeiro deles, refere-se à presente Introdução, que tem como objetivo tratar dos elementos de base que levaram à definição e desenvolvimento desta pesquisa. Bem como introduzir os elementos relevantes que são destacados ao longo da tese. O Capítulo 1 está subdividido em sete itens: 1.1 Contexto e justificativa; 1.2 Problema; 1.3 Objetivos; 1.4 Delimitação da pesquisa; 1.5 Procedimentos metodologia da pesquisa; 1.6 Relevância e ineditismo; e 1.7 Estrutura da tese.

Com o Capítulo 2, intitulado “Referencial teórico”, apresenta-se o resultado da revisão de literatura, tratando dos conceitos de políticas públicas, Indústria 4.0, *startups* e a interação desses com o setor de energia elétrica brasileiro. Além de trazer à discussão as teorias referentes aos paradigmas tecnológicos e revoluções tecnológicas.

No subcapítulo 2.1, intitulado “Indústria 4.0 no contexto do setor de energia elétrica”, é tratado o conceito de Indústria 4.0 e as associações possíveis com os elementos ligados ao setor de energia elétrica. É dividido em três partes, sendo elas: 2.1.1 Histórico; 2.1.2 Tecnologias habilitadoras; 2.1.3 Indústria 4.0 e energia elétrica.

O subcapítulo 2.2, intitulado “*Startups* no contexto da energia elétrica, voltadas para a Indústria 4.0”, traz as definições sobre *startups*, apresenta as tendências identificadas para a aproximação das *startups* nos assuntos relacionados à energia elétrica, o que dá embasamento para o atendimento do objetivo específico “a) Identificar os nichos de participação das *startups* no setor de energia elétrica no contexto da Indústria 4.0”.

No subcapítulo 2.3 “Relação das políticas públicas com os temas energia elétrica, *startup* e Indústria 4.0”, além dos conceitos de política pública também a contextualiza dentro do assunto *startups* e Indústria 4.0. No subcapítulo 2.4 “Paradigmas tecnológicos e revoluções tecnológicas” são apresentadas teorias que dão suporte à discussão. E por fim são apresentadas no subcapítulo 2.5 as considerações sobre o referencial teórico.

A metodologia da pesquisa é apresentada no Capítulo 3. Dividido em seis subcapítulos, o capítulo traz o detalhamento das etapas e métodos aplicados no desenvolvimento da pesquisa.

O conteúdo apresentado no Capítulo 4, “Políticas públicas internacionais que contribuem para a Indústria 4.0”, é o resultado da análise de conteúdo direcionado a alcançar o objetivo específico “b) Efetuar levantamento e análise das políticas públicas internacionais que contribuem com a Indústria 4.0”. O capítulo traz a análise dos elementos que favorecem, ou direcionam, as ações de oito países para a Indústria 4.0. Sendo eles: Estados Unidos; Alemanha; Japão; Índia; Coréia do Sul; China; França e Reino Unido.

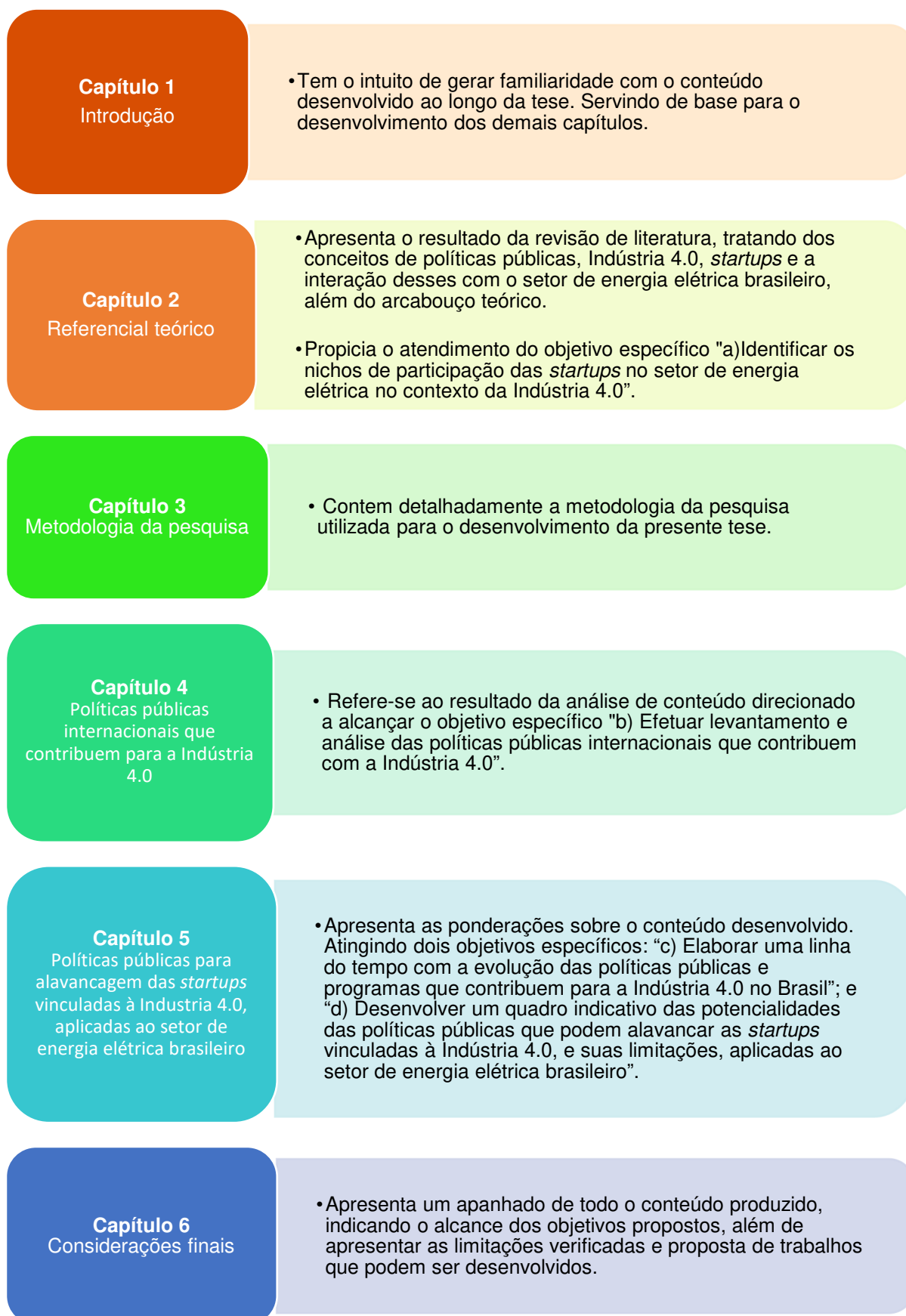
Sendo o Brasil um dos objetos desta pesquisa, o Capítulo 5, intitulado “Políticas públicas brasileiras que contribuem com a Indústria 4.0”, traz o atendimento de dois objetivos específicos: “c) Elaborar uma linha do tempo com a evolução das

políticas públicas e programas que contribuem para a Indústria 4.0 no Brasil”; e “d) Desenvolver um quadro indicativo das potencialidades das políticas públicas que podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, e suas limitações, aplicada ao setor de energia elétrica brasileiro”.

Por fim, no Capítulo 6, a tese é finalizada com a apresentação das considerações a respeito do desenvolvimento e resultados da pesquisa, bem como, as limitações identificadas e as propostas de trabalhos que podem ser desenvolvidos.

Como forma de resumir o conteúdo deste subcapítulo, foi desenvolvida a Figura 2, na qual é apresentada a associação de cada capítulo com o atendimento dos objetivos específico da presente tese, que em conjunto levam ao alcance do objetivo geral de “Analisar como as políticas públicas podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, aplicadas ao setor de energia elétrica brasileiro”.

Figura 2 – Resumo da relação dos capítulos com os objetivos da tese



Fonte: Autoria própria (2020).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados os conceitos referentes à Indústria 4.0, *startups*, setor de energia elétrica, políticas públicas, paradigmas tecnológicos e revoluções tecnológicas.

2.1 INDÚSTRIA 4.0 NO CONTEXTO DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA

Na Alemanha, em 2011, deu-se início ao projeto nacional que originou o conceito de Indústria 4.0. O estudo foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores criado pela instituição *Research Union Economy – Science of the Federal Ministry of Education and Research (Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF*, sigla em alemão). O objetivo deste projeto era elencar ações para que a Alemanha garantisse a sua competitividade no cenário industrial, considerando desenvolvimento social, tecnológico e as estruturas de cooperação entre todos os atores de inovação do país (BMW, 2018; HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

A formalização do projeto se deu em outubro de 2012, quando o grupo fez a entrega do relatório intitulado *Implementation of Recommendations for the Future Project Industrie 4.0*. Neste documento foram feitas recomendações consideradas relevantes para o desenvolvimento da Indústria 4.0 na Alemanha (BMW, 2018).

No entanto, pode-se encontrar a origem deste conceito, em notícias e artigos, atrelada a abril de 2013. Nesta data ocorreu a Feira de Hannover, na qual foi divulgada oficialmente o *Plattform Industrie 4.0* (www.plattform-i40.de), uma plataforma criada a partir do apoio de três associações, com mais de 6.000 empresas-membro, para a continuação e desenvolvimento do projeto voltado à Indústria 4.0 (BMW, 2018; 2016).

No Brasil, além do termo Indústria 4.0, também se pode fazer a associação deste conceito aos termos Indústria Integrada, Manufatura Avançada ou 4ª Revolução Industrial. Independentemente do termo utilizado, percebe-se que a Indústria 4.0 desperta o interesse de diversos atores das mais variadas áreas da sociedade (SCHWAB; DAVIS, 2018; SCHWAB, 2016; CNI, 2016a; 2017a).

Um dos motivos da popularização da Indústria 4.0 é a sua possibilidade de abrangência (SCHWAB; DAVIS, 2018; SCHWAB, 2016), pois esta tem potencial de “impactar positivamente os três pilares do conceito de sustentabilidade (econômico, ambiental e social)” (PALMA *et al.*, 2017, p. 2). A globalização também deve ser um

fator a ser considerado de acordo com Colombo *et al.* (2017), dado que a troca de informações e atitudes tomadas visando um desenvolvimento sustentável acaba refletido na imagem do país no cenário internacional. No âmbito socioambiental, por exemplo, aos países, é de interesse buscar alcançar o melhor atendimento aos 17 objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), os quais apresentam metas que norteiam a elaboração de estratégias de desenvolvimento.

Para o setor de energia elétrica, o ODS 7 é um dos objetivos principais no que se refere a elementos a serem considerados no processo de elaboração do planejamento energético. O ODS 7 tem como título Energia Limpa e Acessível e apresenta as seguintes metas:

7.1 Até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia

7.2 Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global

7.3 Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética

7.a Até 2030, reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa

7.b Até 2030, expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos os países em desenvolvimento, particularmente nos países menos desenvolvidos, nos pequenos estados insulares em desenvolvimento e nos países em desenvolvimento sem litoral, de acordo com seus respectivos programas de apoio. (ONU, 2018, p. 1)

Esses pontos podem ser viabilizados por elementos que geram maior inter-relação entre os atores de um setor, ou entre setores, o que reflete a base do conceito de Indústria 4.0. Dentre estes elementos estão: Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT); Internet dos Serviços (*Internet of Services* – IoS); Internet dos Dados (*Internet of Data* – IoD); *Big Data* e Computação em Nuvem (*Cloud Computing*); Sistemas de Produção *Ciber-Físicos* (*Cyber Physical Systems* – CPS); e Produtos Inteligentes, envolvendo Inteligência Artificial (IA), Robótica Avançada e Manufatura Aditiva (SANTOS; SANTOS; LIMA, 2018; PALMA *et al.*, 2017; SHAFIQ *et al.*, 2015).

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) apresenta a Indústria 4.0, ou manufatura avançada, como aquela que:

[...] compreende a organização e administração de toda a cadeia de valor do ciclo de vida dos produtos, propiciada pela integração de tecnologias e sistemas digitais no desenvolvimento, produção e logística de produtos e processos, com geração de valores nas cadeias produtivas, organização de trabalho, modelos de negócios e prestação de serviços inteligentes de internet a jusante, adequados às demandas dos consumidores. (MCTIC, 2017, p. 11)

As mudanças esperadas pelo desenvolvimento da Indústria 4.0 são de características disruptivas, o que leva à associação do conceito com a 4ª Revolução Industrial. A Figura 3 apresenta um resumo das revoluções até a Indústria 4.0.

Figura 3 – Revoluções Industriais



Fonte: Adaptado de Revista Alumínio (2019, p. 15).

Como ilustrada na Figura 3, a Indústria 4.0 é representada na 4ª Revolução e os sistemas *ciberfísicos* citados são considerados a ligação entre os elementos computacionais e elementos físicos. E é para garantir tal ligação que a infraestrutura, nas mais diversas áreas, necessita se adequar (RIPKA; SILVA, 2018). Estes sistemas *ciberfísicos* são associados a sistemas inteligentes, amparados pela utilização de inteligência artificial, a qual viabiliza a capacidade colaborativa, adaptativa e evolutiva do sistema, possuindo potencial de transformar os setores (ZHOU *et al.*, 2018, COLOMBO *et al.*, 2017).

Em trabalhos de autores como Dalenogare (2018), Ferneda (2018), Steinmetz (2018), Jaskulski (2018), Oliveira (2018), Fonseca (2017), Heidrich (2017), Oliveira (2017a) e Vieira (2017) os potenciais do desenvolvimento, ou transformação, da infraestrutura necessária para a Indústria 4.0 são direcionados a diferentes áreas, construindo conhecimento para estimular a aplicação mais consciente das tecnologias a serem desenvolvidas dentro do contexto da Indústria 4.0.

Com o avanço do conceito da Indústria 4.0, os novos equipamentos seguirão a tendência de otimizar as informações, gerando informações importantes para o processo, desde parametrização de componentes, dados de produção e ferramentas de diagnóstico, proporcionando agilidade nas resoluções de eventuais problemas que tenderão a existir. (CGEE, 2017, p. 131)

Para o atendimento dos três pilares da sustentabilidade, econômico, ambiental e social, indicados por Palma *et al.* (2017) e o atendimento do cenário descrito no trecho acima, devida a sua transversalidade, a energia elétrica é essencial e, mais uma vez, como em todas as revoluções industriais, ela também é um elemento estrutural da Indústria 4.0. Sendo assim, o termo mais abrangente, a energia também se torna o foco de modificações, assumindo o complemento 4.0 e podendo ser chamada de Energia 4.0.

De acordo com CGEE (2017) e EPE (2016), os desafios envolvendo o setor de energia elétrica tratam-se de pontos já conhecidos, tais como: busca por novas fontes energéticas; desafios ligados ao aumento da produção e consumo de energia; e eficiência na alocação de recursos naturais. Mesmo com a utilização do termo Energia 4.0, a discussão mantém o foco nos problemas já conhecidos, mas com um desafio adicional de evoluir a infraestrutura de forma a se alcançar o cenário-objetivo para o desenvolvimento da Indústria 4.0.

Para o alcance disso é necessário que o planejamento energético tenha em pauta os objetivos ligados à Energia 4.0, possibilitando que os meios para isso sejam apontados e estimulados. Contudo, para que haja a efetividade do planejamento energético, com base em objetivos viáveis e concisos, há a necessidade de se aprofundar as pesquisas específicas sobre Energia 4.0, fato que já ocorre em outros setores. A confirmação de tal afirmação pode ser dada pela realização de uma pesquisa simples, em buscadores na internet. Utilizando o termo em português “Energia 4.0”, até o momento, o resultado é reduzido, contudo, o mesmo não acontece

com outros setores, também relevantes à Indústria 4.0, atingindo-se um volume maior de conteúdo específico, quando se utilizam termos como: Logística 4.0; Educação 4.0; Direito 4.0; Recursos humanos 4.0; Sustentabilidade 4.0; Saúde 4.0; e Transporte 4.0 (RIPKA; SILVA, 2018; FERREIRA, 2016).

Para Schwab e Davis (2018, p. 40-41) “ainda estamos no início da quarta revolução industrial; mas ela exigirá a completa reformulação das estruturas econômicas e organizacionais para que possamos compreender todo o seu valor”. Sobre a reformulação das estruturas, Lee, Bagheri e Kao (2015) atribuem à competitividade, destacando que este é um fator que estimula a incorporação de tecnologias que venham a aumentar a eficiência, bem como a evolução dos métodos utilizados, elemento que contribui para o desenvolvimento da Indústria 4.0. Contudo, ao se discutir sobre reformulação não se tem um consenso em que direção ela irá seguir (SCHWAB, 2016; PEREIRA; ROMERO, 2017).

Na percepção de Lorenz *et al.* (2015) e IEDI (2018c), a Indústria 4.0 se desenvolve à medida que os setores são submetidos ao avanço tecnológico, exigindo adaptabilidade, e vale destacar que “o tema é muito novo e existem várias tecnologias para serem desenvolvidas com graus diferenciados de incerteza” (IEDI, 2018c, p. 13).

Deve-se associar ao alcance destas novas tecnologias, relacionada à Indústria 4.0, ao modo produtivo inteligente. Isso possibilita a flexibilização e customização de produtos e serviços, demarcando novas formas não só de produção, mas também de consumo (SHROUF; ORDIERES; MIRAGLIOTTA, 2014). Mas de acordo IEDI (2018c, p. 10), no Brasil “o estágio atual de difusão dessas tecnologias ainda está muito pouco desenvolvido”, exigindo um grande esforço durante os próximos anos para se alcançar a modernização direcionada à Indústria 4.0.

Como indicação para o direcionamento dos esforços, para se alcançar a Indústria 4.0, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações afirma sobre a necessidade de:

Implantar laboratórios abertos destinados ao desenvolvimento de produtos e processos, compartilhamento de tecnologias, requalificação de talentos, promoção de novos negócios, inserção de empresas de base tecnológica e *startups* nas cadeias produtivas e redução ou otimização de investimentos em manufatura avançada. (MCTIC, 2017, p. 57)

Tal indicação apresenta aderência com a adoção do sistema de inovação aberta, apresentada por Maciel *et al.* (2018), cujo o setor de PD&I das grandes

empresas deixa de desenvolver todas as fases do produto ou serviço de forma interna (inovação fechada) e passa a permitir a aproximação de empresas menores, que possam contribuir com pelo menos parte do processo (inovação aberta). Como destacado por Maciel *et al.* (2018), a literatura nacional ainda possui pouco conteúdo sobre o assunto, no setor de energia elétrica. Contudo, observa-se que a própria estrutura do setor de energia elétrica está avançando (frente algumas limitações) no sentido de usufruir dos incrementos que a utilização da inovação aberta pode trazer.

Conforme apresentado em Shrouf, Ordieres e Miragliotta (2014), a Internet das Coisas é um elemento que tem estimulado os atores a seguir em direção a implementação dos conceitos da Indústria 4.0, pois a maior conectividade permite maior integração das empresas, fornecedores e clientes. Tal conectividade é viabilizadora para a aplicação da inovação aberta, pois, para a elaboração de planejamento eficiente, principalmente no que se refere aos setores de PD&I, manter-se afastado de tecnologias de conexão com outros atores pode ocasionar grande assimetria de informação, que pode resultar em grandes prejuízos.

No setor de energia elétrica, como Silva, Coutinho Filho e Araújo (2017) apontam, as soluções não devem ser direcionadas somente ao aumento na quantidade de energia fornecida, mas é essencial focar também na qualidade (sem oscilações) do que é fornecido para o atendimento dos setores. Para tanto novas técnicas relacionadas à Energia 4.0 devem ser estudadas e viabilizadas (PISCHING, 2017).

Na busca por estes avanços no setor de energia elétrica, voltado para o contexto de Indústria 4.0, com foco em segmentos como o de gerenciamento de energia, surgem oportunidades da participação de novos atores no setor (NAKAYAMA, 2017; AZEVEDO, 2017). No item 2.3 é dada a continuidade nesta discussão, direcionando mais especificamente às *startups* no setor de energia elétrica.

De acordo com FIRJAN (2016, p. 8), o Parceria Público-Privado (*Public-Private Partnership* - PPP) é uma iniciativa da União Europeia, lançada em 2013, para ajudar as empresas industriais, principalmente as micro e pequenas empresas, a se adaptarem à pressão competitiva global. Isso ocorre por meio do desenvolvimento dos elementos necessários para uso das tecnologias habilitadoras (FIRJAN, 2016). Esse exemplo da União Europeia, é o que se tem acompanhado também em outros países, que objetivam aumentar a base tecnológica industrial e desenvolver a integração destas tecnologias.

Em alguns setores, no Brasil, a transição entre as revoluções, apresentadas na Figura 3, não se restringe apenas à passagem do nível tecnológico da 3ª Revolução Industrial para a 4ª Revolução, pois há setores em que a indústria ainda não alcançou o nível tecnológico da 3ª Revolução. Desta forma, a transição tecnológica pode apresentar um custo significativamente maior, o que pode limitar o desenvolvimento da Indústria 4.0.

2.1.1 Histórico

Em retrospectiva de acontecimentos que levaram às revoluções anteriores, identificam-se as inovações disruptivas como responsáveis por alavancar a produtividade industrial. Ou seja, inovações que modificaram radicalmente o funcionamento dos setores, se comparado a como estes eram anteriormente, não se atendo apenas a inovações incrementais. São exemplos destas inovações disruptivas a energia a vapor, a mecanização, a eletricidade, a tecnologia da informação e agora, em andamento, a interconectividade (GONÇALVES *et al.*, 2018; IEDI, 2017a; FIRJAN, 2016; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

A 1ª Revolução Industrial, como visto, está atrelada à adoção da energia a vapor e a utilização de fontes hidráulicas, tendo como país de início o Reino Unido, no século XVII (BARBOSA, 2020; RAMPAZZO; RABONI; DE MELLO, 2018). Já a 2ª Revolução Industrial, de acordo com Barbosa (2020), teve início no final do século XIX, com a introdução da energia elétrica, que acabou por viabilizar também a produção em massa. E a última revolução antes da Indústria 4.0, a 3ª Revolução Industrial, iniciada nos anos de 1970 foi marcada pela automação da produção com a implantação de processos eletrônicos e tecnologia da informação (BARBOSA, 2020; HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; MONOSTORI, 2014; SHROUF; ORDIERES; MIRAGLIOTTA, 2014).

A transição entre a 3ª e a 4ª Revolução tende a ocorrer com a introdução de avanços relevantes nos processos de produção de fábricas inteligentes. Esses avanços abrangem um novo paradigma industrial, focado na criação de produtos e processos inteligentes, por meio do uso de máquinas e transformação de sistemas convencionais de manufatura em sistemas ciberfísicos, assim como inserção de tecnologias como internet das coisas, internet de serviços, *big data*, computação em

nuvem e outras (BRETTEL *et al.*, 2014; FIRJAN, 2016; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; PEREIRA; ROMERO, 2017).

Schwab (2015) afirma que são três as razões que justificam a 4ª Revolução Industrial: (i) a velocidade, (ii) o escopo e (iii) o impacto dos sistemas. No que se refere à velocidade, pode se observar que é um ponto que não gera divergência, entre os autores, ao se pesquisar sobre a Indústria 4.0. Diferente das demais revoluções, cujas tecnologias eram desenvolvidas em seus países de origem e, depois de um período, outras nações as incorporavam, buscando, em suas decisões, optar pelas tecnologias que apresentassem um melhor desempenho, a 4ª Revolução tem acontecido de forma paralela em diversos países, praticamente ao mesmo tempo.

Em alguns países, como Alemanha, China e Estados Unidos, a dinâmica da Indústria 4.0 já está sendo incorporada, pela inclusão de propostas de absorção e aplicação de novas tecnologias, em seus planejamentos industriais. O Brasil ainda está iniciando todo o processo de criação, difusão e incorporação de novas tecnologias, que propiciará sua inserção na Indústria 4.0 e o impulsionará competitivamente (FIRJAN, 2016).

De acordo com Gonçalves *et al.* (2018, p. 2234), a Indústria 4.0 está sendo “motivada por três grandes mudanças no mundo industrial produtivo: avanço exponencial da capacidade dos computadores, imensa quantidade de informação digitalizada e novas estratégias de inovação (pessoas, pesquisa e tecnologia)”. Mas isso, segundo o autor, ainda está longe de ser uma realidade no Brasil.

Neste ponto, na busca pela aplicação das tecnologias para avançar em direção à Indústria 4.0, para Gonçalves *et al.* (2018), faz-se necessário o conhecimento sobre quais tecnologias são necessárias, ou seja, em quais se deve investir, para que não haja desperdício de recursos.

Antes de avançar para a apresentação das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, no subcapítulo 2.1.2, cabe destacar que a definição de Indústria 4.0 ainda está em construção. Para Gonçalves *et al.* (2018, p. 2232) a Indústria 4.0 é a “fusão do mundo físico, digital e biológico”. Para Ripka e Silva (2020, p. 3), a Indústria 4.0 pode, ainda, ser entendida como “uma forma de combinar de recursos humanos e não humanos para a execução de uma atividade, seja de produção, serviço ou consumo, envolvendo obrigatoriamente tecnologias que permitem a conexão entre os diversos atores”.

Já o conceito de Indústria 4.0 proposto pela CNI (2016a, p.11), assume como uma “integração e controle da produção a partir de sensores e equipamentos conectados em rede e da fusão do mundo real com o virtual, criando os chamados sistemas ciberfísicos e viabilizando o emprego da inteligência artificial”. Independentemente dos conceitos observados, a conectividade e a tecnologia acabam recebendo destaque. Desta forma, segue-se para o próximo subcapítulo para trazer maior familiaridade sobre as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.

2.1.2 Tecnologias Habilitadoras

Para esta pesquisa, deve-se considerar como tecnologias habilitadoras, aquelas cujo desenvolvimento, ou adoção, favorecem a evolução no sentido de se alcançar a Indústria 4.0.

Neste subcapítulo serão apresentadas as seguintes tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0: Sistemas Ciberfísicos (*Cyber-Physical Systems* - CPS); Fábricas Inteligentes (*Smart Factories*); Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT); Internet das Coisas Industrial (*Industrial Internet of Things* - IIoT); Internet de Serviços (*Internet of Services* - IoS); *Big Data* e Computação em Nuvem (*Cloud Computing*); Inteligência Artificial (IA); Robótica Avançada; e Manufatura Aditiva.

- Sistemas Ciberfísicos (*Cyber-Physical Systems* - CPS)

Os sistemas ciberfísicos representam uma das tecnologias mais características da Indústria 4.0. Trata-se da interação dos elementos físicos e digitais (ou virtuais), viabilizada por outras tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, como a inteligência artificial, computação em nuvem, *big data* e outras, ligadas à tecnologia da informação (LUCENA; ROSELINO; DIEGUES, 2020; XU *et al.*, 2018; FIRJAN, 2016).

De acordo com Lucena, Roselino e Diegues (2020), os sistemas ciberfísicos trazem uma maior autonomia na produção, devido à utilização dos dados coletados no ambiente físico, que são transformados em soluções em tempo real. Para Xu *et al.* (2018) e FIRJAN (2016), as soluções em tempo real são resultado da conectividade, que permite explorar as tecnologias de acordo com a necessidade de cada usuário, envolvendo sistema próprio de aprendizagem (Inteligência Artificial) e sincronização entre dispositivos e outros agentes.

Os CPS, devido a uma das características principais ser a conectividade, tratam-se de sistemas colaborativos que, segundo Xu *et al.* (2018) e Lucena, Roselino e Diegues (2020), propiciam a criação de uma produção inteligente. Este tipo de produção é dotado de autonomia e permite uma reação mais rápida às demandas, o que traz maior eficiência na produção.

Esses sistemas envolvem, de acordo com FIRJAN (2016), componentes computacionais, hardwares e softwares, que possibilitam atingir complexidade de execução de atividades que beneficiem o alcance da Indústria 4.0, refletindo nos âmbitos econômico, social e ambiental.

Os sistemas ciberfísicos acabam por contribuir, além da conectividade interna, para o estreitamento das relações entre os atores do setor em que estão presentes (COLOMBO *et al.*, 2017). Assim, dada a transversalidade do setor de energia elétrica, pode-se alcançar maior eficiência entre os agentes, como na conexão das áreas de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica.

- Fábricas Inteligentes (*Smart Factories*)

As Fábricas Inteligentes, ou também conhecidas como *Smart Factories*, acabam sendo um resultado da aplicação das tecnologias voltadas para a Indústria 4.0. Segundo a definição de Silva e Campos (2019, p. 10), “fábrica inteligente denota um ambiente de produção altamente produtivo de máquinas e materiais conectados e inteligentes, onde o desperdício, o defeito e o tempo de inatividade são minimizados”.

Neste mesmo sentido, Silva e Campos (2019) e Ghobakhloo (2018) destacam a existência de um sistema chamado dinâmico-cibernético-humano no modelo de Fábricas Inteligentes. Com essa denominação fica clara a relação com o que foi apresentado sobre os sistemas ciberfísicos, exigindo conectividade, inteligência artificial, Internet das Coisas, Internet das Coisas Industrial, entre outras, caracterizando uma comunicação interna estabelecida (FIRJAN, 2016).

Essa comunicação interna estabelecida, permite, por exemplo, o monitoramento remoto, manutenção preventiva, menor desperdício de recursos e flexibilidade na produção e gerenciamento. Acaba gerando dinamismo quando são necessárias algumas reações, como no ajuste para alcançar uma solução após a identificação de um problema na produção, ou mesmo, na necessidade de alteração

nas especificações de um produto (FIRJAN, 2016; SHROUF; ORDIERES; MIRAGLIOTTA, 2014).

Cabe ressaltar que a coleta de dados é outro ponto essencial para o funcionamento em um modelo de fábrica inteligente, pois é a partir da informação que se consegue gerir com maior eficiência e conseqüentemente de forma mais sustentável (GHOBAKHLOO 2018; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Penhaki (2019) e Lee, Kao e Yang (2014) destacam, ainda, que apesar de as tecnologias aqui descritas não serem desconhecidas, para que a fábrica inteligente esteja efetivamente em ação, tem-se que investir no avanço na ciência e na forma como estas tecnologias estão sendo utilizadas dentro da empresa. Se estão com o seu potencial sendo utilizado e se existe a completa conectividade entre os agentes.

- Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT)

A Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT), assim como outros conceitos mais recentes, conta com algumas definições. Dentre elas, Schwab e Davis (2018, p. 148) apresentam a IoT como “uma gama de sensores inteligentes conectados que coletam, processam e transformam os dados de acordo com a necessidade”. Na continuidade, ainda por esses autores, tais dados são “enviados para outros dispositivos ou indivíduos para atender aos objetivos de um sistema ou usuário”. (SCHWAB; DAVIS, 2018, p. 148)

Citando Wang *et al.* (2015), de acordo com Lucena, Roselino e Diegues (2020, p. 116) a IoT viabiliza “que componentes e máquinas colem e compartilhem dados em tempo real”, ou seja, reflete a conexão entre máquinas. Esta conexão permite, a partir do uso de sistemas, aplicativos e plataformas conectadas na internet, que haja troca de dados e, conseqüentemente, um maior e melhor uso da informação para a gestão na produção. Uma outra definição, é dada por SESI-PR (2020, p. 57), que afirma que a IoT “compreende uma rede inteligente de dispositivos altamente conectados, capaz de monitorar, coletar, trocar e analisar dados em grande volume, provenientes de fontes diversificadas”.

A Internet das Coisas é uma das tecnologias de suporte para a existência de fábricas inteligentes, sistemas ciberfísicos, *big data* e outras tecnologias voltadas para a Indústria 4.0, conectando ambientes internos e externos (FIRJAN, 2016;

PARLAMENTO EUROPEU, 2016). Ela também é o que traz o aumento na abrangência das conexões com custos reduzidos, alcançando setores como saúde, transporte, logística, produção, energia, entre outros (LAMNABHI-LAGARRIGUE *et al.*, 2017).

Para a difusão da IoT, Schwab e Davis (2018) mencionam a necessidade do desenvolvimento de alguns elementos como dispositivos para a leitura dos ambientes e que sejam capazes de realizar ações, uma infraestrutura de comunicação robusta, a melhora do sistema de segurança dos dados e por último o desenvolvimento de aplicativos e softwares que sejam capazes de efetuar o processamento dos dados para os indivíduos e organizações.

- Internet das Coisas Industrial (*Industrial Internet of Things* - IIoT)

Derivada da Internet das Coisas, a Internet das Coisas Industrial (*Industrial Internet of Things* – IIoT)¹³, podendo também ser encontrada sob a denominação Internet Industrial das Coisas, nada mais é do que a aplicação da Internet das Coisas na indústria, ou qualquer tipo de planta produtiva (CONTE; DE ARAUJO, 2020; GILCHRIST, 2016).

Para a implementação da IIoT, se faz necessária a aplicação de elementos como: computadores inteligentes, sensores e dispositivos capazes de coletarem e compartilharem dados (GILCHRIST, 2016; KELLER, 2016).

A adoção da IIoT pode gerar impactos de curto e longo prazos, sendo que, sobre essa diferença, Schwab e Davis (2018) revelam que no curto prazo pode ser mais perceptível a eficiência operacional e o desenvolvimento de novos produtos. No que se refere à eficiência operacional, na adoção da IIoT, pode ocorrer a utilização de ativos, a redução dos custos operacionais e o aumento da produtividade do trabalhador. Já sobre o desenvolvimento de novos produtos, pode-se citar: processos como pague para usar; serviços baseados em software; e monetização de dados.

Dos impactos percebidos no longo prazo, Schwab e Davis (2018) também dividem em dois pontos, a economia de resultados e impactos autônomos. A economia de resultados pode conter um sistema de pague por resultados, novos

¹³ Também pode ser encontrada como Internet Industrial.

ecossistemas conectados e a viabilização do mercado por meio de plataformas. Quanto aos impactos autônomos, pode haver a percepção de uma demanda contínua, a automação ponta a ponta e a otimização de recursos, o que leva à redução de resíduos.

- Internet de Serviços (*Internet of Services - IoS*)

A Internet de Serviços (Internet of Services - IoS), de acordo com PISCHING *et al.* (2015), assim como a Internet das Coisas Industrial, ela deriva da Internet das Coisas, fornecendo serviços ligados ao processo produtivo, com base em *big data* e computação em nuvem.

Para o Parlamento Europeu (2016) e FIRJAN (2016) com a Internet de Serviços, pode se observar a sua atuação tanto de forma interna, por exemplo, conectando a logística interna de uma organização, quanto de forma externa, por exemplo, quando se verifica a conexão e entre organizações, como entre uma indústria e seus fornecedores.

- *Big Data* e Computação Em Nuvem (*Cloud Computing*)

Apesar de se tratarem de duas tecnologias habilitadoras, diferentes estão fortemente ligadas. De acordo com Santos, Santos e Lima (2018) e CNI (2016a), o *big data* refere-se a uma grande quantidade de dados, cujo tratamento e análise necessitam de novas aplicações tecnológicas para se viabilizar a sua utilização no contexto Indústria 4.0. No caso da computação em nuvem, segundo os autores, refere-se às centrais de armazenamento e tratamento do *big data*.

Assim como destacado nos itens anteriores, para o desenvolvimento de sistemas ciberfísicos e fábricas inteligentes há a necessidade da utilização do *big data* e da computação em nuvem. Isso porque o *big data* é gerado a partir das informações coletadas e compartilhadas pela empresa e agentes a ela ligados, e a computação em nuvem é a infraestrutura capaz de armazenar o *big data* (CNI, 2017a).

- Inteligência Artificial (IA)

O tratamento e a análise do *big data*, na Indústria 4.0, está associada à inteligência Artificial (IA), podendo ser conceituada como “sistemas que desenvolvem, por meio de dados, capacidade para tomada de decisão autônoma em diferentes situações” (CNI, 2017a, p. 18).

De acordo com Schwab (2015) e CNI (2017a), a inteligência artificial é essencial para o desenvolvimento da Indústria 4.0, pois, apresenta elementos como: a capacidade de aprendizagem, a possibilidade de análise de uma grande quantidade de dados, a autonomia interativa dos sistemas, a eficiência na gestão, a tomada de decisão, a eficiência no uso de insumos, entre outros.

- Robótica Avançada

O uso da robótica já é amplamente conhecido e facilmente associado como exemplo de tecnologia. Contudo, com o avanço da Indústria 4.0, a utilização de robôs passa a ganhar uma dimensão mais conectada, refletida na robótica avançada. Segundo o CNI (2017a, p. 55), a robótica avançada é representada por “máquinas e equipamentos com sistemas de comunicação integrados e com conexão remota, dotados de flexibilidade na execução de tarefas programadas”.

Tradicionalmente, os robôs são inseridos em atividades repetitivas, que necessitam de precisão ou mesmo que possa incorrer em riscos à saúde humana. A partir da inclusão de sensores, aprimoramento de articulações da estrutura e inteligência artificial, a robótica avançada tem ganhado cada vez mais espaço nas discussões envolvendo Indústria 4.0 (CNI, 2017a; 2017b).

- Manufatura Aditiva

A manufatura aditiva refere-se à tecnologia identificada como impressão 3D. O nome aditiva surge devido à forma de produção das peças, a partir do depósito de matéria prima na quantidade necessária para a construção de cada peça, levando à eficiência na gestão de recursos e barateamento dos custos de produção (CNI, 2017a;

WELLER; KLEER; PILLER, 2015). Nas palavras de SESI-PR (2020, p. 61), trata-se de um “processo de fabricação de produtos que faz uso de impressoras 3D para transformar modelos digitais tridimensionais em objetos reais. Caracterizada pela adição sucessiva de camadas de material - como plástico, metal, células ou cerâmica”.

Esse processo gera otimização na fabricação de protótipos e peças de reposição, evitando a geração de resíduos que são recorrentes no processo tradicional que envolve um modo de produção extrativa, onde, a partir de uma matéria prima, a peça é criada com a retirada de material, gerando resíduos (CNI, 2017a).

2.1.3 Indústria 4.0 e Energia Elétrica

Os conceitos de Indústria 4.0 são amplamente aplicáveis em qualquer setor, seja do âmbito econômico, social ou ambiental, no setor de energia não seria diferente. Podendo ser tratada como Energia 4.0, esta engloba energias tanto de origem não renovável, quanto renovável. Na presente pesquisa, a fim de maior delimitação, tem-se como foco a energia elétrica.

O impacto da Indústria 4.0 no setor de energia elétrica pode ser verificado em alguns pontos, como: na melhor gestão dos recursos energéticos, redução de custos, possibilidade de manutenção preditiva, maior conectividade para a gestão da geração de energia distribuída (GD), etc. Um termo recente para o setor, incorporando as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, refere-se a Redes Elétricas Inteligentes (REIs), ou também conhecidas como *Smart Grids* (MARTINS *et al.*, 2018).

Martins *et al.* (2018, p. 72 – 73) definem as Redes Elétricas Inteligentes como “sistemas de distribuição e de transmissão de energia elétrica dotados de recursos de tecnologia da informação e comunicação e de elevado grau de automação, de forma a ampliar sua eficiência energética e operacional”, englobando as tecnologias habilitadoras citadas no subcapítulo 2.1.2.

Uma outra definição de REIs, é que ela representa “uma rede de distribuição de energia elétrica automatizada, com gestão integrada de sua infraestrutura e serviços, a qual possibilita a aquisição de informações e ações em tempo real” (SILVA, 2018, p. 34). Neste cenário, os autores Cavalcante e Almeida (2017) destacam que, com a utilização destas tecnologias, tem-se como objetivo buscar minimizar a necessidade da

interferência humana, trazendo mais segurança em atividades perigosas e maior precisão na execução de atividades específicas.

Dada a transversalidade da energia, para Colombo *et al.* (2017), o aumento da autonomia e conectividade tem potencial para contribuir na formação das chamadas cidades inteligentes, e isso pode ser estendido para o setor de energia elétrica. No entanto, o resultado deste avanço ainda não pode ser previsto com certeza, pois, como a própria Indústria 4.0 ainda possui diversas incógnitas, os setores que estão evoluindo neste sentido também compartilham de tais incertezas (SILVA, 2018; PEREIRA; ROMERO, 2017; BRETTEL *et al.*, 2014).

2.2 STARTUPS NO CONTEXTO DA ENERGIA ELÉTRICA, VOLTADAS PARA A INDÚSTRIA 4.0

A Indústria 4.0, como já apresentada, trouxe desafios também para o setor de energia elétrica, pois, tratando-se de um elemento essencial aos demais setores da economia, para que a I4.0 avance, exige-se também que a Energia 4.0 seja alcançada. Evoluindo a infraestrutura do setor de energia elétrica para um sistema *ciberfísico*, no sentido de buscar por novas fontes energéticas, de eficiência na alocação de recursos naturais, desafios ligados ao aumento da produção e consumo de energia elétrica, entre outros. Sendo assim, observa-se que, para que haja essa evolução na infraestrutura no setor de energia elétrica, a inovação pode ser uma base sólida para tais modificações, e neste ponto surgem as *startups* como elementos potenciais para este fim. De acordo com MCTIC (2017), as *startups* possuem em sua essência os conceitos da Indústria 4.0, conseqüentemente, estas também têm o potencial para viabilizar um ambiente propício à Energia 4.0.

Como definição de *startup*, podemos assumir que se trata de “uma instituição humana projetada para criar novos produtos e serviços sob condições de extrema incerteza” (RIES, 2019, p. 24). Estas instituições se utilizam de vários tipos de inovação tais como:

(...) descobertas científicas originais, um novo uso para uma tecnologia existente, criação de um novo modelo de negócios que libera um valor que estava oculto, ou a simples disponibilização do produto ou serviço num novo local ou para um conjunto de clientes anteriormente mal atendidos. (RIES, 2019, p. 25)

Existem algumas definições do termo *startups*, uma outra é que estas são “empresas nascentes de base tecnológica e de inovação que trabalham em condições de extrema incerteza” (ABSTARTUPS, 2019, p. 1). Apesar de não encontrarmos apenas uma forma de escrita do conceito, costuma-se verificar elementos como inovação e extrema incerteza associados a sua definição. Em Barroca (2012), as *startups* também possuem o termo inovação associado a sua definição, porém traz ainda a especificação de obterem altas taxas de crescimento.

Por Cavalcante, Rapini e Silva (2018) a *startup*, além de ser associada a algum tipo de inovação, ela pode ser definida:

[...] como uma empresa, ou empreendimento, que tenha superado a fase inicial de uma simples ideia de negócio e que esteja em seus estágios iniciais de estabelecimento e teste de um modelo de negócios e nos primeiros passos para estabelecer uma produção em escala mínima industrial/comercial. Não é absolutamente necessário que seja de pequeno porte, embora esse seja o tamanho mais comum, e talvez mais interessante, em que possa se apresentar. (CAVALCANTE; RAPINI; SILVA, 2018, p. 9)

Com tantos conceitos atribuindo a inovação às *startups*, pode-se visualizar essa como um elemento determinante de impacto em seu ambiente, mas de acordo com o MCTIC (2017, p. 4) “a inovação é um poderoso mecanismo de transformação da sociedade ao mesmo tempo em que a transformação social promove e estimula a inovação”, o que apresenta a complexidade e não linearidade da aplicação deste mecanismo.

Avançando para o desenvolvimento das *startups*, as aceleradoras e incubadoras são instituições que comumente são citadas quando se trata de *startups*. Apesar de muitas vezes serem consideradas como iguais, há diferenças no que se refere aos programas que cada uma oferece (BICUDO, 2016). As aceleradoras oferecem um programa de duração limitada, em geral, voltado a *startups* que já estão em processo de crescimento, ao passo que, as incubadoras atuam em estágios mais iniciais (ideia) do empreendimento (MATOS, 2017; SANTOS, 2016). Apesar de existirem diferenças, Sarmiento, Carvalho e Dib (2016) destacam que tanto as aceleradoras quanto as incubadoras oferecem apoio para o desenvolvimento das *startups*.

O auxílio destas é fundamental para o desenvolvimento das *startups*, pois, de acordo com Sarmiento, Carvalho e Dib (2016), nos primeiros anos de operação, existe uma alta taxa de mortalidade de *startups*, praticamente uma em cada quatro, não

sobrevivem. Desta forma, apesar de se tratar de um período determinado, a atuação das aceleradoras e incubadoras contribui para o aumento de chances de sobrevivência das *startups* (ZORTEA, 2016; PINTO, 2017).

Algumas dificuldades para a sobrevivência podem ser atribuídas às restrições de financiamento (CICCONI, 2014; BANLAKY, 2016; CABALZAR, 2016). A respeito disso, Cavalcante, Rapini e Silva (2018, p. 3) destacam que, devido ao fato de apresentarem um tamanho menor e receitas instáveis, as *startups* possuem “dificuldade em obter crédito via instituições financeiras tradicionais”. Trata-se de um fator limitante que prejudica tanto a ampliação do número de *startups* quanto o crescimento destas. Mesmo apresentando potencial ligado à inovação, dificilmente conseguem obter os mesmos benefícios e incentivos que as pequenas, médias e grandes empresas dispõem (SILVA, 2013; CAVALCANTE, 2015; ROMANI, 2014).

Como uma forma de contornar tal cenário, as *startups* se valem de fontes alternativas como: “capital próprio ou de amigos, *crowdfunding*, capital de risco, *private equity* e recursos de investidor anjo, entre outros” (CAVALCANTE, RAPINI E SILVA, 2018, p. 3). O financiamento das *startups* voltadas ao setor de energia elétrica trata-se de um ponto que deve ser observado, considerando que o desenvolvimento destas, pode se tornar um ponto relevante para o desenvolvimento da Energia 4.0.

De acordo com SENAI-PR (2017) e CGEE (2107), em exercícios de projeção do consumo de energia elétrica, avalia-se que este aumentará nas cidades, durante os próximos anos. O CGEE (2107) apresenta a possibilidade de até 2050 o consumo se apresentar como muito acima da atual capacidade instalada, e vem a impor um “desafio para o PD&I do setor que deverá estimular avanços e inovações, mas também grandes oportunidades de novos negócios para o setor e toda a sua cadeia produtiva” (CGEE, 2017, p. 22).

Neste sentido, o SENAI-PR (2017, p. 24) afirma que “esse acréscimo trará maiores benefícios e facilidades a rotina das cidades, mas promoverá o aumento das emissões de gases de efeito estufa bem acima dos níveis atuais”. Esse é um dos elementos discutidos no ODS 7, que leva à busca de direcionar os “esforços em prol da eficiência energética, da diversificação da matriz energética e da minimização do uso de combustíveis fósseis” (SENAI-PR, 2017, p. 24). Um elemento potencial para minimizar os problemas com relação à eficiência energética, apontado por Qin, Liu, Grosvenor (2016) e Rocha (2016), é que com a aplicação de tecnologias voltadas à Indústria 4.0, pode-se desenvolver plantas industriais inteligentes, em que a sua

completa integração gera um aumento de produtividade, eficiência na alocação de recursos e melhor performance competitiva.

No que se refere à diversificação da matriz energética e à minimização do uso de combustíveis fósseis, apesar de não disporem de benefícios tão amplos quanto os demais tamanhos de empresa, as *startups* têm se destacado em soluções para energias renováveis, gerando projetos que são aplicados e que podem desenvolver estudos de caso mais específicos (dedicados apenas a uma empresa ou setor). Não somente sobre energia, mas ao se pesquisar sobre o tema *startups*, é comum observar estudos mais delimitados, como indicado no Capítulo 1. Dentre os autores, podemos citar: Cardoso, Chebar e Beltrão (2018); Borges (2016); Costa Filho (2017); Cukier (2017); De Faria (2018); Silva (2018); Hall (2016); Geest (2015); Fernandes *et al.* (2015); Leonessa (2016); Machado (2018); Mariani (2014); Paula (2015); Pimentel Filho (2014); Espinoza (2012); Buckman (2015); Ramos (2017); Fernandes (2017); Falcão (2017) e Souto (2017).

Tais estudos têm como função esclarecerem dúvidas e trazem conhecimento sobre um determinado setor, assim podem nortear o desenvolvimento de novas *startups* com interesses similares (BRIGIDI, 2009; LÖW, 2011). De acordo com o IEDI (2018c), para a difusão do conteúdo da Indústria 4.0, o primeiro elemento elencado na agenda é que seja difundido o significado da Indústria 4.0 e das possibilidades que esta traz. Ampliando o conhecimento sobre o tema, espera-se que funcione como um estímulo inicial para que os setores avancem para o novo cenário.

Sobre as alterações de cenário, a aproximação das *startups* com as grandes empresas do setor de energia elétrica tem sido estimulada a partir da divulgação de chamadas públicas para seleção de *startups* e a partir de eventos expositivos voltados ao tema. Além de áreas voltadas às energias renováveis, as *startups* têm disponível uma diversidade de áreas de atuação, de interesse para a indústria, são elas: a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia, telecomunicações e tecnologia da informação (COPEL, 2017).

Apesar da existência de elementos potenciais para o desenvolvimento da Energia 4.0, existem limitações quanto ao financiamento e à falta de regulação específica, sobre as formas de interação das *startups* com indústrias tradicionais, que se apresentam como barreiras para uma maior interação entre estes atores. De acordo com Falcão (2017), existem falhas no Direito Brasileiro com relação às *startups*. O estímulo ao surgimento e desenvolvimento das *startups* para atuar no

setor de energia elétrica, bem como a regulação da interação entre a *startup* e a indústria do setor, tratam-se de elementos que necessitam de atenção no planejamento energético brasileiro, para que a Energia 4.0 seja alcançada e assim favorecer a transição das empresas dos demais setores para a Indústria 4.0.

De acordo com a 100 Open Startup (2017a, p. 18) a tendência em Parcerias Público-Privado “está no topo da lista por não haver nenhuma *startup* explorando esse modelo de relacionamento em que governo e entidades privadas se unem para um objetivo específico”. Apesar de as *startups*, bem como sua relação com a indústria no setor de energia elétrica (principalmente nos casos de empresas públicas), não ser bem delimitada, tem se notado um aumento do número de *startups* direcionadas ao setor, e estas têm se mostrado como agentes com potencial de propiciar soluções ligadas à pesquisa, desenvolvimento e inovação – PD&I (MCTIC, 2017).

IEDI (2018c, p. 29) reforça que “dada a intensidade de conhecimento das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 e a intensidade de serviços embutidos nessas tecnologias, as *startups* se tornaram importantes como desenvolvedores de tecnologias e suas aplicações”. O próprio MCTIC (2017) destaca a necessidade de se propor ações que venham a:

Propiciar condições de acesso e inserção das empresas brasileiras no ecossistema de manufatura avançada, com suporte da ciência, tecnologia e inovação para desenvolvimento de cadeias produtivas de setores econômicos estratégicos e promissores para o País, que atendam a demandas de alcance social. (MCTIC, 2017, p. 13)

A interação entre as *startups* e as empresas tradicionais ainda precisa ser melhor planejada, para que ambas possam impactar positivamente umas nas outras (AQUINO, 2015; MINATOGAWA, 2013; MARTINS, 2015). Durante a participação da autora no evento Smart City Expo Curitiba, em 2018, uma das preocupações expostas nas palestras, além da aproximação de grandes empresas com *startups*, era a de buscar soluções para que tal interação não leve ao desaparecimento das *startups* – compra da *startup* e não a negociação de seu produto ou serviço (BIONDI, 2012; CHASSAGNE, 2015; RIBEIRO, 2014).

Outro aspecto compartilhado é a ênfase na promoção das *startups* e pequenas empresas de base tecnológica, vistas como fontes de inovação radical e de mudanças estruturais. A encomenda governamental de novos produtos tecnológicos está sendo fortemente utilizada em países como Estados Unidos, Alemanha, China, Reino Unido e França para estimular a comercialização e ampliação da escala de produção. (IEDI, 2018d, p. 6)

A tentativa de aproximação de indústrias do setor de energia elétrica com o potencial das *startups* pode ser verificada, por exemplo, pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL) que, em 2017, abriu uma chamada pública para a seleção de *startups* voltadas ao setor de energia elétrica. Dentre as áreas de atuação estavam a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia, telecomunicações e tecnologia da informação. Segundo COPEL (2017, p. 3), a chamada foi elaborada com o objetivo de “prospectar empresas que apresentem soluções inovadoras e com potencial de impacto positivo no mercado, de crescimento rápido e contínuo [...], além de fomentar o ecossistema de *STARTUPS* nos ramos de energia e tecnologia”.

A ENEL, que possui três distribuidoras Rio de Janeiro, Ceará e Goiás, em 2017, também lançou uma chamada para *startups*, intitulada *Energy Start*. Esta chamada teve como objetivo “prospectar *startups*, pequenas e médias empresas que apresentem soluções inovadoras” (ENEL, 2017, p.1), além da intenção de estimular o ecossistema de *startups* do setor.

A AES Tietê, em sua Chamada Pública nº 02/2018, buscou *startups* que, nas palavras apresentadas na chamada, “possua projetos, produtos, processos, modelos de negócio, software, hardware ou qualquer outro objeto de inovação na área de produção, geração, comercialização, gestão ou distribuição de ENERGIA e que possam agregar valor aos negócios da AES TIETÊ e ao setor elétrico (AES TIETÊ, 2018, p.10).

Mais recentemente, a Eletrobras publicou o Edital Lab Procel – 02/2020¹⁴, com o objetivo de “fomentar e intermediar oportunidades para o desenvolvimento de projetos de inovação tecnológica junto a *startups*, micro e pequenas empresas inovadoras, a fim de estruturar negócios e disponibilizar para a sociedade soluções e/ou produtos com ênfase na eficiência energética” (ELETROBRAS, 2020b, p. 2).

Nos exemplos citados, o fato de a intenção de fomentar os ecossistemas de *startups* no setor de energia elétrica ser apresentado como objetivo, demonstra o interesse por parte do setor para que a aproximação da indústria com as *startups* não seja pontual e rara (CARDOSO, 2016; MAGNI, 2016), podendo ser uma ferramenta que venha favorecer a transição para a Energia 4.0 e conseqüentemente apoiar a migração das empresas dos demais setores para Indústria 4.0.

¹⁴ O edital foi atualizado no dia 20 de agosto de 2020 (ELETROBRAS, 2020b).

No quadro 1, estão apontadas as áreas para a atuação das *startups* indicada nos editais de chamada pública aqui citados. Possibilitando a verificação de que as áreas direcionadas à Indústria 4.0 estão sendo buscadas de forma específica, dentre elas: a Tecnologia da informação; digitalização (IoT); automação e simulação, entre outras. Vale destacar que, para a presente tese, foram pesquisados apenas editais publicados por organizações específicas do setor de energia elétrica brasileiro e voltados para *startups*.

Quadro 1 – Áreas para atuação das *Startups* no setor de energia elétrica

Instituição/Edital	Área para atuação da <i>startup</i>
COPEL Chamada Pública para seleção de <i>Startups</i> Copel nº 05/2017	Geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia, telecomunicações e tecnologia da informação.
ENEL Energy Start 2017	Digitalização (IoT), energias renováveis, Desenvolvimento social, <i>fintech</i> ¹⁵ , Eficiência energética, cidades inteligentes + mobilidade elétrica.
COPEL Chamada Pública Copel para <i>Startups</i> – 001/2018	Geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia, telecomunicações e tecnologia da informação.
AES Tietê Chamada Pública nº 02/2018	Produção, geração, comercialização, gestão ou distribuição de energia.
ELETROBRAS Edital Lab Procel – 02/2020	Automação e simulação, química e meio ambiente, solda, construção civil, sistemas virtuais de produção, inspeção e integridade, biossintéticos e fibras, outras.

Fonte: Autoria própria (2020)

As áreas apresentadas no Quadro 1, indicam uma mudança no perfil das *startups* a serem consideradas para atuação no setor de energia elétrica, isso envolve parte da modernização do setor (ANACE, 2019b). De acordo com a ANACE (2019a, p. 1), no Brasil “a ANEEL tem apoiado iniciativas em direção à modernização do setor elétrico através de editais estratégicos de P&D, cabe destacar aquelas baseadas em três diretrizes: digitalização, descentralização e descarbonização”. Diretrizes ligadas diretamente à Indústria 4.0.

¹⁵ O termo *fintech* trata-se de uma contração de "tecnologia financeira" e pode ser considerado como um facilitador de inovações para o setor de serviços financeiros (PUSCHMANN, 2017).

Além das chamadas de *startups*, feitas pelo setor de energia elétrica, outras ações podem fomentar este ecossistema, trazendo o tema para discussão em eventos expositivos, tais como: congresso, workshops, seminários, palestras, feiras e painéis. Mas, para que a Energia 4.0 seja alcançada, é necessário que esta discussão seja incorporada na elaboração do planejamento energético.

2.3 RELAÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS COM OS TEMAS ENERGIA ELÉTRICA, *STARTUP* E INDÚSTRIA 4.0

O estímulo dado, para que haja a integração entre *startups* e grandes empresas do setor energético, pode partir da governança, que é caracterizada por Souza (2018, p. 4) como sendo um “conjunto de processos, políticas, leis, regulamentos e instituições que regulam a maneira como a energia é dirigida, administrada ou controlada”. Com a expectativa de mudança no cenário atual, com o advento da Indústria 4.0, IEDI (2018c, p. 4) destaca que o debate sobre políticas voltadas a esse cenário, no Brasil, “é uma imposição nesse momento em que o país busca um direcionamento para seu desenvolvimento econômico e social”.

Sobre a regulamentação brasileira, no contexto da Indústria 4.0, o MCTIC (2017) aponta que:

No Brasil o tema regulação é bastante controverso, em razão do excesso de regulamentação, ausência de coerência regulatória e desconhecimento das empresas sobre o tema. Neste contexto, além de várias regulamentações serem inadequadas ao ecossistema de manufatura avançada, uma vez que estas foram aprovadas em outra conjuntura produtiva, existem lacunas na regulação motivadas pela presença deste novo ecossistema. (MCTIC, 2017, p. 39)

De acordo com Lincot (2012) e Souza (2018), da mesma forma que se abordou ao longo deste capítulo a abrangência e integração existentes na Indústria 4.0, as políticas públicas necessitam de alinhamento com a construção de uma rede integrada, envolvendo diversos setores e atores diversos. E isso se trata de uma necessidade considerando a perspectiva apresentada em MCTIC (2017), a qual indica que não há a possibilidade de os setores se manterem estáticos, pois, caso não avancem no sentido de alcançar a Indústria 4.0 pode-se perder a competitividade e conseqüentemente serem excluídos da concorrência mundial. Desta forma, há a

necessidade de se “incentivar a articulação de políticas públicas para o desenvolvimento do conhecimento demandado” (100 OPEN STARTUP, 2017a, p. 7).

No que se refere à regulamentação, Feigelson, Nybø e Fonseca (2018) apontam que na integração entre *startups* e empresas privadas, apesar de não existir no direito brasileiro leis específicas para este caso, são adaptados os conteúdos voltados ao direito empresarial. Tal situação motivou o trabalho de Falcão (2017), como uma crítica da lacuna existente no setor jurídico para esses casos. No entanto, mesmo diante desta dificuldade, a busca por novas fontes de energia para exploração, em específico as renováveis, fez com que os incentivos fossem incorporados nas políticas públicas.

Destaca-se assim, a chamada Geração Distribuída (GD) que, de acordo com o INEE (2018), corresponde à descentralização da geração de energia envolvendo a participação do consumidor final. De acordo com Souza (2018, p. 19) os setores associados à GD são:

- Geradores que usam como fonte de energia, resíduos combustíveis de processo;
- Geradores de emergência;
- Geradores para operação no horário de ponta;
- Painéis fotovoltaicos;
- Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCH's.

A geração distribuída possibilitou que as *startups* atuassem junto aos consumidores, com o enfoque em energias renováveis. Os incentivos vão desde incentivos fiscais até marco regulatório, que propicia uma maior clareza na relação entre os atores envolvidos. No quadro 2, adaptado a partir de Souza (2018), é possível verificar a cronologia do marco regulatório brasileiro, referente à geração distribuída.

Quadro 2 – Cronologia do marco regulatório brasileiro na área da geração distribuída, de 1988 a 2017

Ano	Marco Regulatório
1988	CONSTITUIÇÃO FEDERAL
1995	Lei 9.074, de 07 julho de 1995
1996	Decreto 2.003, de 10 de setembro de 1996
1999	ANEEL RESOLUÇÃO Nº 112, de 18 de maio de 1999
2002	Lei 10.438, de 23 e abril de 2002
2004	Lei 10.848, de 15 de março de 2004 Decreto nº 5.163, de 30 julho de 2004
2009	Lei 12.111, de 09 de dezembro de 2009
2010	Consulta Pública n.º 15/2010
2011	Audiência Pública n.º 42/2011
2012	ANAEEEL Resolução Normativa n.º 482/2012
2015	ANEEL Resolução Normativa n.º 687/15 Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica - Incentivo do MME à GD
2016	Lei 13.280 de maio de 2016
2017	ANEEL Resolução Normativa nº 786, de 17 de outubro de 2017 Alteração do inciso II do artigo 2º da Resolução 482/2012

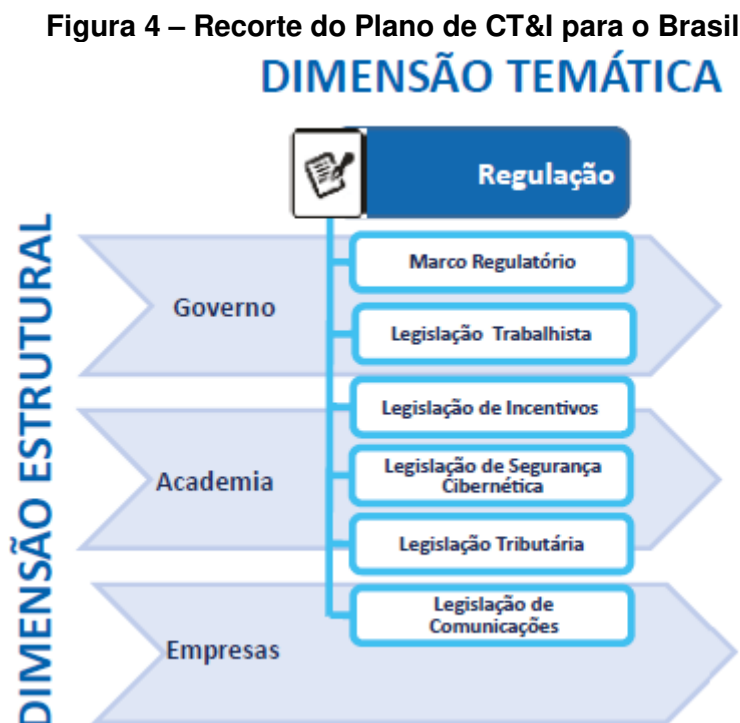
Fonte: Adaptado de Souza (2018, p. 22-23)

No quadro 2, até o ano de 2002 a regulamentação correspondeu a questões energéticas gerais. Mas no ano de 2004, com a Lei 10.848, de 15 de março de 2004 e o Decreto nº 5.163, de 30 julho de 2004 a geração distribuída foi efetivamente focada. Com a Lei 10.848/2004, foi “criada a figura do Gerador Distribuído e delineado o mercado de energia que seria atendido por estes geradores” e com o Decreto nº 5.163/2004 “surge, oficialmente, a primeira definição de GD” (SOUZA, 2018, p.22).

Tal evolução da regulamentação para a GD demonstra que o interesse público pode levar à elaboração de instrumentos para estimular o desenvolvimento de um objeto específico. Desta forma, a intensificação das discussões envolvendo a relação das *startups* com a Energia 4.0 pode resultar em instrumentos que venham a favorecer a Indústria 4.0 no setor.

O MCTIC (2017), ao apresentar o plano de CT&I para o Brasil no contexto da Indústria 4.0, sinaliza que “podem existir diferentes recortes para representação de uma política, que podem ser eixos, pilares ou dimensões, conforme seja mais objetivo e didático para o entendimento e aplicação da política” (MCTIC, 2017, p. 7). No mesmo documento são apresentadas as dimensões, estrutural e temática, que norteiam o

conteúdo desenvolvido em MCTIC (2017). Na Figura 4 é possível observar a dimensão temática Regulação e os elementos estruturais envolvidos.



Fonte: adaptação de MCTIC (2017, p. 9)

A dimensão temática regulação, como apresentada na Figura 4, tem seus elementos-foco que perpassam pela dimensão estrutural, composta pelo governo, academia e empresas. As indicações para o desenvolvimento de uma regulação voltada para a Indústria 4.0 foram: Marco regulatório; Legislação trabalhista; Legislação de incentivos; Legislação de segurança cibernética; Legislação tributária; e Legislação de comunicações. A formulação destes apontamentos é direcionada ao planejamento na área de CT&I, contudo, dada a abrangência do tema inovação, estes também são passíveis de aplicação no setor de energia elétrica.

Além das leis relacionadas à geração distribuída, pode-se citar a Lei 9.991 de 2000 (Lei de eficiência energética), que desde sua instauração sofreu mais de dez modificações, sendo a última pela Lei 13.280 de maio de 2016. No entanto, a partir de MCTIC (2017) e Brasil (2000; 2016) vê-se que apesar do contexto de Indústria 4.0, ainda não foram incorporados elementos do novo ecossistema em desenvolvimento, mantendo as lacunas na regulação.

2.4 PARADIGMAS TECNOLÓGICOS E REVOLUÇÕES TECNOLÓGICAS

Como visto, até o momento, quando se trata da sociedade e sua evolução no tempo, as mudanças são uma “constante”. Elas surgem como forma de se tentar atender a uma nova demanda, ou solucionar um problema, e assim, a alteração do cenário acaba sendo inevitável. Isso pode ser observado nas políticas públicas, na Indústria 4.0 e até mesmo no surgimento de *startups* voltadas para o setor de energia elétrica brasileiro, citando aqui os assuntos pertinentes a essa tese.

A partir do reconhecimento dessas mudanças, para uma melhor compreensão dos elementos que envolvem esta pesquisa, recorreu-se aos paradigmas tecnológicos e às revoluções tecnológicas.

Para se falar de paradigmas tecnológicos, desenvolvido por Giovanni Dosi em 1982, faz-se necessário conhecer um pouco do paradigma científico de Thomas Kuhn (KUHN, 1962). Este desenvolveu uma teoria científica destacando aspectos como complexidade e revolução. Thomas Kuhn formou-se em física na Universidade de Harvard, chegando a obter o doutorado nesta área, bem como produzindo artigos (WALTER; DA ROCHA, 2011).

No entanto, posteriormente, Kuhn direcionou seus estudos para a história e a filosofia da ciência, chegando a atuar nas universidades de Berkeley, Princeton e Harvard (MENDONÇA; VIDEIRA, 2002). Foi em 1962, de acordo com Da Silva (2000), como resultado de quinze anos de estudo, que Kuhn lançou sua obra *The structure of scientific revolutions – Estruturas das Revoluções Científicas –*, trazendo o termo paradigma para o estudo das ciências. No Brasil, a versão em português foi publicada em 1976 (WALTER; DA ROCHA, 2011).

Para Kuhn (2017) as revoluções científicas seguem uma estrutura que se repete com o passar do tempo, sendo que a ciência é tratada como de caráter revolucionário e não cumulativo. As fases desta estrutura, indicadas por Kuhn (2017), podem ser citadas como sendo: ciência normal, crise, pré-paradigmática e revolução científica. Sobre estas fases, Walter e Da Rocha (2011) destacam que:

Kuhn descreve o paradigma como uma realização científica que se torna modelo para as demais pesquisas daquela área; a ciência normal, como o período em que tal paradigma permanece vigente na ciência e no qual são realizados estudos para aperfeiçoamento desse paradigma; e a revolução científica como o momento de crise no qual o paradigma vigente é substituído por um novo paradigma mais eficiente. (WALTER; DA ROCHA, 2011, p. 12)

A ciência normal, presente na citação, refere-se a uma fase em que paradigmas já estão estabelecidos e as pesquisas são desenvolvidas com regras e padrões comuns. Para Kuhn (2017), essa fase reflete o amadurecimento do paradigma, decorrente de um consenso dos pesquisadores, após período de divergências, em que outras teorias foram substituídas. As pesquisas desenvolvidas durante a ciência normal acabam aprimorando o paradigma e permitindo que as definições sejam mais claras e uniformes (KUHN, 2017; SOUTINHO; ROSÁRIO, 2016; WALTER; DA ROCHA, 2011).

Sobre a pesquisa desenvolvida na ciência normal, Kuhn (2017) afirma que:

Homens cuja pesquisa está baseada em paradigmas compartilhados estão comprometidos com as mesmas regras e padrões para a prática científica. Esse comprometimento e o consenso aparente que produz são pré-requisitos para a ciência normal, isto é, para a gênese e a continuação de uma tradição de pesquisa determinada. (KUHN, 2017, p. 30)

Kuhn (2017) compara a ciência normal à ação de se solucionar quebra-cabeças, os quais os pesquisadores acabam tendo um número limitado de soluções e, sob o paradigma estabelecido, buscam formas de resolução que ainda não foram visualizadas pelos demais, seguindo as regras vigentes, nesse momento, com um efeito cumulativo. Essa metáfora com o quebra-cabeça, indica uma limitação na forma de se responder as questões. Contudo, Walter e Da Rocha (2011) destacam que, apesar de a ciência normal ser determinada por regras que advém do paradigma vigente, há uma parte que não necessariamente é determinada dessa forma, o que pode abrir espaço para soluções que não se associam ao paradigma em vigor.

No momento em que a ciência normal não é mais explicada de forma suficiente pelo paradigma vigente, surgem resultados que violam o paradigma atual, as chamadas anomalias, dando início a um período de crise (KUHN, 2017). Esse é o período que, “quando a resolução dos quebra-cabeças da ciência normal não é possível, ela permite o surgimento de novos paradigmas” (WALTER; DA ROCHA, 2011, p.15).

Para Kuhn (2017), as crises podem apresentar três desfechos:

Algumas vezes a ciência normal acaba revelando-se capaz de tratar do problema que provoca crise, apesar do desespero daqueles que o viam como o fim do paradigma existente. Em outras ocasiões o problema resiste até mesmo a novas abordagens aparentemente radicais. Nesse caso, os cientistas podem concluir que nenhuma solução para o problema poderá surgir no estado atual da área de estudo. O problema recebe então um rótulo e é posto de lado para ser resolvido por uma futura geração que disponha de instrumentos mais elaborados. Ou, finalmente, o caso que mais nos interessa: uma crise pode terminar com a emergência de um novo candidato a paradigma e com uma subsequente batalha por sua aceitação. (KUHN, 2017, p. 115)

Assim, as sucessivas pesquisas buscando solucionar a anomalia levam a descobertas que, ao se distanciar do paradigma estabelecido, indicam a necessidade de um novo paradigma, o que pode ser chamado de período pré-paradigmático, um período de transição para o surgimento de um novo paradigma (KUHN, 2017; WALTER; DA ROCHA, 2011).

Tanto os períodos pré-paradigmáticos, como durante as crises que conduzem a mudanças em grande escala do paradigma, os cientistas costumam desenvolver muitas teorias especulativas e desarticuladas, capazes de indicar o caminho para novas descobertas. Muitas vezes, entretanto, essa descoberta não é exatamente a antecipada pela hipótese especulativa e experimental. Somente depois de articularmos estreitamente a experiência e a teoria experimental, pode surgir a descoberta e a teoria converter-se em paradigma. (KUHN, 2017, p. 87-88)

Somando à citação acima, Kuhn (2017, p. 72-73) afirma que o “período pré-paradigmático, em particular, é regularmente marcado por debates frequentes e profundos a respeito de métodos, problemas e padrões de solução legítimos – embora esses debates sirvam mais para definir escolas do que para produzir um acordo”.

Por fim, a revolução surge no momento em que se adota um novo paradigma em substituição ao anterior, o qual consegue explicar as anomalias identificadas no período de crise. De acordo com Kuhn (2017, p. 137), pode-se considerar “a revolução científica como sendo um deslocamento da rede conceitual através da qual os cientistas vêem o mundo”, e esse deslocamento trata-se da, já citada, mudança de paradigma, onde o novo se torna tão completo quanto o anterior.

O paradigma científico assumido na revolução, quando se estabelece como ciência normal, acaba tendo suas características distantes do paradigma observado na ciência normal anterior, trazendo aqui a característica de uma ciência revolucionária e não cumulativa (a qual é submetida apenas ao aperfeiçoamento). Isso

impacta também na percepção do pesquisador, o qual precisa alterar, ou seja, agir de uma forma diferente de como procedia na ciência normal anterior, para aderir à ciência normal em vigor (KUHN, 2017; WALTER; DA ROCHA, 2011).

Como dito inicialmente, é a partir do conceito de paradigma científico, de Kuhn, que Giovanni Dosi (1982) sugeriu o chamado paradigma tecnológico, a fim de procurar “explicar os determinantes, procedimentos e direções da mudança técnica e a transformação industrial, assim como os efeitos sobre o desempenho industrial e a mudança estrutural” (SOUTINHO; ROSÁRIO, 2016, p. 26).

Nas palavras de Dosi (2006, p. 41), o paradigma tecnológico é definido como “um ‘modelo’ e um ‘padrão’ de solução de problemas tecnológicos selecionados, baseados em princípios selecionados, derivados das ciências naturais, e em tecnologias materiais selecionadas”. O modelo sugerido por Dosi (1982) acaba auxiliando na interpretação das variáveis em torno da mudança técnica, podendo explicar, por exemplo: o papel da continuidade ou descontinuidade de uma tecnologia; a inovação radical versus inovação incremental; e os paradigmas tecnológicos em vigor versus paradigmas tecnológicos emergentes (DOSI, 1982).

Segundo Oliveira (2017b, p. 11) “uma alteração de paradigma consiste numa alteração radical das práticas de engenharia e gestão consideradas como sendo as melhores em termos de produtividade e rentabilidade”. E essa mudança de paradigma, como o tecnológico, segundo Dosi (1982; 2006), historicamente acaba tendo relação com a evolução social e econômica, a qual revela novas questões ou problemas a serem solucionados e que podem não ser atendidos pelo paradigma tecnológico em vigor. Nesse sentido, com o olhar sobre o efeito da mudança de paradigma, Quintella e Dias (2002, p. 910) citam que “períodos de quebra de paradigmas tecnológicos trazem consigo toda uma onda de novos produtos e processos, envolvendo mudanças fundamentais na sociedade”.

De acordo com Dosi (1982; 2006), neste processo de quebra, ou mudança, acaba existindo uma competição entre os paradigmas tecnológicos, mas não resumida ao paradigma tecnológico antigo e o novo, que o irá substituir, e sim uma competição entre o paradigma tecnológico antigo e os paradigmas tecnológicos potencias, que podem, ou não, assumir como paradigma tecnológico a vigorar.

O paradigma tecnológico é considerado por Dosi (2006), se comparado ao paradigma científico de Kuhn, como sendo mais limitado, isso se deve ao fato de ter como foco o elemento tecnologia, ou seja, considerando a ciência como um elemento

mais abrangente. No caso, por exemplo, da analogia kuhniana da ciência com quebra-cabeças, no caso da tecnologia, Dosi (2006) cita que estes, no paradigma tecnológico, podem ser vistos mais como divididos em *clusters*, ou seja, como tecnologias em áreas específicas, como: na energia, na química, no transporte, entre outros.

Ao observarmos a adoção de um paradigma tecnológico e o progresso das tecnologias em torno deste paradigma, como sugerido por Dosi (1982), temos uma trajetória tecnológica, a qual pode ser definida como o padrão de atividade normal de resolução de problemas com base em um paradigma tecnológico. Este ponto equivale à ciência normal de Kuhn.

Contudo, assim como a ciência, o fato da existência de lacunas na tecnologia que podem não ser explicadas pelo paradigma tecnológico vigente, isso faz com que a busca por soluções leve a novos paradigmas que sejam mais eficientes e que melhorem os *trade-off*. Alguns elementos podem acabar influenciando o novo olhar sobre o paradigma tecnológico, como: questões econômicas das organizações envolvidas em pesquisa e desenvolvimento; a história tecnológica; variáveis institucionais como as advindas de âmbito militar, político, entre outros. Dosi (1982; 2006), neste ponto, enfatiza que as políticas públicas desempenham um papel importante no estabelecimento de uma trajetória tecnológica específica.

À medida que se aumenta a confiança, para que ocorram as novas tecnologias, é que se pode verificar um direcionamento para a implementação de um novo paradigma (FREEMAN; PEREZ, 1988; OLIVEIRA, 2017b). Cabe ressaltar que um novo paradigma permite que haja avanço tecnológico e a forma como esse se dá acaba ditando o amadurecimento da indústria em um país, bem como sua forma de participação no mercado internacional. Neste sentido, Viotti (2002, p. 658) aponta que “o motor dinâmico da industrialização tardia é o aprendizado tecnológico, em vez de inovação”, ou seja, a inovação possibilita o destaque do modelo de industrialização frente a outros mercados.

Em se tratando de inovação, Schumpeter trouxe a tecnologia como um elemento que, em sua implementação, deve ter seus custos e limitações considerados, ou seja, “que a tecnologia fosse vista como um bem que incorpora um sistema produtivo em sua criação” (QUINTELLA; DIAS, 2002, p. 909). Visão reforçada por Dosi (1982), quando assume o processo de inovação, em si, como sendo algo que afeta a estrutura industrial e molda a transformação desta.

As inovações podem ser de carácter incremental ou radical. Pode-se associar as inovações incrementais, ou seja, inovações sem uma modificação significativa na tecnologia, à própria trajetória tecnológica, direcionada pelo paradigma tecnológico em vigor, ao passo que as inovações radicais é o que permite a revolução tecnológica. Perez (2010) e Oliveira (2017b), sobre esse assunto, ressaltam que quando surgem inovações radicais, estas surgem em uma versão menos completa do que a formalizada em período anterior, o que faz com que, havendo a adoção desta inovação radical, esta fica sujeita a ser aperfeiçoada por inovações incrementais.

A Indústria 4.0, como já apontado, refere-se também à chamada Quarta Revolução Industrial. Mas, apresentado o contexto do paradigma tecnológico, pode-se observar que autores como Johnson-Bey (2013), Perez (2004) e Silva e Di Serio (2015) delimitam um maior número de revoluções tecnológicas do que as indicadas na indústria. Ao todo, Perez (2004) afirma que já ocorreram cinco revoluções tecnológicas, ao longo dos últimos 200 anos.

- A primeira delas corresponde à Revolução Industrial do século XVIII, a qual ficou marcada pela abertura de canais e vias fluviais;
- A segunda, já no século XIX, ficou conhecida como a era do vapor e das ferrovias;
- A terceira, ao final do século XIX, pela era do aço, da eletricidade e da engenharia pesada;
- A quarta, no início do século XX, pela era do petróleo, do automóvel e da produção em massa;
- A quinta, nos anos 1970, pela era da informática e das telecomunicações.

Atualmente, dando sequência à divisão indicada por Perez (2010), de acordo com Johnson-Bey (2013), Bastos (2012) e Toledo (2019), na última década demos os primeiros indicativos para uma sexta revolução tecnológica, a qual coincide com a Indústria 4.0. A sexta revolução tecnológica traz as questões socioambientais, conseqüentemente ligadas à sustentabilidade.

Assim como apresentado sobre a mudança de paradigma tecnológico, a revolução tecnológica também não se trata de um processo linear e sim de um

processo complexo para se identificar qual tecnologia responde melhor às novas necessidades. Tal mudança se depara com a resistência dos atores, acostumados à tecnologia instituída no período em que aquela permanecia em um estágio como o da ciência normal (JOHNSON-BEY, 2013; BASTOS, 2012; TOLEDO, 2019).

As cinco revoluções tecnológicas citadas, bem como as revoluções industriais anteriores, tiveram como característica principal, o fato de que as tecnologias que se destacaram foram desenvolvidas por países centrais (desenvolvidos). Desta forma os demais países participaram de forma tardia destas revoluções e, resgatando Viotti (2002), restando apenas o aprendizado tecnológico, ao invés de inovação. Em entrevista a Porto (2010), Carlota Perez afirma que é possível antecipar a ocorrência de uma revolução, pois trata-se de um processo lento em que, através dos testes de novas tecnologias, é possível prever a mudança.

O fato de esta sexta revolução tecnológica ter sido precedida da revolução que ficou conhecida como a era da informática e das telecomunicações, traz um diferencial frente às demais revoluções, pois, considerando a globalização, o compartilhamento de informações permite que tanto os países desenvolvidos, quanto em desenvolvimento, tenham chances de surgir com uma tecnologia que se destaque nessa nova revolução (SILVA; DI SERIO, 2015). Sobre isso Toledo (2019) cita que:

A proximidade da sexta revolução tecnológica, e a inevitabilidade da mudança climática, podem reduzir os diferenciais de domínio tecnológico entre países centrais e periféricos, pois a simultaneidade dessas transformações tende a tornar obsoletas as tecnologias existentes e a exigir todo um conjunto de novos conhecimentos. (TOLEDO, 2019, p. 54)

Como apontado, existe a possibilidade da redução da disparidade entre os países, podendo mudar o eixo da dependência tecnológica, contudo os esforços e investimentos em conhecimento e em tecnologias disruptivas, que modifiquem o paradigma, devem ser priorizados. No entanto, como comentado, os investimentos em novas tecnologias, que fogem ao comumente aplicado durante a trajetória tecnológica, só passam a ser internalizados a partir do momento em que se confirma o sucesso desta, ou seja, quando se verifica a existência de retornos do investimento. Neste contexto, cabe a afirmação de Dosi (1982; 2006), destacando a importância das políticas públicas para guiar uma trajetória tecnológica específica.

Em Freeman (1991), corroborando o apresentado até o momento, afirma-se que a nova tecnologia necessita de um longo período de tempo para o seu amadurecimento e, conseqüentemente, para conseguir competir com as tecnologias já estabelecidas. Frente a isso, cabe destacar que não se deve ter como expectativa, que a nova tecnologia seja perfeita e completa logo de início. Sobre isso, Chalmers (2011) ressalta que:

[...] não há motivo algum, a priori, para que se espere que um paradigma seja perfeito, ou mesmo o melhor disponível. Não existem procedimentos indutivos para se chegar a paradigmas perfeitamente adequados. Conseqüentemente, a ciência deve conter em seu interior um meio de romper um paradigma para um paradigma melhor, esta é a função das revoluções. (CHALMERS, 2011, p. 134)

As mudanças verificadas nas revoluções tecnológicas, ou mesmo nas industriais, podem ser observadas no crescimento econômico, o qual é uma variável que pode demonstrar o êxito ou não de uma tomada de uma decisão. Freeman e Soete (2014) apontam que “uma fonte de crescimento mais diretamente óbvia é a inovação tecnológica, que em sim mesma, depende da quantidade de recursos dedicados à P&D e a outras atividades geradoras de conhecimentos” (FREEMAN; SOETE, 2014, p. 556). Os autores também afirmam que o crescimento:

[...] pode também ser realizado por meio de bens público e infra-estrutura; pode-se mencionar atualmente as redes de comunicações, os serviços de informação, etc. Estes bens aumentam a produtividade dos fatores privados. A possibilidade do uso simultâneo destes bens por um grande número de agentes transforma-os em bens públicos no sentido tradicional da palavra. Eles são produzidos por instituições sociais e financiados por meio de impostos. A política de bens públicos assume uma importância crucial para a provisão destes bens. (FREEMAN; SOETE, 2014, p. 557)

Pode-se dizer que estes bens públicos acabam por amenizar a resistência inicial para a troca de paradigma, apesar de não ser uma ação que sozinha possa sanar os entraves para o novo paradigma, funciona como um guia que pode estimular as ações privadas.

Quando se fala de estímulos, crescimento e desenvolvimento, por exemplo, pode-se encontrar análises que explicitam um círculo virtuoso, no qual se observa que com o incentivo sobre um ator, ou elemento, presente a um determinado círculo, alcança-se uma melhora, e que esta estimula outro ator, e assim por diante, apresentando um sistema que se retroalimenta e que reage positivamente aos

incentivos, por isso o termo virtuoso. Freeman e Soete (2014) trazem a análise do círculo virtuoso, advindo da economia, para o comportamento frente às externalidades das tecnologias.

Como resultado Freeman e Soete (2014) apontam que na existência de investimento, aumenta-se a produtividade, incluindo a variedade de produtos, conduzindo a uma elevação da demanda e à busca por novos bens, o que permite novos investimentos e assim por diante. Nas palavras dos autores, “no processo produtivo, pode-se entender que o círculo virtuoso tem início a partir de uma decisão estratégica de reorganização, por meio da qual a companhia espera melhorar sua competitividade (...)” (FREEMAN; SOETE, 2014, p. 558).

Com relação à tecnologia, em antigos modelos de crescimento econômicos, a inovação tecnológica tinha um papel secundário, como se fosse apenas um produto, “ou resíduo”, do próprio sistema. No entanto, com o passar do tempo, os modelos de crescimento passaram a atribuir maior relevância à inovação tecnológica. Desta forma, as questões relacionadas aos investimentos, que podem ser direcionados para uma inovação incremental, ou mesmo, para uma inovação radical, que leve a uma mudança de paradigma tecnológico, por exemplo, passam a ganhar destaque tanto no âmbito micro, quanto no âmbito macroeconômico (FREEMAN; SOETE, 2014).

Em uma análise específica, em Porto (2010, p. 64), Carlota Perez destaca que a América Latina poderia se valer de “suas riquezas naturais para se especializar, cada vez mais, em processos de alta tecnologia e na criação de múltiplas especialidades de nicho de alto valor”, como uma forma de se destacar na nova revolução. Ainda de acordo com Porto (2010), se o Brasil decidisse avançar, no sentido de investir em alta tecnologia, poderia assumir uma liderança do continente de forma natural, se assemelhando com a posição que a China assumiu no continente asiático.

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O REFERENCIAL TEÓRICO

No decorrer deste capítulo foi apresentada a trajetória da chamada Indústria 4.0 até o presente momento, ou seja, desde o seu desenvolvimento na Alemanha até a sua popularização internacional. Conhecida também como a 4ª Revolução Industrial, a Indústria 4.0 apresenta estratégias de desenvolvimento sustentável,

apostando na integração dos diversos atores e setores para ampliar o fluxo e a análise de dados, em benefício de ações mais assertivas. O resultado que se espera é que, ao se alcançar a Indústria 4.0, possa se obter mais eficiência nos processos e a melhoria de questões como as socioambientais.

Diferente das revoluções industriais anteriores, que tiveram tecnologias disruptivas que marcaram suas transições, a quarta revolução caracteriza-se pela utilização de tecnologias já existentes, cuja a forma de aplicação mostra-se diferenciada. A conectividade entre máquinas, o aumento excepcional na quantidade de dados coletados e o seu tratamento visando resultados não só quantitativos, mas também qualitativos, fazem com que processos, de tomada de decisão por exemplo, sejam otimizados.

Dentre as tecnologias utilizadas, algumas têm ganhado destaque, e por se tratarem de fundamentais para o avanço da Indústria 4.0, têm sido classificadas como tecnologias habilitadoras. É importante ressaltar que não se trata de um conjunto rígido de tecnologias, pois, ao longo do tempo, outras também podem ganhar destaque. Mesmo as tecnologias que são citadas na presente pesquisa podem ser mais, ou menos, utilizadas de acordo com as necessidades e especificidades da área ou setor a serem aplicadas.

Neste capítulo foram citadas e comentadas as seguintes tecnologias habilitadoras:

- Sistemas Ciberfísicos (*Cyber-Physical Systems* - CPS);
- Fábricas Inteligentes (*Smart Factories*);
- Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT);
- Internet das Coisas Industrial (*Industrial Internet of Things* - IIoT);
- Internet de Serviços (*Internet of Services* - IoS);
- *Big Data* e Computação em Nuvem (*Cloud Computing*);
- Inteligência Artificial (IA);
- Robótica Avançada;
- Manufatura Aditiva.

Dentre estas, algumas podem ser sublinhadas por se tratarem de tecnologias que apresentam um caráter estruturante, ou seja, que acabam sendo essenciais para o desenvolvimento das demais tecnologias. Esse é o caso, por exemplo, da Internet

das Coisas, cuja relevância é destacada em diversos setores que buscam alcançar a Indústria 4.0.

Com a intensificação e ampliação do uso das tecnologias citadas, verifica-se uma maior eletrificação dos sistemas, ou seja, processos em que antes poderia não ser essencial o acesso ao fornecimento de energia elétrica, passam a depender desta. Nesse cenário, a eficiência, segurança e qualidade no setor de energia elétrica acabam sendo ainda mais necessárias.

Vale observar que se tem a modernização das tecnologias buscando a eficiência energética, ou seja, minimizando o desperdício e o consumo de energia elétrica pelos equipamentos. Em contrapartida a previsão do aumento da demanda de energia elétrica permanece crescente e isso se deve ao fato do aumento do número de equipamentos a serem integrados nos processos. Desta forma, é possível verificar que o setor de energia elétrica permanecerá com a sua estrutura sendo cada vez mais exigida.

Ao ser apresentado o cenário e os conceitos, advindos da Indústria 4.0, este capítulo avançou também sobre a relação destes com setor de energia elétrica. Isso porque, assim como os demais, o setor de energia elétrica também necessita ter tecnologias que estejam adequadas à Indústria 4.0, para que possa haver interoperabilidade, ou seja, transferências e utilização de informações de forma eficiente entre as organizações.

Há a necessidade de modernização da infraestrutura, do setor de energia elétrica, e por este ser composto por grandes empresas, em geral, de caráter público, a tomada de decisão, o custo e a burocracia para se renovar o sistema, acabam sendo mais complexos do que em organizações menores e/ou sem vínculo público. Tais mudanças são necessárias na geração, transmissão e distribuição, além dos investimentos em fontes de energias renováveis, visando a alteração da matriz elétrica brasileira.

Mas os custos e riscos para essas mudanças são altos e o planejamento tradicional, com estudos internos, robustos e de longo prazo, para minimizar os erros no direcionamento de recursos, pode não suprir a velocidade exigida nos tempos atuais.

Como um elemento que pode contribuir com a minimização de custos e riscos, neste processo de modernização do setor de energia elétrica, e obtendo, ainda, diversidade de soluções em uma velocidade maior do que se investisse internamente,

são as *startups*. Como apresentadas nesse capítulo, as *startups* possuem em sua essência os conceitos da Indústria 4.0, voltada para a inovação e o desenvolvimento de produtos em alto grau de incerteza.

Desde 2017, tem se observado a abertura de editais de chamada pública, por parte de organizações do setor de energia elétrica, voltados especificamente para *startups*, o que demonstra a busca do setor por essa possibilidade de aproximação. Neste ponto é que se destaca o tema principal desta tese, as Políticas Públicas.

Como dito, por se tratarem de grandes organizações, em geral, de caráter público, há uma maior complexidade no processo de modernização, seja pelos custos elevados ou pela burocracia para a aproximação das *startups*. Por esse lado a implementação de políticas públicas incentivando o setor de energia elétrica a investir em sua infraestrutura, considerando a Indústria 4.0, ou mesmo, contribuindo para a aproximação das organizações do setor com as *startups*, favorece o desenvolvimento do setor, de forma a favorecer o desenvolvimento de outros setores também.

Por outro prisma, para que as *startups* surjam e se desenvolvam o investimento sempre foi um ponto crucial. Por se tratar de organizações sem capital, sem garantias e de grande incerteza de sucesso de seu produto, as linhas de investimentos às *startups* se mantiveram precárias por muito tempo. Dentre as formas para se “conquistar” financiamento para as *startups* destacam-se: o uso de capital próprio ou de amigos; *crowdfunding*; recursos de investidor anjo; entre outros. Linhas de financiamento específicas para *startups* ainda são limitadas, mas esta questão tem ganhado alguma atenção nos últimos anos.

Ao se fazer uma leitura da atual conjuntura, sob a luz dos conceitos da teoria dos paradigmas tecnológicos, é possível perceber a existência de algumas movimentações na sociedade, que podem corresponder a algo entre a fase de crise e a fase pré-paradigmática. O paradigma tecnológico atual dá sinais de não explicar o cenário como o fazia em períodos anteriores e se percebe inquietações de como seguir e para onde.

Apesar de nesta tese manter-se o contexto na revolução industrial, neste capítulo são apresentadas as revoluções tecnológicas que apresentam uma contagem diferente da revolução industrial. Enquanto nos encaminhamos para a 4ª Revolução Industrial, paralelamente, estamos vivenciando a 6ª Revolução Tecnológica, a qual trata de questões socioambientais. Desta forma vê-se uma complementariedade entre

os dois tipos de revolução, principalmente no que corresponde às questões de desenvolvimento sustentável.

Naturalmente a inclusão de variáveis qualitativas na análise e no processo de planejamento, como o bem-estar e a sustentabilidade, aumenta-se a complexidade das tomadas de decisão e os retornos no curto prazo podem não ser suficientemente atrativo para que o setor privado por si só assuma a dianteira das mudanças. As políticas públicas atuam neste tipo de situação, estimulando e incentivando caminhos para se alcançar objetivos que beneficiem a sociedade como um todo.

Observando a teoria que envolve o círculo virtuoso, um dos últimos pontos abordados no presente capítulo, quando é identificada a sua existência, pode-se por exemplo implementar políticas públicas que contribuam em um ponto determinado do círculo e que este incentivo estimule os outros pontos do círculo, que não estavam diretamente no foco da política aplicada inicialmente.

Para avançar do referencial teórico para o desenvolvimento da presente tese, na sequência é apresentada a metodologia da pesquisa.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

No presente capítulo é apresentada a metodologia da pesquisa utilizada para o desenvolvimento desta tese.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA E TIPOLOGIA DOS DADOS

Segundo Booth *et al.* (2019) o desenvolvimento de uma pesquisa exige a reunião de conteúdo, a partir de uma ou mais questões para as quais se busquem respostas. Para tanto, a fundamentação deve ser a partir de fontes confiáveis e que estejam alinhadas ao questionamento da pesquisa.

De acordo os critérios apresentados por Gil (2017), a presente pesquisa é classificada como interdisciplinar segundo a área de conhecimento. Isso se deve ao fato de a pesquisa envolver conteúdos sobre *startup*, Indústria 4.0, energia elétrica e políticas públicas, todos voltados para a análise qualitativa. No que diz respeito à natureza da pesquisa, ela é classificada como aplicada, considerando que os resultados gerados são de possível aplicação, na busca por soluções para problemas existentes, observando os apontamentos de Marconi e Lakatos (2017) e Gil (2017).

Quanto aos objetivos geral e específicos, a presente pesquisa é classificada como exploratória, dada a necessidade de familiaridade com o tema de pesquisa, e descritiva, frente à observação, registro e análise trabalhados na presente pesquisa (MARCONI; LAKATOS, 2017; Gil, 2017).

De acordo com Bardin (2016, p. 145), a análise qualitativa permite a “elaboração das deduções específicas sobre um acontecimento ou uma variável de inferência precisa”, se tratando de um processo intuitivo e adaptável, desta forma foi a escolhida como técnica de análise para esta tese. Esta técnica será utilizada para a análise do resultado do levantamento bibliográfico e documental (BARDIN, 2016; CRESWELL, 2010).

Cabe ressaltar que os dados coletados no levantamento bibliográfico para esta pesquisa, são do tipo secundário baseados em livros, artigos, relatórios, teses e dissertações, considerando o alinhamento com o tema da pesquisa, a confiabilidade das publicações e disponibilidade (BARDIN, 2016; GIL, 2017; BOOTH *et al.*, 2019).

3.2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Para Prodanov e Freitas (2013), a contribuição de diversos autores acerca de um tema específico é fundamental para o desenvolvimento de uma pesquisa bibliográfica. E para isso foram utilizados dados secundários, ou seja, dados analisados por outros autores. Na execução do levantamento bibliográfico foram utilizadas as bases de dados: Science Direct Journals (Elsevier); Scopus (Elsevier); e Scielo.

Em cada base de dados, os termos para busca foram definidos a partir dos conceitos ligados ao tema e as palavras-chave, propostos para esta tese, ou seja: política pública; *startup*; Indústria 4.0; energia elétrica e energia 4.0. No que se refere às políticas públicas e legislação, estas foram pesquisadas em sites brasileiros oficiais.

Todas as pesquisas foram repetidas com os termos pesquisados em dois idiomas, o inglês e o português. Contudo verificou-se que os resultados para os termos em inglês já abrangiam os trabalhos buscados com os termos em português. Isso se deve à existência de traduções de título, resumo e palavras-chaves no idioma inglês.

Para o termo Indústria 4.0, foi utilizado o termo *Industry 4.0 e Advanced Manufacturing*. Já para os termos setor de energia elétrica¹⁶ e energia 4.0, utilizou-se do termo *energ**, que faz com que a pesquisa considere palavras derivadas¹⁷. No mesmo sentido foi utilizado para *startup* o termo *start**. Utilizou-se como limitadores os elementos “textos completos”; idioma “português/ inglês” e “avaliado por pares”.

No Quadro 3 é apresentada a pesquisa bruta apenas dos termos *Industry 4.0 e Advanced Manufacturing*, sem distinção de área de estudo, como forma de acompanhar a evolução geral dos termos nas publicações científicas no período de 2010 a 2020. Percebe-se que o termo *Advanced Manufacturing*, de 2010 a 2014 manteve-se com uma quantidade de publicação maior que o termo *Industry 4.0*. Contudo, desde 2015 iniciou um declínio, dando espaço para o termo relacionado à Indústria 4.0 se consolidar.

¹⁶ Foi testado nas bases o termo inglês *power* buscando correspondência com o setor de energia elétrica, contudo não se obteve artigos alinhados com o tema.

¹⁷ Por exemplo, uma pesquisa com o termo *energ** gera resultados que incluem as palavras que possuem a mesma raiz, incluindo gêneros diferentes, singular e plural, tais como: energia; energética; energético, entre outros.

Quadro 3 – Evolução dos termos *Industry 4.0* e *Advanced Manufacturing* nas publicações no período de 2010 a 2021

Ano	Industry 4.0				Advanced Manufacturing			
	Science Direct	Scielo	Scopus	Total	Science Direct	Scielo	Scopus	Total
2021	6	0	22	28	0	0	1	1
2020	97	9	764	870	5	5	101	111
2019	158	11	1241	1410	7	2	169	178
2018	66	5	787	858	10	6	144	160
2017	53	1	432	486	8	3	110	121
2016	18	2	234	254	2	3	96	101
2015	8	0	123	131	3	6	119	128
2014	2	0	56	58	0	3	105	108
2013	0	0	21	21	6	1	113	120
2012	0	0	1	1	2	7	93	102
2011	0	0	0	0	3	7	0	10
2010	0	0	0	0	2	4	0	6
Total	408	28	3681	4117	48	47	1051	1146

Fonte: Autoria própria (2020).

Devido ao resultado genérico quanto aos termos individuais, apresentando pouca relação com a proposta da tese, optou-se por utilizar o operador booleano *and*, ou a opção avançada que o represente na base pesquisada, para que o levantamento apresentasse resultados com todas as palavras pesquisadas, com os mesmos limitadores. No Quadro 4 é apresentado o critério utilizado em cada base.

Quadro 4 – Critério de busca utilizado nas bases

Base	Operador booleano	Critério acessados na base	Tipo de arquivo
Science Direct	(" ") AND (" ")	Pesquisa avançada: Título	Research articles
Scopus	" " AND " "	Article title	Article
Scielo	" " AND " "	Pesquisa avançada: Título	Artigo

Fonte: Autoria própria (2020).

No Quadro 5 é possível verificar os primeiros resultados das pesquisas dos termos combinados.

Quadro 5 – Resposta para busca dos termos combinados nas bases

Termo Indústria 4.0	Termo Combinação	Science Direct	Scielo	Scopus	Total
Industry 4.0	Start*	0	0	7	7
	Energ*	2	0	50	52
	Power	0	0	20	20
	Start* + Energ*	0	0	0	0
	Start* + Power	0	0	0	0
Advanced Manufacturing	Start*	0	0	1	1
	Energ*	0	0	20	20
	Power	0	0	6	6
	Start* + Energ*	0	0	0	0
	Start* + Power	0	0	0	0
Total		2	0	104	106

Fonte: Autoria própria (2020).

Dado a atualidade do tema, de forma externa ao ambiente estritamente acadêmico, também foram analisados conteúdos divulgados em telejornais, jornais, entrevistas, eventos tecnológicos voltados à indústria geral e ao setor de energia elétrica, que acerbam o tema *startups* e/ou Indústria 4.0. Tanto o acompanhamento destas mídias quando a leitura analítica dos conteúdos acadêmicos selecionados viabilizou o direcionamento da pesquisa documental e a categorização, como apresentadas nas seções 3.3 e 3.4.

3.3 PESQUISA DOCUMENTAL

A pesquisa documental conforme indicada por Marconi e Lakatos (2017), utiliza-se de fontes escritas secundárias, como, por exemplo, relatórios de instituições ligadas à pesquisa sobre energia elétrica, e inovação, sendo este último associado, principalmente, às *startups* e à Indústria 4.0. Como definição, Prodanov e Freitas (2013, p. 56) consideram documentos como “qualquer registro que possa ser usado como fonte de informação, por meio de investigação”, que engloba: observação; leitura; reflexão; e crítica.

Para a identificação destes documentos, durante a análise dos conteúdos identificados como alinhados ao tema da pesquisa selecionou-se relatórios, e documentos afins, citados como referências nos materiais selecionados. As instituições citadas são apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Relação de instituições com publicações alinhadas ao tema da pesquisa

Tema	Instituição	Alinhamento das publicações
Indústria 4.0	BMW – Federal Ministry for Economic Affairs and Energy; Confederação Nacional da Indústria; Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; Ministério da Indústria, Comércio e Serviços.	As publicações trazem informações sobre a criação e o desenvolvimento da Indústria 4.0 e estudos sobre o tema.
Startup	100 OPEN STARTUP; Anjos do Brasil; Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro; Confederação Nacional da Indústria; Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.	São encontradas nas publicações geradas por estas instituições conteúdo voltado à inovação que de forma direta, ou indireta, trata do tema <i>startup</i> .
Setor de energia elétrica	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social; Centro de Gestão e Estudos Estratégicos; Companhia Paranaense de Energia; Grupo ENEL; Empresa de Pesquisa Energética.	As instituições citadas possuem publicações que além de tratar do tema energia, apresenta alguma associação à Indústria 4.0 e <i>startups</i> .

Fonte: Autoria própria (2020).

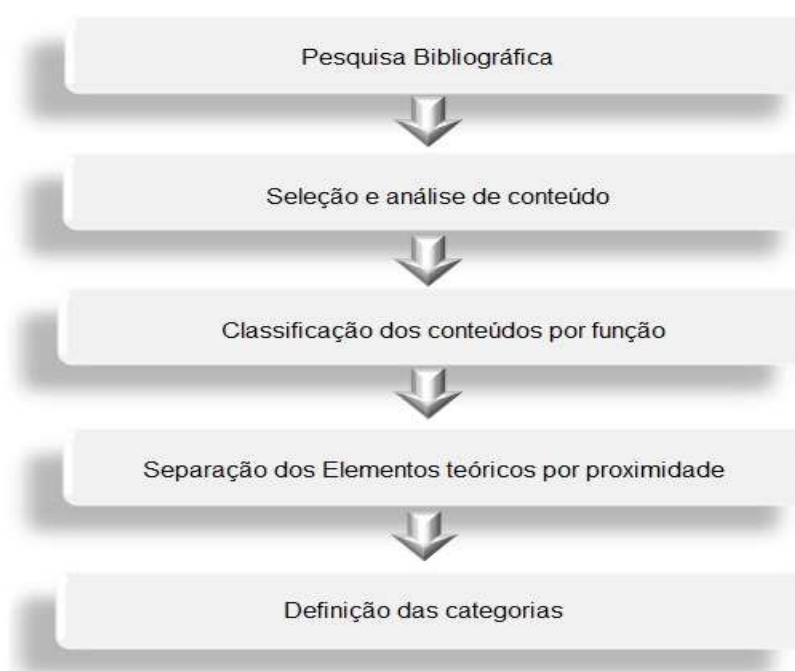
Como o desenvolvimento teórico da presente tese é associada a uma atualização de conteúdo constante, ela difere de temas com arcabouço teórico consolidado. Desta forma, tanto as referências acadêmicas e documentais, quanto as demais mídias citadas ao longo deste trabalho, foram sendo atualizadas, somando aos novos conteúdos analisados, até a conclusão do texto final desta pesquisa.

3.4 CATEGORIZAÇÃO

Para essa tese foram utilizados os conceitos de Bardin (2016), para prosseguir com a análise do conteúdo selecionado durante a pesquisa bibliográfica e documental. Desta forma optou-se pelo método de categorização, pois este método possibilita classificar os principais elementos teóricos em categorias mais amplas. Tal categorização auxiliou na construção dos referenciais teóricos presentes no Capítulo 2, bem como no direcionamento de análise de conteúdo para o desenvolvimento dos Capítulos 4 e 5, chegando ao cumprimento dos objetivos propostos.

A Figura 5, apresenta o processo de categorização adotado no presente estudo. Inicialmente foram fornecidas as palavras-chave associadas ao tema, sem a intenção de definir as categorias de análise, e sim, como forma de guiar o conteúdo advindo da pesquisa bibliográfica. As categorias surgiram do resultado da “classificação analógica progressiva dos elementos” observados na pesquisa bibliográfica (BARDIN, 2016, p. 149). Desta forma, foi feita a determinação de funções explicativas, seguida da separação dos elementos teóricos por proximidade entre si e, por fim, a definição das categorias.

Figura 5 – Processo de definição de categorias



Fonte: Almeida (2016, p. 78).

Foram utilizadas duas etapas no processo de categorização apresentado, o inventário e a classificação. A etapa referente ao inventário corresponde à pesquisa bibliográfica, seleção e separação dos elementos teóricos. A segunda etapa refere-se a classificação, na qual a seleção dos elementos teóricos por proximidade, possibilita a definição das categorias. De acordo com Bardin (2016, p. 148) “o processo classificatório possui uma importância considerável em toda e qualquer atividade científica”, e esta importância foi verificada ao longo do processo de construção do presente texto. O resultado da categorização, bem como a função definida, pode ser verificado no Quadro 7.

Quadro 7 – Categorização do conteúdo e autores pesquisados

Categoria	Função	Autores
Políticas Públicas	Identificar os elementos que favorecem o ecossistema de inovação no setor de energia elétrica, gerando embasamento para contrapor os incentivos às empresas tradicionais e às <i>startups</i> .	Dye (2013); Peters (1986); Chrispino (2016); Schmidt (2008); Gianezini <i>et al.</i> (2017); Cruz, Gianezini e Gianezini (2019); Silva e Souza-Lima (2010)
<i>Startups</i>	Mapear e compreender o direcionamento das <i>startups</i> para o setor de energia elétrica, destacando limitações de investimento, as barreiras do estabelecimento de Parcerias Público-Privado e outros elementos que impactem na relação das <i>startups</i> com o setor de energia elétrica.	Ries (2019); MCTIC (2017); Barroca (2012); Cavalcante, Rapini e Silva (2018); Bicudo (2016); Matos (2017); Santos (2016); Sarmiento, Carvalho e Dib (2016); Zortea (2016); Pinto (2017); Cicconi (2014); Banlaky (2016); Cabalzar (2016)
Energia elétrica	Analisar os impactos do avanço da Indústria 4.0 no setor energético bem como as discussões atreladas ao sistema de inovação aberta, o qual impacta na potencialidade da relação das <i>startups</i> com grandes empresas do setor de energia elétrica.	Gonçalves (2018); IEDI (2018c); COPEL (2017; 2018; 2020); ANEEL (2020a; 2020b); MME (2019a; 2019b; 2019c); EPE (2020a; 2020b)
Indústria 4.0	Compreender a origem e a difusão do conceito Indústria 4.0, bem como a sua aplicação no Brasil, de forma geral e específica ao setor de energia elétrica.	Palma <i>et al.</i> (2017); IEDI (2019a); Castillo, Gligo e Rovira (2017); Dalenogare (2018); Fernalda (2018); Steinmetz (2018); Jaskulski (2018); Oliveira (2018); Fonseca (2017); Heidrich (2017); Oliveira (2017a); Schwab e Davis (2018); Schwab (2016); BMWI (2018); Vieira (2017)

Fonte: Autoria própria (2020).

A categorização apresentada no Quadro 7, foi nomeada como categorização-ampla, como visto, composta por: políticas públicas; *startups*; energia elétrica; e Indústria 4.0. Contudo, a partir dos objetivos específicos, foi identificada a necessidade de uma categorização adicional, a qual foi nomeada de categorização-específica, dividida em: nichos de atuação; políticas-internacional; e políticas-Brasil.

3.5 TÉCNICAS DE ANÁLISE

A análise é tida como uma habilidade de se buscar a compreensão de um objeto de estudo, utilizando-se de um processo de subdivisão de conteúdo em partes menores, sendo que esta subdivisão pode incluir “a identificação das partes, análise de relacionamento entre as partes e reconhecimento dos princípios organizacionais envolvidos” (FERRAZ; BELHOT, 2010, p. 426). Os autores, afirmam que para identificar as partes e suas inter-relações é “necessário não apenas ter compreendido o conteúdo, mas também a estrutura do objeto de estudo” (FERRAZ; BELHOT, 2010, p. 426).

Para a análise, tanto do conteúdo resultante da pesquisa bibliográfica, quanto para a documental, a técnica utilizada foi de análise qualitativa, categorial e temática, indicadas por Bardin (2016). De acordo com Bardin (2016, p. 201), a análise categorial trata-se do “desmembramento do texto em unidades, em categorias segundo reagrupamentos analógicos”. Ao passo que análise temática “consiste em descobrir os núcleos de sentido que compõem a comunicação e cuja presença, ou frequência de aparição, podem significar alguma coisa para o objetivo analítico escolhido” (BARDIN, 2016, p. 135). A aplicação destas técnicas na análise contribuiu para a categorização que guiou a análise desta pesquisa.

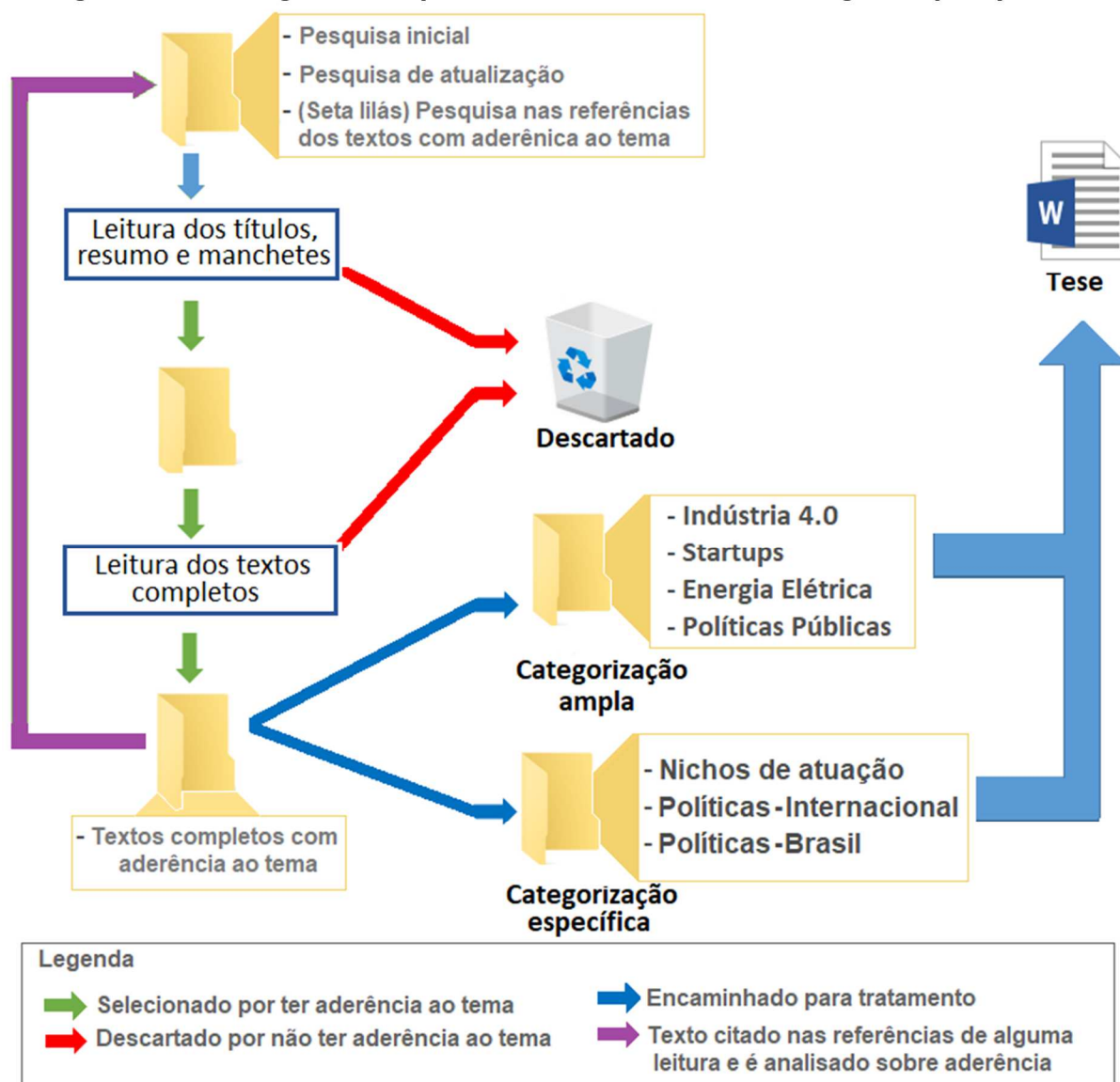
3.6 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

Durante a pesquisa recorreu-se ao método bola de neve (*snowball sampling*). Durante a análise dos textos relacionados com o tema, as referências destes foram analisadas, seguindo os mesmos procedimentos aplicados para os artigos oriundos das bases. Desta forma, avaliou-se os títulos, resumos e manchetes, e dos que

apresentavam alinhamento com o tema foram lidos na íntegra e na sequência, descartados ou selecionados para a continuidade da análise.

Dada a dinâmica do tema, também foram feitas constantes pesquisas de atualização, buscando conteúdos mais recentes. Desta forma, os conteúdos que passaram pela primeira análise advinham de três formas diferentes: pesquisa inicial; pesquisa de atualização; e pesquisa nas referências dos textos selecionados. Na Figura 6, é apresentado um fluxograma ilustrando o processo relativo à metodologia adotada para o desenvolvimento desta tese.

Figura 6 – Fluxograma do processo relativo à metodologia da pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2020)

No mesmo sentido, de sintetizar o conteúdo deste capítulo, foi desenvolvido o Quadro 8. Neste quadro é possível verificar resumidamente a metodologia da pesquisa, aqui adotada, relacionada com os objetivos e a estrutura da tese.

Quadro 8 – Resumo da metodologia da pesquisa

Pesquisa						Capítulo	Procedimentos	Objetivos Específicos	Descrição
Quanto à área de conhecimento: Pesquisa interdisciplinar Quanto à abordagem: Pesquisa qualitativa Quanto à natureza: Pesquisa aplicada Tipologia dos dados: Secundários Técnica de análise: Análise de conteúdo Quanto aos objetivos: Pesquisa Exploratória		Capítulo 1	Pesquisa bibliográfica e documental	-	Introdução e contextualização ao tema da pesquisa.				
		Capítulo 2	Pesquisa bibliográfica e documental	a) Identificar os nichos de participação das <i>startups</i> no setor de energia elétrica no contexto da Indústria 4.0	Apresentação do referencial teórico envolvendo os conceitos de políticas públicas, Indústria 4.0 e <i>startups</i> , contextualizado no setor de energia elétrica brasileiro.				
		Capítulo 3	Pesquisa bibliográfica	-	Detalhamento da metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa.				
		Capítulo 4	Pesquisa analítica	b) Efetuar levantamento e análise das políticas públicas internacionais que contribuem com a Indústria 4.0	Apresentação do resultado da análise de conteúdo referente às políticas públicas internacionais direcionadas para a Indústria 4.0.				
		Capítulo 5	Pesquisa analítica	c) Elaborar uma linha do tempo com a evolução das políticas públicas e programas que contribuem para a Indústria 4.0 no Brasil d) Desenvolver um quadro indicativo das potencialidades das políticas públicas que podem alavancar as <i>startups</i> vinculadas à Indústria 4.0, e suas limitações, aplicadas ao setor de energia elétrica brasileiro	Apresentação do resultado da pesquisa analítica sobre o conteúdo relativo à Indústria 4.0, contextualizado no setor de energia elétrica, especificamente no Brasil, bem como a combinação dos conteúdos, ligados à energia elétrica, referentes à Indústria 4.0, Startups e políticas públicas.				
		Capítulo 6	-	-	Apresentação das considerações finais, juntamente às limitações da pesquisa e as sugestões de estudos futuros.				
<p>Objetivo geral: Analisar como as políticas públicas podem alavancar as <i>startups</i> vinculadas à Indústria 4.0, aplicadas ao setor de energia elétrica brasileiro.</p>									

Fonte: Elaboração própria (2020)

4 POLÍTICAS PÚBLICAS INTERNACIONAIS QUE CONTRIBUEM COM A INDÚSTRIA 4.0

As políticas públicas representam um importante instrumento do estado para a execução de ações voltadas para o desenvolvimento de soluções de problemas identificados na sociedade. As políticas podem ser direcionadas a diversas áreas específicas, tais como: social, educacional, financeira, industrial, entre outras. Por concepção, as políticas são capazes de fomentar a Indústria 4.0, podendo melhorar, por exemplo, a competitividade das empresas nacionais no mercado global, promovendo até transformações estruturais, quando necessárias.

Como apontado em Chrispino (2016), não há uma definição única para o termo políticas públicas. Contudo, a partir da observação das diferentes redações, é comum considerá-las relevantes para o alcance dos objetivos, estabelecidos pelo estado, visando o desenvolvimento do país. Tal relevância centra-se, principalmente, na influência que ações, estimuladas pela política, geram na sociedade. De forma resumida, na definição de Dye (2013), tem-se a política pública como o que o governo decide fazer ou não.

Pode-se observar a conceituação feita por outros autores, como Peters (1986), que afirma que a política pública pode ser definida como a soma das ações dos governos, direta ou indiretamente, para influenciar os cidadãos. Nas palavras de Schmidt (2008, p. 2311), as políticas públicas “[...] se materializam em diretrizes, programas, projetos e atividades que visam a resolver problemas e demandas da sociedade”. Para Gianezini *et al.* (2017, p. 1071), as políticas públicas “[...] são, em verdade, as intenções governamentais que produzirão transformações profundas ou artificiais no mundo real”.

No que se refere à formulação das políticas públicas, segundo Cruz, Gianezini e Gianezini (2019, p. 29), esta “requer envolvimento multidisciplinar, pois que seus resultados repercutirão em diversas áreas como economia, ciência política, gestão, antropologia, geografia, planejamento, sociologia, entre outras”, e a aplicação macroeconômica, das políticas públicas, mostra-se como um meio para se alcançar os objetivos definidos pelo estado, como apontado por Silva e Souza-Lima (2010).

Com a análise conjunta, do que foi apresentado no referencial teórico sobre a Indústria 4.0 e das definições de políticas públicas, pode-se verificar a importância da elaboração de uma política consistente. Ressaltando que a própria Indústria 4.0 surgiu

da adoção, por diversos países, dos elementos de uma política nacional da Alemanha, para garantir sua competitividade internacional. Cruz, Gianezini e Gianezini (2019) apontam que a formulação de uma política exige um esforço multidisciplinar e isso pode ser observado na abrangência da própria Indústria 4.0. De início, a Alemanha objetivou o desenvolvimento industrial, no entanto, a política se mostrou mais abrangente, incorporando questões relevantes para o desenvolvimento social, ambiental, tecnológico e das estruturas de cooperação relacionadas à inovação.

Como visto, a Indústria 4.0 se destaca pela mudança de paradigma tecnológico, gerando uma disrupção, envolvendo Sistemas Ciberfísicos (CPS), Internet das Coisas (IoT), Internet dos Serviços (IoS), Manufatura Aditiva (impressão 3D), *Big Data*, Computação em Nuvem, Robótica Avançada, Inteligência Artificial (IA), Realidades Virtual e Aumentada, Novos Materiais, Colheita de Energia (*Energy Harvesting*), entre outros (PALMA *et al.*, 2017). O estímulo ao desenvolvimento em tantas frentes para um objetivo geral, dificilmente se daria de forma individual por parte dos atores, sem a elaboração de uma política específica.

Deve-se, ainda, ressaltar que as metas a serem traçadas dependem, não só dos objetivos das políticas públicas, mas, principalmente, da disponibilidade de recursos necessários no país, ou por acesso a recursos externos. Desta forma o desenvolvimento da Indústria 4.0 deve ser conduzido de forma compatível à realidade de cada país ou região. Isso implica que o grau de desenvolvimento dos países é que direcionará a elaboração das políticas públicas.

Em IEDI (2019b), é destacado que a Indústria 4.0 atinge não somente o setor industrial, mas, também, o de serviços e agricultura, a produtividade, o emprego, a competitividade e o crescimento econômico. Considerando que a Indústria 4.0 está em andamento, qualquer país têm a oportunidade de se destacar nesta revolução. Sendo assim, de certa forma, há uma competição entre as nações, na direção da Indústria 4.0. Contudo, o resultado dependerá não só do grau de desenvolvimento atual, mas dos esforços na direção da Indústria 4.0. Por exemplo, o esforço para que as empresas nacionais de áreas tecnológicas se desenvolvam, e elevem a sua participação no mercado global, é uma forma para se tentar garantir um posicionamento central no mercado internacional e, conseqüentemente, alcançar uma maior parcela do valor a ser gerado com as novas tecnologias.

Se observarmos, por exemplo, a América Latina, de acordo com um estudo desenvolvido pela Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL),

em 2017, há um considerável atraso no que se refere às tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Devido a isso, há uma indicação no estudo de que as políticas públicas devem atuar sobre elementos cruciais para o desenvolvimento de um ecossistema voltado para a Indústria 4.0 (CASTILLO; GLIGO; ROVIRA, 2017; IEDI, 2017b).

A respeito dos elementos citados como cruciais, de acordo com Castillo, Gligo e Rovira (2017), as políticas públicas devem atuar em três categorias cruciais: a) inserção tecnológica internacional, que se refere à conectividade com as redes internacionais, voltadas para o compartilhamento de conhecimento; b) infra-estrutura e regulação, principalmente, no que se refere à velocidade de internet e outros elementos para viabilizar a conectividade, e avanços na regulamentação, tornando-a mais adequada às alterações; e c) políticas de oferta e demanda, ou seja, políticas econômicas, que envolvem diferentes áreas, podendo trazer incentivos em pesquisas voltadas à inovação, linha de financiamento para novas empresas, entre outros.

Sobre estes elementos cabe, ainda, observar que o atraso tecnológico em alguns países leva a desvantagens competitivas. Isso porque estes países partem, em direção à Indústria 4.0, de um ponto inferior ao ponto de partida de países com maior avanço tecnológico. Desta forma, o direcionamento, dado por cada país, pode influenciar para que este avance, mesmo com atraso, em direção à Indústria 4.0, e, assim, consiga elevar sua posição no mercado internacional. Por outro lado, caso opte por não integrar à quarta revolução, corre-se o risco de prejudicar o país, tornando-o não competitivo internacionalmente.

De acordo com IEDI (2019a, p. 20), a Indústria 4.0 pode ser avaliada por cinco dimensões, sendo elas: “(i) o impacto econômico da Indústria 4.0; (ii) a velocidade da mudança tecnológica; (iii) os desafios para o desenvolvimento da Indústria 4.0; (iv) a liderança da Indústria 4.0; e (v) a relação entre automação e desemprego”. Estas cinco dimensões podem servir de norte para a etapa de formulação de política pública, observando os recursos disponíveis, para uma avaliação comparativa, em um período posterior. Neste sentido, IEDI (2017c) afirma que os estudos voltados para a economia industrial não dispõem mais da possibilidade de focar apenas na tecnologia do presente, tem-se que buscar o conhecimento do que está sendo desenvolvido nos demais países e principalmente obter um olhar para o futuro da tecnologia.

Devidamente destacada a relevância das políticas públicas para o tema analisado, na presente pesquisa, buscou-se países que formalizaram, por meio de políticas, uma estratégia industrial direcionada, ou alinhada, à Indústria 4.0. Desta

forma, em cada item do presente capítulo apresenta-se um país, ressaltando, de forma geral, as medidas tomadas para um direcionamento à Indústria 4.0.

A análise do conteúdo resultado da pesquisa bibliográfica, possibilitou chegar-se aos oito países destacados na sequência, afim de atender ao objetivo específico “b) Efetuar levantamento e análise das políticas públicas internacionais que contribuem com a Indústria 4.0”. Os países são: Estados Unidos; Alemanha; Japão; Índia; Coréia do Sul; China; França; e Reino Unido. Como a Indústria 4.0 no Brasil é objeto desta tese, este país será analisado à parte, no Capítulo 5.

4.1 ESTADOS UNIDOS

Os Estados Unidos apresentam, de acordo com IEDI (2018b), um sistema de produção sofisticado. Isso ocorre em decorrência de investimentos feitos em períodos anteriores, que permitiram o desenvolvimento do setor industrial no país. No entanto, desde os anos 2000, os Estados Unidos perderam a primeira posição na liderança nas negociações no mercado internacional.

Primeiro houve a perda de posição para a Alemanha e, em 2009, a China passou a liderar o mercado, passando à frente dos Estados Unidos e Alemanha (IEDI, 2018b; DAUDT; WILLCOX, 2016). Essa queda se deve ao processo de *offshoring*, executado pelos Estados Unidos, com o qual, buscando o barateamento dos custos de produção, plantas industriais são transferidas para países cuja mão-de-obra apresente um custo menor.

Tal transferência acarretou em uma série de problemas que os Estados Unidos passaram a ter que enfrentar. Dentre eles, de acordo com Daudt e Willcox (2016), está a redução do conhecimento acumulado, ponto fundamental para o desenvolvimento de tecnologias voltadas para a inovação na indústria e no setor de serviços. Também foi verificada a redução no número de empregados no país, a queda da participação do setor industrial no Produto Interno Bruto e, como já citado, a perda de posição no mercado internacional.

Como uma reação a este cenário, em 2011, foi criado o programa *Advanced Manufacturing Partnership (AMP)*, com o objetivo de integrar o setor industrial, a universidade e o governo federal, visando uma recuperação da planta produtiva do país, buscando investir em tecnologias em ascensão (FIRJAN, 2016). Caberia ao

governo federal, o papel de se responsabilizar pelo investimento em projetos criados pelas universidades e indústrias, com o foco em tecnologias emergentes.

As universidades e indústrias dos Estados Unidos, também foram responsáveis pelo estabelecimento de cinco objetivos, sendo eles:

i) acelerar o investimento em tecnologia de produção industrial avançada, especialmente pelas PMEs industriais; ii) ampliar o número de trabalhadores qualificados para o setor de produção manufatureira avançada e tornar o sistema de educação e treinamento mais receptivo à demanda por competências; iii) criar e apoiar parcerias público-privadas, nacionais e regionais, governo-indústria-academia, para acelerar o investimento e a aplicação de tecnologias de manufatura avançada; iv) otimizar o investimento industrial avançado do governo federal, adotando uma perspectiva de portfólio entre agências; v) aumentar o total de investimentos públicos e privados dos Estados Unidos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) em produção industrial avançada. (IEDI, 2018d, p. 11)

No ano seguinte, 2012, houve o lançamento da política alemã, *Industrie 4.0*, que resultou na adoção por outros países sob a nomenclatura de Indústria 4.0, ou quarta revolução industrial. O programa foi criado com o objetivo de manter a competitividade da Alemanha no mercado internacional. Contudo, o programa não se restringiu a mudanças no setor industrial, mas apostou na conectividade entre diversos atores, buscando um desenvolvimento em conjunto (IEDI, 2018d; DAUDT; WILLCOX, 2016; LIU *et al.*, 2011).

Dado isso, os Estado Unidos providenciaram a adaptação da AMP, para ampliar o alcance, incorporando diretrizes a serem seguidas pelo governo, e adotar algumas medidas do modelo alemão, tais como a criação dos institutos industriais. No ano de 2014 a AMP foi renomeada como *Accelerating US Advanced Manufacturing (AMP 2.0)* e no final do mesmo ano, foi aprovado o *Revitalize American Manufacturing Act*, o qual permitiu a criação de uma Rede Nacional de Inovação Industrial (*National Network of Manufacturing Innovation - NNMI*) (IEDI, 2018d; ANDERSON, 2011).

Em 2016, a NNMI teve o seu nome alterado para *Manufacturing USA*, a função desta rede é de, a partir de seus institutos regionais, efetuar a alocação de recursos federais para parceiros do setor privado e outras instâncias do governo (estadual e local). Ela foi criada como uma forma de aumentar a velocidade do desenvolvimento e a adoção de tecnologias industriais, envolvendo “manufatura aditiva, produção e *design* digital, metalurgia ultraleve, eletrônica de potência, compósitos” (IEDI, 2018d, p. 1).

4.2 ALEMANHA

Conforme já detalhado no Capítulo 2, foi em 2011 que a Alemanha deu início ao projeto nacional, que originou o conceito de Indústria 4.0 e que atualmente tem ganhado adeptos em diversos países. Relembrando, o estudo foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores, criado pela instituição *Research Union Economy – Science of the Federal Ministry of Education and Research (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF))* e, como apresentado por BMWI (2018), teve como objetivo buscar formas de garantir a competitividade da Alemanha no cenário internacional.

Para tanto, em 2012, na formalização do projeto, foram apresentadas as ações, nas quais são observadas questões relacionadas com o desenvolvimento social, ambiental, tecnológico e as estruturas de cooperação os atores de inovação (BMW, 2018). O relatório, referente ao projeto, foi elaborado para aplicação nacional, *Implementation of recommendations for the future project Industrie 4.0*, contudo, ganhou destaque internacional devido as suas recomendações serem consideradas relevantes para o desenvolvimento e passível de adaptação para as especificidades de cada país, principalmente, no que se refere à tecnologia envolvendo sistemas ciberfísicos (CPS).

Associações e empresas alemãs participaram da elaboração da *Plattform Industrie 4.0* (www.plattform-i40.de), em 2013, cuja função está atrelada ao desenvolvimento do projeto iniciado em 2011 (BMW, 2018; 2016; HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; PARLAMENTO EUROPEU, 2016). De acordo com Lucena, Roselino e Diegues (2020), o formato da política industrial da Alemanha caracteriza-se como *Bottom up*, ou seja, sua formulação “é articulada pelos agentes econômicos e elevando-se até as esferas mais altas da sociedade” (LUCENA; ROSELINO; DIEGUES, 2020, p. 134-135).

4.3 JAPÃO

A busca por alcançar a competitividade econômica, bem como atingir novos mercados, é o objetivo do governo japonês. Em 2015 foi criada a Iniciativa Revolução Robótica (*Robot Revolution Initiative - RRI*), com o propósito de direcionar as ações

do país para a Indústria 4.0. Dentre as tecnologias habilitadoras de destaque para os investimentos, tem-se: a Internet das Coisas (IoT), *Big Data*, Robótica e Inteligência Artificial (AI). E dentre os setores de aplicação destas tecnologias, podem ser citadas: a saúde, a indústria de transformação, a agricultura e outros (RODRIGUES *et al.*, 2018; IEDI, 2018d).

A agenda de política do governo japonês em resposta à Quarta Revolução Industrial é um roteiro de médio e longo prazo, baseado na cooperação e na parceria com o setor privado, que combina estratégias focadas no desenvolvimento de domínios tecnológicos específicos (Robótica, Tecnologia de Informação, AI, entre outros) com estratégia de transformação da economia e da sociedade a partir da disseminação dos resultados dos avanços nos diferentes setores da atividade econômica e da sociedade. (IEDI, 2018d, p. 9)

Assim como indicada na citação, a estruturação da política japonesa para médio e longo prazo, indica a busca por uma base sólida de desenvolvimento, não se atendo apenas a resoluções de problemas presentes, mas buscando antecipação nas soluções. De acordo com IEDI (2018d), para tanto, o Japão conta na RRI com o trabalho em conjunto, envolvendo a participação de grandes empresas e associação de setores específicos, universidades, organizações regionais e laboratórios.

Para a RRI, o Japão conta também com parcerias com organizações advindas de outros países, também direcionados para a Indústria 4.0, como os Estados Unidos e Alemanha. Segundo Liao *et al.* (2018) e IEDI (2018d), o país direciona seus esforços considerando a sua aptidão tecnológica, que, no caso da robótica, advém da demanda social de robôs acompanhantes para a população idosa. Esta característica, diretamente ligada à demanda social, fez com que o país avançasse no sentido de humanização dos robôs, o que faz com que a inteligência artificial também seja uma das tecnologias de destaque (IEDI, 2018d).

Neste sentido, como foco na inteligência artificial, de acordo com Rodrigues (2018) e IEDI (2018d), foi criado em 2016 o Conselho Estratégico de Tecnologia de Inteligência Artificial, com o objetivo de promover a interação cooperativa entre governo, universidade e setor privado, e coordenar políticas públicas específicas do tema.

4.4 ÍNDIA

A Índia, apesar de não ter um forte plano nacional para o desenvolvimento da Indústria 4.0, tem buscado direcionar seus esforços para as tecnologias habilitadoras

da Indústria 4.0. De acordo com IEDI (2018f) e PWC (2018), o governo vem tentando avançar com o setor industrial indiano, como uma espécie de fortalecimento, em parte, da busca por desenvolvimento econômico.

Segundo IEDI (2018e), nas décadas recentes, houve uma mudança no direcionamento do centro econômico do país. Em período anterior, a Índia tinha como eixo a agricultura, contudo, este eixo acabou sendo deslocado para o setor de serviços, sendo estes voltados principalmente para a área de informação e gestão de processo. Apesar de se estar direcionado a uma área que possui alinhamento com a Indústria 4.0, de acordo com IEDI (2018e), os setores da indústria de transformação da Índia se desenvolveram pouco, salvo os setores de automóveis, de eletrônica e de farmácia. Sobre isso, cabe ainda destacar que “além de ter baixa produtividade, a manufatura indiana contribuiu para o PIB com apenas 16%, destoando de outros países asiáticos em estágios similares de desenvolvimento” (IEDI, 2018f, p. 1).

Apesar das dificuldades enfrentadas pelo país, o governo da Índia, em 2014, criou o *Make in India*, como forma de tentar contornar as adversidades do país, e buscar destaque na produção industrial mundial. De acordo com IEDI (2018e), esse programa é reflexo do reconhecimento, do país, à importância da indústria na geração de inovações e de progresso técnico, necessários às atividades econômicas. Na citação abaixo, pode-se observar maiores detalhes sobre os desafios enfrentados pelo país.

Para que o *Make in India* seja bem-sucedido e o país possa se tornar uma potência industrial em meio a profundas transformações que a emergência da Indústria 4.0 trará, a Índia precisa superar inúmeros desafios. Entre os quais destacam: a ausência de uma cultura de qualidade em processos, produtos e serviços, sobretudo entre as micro e pequenas empresas; deficiências em infraestrutura; pouca penetração da tecnologia de informação na indústria; baixa inclusão digital na sociedade, insuficiente nível de escolaridade de parte expressiva da população; escassez de profissionais qualificados e habilitados para operar em um ambiente de produção da Indústria 4.0 e baixo investimento do setor privado em atividades de P&D. (IEDI, 2018f, p. 2)

Como forma de driblar estas dificuldades, outros programas foram desenvolvidos para objetivos mais específicos do que o *Make in India*. Destes programas, pode-se citar, segundo IEDI (2018f): o programa *Digital India*; a Missão Nacional de Desenvolvimento de Competências (*Skill India*); a Nova Política Nacional de Educação; programa Defeito Zero Efeito Zero (*Zero Defect Zero Effect – ZED*); *Creative India*; e *Start-up India*.

Como forma de viabilizar a execução de programas, como os citados acima, o governo indiano ampliou o papel do setor privado, incentivando as parcerias público-privadas. Outra forma de atrair investimento, foi aumentando a flexibilidade no que se refere à entrada de recursos no país. Em 2016, foi criada uma lei, que permitiu o investimento direto de estrangeiros em setores nos quais esse tipo de ação não era permitido, e para aqueles setores que já possuíam esse tipo de investimento, esses puderam ter os limites de investimento estrangeiro aumentados (IEDI, 2018e; 2018f).

4.5 CORÉIA DO SUL

Com o propósito de construir um ecossistema de inovação no setor industrial da Coreia do Sul, em 2014, o governo criou a Iniciativa Movimento Inovação Industrial 3.0 (*Industry Innovation Movement 3.0 - IIM 3.0*), inspirada no projeto Alemão, *Industrie 4.0*, visa preservar a posição do país como um dos polos industriais mais importantes do mundo (IEDI, 2018d).

Para a construção deste ecossistema de inovação, são incentivadas as tecnologias habilitadoras voltadas, principalmente para internet das coisas (IoT), inteligência artificial (IA), manufatura aditiva, *big data* e fábricas inteligentes, todas com o foco na produção industrial (IEDI, 2018d; 2018j). Neste contexto, o IIM 3.0 é de grande importância, pois, se trata do direcionamento do governo para que os esforços sejam devidamente aplicados nos setores de P&D diretamente ligadas ao desenvolvimento de fábricas inteligentes no país (IEDI, 2018i; 2018j; LIAO *et al.*, 2018).

De acordo com IEDI (2018j), a IIM 3.0 possui cinco princípios, sendo eles:

- 1) abranger todo o ecossistema empresarial para incluir fornecedores de segundo e terceiro nível;
- 2) incentivar a participação voluntária de PMEs com espírito inovador;
- 3) motivar as empresas a participar de atividades de inovação mediante a partilha de benefícios;
- 4) garantir abertura na execução do projeto usando uma metodologia padrão, com espaço para flexibilidade nos níveis industrial e corporativo;
- 5) fomentar mentalidades inovadoras entre os executivos (CEOs) participantes para a continuação da melhoria. (IEDI, 2018j, p. 9)

De acordo com Lucena (2019) e IEDI (2018d), ao se comparar o modelo da Coreia do Sul com o de outros países, os autores afirmam que, este foi o que apresentou maior intervenção governamental para o direcionamento do país para a Indústria 4.0. E

para apresentar mais algumas diretrizes do governo, no sentido de alcançar maior avanço tecnológico, tem-se:

- i) Criação de uma base de tecnologia de inteligência artificial que permita ao país atingir;
- ii) o mesmo nível de avanço tecnológico das outras economias avançadas até 2023;
- iii) Criação de ecossistemas da indústria de TI Inteligentes e a facilitação da inovação do setor privado, mediante o apoio ao empreendedorismo e ao crescimento das *startups* e a criação de bancada de teste (*testbed*) em grande escala;
- iv) Inovação digital da indústria de transformação, mediante a criação de plataformas de serviços para os sistemas de produção ciber-físicos, com uso disseminado de robôs inteligentes, impressão em 3D etc. (IEDI, 2018d, p. 9)

Estas diretrizes, estão ligadas à iniciativa do ano de 2016, que formam metas de médio e longo prazo para inserir um novo patamar para o país, no mercado internacional, até 2030, mas agora relacionado à sociedade, a chamada sociedade da informação inteligente.

4.6 CHINA

A China, com inspiração na Indústria 4.0, criou no ano de 2015 o *Made in China 2025* (MIC 2025). Trata-se de um plano estratégico de longo prazo, com vistas a alcançar, até 2049, o patamar de potência mundial, em indústrias com base nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 (SANTOS, 2019; IEDI, 2018d). O ano de 2049 foi escolhido como um marco para esta política devido a ser o ano do aniversário de 100 anos da República Popular da China.

A construção de uma estrutura econômica e de capacidades, semelhantes a da Alemanha e do Japão, é o que direciona as ações da política, ou seja, tornar-se um país industrial forte, baseado em uma indústria de transformação bem estabelecida e inovadora. Um dos pontos a serem observados para se alcançar o patamar almejado é investir na modernização da infraestrutura de produção, buscando eficiência produtiva juntamente com qualidade, e assim conseguir efetuar a substituição gradual da tecnologia importada pela tecnologia chinesa, desenvolvida e produzida nacionalmente (IEDI, 2018a; FIRJAN, 2016).

Na busca, do MIC 2025, por autonomia tecnológica e desenvolvimento do setor produtivo da China, voltado para a produção de equipamentos, faz-se

necessário o direcionamento de um grande volume de recursos monetários para o investimento. Para além disso, como mais uma forma de incentivar a modernização, a China adotou “medidas fiscais e tributárias, reorganização institucional, política de propriedade intelectual, política de recursos humanos” (IEDI, 2018d, p. 14).

O MIC 2025 possui foco em cinco objetivos bem estabelecidos, sendo eles: “i) estabelecer 15 novos centros de inovação até 2020 e 40 centros até 2025; ii) estabelecer quatro novas bases nacionais de pesquisa; iii) concretizar projetos focados em manufatura inteligente; iv) implantar projetos focados em produção verde” (IEDI, 2018d, p. 15), e por último tem-se o quinto objetivo (v), que visa dar prioridade à produção em dez setores principais, sendo eles:

i) equipamento marítimo avançado e embarcações de alta tecnologia; ii) ferrovia e equipamento avançado; iii) maquinaria e tecnologia agrícola; iv) equipamentos aeronáuticos e aeroespaciais; v) produtos biofarmacêuticos e equipamentos médicos de ponta; vi) circuitos integrados e novas tecnologias de informação; vii) tecnologia e equipamentos de geração de energia elétrica; viii) máquinas de controle de produção de alta sofisticação e robótica; ix) veículos de baixa e nova energia; x) materiais novos e avançados. (IEDI, 2018d, p. 15)

A partir da observação, tanto dos objetivos, quanto dos dez setores priorizados no objetivo cinco, pode-se afirmar que o plano chinês possui a abrangência indicada para a Indústria 4.0, englobando desde manufatura inteligente até elementos ligados ao desenvolvimento sustentável, buscando a eliminação de atividades desatualizadas, buscando “promover maior eficiência energética, proteção ambiental e utilização de recursos” (IEDI, 2018d, p. 14).

4.7 FRANÇA

Com o intuito de alcançar a liderança do mercado europeu, com possível expansão para alcançar destaque no mercado internacional, a França também direcionou os seus esforços para levar o país a um avanço alinhado com a Indústria 4.0 (IEDI, 2018d; FIRJAN, 2016). Impactada por um processo de desindustrialização, assim como outros países industrializados, a França precisou traçar um plano, para guiar os setores para a inclusão das tecnologias habilitadoras para alcançar prosperidade econômica (IEDI, 2018g).

Neste sentido, o governo da França criou em 2013 a política Nova França Industrial (NFI), referente a uma primeira fase, focada em três áreas: “desenvolvimento de uma oferta de tecnologias; [...] modernização do aparelho produtivo; e desenvolvimento e adaptação das competências e habilidades dos trabalhadores às novas tecnologias adotadas pelas empresas” (IEDI, 2018g, p. 8).

Sobre a composição da NFI, ela foi formada por atores de áreas públicas, privadas, da indústria, academia e governo. De acordo com IEDI (2018g), a coordenação de projetos individuais ficou a encargo dos dirigentes das empresas, ao passo que, a direção geral ficou com atribuição de um comitê composto por agentes tanto públicos quanto privados, mas sob a autoridade do primeiro-ministro da França.

A evolução no NFI de 2013, se deu em 2015, sendo considerada por FIRJAN (2016) e IEDI (2018g) como representando uma segunda fase, denominada como Indústria do Futuro (*The Industry of the Future*). Essa segunda fase foi marcada pelo investimento na modernização de pequenas e médias empresas, juntamente com as de tamanho intermediário, por intermédio de empréstimos no banco público de investimento, BpiFrance, visando a aplicação do recurso robotização, digitalização, eficiência energética, tecnologia da informação, entre outros.

A Indústria do Futuro contou, também com a criação de um benefício fiscal, que durou de 2015 a 2017, para aquelas empresas que aplicassem na modernização de sua planta produtiva, como forma de acelerar o processo de evolução em direção à Indústria 4.0 (IEDI, 2018g).

A Indústria do Futuro, assim como a NFI, de acordo com FIRJAN (2016) e IEDI (2018d), manteve o seu foco em três áreas, nas quais podem ser observados os fatores que as compõem, no Quadro 9.

Quadro 9 – Fatores da Indústria do Futuro – *L'industrie du futur*

Desenvolvimento da Oferta Tecnológica	Modernização da Indústria	Adaptação das competências
<ul style="list-style-type: none"> • Investimento em pesquisa pública • Criação de Centros Tecnológicos e de Inovação • Articulação Estreita dos Atores (Universidades, centros de pesquisa e empresas) • Padronização Internacional e Interoperabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Conscientização sobre os desafios da Indústria 4.0 • Apoio à robotização • Acompanhamento da transição digital • Disseminação das novas tecnologias entre as PMEs 	<ul style="list-style-type: none"> • Reflexão prospectiva • Concepção e implementação adaptados às necessidades das empresas industriais

Fonte: (IEDI, 2018d, p. 6)

O foco da política na segunda fase, se manteve nos elementos estruturantes, contudo a sua coordenação passou para a associação Aliança para a Indústria do Futuro, a qual também é composta por representantes do setor industrial e da academia (IEDI, 2018d, 2018g; FIRJAN, 2016).

4.8 REINO UNIDO

O Reino Unido é outro país, destacado por IEDI (2018d), que não desenvolveu uma política específica para a Indústria 4.0. No entanto, houve o direcionamento de projetos, criados em períodos anteriores à Indústria 4.0, para viabilizar as tecnologias habilitadoras no Reino Unido.

Como projeto principal, neste sentido, pode-se citar o Projeto Catapulta, que é voltado para diferentes setores, funcionando como uma aceleradora para empresas voltadas principalmente para inovação (IEDI, 2018h). Dos segmentos com maior alinhamento à Indústria 4.0, tem-se a Catapulta Indústria de Transformação de Alto Valor (*High Value Manufacturing Catapult* - HVMC)¹⁸.

O projeto tem como objetivo não só estimular o avanço das tecnologias habilitadoras, mas também preparar as empresas de diferentes portes para o mercado com tecnologias avançadas (IEDI, 2018d). Dentre as áreas prioritárias, como destaque do projeto podemos citar: inteligência artificial; *big data*; e inovações voltadas às necessidades da sociedade em envelhecimento (IEDI, 2018d).

¹⁸ <https://hvm.catapult.org.uk>

A criação da Rede Catapulta de Centros de Tecnologia e Inovação se deu para realizar pesquisas avançadas sobre tecnologias emergentes, bem como, para melhorar a aproximação entre institutos de pesquisa e as empresas. A catapulta possui a característica de buscar acelerar a passagem da pesquisa avançada para o mercado em forma de produto, viabilizando a comercialização das inovações.

De acordo com Reino Unido (2020), o projeto conta hoje com dez Catapultas, que vão desde a indústria de alto valor agregado, até energia renovável offshore¹⁹, passando por diversos setores (REINO UNIDO, 2020).

A Catapulta Indústria de Transformação de Alto Valor é o segmento do programa que alcançou mais êxitos dentro do Projeto Catapulta, composta por sete centros de pesquisa independentes do Reino Unido (REINO UNIDO, 2020; IEDI, 2018h). Os setores de pesquisa envolvidos são: sistemas digitais, tecnologias de automação, impressão 3D, novos materiais, simulação, realidade aumentada e realidade virtual, entre outros (IEDI, 2018d).

Pode-se, ainda, identificar ações e medidas de política executadas na presente década que contribuem, direta ou indiretamente, no avanço da Indústria 4.0. Criado em 2017, o documento *Made Smarter*, refere-se a uma proposta de aproximação entre o setor de tecnologia de digitalização industrial e governo (MADE SMARTER, 2020; IEDI, 2018h).

4.9 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS POLÍTICAS PÚBLICAS INTERNACIONAIS QUE CONTRIBUEM COM A INDÚSTRIA 4.0

Como um dos resultados da análise bibliográfica e documental, chegou-se aos seguintes países, cujas políticas foram apresentadas neste capítulo: Estados Unidos, Alemanha, Japão, Índia, Coreia do Sul, China, França e Reino Unido. Esta relação foi montada, durante a análise de conteúdo, a partir do momento em que estes países eram citados nos textos selecionados.

A análise de conteúdo, do material levantado, foi efetuada em duas partes, a primeira a partir da categorização ampla (políticas públicas, *startups*, energia elétrica e Indústria 4.0), como indicada na metodologia da pesquisa, e na sequência foi

¹⁹ Conjunto de energias de fontes limpas, como por exemplo, a partir do vento, ondas e marés.

efetuado um tratando mais pontual do conteúdo. Essa segunda parte foi focada na categorização específica: políticas-internacional.

O direcionamento para a categorização específica permitiu atender o objetivo específico de “efetuar levantamento e análise das políticas públicas internacionais que contribuem com a Indústria 4.0”, possibilitando a construção da presente síntese que busca ressaltar o direcionamento, que cada país tem dado, para se alcançar o alinhamento com a Indústria 4.0.

Pode-se observar que os elementos de construção de cada nação, tais como o contexto institucional, a cultura e a história, fazem com que cada país tenha um desenvolvimento único na busca pela Indústria 4.0. O Quadro 10, traz a algumas das iniciativas internacionais aqui citadas.

Quadro 10 – Comparação das iniciativas internacionais direcionadas ao alcance da Indústria 4.0

	Política	Ano de início	Tecnologia habilitadora	Objetivo nacional	Referências
EUA	<i>Advanced Manufacturing Partnership (AMP)</i>	2011	Não há foco em um segmento de tecnologia específico. O incentivo é voltado para a inovação e para a capacitação.	Recuperar a posição no mercado internacional, perdida, nos anos 2000, pela transferência das plantas industriais do país para o exterior.	IEDI (2019a); IEDI (2018b); IEDI (2018d); Daudt e Willcox (2016); FIRJAN (2016); Liu <i>et al.</i> (2011); Anderson (2011).
	<i>Accelerating US Advanced Manufacturing (AMP 2.0)</i>	2014			
	<i>Manufacturing USA</i>	2016			
Alemanha	<i>Industrie 4.0</i>	2012	Foco diverso, envolvendo todas as tecnologias habilitadoras.	Buscar formas de garantir a competitividade da Alemanha no mercado internacional.	BMW (2018); BMW (2016); Parlamento Europeu (2016); Hermann, Pentek e Otto (2016); Lucena, Roselino e Diegues (2020).
Japão	Iniciativa Revolução Robótica (<i>Robot Revolution Initiative - RRI</i>);	2015	Internet das coisas (IoT), <i>Big Data</i> , Robótica e Inteligência Artificial (IA).	Alcançar o fortalecimento da economia nacional, visando manter a competitividade internacional e criar novos mercados.	IEDI (2018d); Liao <i>et al.</i> (2018); Rodrigues (2018).
Índia	<i>Make in India</i>	2014	Investimento nas diversas tecnologias habilitadoras.	Busca superar as deficiências estruturais e alcançar destaque no mercado internacional	IEDI (2018e); IEDI (2018f); PWC (2018).
Coréia do Sul	Movimento Inovação Industrial 3.0 (<i>Industry Innovation Movement 3.0 - IIM 3.0</i>)	2014	Fábrica Inteligente, Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Manufatura Aditiva e <i>Big Data</i> .	Busca a construção de um ecossistema industrial avançado, como forma de a competitividade e consequentemente a sua posição no mercado internacional.	IEDI (2018d); IEDI (2018i); IEDI (2018j); Lucena, Roselino e Diegues (2020).

	Política	Ano de início	Tecnologia habilitadora	Objetivo nacional	Referências
China	<i>Made in China 2025 (MIC 2025)</i>	2015	Internet das coisas (IoT) e <i>Big Data</i> .	Transformar a China em uma potência mundial, baseada em tecnologia avançada.	IEDI (2018a); FIRJAN (2016); Santos (2019)
França	Nova França Industrial (NFI) Fase 1	2013	Manufatura Aditiva e Internet das coisas (IoT).	Alcançar a liderança no mercado europeu, podendo expandir para destaque no mercado internacional.	IEDI (2018g); FIRJAN (2016).
	<i>A Indústria do Futuro (The Industry of the Future/L'industrie du futur)</i> Fase 2	2015			
Reino Unido	Catapulta Indústria de Transformação de Alto Valor (<i>High Value Manufacturing Catapult - HVMC</i>)	2013	Manufatura Aditiva, Inteligência Artificial (IA), Robótica e automação, Internet das coisas (IoT) e <i>Big Data</i> .	Desenvolver das tecnologias habilitadoras para se manter alinhado ao desenvolvimento da Indústria 4.0.	IEDI (2018d); IEDI (2018h); Reino Unido (2020); MADE SMARTER (2020).
	<i>Made Smarter</i>	2017			

Fonte: Autoria própria (2020)

No Quadro 10, ao direcionar a atenção à coluna de objetivo nacional, pode-se perceber que o mercado externo serve, com frequência, como estímulo para a adoção dos elementos da Indústria 4.0 nos países. Dentre as redações dos objetivos, encontram-se referências aos verbos alcançar, recuperar ou garantir, referindo-se à posição do país no *ranking* internacional. Isso demonstra que, apesar de a adoção de uma tecnologia, ou outra, ser uma decisão exclusiva de cada país, a representatividade deste, no mercado externo, e até mesmo a expectativa de desempenho internacional, pode influenciar diretamente nas decisões de uma nação.

Ao voltar o olhar para a coluna contendo as tecnologias habilitadoras, estimuladas em cada país, a Internet das Coisas (IoT) aparece citada com maior frequência. Isso se deve ao fato de que a IoT, muitas vezes acompanhada pela Inteligência Artificial (IA) e *Big Data*, trata-se de uma tecnologia que permite a formação de uma infraestrutura que beneficia o desenvolvimento de outras tecnologia habilitadora para a Indústria 4.0.

Neste sentido, ao país investir em tecnologias de caráter estrutural, ele acaba ampliando o leque de opções de direcionamento dos setores, conduzindo-os da forma que melhor atender as necessidades nacionais, considerando suas especificidades.

No que se refere às políticas para a Indústria 4.0, de cada país, percebe-se que não há uma obrigatoriedade de se criar a política exclusivamente para a Indústria 4.0. Isso se deve ao fato da existência de conectividade entre as tecnologias, bem como, de estas já serem conhecidas, mas, só recentemente apresentando o caráter disruptivo devido à ampla adoção, de forma distinta da utilização em períodos anteriores.

Políticas, e outras formas e incentivos, podem ser adaptadas para as necessidades identificadas em cada país, seja no momento atual, seja para alcançar objetivos em um período futuro. A manufatura avançada (AMP), criada em 2011 pelos Estados Unidos, é um desses exemplos, pois sua criação precedendo a criação da Indústria 4.0, fez com que a AMP não contivesse elementos apontados na Indústria 4.0, como questões socioambientais e a abrangência de setores para além do setor industrial.

Como solução, que envolve uma reavaliação, tendo a Indústria 4.0 já contextualizada, os Estados Unidos fizeram os ajustes necessários até criarem em 2014 o AMP 2.0. Em período mais recente, como é inferido no Quadro 10, em 2016 surge também o *Manufacturing USA*.

Na França, apesar de o plano Nova França Industrial (NFI) ter sido criada após a Indústria 4.0, em 2013, o país o tomou como uma de duas fases do plano. Neste caso a NFI refere-se à primeira fase, do plano de investimento do país em tecnologias da Indústria 4.0, e A Indústria do Futuro, criada em 2015, figura como a segunda fase, trazendo soluções principalmente em questões de financiamento de empresas.

É comum também a criação de incentivos secundários, que se mantém sob as diretrizes de um projeto guarda-chuva, mas direciona os esforços para um seguimento específico, que possa carecer de desenvolvimento de forma pontual. O investimento em *startups* e em energia elétrica, por exemplo, quando não estão presentes em projetos guarda-chuvas, em geral recebem um incentivo direcionado por planos secundários.

A intensificação dos investimentos nas tecnologias habilitadoras que o país já dispõe de conhecimento, como no caso do Japão com a robótica avançada e inteligência artificial, acaba sendo um caminho que pode levar a um destaque no cenário envolvendo a Indústria 4.0. Associando aos paradigmas tecnológicos, por exemplo, quando se tem uma vasta pesquisa sobre determinada tecnologia, as pesquisas, a serem desenvolvidas, podem levar a anomalias e, conseqüentemente, estimular a se buscar novas soluções, as quais o paradigma tecnológico vigente não responde.

Contudo, não há uma obrigatoriedade, para se destacar no mercado internacional de existir essa quebra de paradigma com relação à tecnologia habilitadora, visto que a própria Indústria 4.0 já possui um caráter disruptivo frente a forma de utilização das tecnologias existentes. Desta forma, investir na inovação incremental da tecnologia habilitadora pode viabilizar significativamente a disrupção pela Indústria 4.0.

Por outro lado, o país que apresenta deficiência estrutural com relação às tecnologias habilitadoras, como citado no caso da Índia e Coréia do Sul, a atenção ao planejamento do avanço do país exige maior esforço e maiores investimentos. Neste ponto as políticas públicas podem auxiliar no direcionamento a uma tecnologia específica, ou mesmo em várias, buscando autonomia tecnológica do país.

Ao pesquisar sobre os incentivos ao setor de energia elétrica, nos países elencados, não foi encontrado destaque para este setor dentro das políticas gerais de

direcionamento à Indústria 4.0. Em geral, encontra-se o termo mais amplo, energia, o que envolve uma cadeia maior do que o delimitado neste estudo.

5 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ALAVANCAGEM DAS *STARTUPS* VINCULADAS À INDÚSTRIA 4.0, APLICADAS AO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRO

Dando sequência à análise feita no capítulo anterior, a qual teve como foco o atendimento do objetivo específico b) efetuar levantamento e análise das políticas públicas internacionais que contribuem com a Indústria 4.0, no presente capítulo o foco passa a ser direcionado para o âmbito nacional, dando continuidade à busca do atendimento dos demais objetivos específicos e, conseqüentemente, do objetivo geral.

Este capítulo foi dividido em quatro subcapítulos. O primeiro, intitulado “Políticas Públicas direcionadas para a inovação e a relação com as *startups* e Indústria 4.0 no Brasil”, traz a partir da análise de conteúdo, as políticas públicas brasileiras, entre 2012 e 2020, que incentivaram / incentivam a Indústria 4.0, ou alguma de suas tecnologias habilitadoras.

Cabe sublinhar que o direcionamento do foco para as políticas públicas ligadas à Indústria 4.0 no Brasil, se deve ao fato de que estas podem se tornar um estímulo, seja no curto, médio ou longo prazo, para que possa ocorrer a adaptação, substituição e/ou inclusão de tecnologias capazes de modernizar o setor de energia elétrica do Brasil, bem como estimular ainda mais a aproximação das *startups* a este setor.

O segundo subcapítulo, sob o título “Evolução das Políticas Públicas e programas que contribuem para a Indústria 4.0 no Brasil”, trata do atendimento do objetivo específico c) elaborar uma linha do tempo com a evolução das políticas públicas e programas que contribuem para a Indústria 4.0 no Brasil. Com esta linha do tempo, tem-se uma visão dos avanços dos temas, ao longo dos anos, e também sobre o aperfeiçoamento e a continuidade de políticas ou programas.

O terceiro subcapítulo, intitulado “Papel das Políticas Públicas: *startups* vinculadas à Indústria 4.0 e setor de energia elétrica brasileiro”, como esperado, atende aos dois objetivos específicos restantes, a) identificar os nichos de participação das *startups* no setor de energia elétrica no contexto da Indústria 4.0 e d) desenvolver um quadro indicativo das potencialidades das políticas públicas que podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, e suas limitações, aplicadas ao setor de energia elétrica brasileiro.

Por fim, o quarto e último subcapítulo, consiste em uma breve síntese do que foi tratado ao longo deste capítulo. Encerra-se assim, com o presente capítulo, a análise das políticas públicas para alavancagem das *startups* vinculadas à Indústria 4.0, aplicadas ao setor de energia elétrica brasileiro, proposta como objetivo geral desta pesquisa.

5.1 POLÍTICAS PÚBLICAS DIRECIONADAS PARA A INOVAÇÃO E A RELAÇÃO COM AS *STARTUPS* E INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

Ao analisar o desenvolvimento da Indústria 4.0, nos países citados ao longo da pesquisa, percebe-se que, na maioria, acaba sendo necessário tanto incentivo, quanto direcionamento por parte do governo. Principalmente, pelo fato de ser desejável que sejam consideradas as especificidades de cada nação e seus objetivos. O Brasil segue este mesmo molde, apesar de iniciativas pontuais do setor privado em direção à Indústria 4.0, principalmente de empresas ligadas a países (ou originárias de países) em fase mais avançada desta revolução, o Brasil carece de um direcionamento no modelo *top-down*, ou seja, que segue o sentido de cima para baixo, do governo para os setores.

Sobre o déficit do Brasil, referente à Indústria 4.0, Gonçalves *et al.* (2018) afirmam que:

O atraso brasileiro diante da integração das tecnologias físicas e digitais em todas as etapas de desenvolvimento de um produto fica evidente porque a maioria das empresas não identificam quais tecnologias têm potencial para alavancar a competitividade do setor industrial. (GONÇALVES *et al.*, 2018, p. 2233)

Sobre isso, o próprio Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) destacou em 2018 que “ainda há no Brasil grande desconhecimento sobre os conceitos da Indústria 4.0 e suas aplicações” (MDIC, 2018a, p. 1).

Tal direcionamento no Brasil, apesar de ser em uma velocidade menor do que verificado em outros países, tem ocorrido e ganhado força nos últimos anos. Em um esforço de estabelecer uma linha temporal de políticas e projetos desenvolvidos no Brasil, envolvendo a Indústria 4.0, foram reunidas aqui as iniciativas analisadas no desenvolvimento da presente tese. Seguindo uma ordem cronológica, como forma de

facilitar a compreensão do avanço da inclusão do tema Indústria 4.0 nas discussões no Brasil.

Contudo, vale ressaltar que a demarcação temporal, aqui trata-se somente da identificação do ano em que a iniciativa foi originada, ou seja, não reflete a duração da política ou projeto, que pode apresentar resultado de curto, médio e longo prazo.

Conforme o apresentado no referencial teórico, no Capítulo 2, observa-se que a apresentação do projeto alemão se deu em 2012, o que originou o conceito de Indústria 4.0 no mundo. Em décadas passadas, principalmente, devido às limitações de acesso à informação, eram comuns a existência de uma demora significativa para a adoção, ou adaptação para a realidade nacional, de uma ação estratégica observada em outros países. Contudo, o processo de globalização e a velocidade da Indústria 4.0, como apresentado por IEDI (2018c), fazem com que o atraso no desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil, assim como em outros países, possa refletir negativamente na posição do país no mercado internacional futuro.

Considerando o ano de 2012 como o surgimento do conceito Indústria 4.0, a pesquisa foi delimitada de 2012 a setembro de 2020. Foram consideradas as políticas e projetos que contribuem com a Indústria 4.0, incluindo estímulos para as *startups* e setor de energia elétrica de forma direta ou indireta.

Em 2012, foi desenvolvido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) um Programa Nacional de Aceleração de *startups* chamado de *Startup Brasil*²⁰. Tendo como objetivo incentivar as *startups*, principalmente de *software* e *hardware*. De acordo com Roncaratti (2017, p. 219), esta iniciativa buscou a criação de um arranjo público-privado “para a aceleração das empresas, ofertando recursos financeiros diretos não reembolsáveis, investimentos das aceleradoras, capacitação, mentoria e conexão com clientes, investidores e outras *startups*”.

O Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) criou em 2013 o programa intitulado Inovativa Brasil com o objetivo de estimular *startups*, de todos os segmentos, proporcionando “aceleração, conexão, visibilidade e mentoria em todo o território nacional” (INOVATIVA BRASIL, 2020, p.1).

De acordo com MDIC (2020c, p.1), este programa surgiu como “maior e mais abrangente programa de aceleração de *startups*”. A partir do ano de 2016, o Inovativa

²⁰ Link para acessar o site do programa: <http://startupbrasil.org.br>.

Brasil ganha um novo marco na linha do tempo, que é quando passa a ter o Sebrae como correalizador.

O Ministério das Comunicações criou a Câmara Máquina a Máquina (M2M) no mês de outubro de 2014. Esta câmara foi criada visando a elaboração de um Plano Nacional de Comunicação M2M e Internet das Coisas. De acordo com Silva e Campos (2019, p. 4), ela “é composta por uma gama de associações e ministérios, dividida em diversos subgrupos, sendo um deles o de Produtividade Industrial e Indústria 4.0, do qual a CNI faz parte”.

Trata-se de uma iniciativa que está alinhada com as tecnologias habilitadoras para a Indústria 4.0, mais especificamente com os sistemas ciberfísicos e a internet das coisas.

Direcionada para a Indústria 4.0, de uma forma mais explícita, no ano de 2015, temos o início dos estudos para a criação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0. Tratou-se de uma iniciativa do MCTIC e o antigo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (CTCP, 2019).

Para o desenvolvimento destes estudos, foram promovidos eventos como workshops para a introdução do tema na discussão entre atores do mercado, focando em eixos como: Desenvolvimento Tecnológico e Inovação; Capital Humano; Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de Fornecedores; e Regulação, Normalização Técnica e Infraestrutura. Estes estudos embasaram outras iniciativas desenvolvidas nos anos seguintes, tais como: Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil – ProFuturo e a Agenda Brasileira para a Indústria 4.0 (MCTIC, 2017; MDIC, 2018b; CTCP, 2019).

Em 2016, ocorreu em Santa Catarina o evento Despertar 4.0, realizado pelo SENAI-SC, com o objetivo de disseminar informação sobre a Indústria 4.0, como forma de preparar os agentes para as tecnologias habilitadoras (SENAI-SC, 2017).

No mesmo ano, o programa Inovativa Brasil que havia sido criado em 2013 passou a ser coorganizado pelo Sebrae. Essa alteração ganha relevância dado o aumento da capacidade de distribuir as ações do programa pelo Brasil (INOVATIVA BRASIL, 2020).

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) lançou em 2016 o documento intitulado: Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (2016-2022) (MCTIC, 2016). Este documento foi elaborado, a partir de consulta pública, visando proporcionar orientação estratégica para implementação de políticas públicas que envolvam Ciência, Tecnologia e Inovação.

O Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) lança o estudo resultante de “workshops realizados em sete capitais brasileiras em contraste com as experiências internacionais” (MDIC, 2016, p. 1). O estudo foi nomeado: Perspectivas de especialistas brasileiros sobre oportunidades e desafios para a manufatura avançada no Brasil.

Em 2017, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) divulgou o documento elaborado com foco específico na Indústria 4.0, como forma de direcionar os agentes para as oportunidades existentes no território brasileiro. O documento foi intitulado “Oportunidades para a Indústria 4.0: aspectos da demanda e oferta no Brasil” (CNI, 2017a).

Outro ponto de destaque, em 2017, foi o chamado Projeto Indústria 2027, também elaborado a partir de uma iniciativa da CNI, mas desta vez em parceria com o Instituto Euvaldo Lodi (IEL) e os institutos de economia da UFRJ e Unicamp (CNI, 2017b).

Como forma de direcionar os esforços para a capacitação nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, foi criado o *Master Business in Innovation* (MBI) em Educação para o Profissional do Futuro, oferecido pelo SENAI/SC (FIESC, 2018).

Em julho de 2017 foi a vez de o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) criar o Grupo de trabalho para a I4.0 (GTI 4.0). O grupo acabou sendo um marco importante, visto que foi a partir dele que se fez possível a elaboração da Estratégia Nacional para a Indústria 4.0 (MDIC, 2017; MIGUEZ *et al.*, 2018).

Em setembro de 2017, foi lançado o *Cluster* Nacional para a Indústria 4.0, com a participação do Grupo de Trabalho de Manufatura Avançada (GT-MAV), da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ) e a Vertical Manufatura, da Associação Catarinense de Empresas de Tecnologia (ACATE). Este *cluster* foi criado com o objetivo de fornecer informações para as indústrias sobre como utilizar as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, bem como viabilizar a identificação de quais empresas podem fornecer soluções (ABIMAQ, 2017).

O documento intitulado Inovação, manufatura avançada e o futuro da indústria foi elaborado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, abrangendo

quatro grandes temas: Governança, Integração Internacional, Laboratórios e Rede *Testbeds*²¹ (ABDI, 2017).

No segundo semestre de 2017, houve o lançamento do plano Produção do Futuro - Plano CT&I para Manufatura Avançada no Brasil, abreviado como ProFuturo. O programa foi desenvolvido com o intuito de identificar temas e as percepções, que os envolvidos no setor produtivo tem sobre a Indústria 4.0 no Brasil (MCTIC, 2017).

O Centro de Pesquisa em Engenharia em Manufatura Avançada – FAPESP, é uma iniciativa criada em 2017 pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), que almeja celebrar Acordos de Cooperação Científica e Tecnológica para a criação de centros voltados para a inovação, a serem montados a partir de um edital publicado pela instituição (ABDI, 2017, FAPESP, 2018).

O documento elaborado pelo Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial, Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades para o Brasil, apresenta sugestões de políticas para a Indústria 4.0. Dentre elas: formas de obter recursos; capacitação de recursos humanos; difusão de tecnologias; entre outros.

Conhecida como Rotas Estratégicas para o Futuro da Indústria Paranaense, o projeto do Sistema FIEP busca estimular que cada setor industrial se desenvolva com base na criação de conhecimento, considerando fatores como a tecnologia, a sociedade e demais variáveis que podem contribuir para a antecipação das necessidades do setor, o que vem a contribuir com a indústria do estado. Em 2017, foi lançada a publicação intitulada Rotas Estratégicas para o Futuro da Indústria Paranaense: Energia 2031 (FIEP-PR, 2017), a qual foi direcionada especificamente para o setor de energia, de forma ampla, abrangendo diferentes fontes energéticas.

A partir dos estudos do Grupo de trabalho para a I4.0 (GTI 4.0), criado pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), foi elaborada a Estratégia Nacional para a Indústria 4.0, em 2018, em parceria com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) (MDIC, 2018c; MIGUEZ *et al.*, 2018).

No mesmo ano, o Programa Nacional para Elaboração e Implementação de Plano Empresarial Estratégico de Digitalização surge como uma recomendação da CNI para efetivar a migração de tecnologias, para que a indústria alcance a Indústria 4.0 (AGÊNCIABRASIL, 2018).

²¹ Como Rede *Testbeds* entende-se como sendo uma infraestrutura que agrega empresas e grupos de pesquisa (ABDI, 2017)

A Agenda Brasil 4.0 (Agenda Brasileira para a Indústria 4.0) foi criada pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e pela ABDI. A agenda apresenta dez medidas, sendo elas: Difusão do Conteúdo da Indústria 4.0; Autoavaliação; HUB 4.0; Brasil Mais Produtivo 4.0; Fábricas do Futuro e *Testbeds*; Conexão *Startup*-Indústria 4.0, Mercado de Trabalho e Educação 4.0; Regras do Jogo 4.0; Financiabilidade para uma Indústria 4.0; e Comércio Internacional 4.0 (MDIC, 2018b; IEDI, 2018b). Sua estrutura é divulgada no site www.industria40.gov.br e seu lançamento se deu em março de 2018, no Fórum Econômico Mundial na América Latina²² (MDIC, 2018a).

Essa agenda tem como foco a “disseminação de processos que promovam as mudanças culturais necessárias para que as indústrias alcancem o patamar 4.0” (MDIC, 2018a, p. 1), que podem ser vistos como um ponto de inflexão, mudando a forma de gestão nos setores envolvidos no programa. Em questões envolvendo fomento, instituições financeiras tanto de origem pública quanto privada, passaram a disponibilizar linhas de crédito direcionadas para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil, dentre estas instituições estão a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), o Banco da Amazônia (BASA) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (MDIC, 2018a).

O documento Políticas para o Desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil, criado pelo IEDI, traz a apresentação de projetos e ações desenvolvidas em 2017 e 2018, voltados para o tema, como forma de estímulo ao debate sobre a Indústria 4.0 (IEDI, 2018c).

O programa conhecido como *Startup*-Indústria 4.0 – Programa Nacional Conexão *Startup*-Indústria – como o próprio nome indica, tem como característica contemplar “a aproximação entre indústrias e *startups*” (MDIC, 2018a, p. 1). Desenvolvido pela ABDI, o programa pode ser acessado pelo site <https://startupindustria.com.br/startup4-0>. Chama-se a atenção para que, como já apresentado nessa tese, paralelamente, o lançamento de editais no setor de energia voltados para *startups* deu-se a partir do final de 2017, ano em que no setor produtivo nacional estava se discutindo mais frequentemente sobre o direcionamento do Brasil para a Indústria 4.0 (MDIC, 2018a).

²² O Fórum Econômico Mundial na América Latina foi realizado em São Paulo no período de 13 a 15 de março de 2018.

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) desenvolveu um estudo intitulado Internet das Coisas: um plano para o Brasil (BNDES, 2018). Dentre os objetivos estratégicos o estudo traz, questões a serem observadas, como a eficiência energética, focando em “reduzir desperdício de *utilities* e criar rede de iluminação pública que habilite soluções de IoT de forma ampla nas cidades” (BNDES, 2018, p. 21).

O programa Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital), foi instituído em 2018, estabelecendo cem ações para a digitalização, em um período de quatro anos. Os setores a serem impactados são: agricultura, comércio, educação, finanças, indústria e serviços (BRASIL, 2018; MCTIC, 2018b).

O Prêmio Mercosul de Ciência e Tecnologia, foi criado em 1998 e a cada edição é selecionado um tema específico. Na edição do ano de 2018 o tema foi Indústria 4.0 e a próxima edição, programada ainda para 2020, terá como tema Inteligência Artificial, uma das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 (CNPQ, 2020).

Em outubro de 2018, ocorreu o Seminário em Indústria Avançada no Brasil, realizado pelo MCTIC. Este evento foi uma das ações decorrentes do Plano de CT&I para Manufatura Avançada, criado no ano anterior, onde foi feito o lançamento da Plataforma de Mapeamento de Iniciativas Brasileiras – Mapeamento 4.0 (MCTIC, 2018c; 2018d).

O chamado Mapeamento 4.0, foi elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações e pelo Departamento Nacional do Serviço Nacional de Aprendizagem Nacional (SENAI-DN). Acompanhando o Plano CT&I para Manufatura Avançada no Brasil – ProFuturo, a iniciativa foi criada com o objetivo de identificar as iniciativas voltadas para a Indústria 4.0 já existentes (MCTIC, 2018d). Tratando-se de uma ferramenta para contribuir com o ProFuturo que visa “orientar e subsidiar decisões de políticas e ações de ciência, tecnologia e inovação em Indústria 4.0 para o Brasil” (MCTIC, 2017, p. 1).

Em abril de 2019 foi criada a Câmara Brasileira da Indústria 4.0 (Câmara I4.0), cuja secretaria executiva é composta por um conselho superior e grupos de trabalho. O Conselho superior é composto pelo MCTIC, ME, CNI, CNPq, BNDES, ABDI, SEBRAE e EMBRAPA, já os grupos de trabalhos, que envolvem instituições públicas e privadas, são divididos em quatro eixos, sendo eles: Desenvolvimento Tecnológico e Inovação; Capital Humano; Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de

Fornecedores; Regulação, Normalização Técnica e Infraestrutura (MCTIC, 2019). O Quadro 11 ilustra a composição da Câmara I4.0.

Quadro 11 – Organização da Câmara Indústria 4.0

SECRETARIA EXECUTIVA		CONSELHO SUPERIOR							
		Membros							
		MCTIC ME CNI FINEP CNPq BNDES ABDI SEBRAE EMBRAPII							
SECRETARIA EXECUTIVA		GRUPO DE TRABALHO							
		Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (Coordenação MCTIC)		Capital Humano (Coordenação MCTIC)		Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de Fornecedores (Coordenação ME)		Regulação, Normalização Técnica e Infraestrutura (Coordenação ME)	
		1 ABDI 2 ABIMAQ 3 ABINEE 4 ABIPTI 5 ANPEI 6 ANPROTEC 7 BNDES 8 CNI 9 CONFAP 10 EMBRAPII 11 FINEP 12 MCTIC 13 ME 14 P&D Brasil 15 SENAI	16 CNPq 17 SEBRAE 18 ABStartups 19 Abrammat 20 Abisemi 21 GS1 Brasil 22 ABIA 23 BRASSCOM 24 CAESenado	1 ABRUEM 2 ANDIFES 3 CAPES 4 CNI 5 CNPq 6 CONIF 7 CRUB 8 MCTIC 9 ME 10 MEC 11 SENAI	12 ABDI 13 ABES 14 ABO20 15 AEA 16 Eletros 17 ABIA 18 CAESenado	1 ABDI 2 ABIMAQ 3 ABINEE 4 ABIQUIM 5 ABIT 6 Aníavea 7 BNDES 8 CNI 9 FINEP 10 MCTIC 11 ME 12 SEBRAE 13 SENAI	14 ABES 15 Abiplast 16 Abisemi 17 ABStartups 18 AEA 19 Eletros 20 Sindipecas 21 GS1 Brasil 22 ABIA 23 CAESenado	1 ABII 2 ABIMAQ 3 ABINEE 4 ABNT 5 ANATEL 6 BNDES 7 BRASSCOM 8 CNI 9 CNPq 10 FINEP 11 INMETRO 12 MCTIC 13 ME 14 SinditeleBrasil 15 SOFTEX	16 ABDI 17 Abrammat 18 ABO20 19 VDI-Brasil 20 MBC 21 GS1 Brasil 22 ABIA 23 CAESenado

Fonte: Adaptado de MCTIC (2019, p. 3)

No mês de junho de 2019, um decreto instituiu o Plano Nacional de Internet das Coisas (BRASIL, 2019). Este decreto torna-se relevante para todos os setores visto que trata especificamente de uma das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.

Em outubro de 2019, o MME instituiu o Grupo de Trabalho para Modernização do Setor Elétrico, tratando dos temas: ambiente de mercado e mecanismos de viabilização da expansão do Sistema Elétrico; mecanismos de formação de preços; racionalização de encargos e subsídios; Mecanismo de Realocação de Energia - MRE; alocação de custos e riscos; inserção das novas tecnologias; e sustentabilidade dos serviços de distribuição (MME, 2019b).

O grupo foi formado por agentes do setor de energia elétrica e teve a duração de 180 dias. Durante este período, foram feitas reuniões, consultas públicas e workshops para tratar do tema (MME, 2019a). Ao final, foi apresentado o Relatório do Grupo de Trabalho da Modernização do Setor Elétrico, o qual tem como principal diretriz “levar energia elétrica para os consumidores de forma competitiva, zelando

pela sustentabilidade da expansão, com a promoção da abertura do mercado e a eficiência na alocação de custos e riscos” (MME, 2019c, p. 16).

De acordo com MDIC (2020a) e Brasil (2020b), em 22 de janeiro de 2020, no Fórum Econômico Mundial ocorrido em Davos, na Suíça, foi anunciada a criação do Centro para a quarta revolução industrial – Brasil (C4IR-Brasil). Trata-se do primeiro centro focado na Indústria 4.0 para o Brasil, afiliado ao Fórum Econômico Mundial. O centro está previsto para ter sua sede em São Paulo, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)²³. A ABDI é a instituição responsável pela operacionalização das “ações de implantação do C4IR Brasil” (ABDI, 2020, p.1).

De acordo com MDIC (2020a), o secretário especial de Produtividade, Emprego e Competitividade do Ministério da Economia (Sepec/ME), Carlos da Costa, afirmou durante o lançamento do C4IR-Brasil que:

O lançamento deste Centro é um passo importante para garantir que o país se beneficie da quarta revolução industrial, alavancando investimentos em tecnologias emergentes para aumentar a produtividade, a competitividade e o desenvolvimento social. (MDIC, 2020a, p. 1)

Tal afirmação alinha-se com o objetivo do C4IR-Brasil de preparar as empresas para a quarta revolução industrial, o qual se trata de um projeto de longo prazo (cerca de 10 anos). O C4IR-Brasil será responsável por criar “regulação e governança para a implantação de tecnologias da Indústria 4.0 no Brasil” (IPT, 2019, p.1), focada nas empresas de diferentes portes, mas principalmente nas menores, que possuem maior dificuldade na renovação tecnológica, seja pela capacitação para lidar com as novas tecnologias, seja pela limitação orçamentária para investir nas tecnologias habilitadoras, como as descritas no Capítulo 2.

A primeira reunião do comitê executivo do C4IR-Brasil, devido à pandemia do COVID-19, deu-se por meio virtual no dia 13 de agosto de 2020.

Por fim, no Decreto nº 10.246 de 18 de fevereiro de 2020, foi instituído o Programa Brasil Mais e a economia 4.0²⁴ (BRASIL, 2020c). De acordo com MDIC (2020b), o programa está sob coordenação da Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade (SEPEC), do Ministério da Economia, com o apoio da

²³ A instalação da sede do C4IR-Brasil em São Paulo, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas, estava prevista para o mês de maio de 2020, mas, devido à pandemia COVID-19 a instalação ainda não foi concluída (ABDI, 2020; MDIC, 2020a; PORTAL HOSPITAIS BRASIL, 2020).

²⁴ O Programa Mais Brasil está disponível no link: <https://brasilmais.economia.gov.br/>.

ABDI na gestão e operação. Para o atendimento às empresas, o programa conta com o SENAI e SEBRAE (MDIC, 2020c).

Em agosto de 2020, foi lançado um estudo que analisa habilidades profissionais do futuro, pelo SESI-PR (2020), intitulado *Skills 4.0*. Cooperação técnica com o Observatório Fiep para sistematizar competências da Indústria 4.0 recomendadas pela literatura profissional. O objetivo deste trabalho é fortalecer a integração dessas competências na empresa e compartilhar informações de fronteira com todas as pessoas interessadas em avaliar o potencial humano no contexto da Quarta Revolução Industrial.

Recentemente, em 09 de setembro de 2020, a Copel lança o maior programa de rede elétrica do país, até o momento, no qual pretende-se “automatizar as redes de energia, com monitoramento remoto e controle de consumo em tempo real pelo cliente” (COPEL, 2020, p. 1). O programa segue o modelo existente em países como os Estados Unidos e Japão. Dentre os principais benefícios para o consumidor, Copel (2020) destaca: Menor tempo e menor número de desligamentos; Religação automática; Controle do consumo; Leitura à distância; e Qualidade da energia.

Nas palavras do diretor-geral da ANEEL, “a instalação dos medidores inteligentes traz para o Paraná as melhores práticas mundiais, com um salto de qualidade para os consumidores” (ANEEL, 2020b, p. 1).

Dentre as políticas apresentadas, apenas duas se destacam por serem direcionadas especificamente para o setor de energia elétrica brasileiro: o Grupo de Trabalho para a Modernização do Setor Elétrico, pelo Ministério de Minas e Energia (2019); e a Rede Elétrica Inteligente, pela COPEL (2020).

Em compensação, como citados em capítulos anteriores, foram verificados quatro editais no setor de energia elétrica voltados para a aproximação das *startups* e grandes empresas do setor. Sendo eles:

- Copel nº 05/2017 (COPEL, 2017)
- Copel nº 001/2018 (COPEL, 2018)
- AES TIETÊ energia nº 002/2018 (AES TIETÊ, 2018)
- Lab Procel – 02/2020 (ELETROBRAS, 2020b)

Ao se analisar o conteúdo dos editais, é possível afirmar que com tais destaques percebe-se nos últimos anos um encaminhamento do setor de energia

elétrica para a Indústria 4.0. Mesmo quando o termo Indústria 4.0 não é explícito no conteúdo, ainda sim, é possível associá-lo ao termo, considerando a indicação e o direcionamento dado para as tecnologias habilitadoras.

Além disso, a busca por uma aproximação entre *startups* e as grandes empresas do setor de energia elétrica, analisando sobre um ponto de vista do paradigma tecnológico, pode indicar a busca de novas de soluções, cujo paradigma em vigor pode não estar respondendo às atuais necessidades, como respondia em décadas anteriores.

5.2 EVOLUÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS E PROGRAMAS QUE CONTRIBUEM PARA A INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

Dentre as fases que envolvem a ruptura e o estabelecimento de um paradigma tecnológico, como visto, passa-se por um período de crise e um período pré-paradigmático. Tendo sido apresentado por Thomas Kuhn, considerando o paradigma científico, e revisitado por Giovanni Dosi, ao discutir paradigma no contexto da tecnologia.

A importância de se resgatar essa observação se deve ao fato de que, apesar de não se poder afirmar de forma irrefutável, atualmente pode-se dizer que passamos por mudanças consideráveis na tecnologia, assim como, na forma como a sociedade se relaciona com ela. Coincidindo com elementos apontados como sendo característicos da sexta revolução tecnológica e, possivelmente, com uma mudança de paradigma tecnológico.

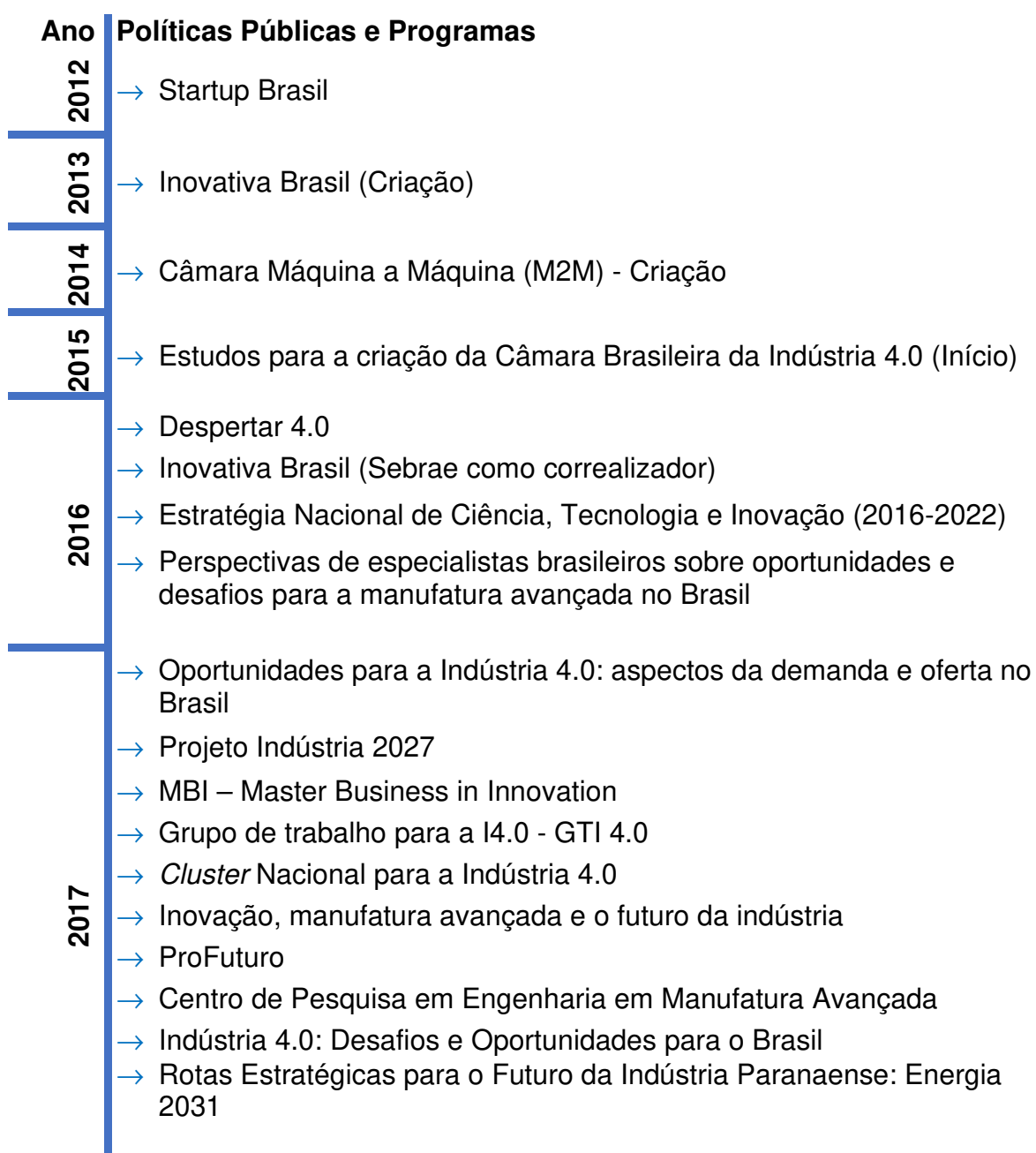
A menção sobre se tratar de uma afirmação que pode ser refutada, é consistente, quando consideramos que estamos presenciando uma série de mudanças, a partir de tentativas de se criar soluções diferenciadas, mas, a confirmação, se houve uma mudança efetiva do paradigma tecnológico, é algo que só na análise do cenário *ex-post* é que poderá ser corroborado ou não.

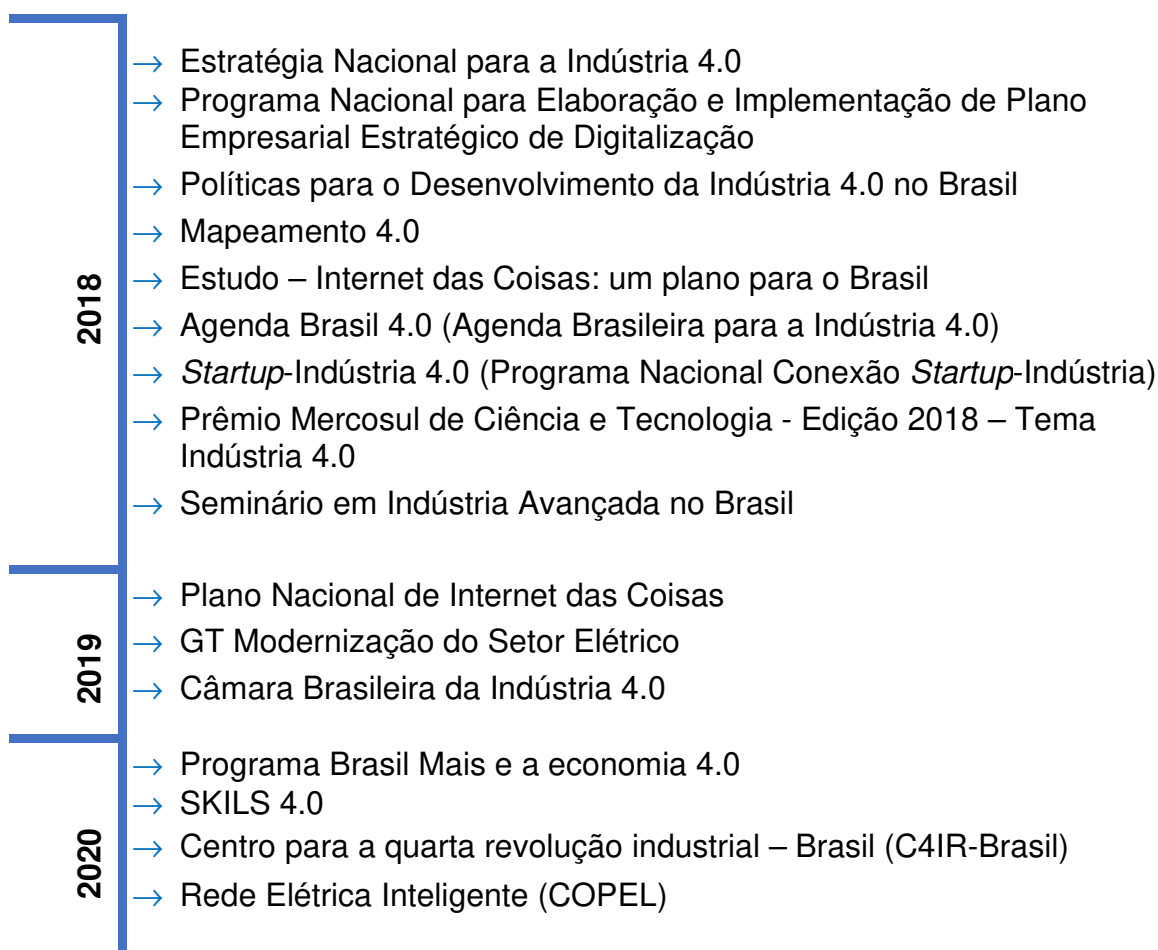
Contudo, teoricamente, podemos estar vivenciando um período pré-paradigmático, considerando que Kuhn o apresentou como um período em que surgem teorias especulativas, experimentos e novas descobertas, as quais podem se converter em um novo paradigma. A Indústria 4.0, por exemplo, é um ponto que pode

se aproximar dessa descrição da teoria, principalmente, quando se observa o crescimento e aprofundamento da discussão sobre esse tema nos últimos anos.

Visando trazer as políticas públicas e programas, citados no subcapítulo anterior, de uma forma mais ilustrativa, foi elaborada a Figura 7. Atendendo, assim, ao objetivo específico c) elaborar uma linha do tempo com a evolução das políticas públicas e programas que contribuem para a Indústria 4.0 no Brasil.

Figura 7 – Linha do tempo com a evolução da Indústria 4.0 no Brasil





Fonte: Autoria própria (2020).

A Figura 7 apresenta diferentes formas de contribuição para a Indústria 4.0, podendo estas serem diretas ou indiretas. Como contribuição indireta, por exemplo, pode-se destacar quando a política ou programa estimula a inovação, as *startups* e/ou as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Já a contribuição direta se atém especificamente à Indústria 4.0.

Sob estes parâmetros, contribuição direta e indireta, na linha do tempo, pode-se observar algum tipo de política ou programa em todos os anos analisados, desde 2012 a 2020. À medida que os anos avançam é possível perceber um aumento das contribuições diretas, incluindo aos títulos o termo Indústria 4.0. Observando sobre o ponto de vista do setor de energia elétrica, tem-se as Rotas Estratégicas para o Futuro da Indústria Paranaense: Energia 2031; GT Modernização do Setor Elétrico; e Rede Elétrica Inteligente (COPEL).

Para além do direcionamento de cada política ou programa, um fator importante é o investimento feito, ou planejado. Nesse quesito, a partir do ano de 2020 foi estabelecido um novo obstáculo em todos os setores, a pandemia COVID-19, que impacta tanto nas políticas públicas que estavam sendo elaboradas desde então, até o desempenho das políticas já em andamento.

Em um breve resumo, em dezembro de 2019, foi registrado²⁵ na Organização Mundial de Saúde (OMS) o primeiro caso no mundo da doença COVID-19, causada pelo vírus Sars-Cov-2 (novo coronavírus), o qual foi identificado na China (WHO, 2020). Na sequência, a ampla infecção pelo vírus Sars-Cov-2, ou seja, o aumento de casos de infectados, juntamente com a disseminação em nível mundial, fez com que OMS decretasse pandemia, no dia 11 de março de 2020 (WHO, 2020). Destacando que se entende como pandemia “uma epidemia que ocorre em todo o mundo, ou em uma área muito ampla, cruzando fronteiras internacionais e geralmente afetando um grande número de pessoas” (WHO, 2020, p. 1).

No mesmo dia em que foi decretada pandemia, no Diário Oficial da União, portaria nº 356 de 11 de março de 2020, iniciaram algumas medidas de enfrentamento da pandemia no Brasil, dentre as quais envolveram o isolamento de infectados (BRASIL, 2020a). Com o aumento de casos de infecção e mortalidade por COVID-19, no país, medidas mais rígidas foram tomadas, como o isolamento social em diferentes níveis de rigor, variando de acordo com as necessidades de cada região (CANDIDO *et al.*, 2020).

A escrita da presente tese foi finalizada no início do mês de setembro de 2020 e, até este momento, a pandemia de COVID-19 não possui previsão para seu encerramento. Foram pelo menos cinco meses em que o mundo tem enfrentado graves consequências dessa pandemia, impactando desde a saúde até a economia, o que vem modificando o *modus operandi* em todos os setores. As mudanças estão sendo consideradas profundas, de tal forma, que o cenário pós-pandemia tem sido frequentemente chamado de o “novo normal” (UNESCO, 2020).

A atual conjuntura gera impacto direto na determinação das limitações e potencialidades das políticas públicas no desenvolvimento das *startups* direcionadas para a Indústria 4.0, no setor de energia elétrica brasileiro. No documento intitulado

²⁵ Aqui refere-se ao primeiro registro feito na OMS, mas há estudos que apresentam a identificação dos primeiros casos de COVID-19 em meses anteriores ao indicado.

“Covid-19 e os impactos nos setores econômicos”, elaborado pela Deloitte (2020), pode-se verificar o destaque para esse fato, representado na seguinte citação:

As ações e os direcionamentos de todos os agentes econômicos (investidores, empresas, empregados, consumidores e setor público) estão diretamente relacionados aos resultados das ações governamentais de combate à Covid-19 em todo o mundo. (DELOITTE, 2020, p. 4)

Ao citar “todos os agentes econômicos”, no trecho acima, destaca-se a abrangência dos problemas gerados pela pandemia e, na sequência, vê-se a relevância das ações governamentais.

Em estímulo ao investimento no setor de energia elétrica, em meio a pandemia de COVID-19, o diretor-geral da ANEEL destaca que tal investimento no setor é uma ação necessária e que contribuirá para a superação da crise que vivemos (ANEEL, 2020b).

Exposto esse contexto, retomando a Figura 7, dentre as políticas e programas, do ano de 2020, vemos o Centro para a quarta revolução industrial – Brasil (C4IR-Brasil). Como apresentada na descrição feita no subcapítulo 5.1, pode-se observar que as expectativas para o desenvolvimento deste centro, acabou por não se realizar exatamente da forma prevista.

A instalação da sede do C4IR-Brasil estava prevista para o mês de maio de 2020 em São Paulo, contudo, acabou não sendo concluída no prazo estipulado e a primeira reunião ocorreu apenas no mês de agosto de 2020, via videoconferência devido ao isolamento social necessário ao combate à pandemia (ABDI, 2020; MDIC, 2020a; PORTAL HOSPITAIS BRASIL, 2020).

Outro exemplo é o programa Brasil Mais, cuja agenda está sendo reavaliada e adaptada devido à pandemia. Sobre a execução de algumas ações do programa, afirma-se que:

[...] os atendimentos estão suspensos em função da pandemia da COVID-19, mas o Ministério e seus parceiros estão planejando a retomada das atividades do programa de forma segura para as equipes e as empresas atendidas assim que possível, com provável ajuste nas metodologias e fortalecimento das atividades online oferecidas pelo programa em função das restrições sanitárias necessárias para enfrentamento da pandemia (MDIC, 2020b, p. 1)

Mais especificamente sobre o setor de energia, a EPE (2020a, p.1) reforça que “a pandemia da COVID-19 e adoção de medidas de isolamento social geraram elevada incerteza sobre a evolução da economia e do consumo de eletricidade no ano de 2020”. Tal incerteza leva à possibilidade de uma limitação dos investimentos em ações para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no setor de energia elétrica, ponto relevante também para a aproximação das *startups*.

Contudo a busca de soluções para o setor, se faz necessária, mais do que nunca, pois, além da redução do consumo a proibição dos cortes de energia elétrica por falta de pagamento em “residências urbanas e rurais, incluindo baixa renda, e também locais onde funcionam serviços e atividades consideradas essenciais, como unidades hospitalares e centros de hemodiálise” (BRASIL, 2020d, p. 1) podem impactar nas receitas do setor, durante a pandemia.

A suspensão do corte de energia elétrica por falta de pagamento foi regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) pela Resolução Normativa nº 878 de 24 de março de 2020 (ANEEL, 2020a). Devido à prorrogação, a medida foi aplicada até 31 de julho de 2020, após este período as distribuidoras têm definido as ações específicas para cada região (ANEEL, 2020a; BRASIL, 2020d).

Uma confirmação da modificação das expectativas pode ser vista em EPE (2020b), quando se é afirmado que a “pandemia de COVID-19 provocou um impacto expressivo na economia, resultando em uma redução na projeção da demanda de potência ao longo do horizonte, se comparada com o PDE2029. Em 2029, esta redução é da ordem de 10GW” (EPE, 2020b, p. 24). Ou seja, na revisão do Plano Decenal de Expansão de Energia, atual PDE2030, ao se considerar a pandemia, já se confirma alterações nas previsões para o setor.

Desta forma, os investimentos e a reorganização das ações, em direção à Indústria 4.0, podem contribuir para se lidar com o cenário de previsão ainda obscura devido à pandemia. Um exemplo de investimento para uma das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, é o previsto pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). O montante a ser direcionado ao setor de Internet das Coisas (IoT) é de R\$ 250 milhões até o ano de 2022 (BRASIL, 2020e).

A iniciativa faz parte do Plano Nacional de Internet das Coisas que tem o objetivo de estimular a integração entre os setores científico, tecnológico e econômico do país com os diversos setores empresariais da referida tecnologia, que terá impacto econômico de US\$ 50 a US\$200 bilhões por ano. (BRASIL, 2020e, p. 1)

A percepção dos benefícios gerados pelas tecnologias habilitadoras para a Indústria 4.0 na construção do “novo normal” tem ganhado destaque, principalmente no que se refere à saúde, tema de maior foco mundial durante o ano de 2020. Sendo assim, os diversos setores devem identificar suas novas necessidades para identificar quais nichos de investimentos disponíveis estão alinhados com as suas necessidades. Neste ponto, o desconhecimento sobre a Indústria 4.0, citado nesta tese de forma recorrente, pode assumir um papel limitador para a modernização do setor de energia elétrica.

Uma iniciativa, neste sentido, é a implantação da rede elétrica inteligente pela Copel, lançada em setembro de 2020, que como destacado em 5.1, foi reconhecida como um investimento importante para a modernização e superação da crise advinda da pandemia de COVID-19.

Seguindo sobre a necessidade de maior conhecimento no setor, o impacto da pandemia deve ser acompanhado de perto. Para tanto, como uma das iniciativas voltadas para essa finalidade, o MME tem divulgado, desde o dia 20 de abril de 2020, o Boletim de Monitoramento COVID-19 (<https://www.gov.br/mme/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-covid-19>). Até o fechamento do texto desta tese, já haviam sido publicadas vinte edições.

5.3 PAPEL DAS POLÍTICAS PÚBLICAS: *STARTUPS* VINCULADAS À INDÚSTRIA 4.0 E SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRO

Antes mesmo do ano de 2020, o setor de energia elétrica já buscava novas respostas para as recentes demandas, como pode ser confirmado pelas chamadas públicas para *startups*, sendo a primeira em 2017 acompanhada das demais nos anos seguintes (COPEL, 2017; 2018; AES TIETÊ, 2018; ELETROBRAS, 2020a, 2020b). O setor já vinha enfrentando desafios e lidando com incertezas, contudo, como

contextualizado, a pandemia trouxe uma complexidade ainda maior, para as tomadas de decisão visando modificações no setor de energia elétrica.

Neste cenário, passa a ser ainda mais necessário o conhecimento a respeito de em quais pontos o investimento pode gerar melhores resultados em direção ao objetivo do setor. Como apresentada, no subcapítulo 5.2, a declaração do diretor-geral da ANEEL (ANEEL, 2020b), afirmando que os investimentos no setor de energia elétrica contribuem para a superação da crise agravada pela pandemia, destaca a interrelação entre os setores, a qual tende a se intensificar com o direcionamento para a Indústria 4.0.

Retomando Freeman e Soete (2014), tratados no referencial teórico, ao se analisar os textos elencados nesta tese e direcionar o foco para o setor de energia elétrica foi possível verificar elementos que ao receberem um investimento acabam estimulando um outro elemento, ou ator, do setor. Assemelhando-se ao círculo virtuoso apresentado pelos autores.

Ainda em Freeman e Soete (2014), ao destacarem que em modelos anteriores a inovação incremental e radical de uma tecnologia era tomada apenas como um “resíduo” do próprio sistema, ao se buscar a percepção da interrelação entre os elementos, ou atores, de um setor, essa visão é alterada, destacando a possibilidade de se objetivar resultados a partir do direcionamento de investimentos em inovação tecnológica.

Dito isso, ao se analisar a relação entre *startups* e Indústria 4.0 no setor de energia elétrica, foi identificado um círculo virtuoso, tendo a política pública como um catalisador. Ou seja, devido à interrelação entre os temas, à medida que são tomadas as decisões para estimular um ou mais destes elementos, tende-se a obter resultados positivos nos demais. Isso corrobora com a ideia de que o estímulo governamental acaba sendo decisivo para o alcance de objetivos presentes no planejamento de cada setor (de interesse público), incluindo o discutido na presente tese.

No Quadro 12 é apresentada a relação verificada entre os temas e que levaram à identificação do círculo virtuoso. Os títulos descritos em negrito na parte esquerda do quadro tratam-se dos temas que geram impacto nos temas descritos na parte superior do quadro. Por exemplo, *startup* (à esquerda) se relaciona com Indústria 4.0 (parte superior) ao proporcionar avanço para esta, envolvendo agilidade e inovação (primeira linha, segunda coluna), contudo a Indústria 4.0 (à esquerda) se relaciona com *startup* (parte superior) ao estimular a criação e desenvolvimento

destas, devido o alinhamento com o segmento tecnológico e de conectividade (segunda linha, primeira coluna).

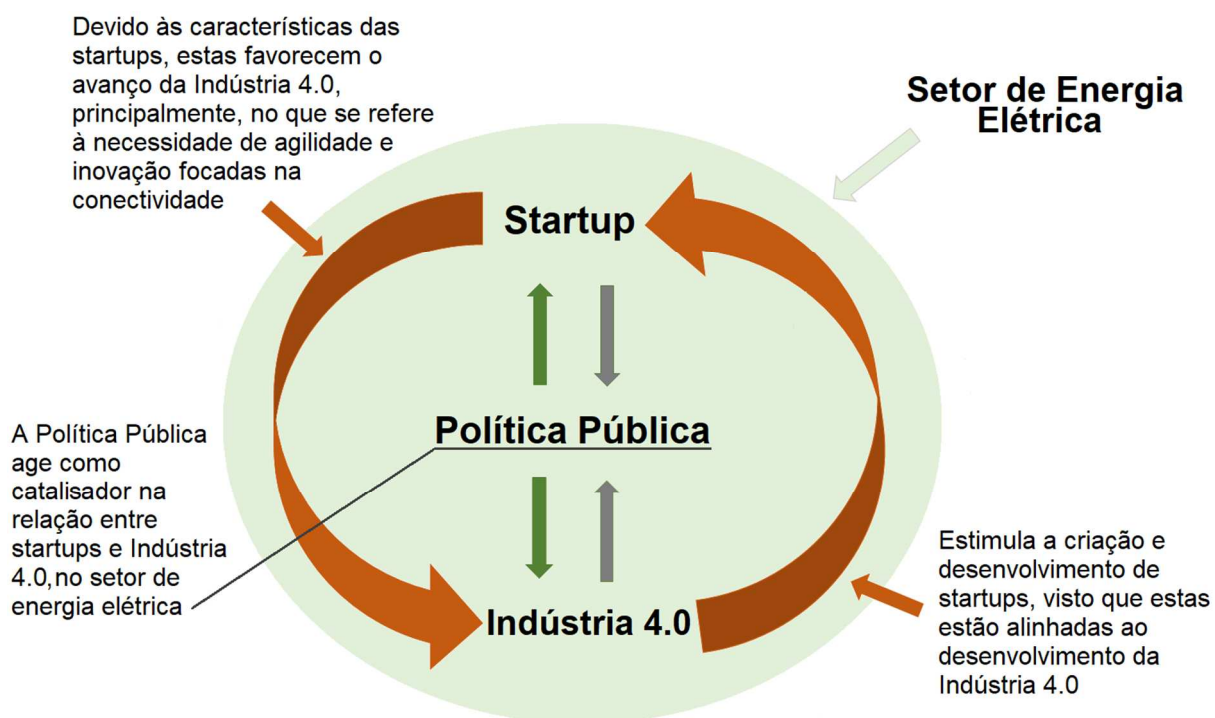
Quadro 12 – Relação verificada no círculo virtuoso entre os temas

		Tema que recebe o impacto		
		<i>Startup</i>	Indústria 4.0	Energia Elétrica
Tema que gera impacto	<i>Startup</i>		Proporciona avanço para a Indústria 4.0, principalmente no que se refere à agilidade e inovação focada na conectividade	Proporciona maior agilidade no desenvolvimento de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)
	Indústria 4.0	Estimula a criação e o desenvolvimento de <i>startups</i> devido o alinhamento com o segmento tecnológico e de conectividade		Proporciona novas tecnologias no Setor de Energia Elétrica
	Energia Elétrica	Proporciona Infraestrutura para o desenvolvimento das <i>startups</i>	Proporciona Infraestrutura para o desenvolvimento da Indústria 4.0	
Todas as relações apresentam a política pública como catalisador para as relações				

Fonte: Autoria Própria (2020).

Na linha apresentada na parte inferior do Quadro 12, é representada a relação da política pública com todos os temas, acelerando a relação entre eles. Para representar o fluxo aqui descrito, foi desenvolvida a Figura 8 com a estrutura de base do círculo virtuoso identificado entre Políticas Públicas, *Startup*, Indústria 4.0 e Energia Elétrica. As setas apresentam as interrelações entre os temas, acompanhadas das suas principais características. As formas diferenciadas das setas não representam diferenças entre as relações, essas são citadas em texto próximo a cada seta.

Figura 8 – Círculo virtuoso



Fonte: Autoria Própria (2020).

A Figura 8 apresenta como base o setor de energia elétrica, ou seja, a análise das *startups*, Indústria 4.0 e política pública se dá de forma relacionada especificamente a este setor. A indicação da seta conectando *startup* à Indústria 4.0 representa que, ao se estimular às *startups*, são obtidos ganhos no que se refere ao desenvolvimento da Indústria 4.0. Ao mesmo tempo, a seta mostrando o caminho inverso, indica que à medida que se desenvolve a Indústria 4.0, surgem incentivos ao desenvolvimento, ou mesmo consolidação, das *startups*, visto que o setor passa a demandar inovações incrementais e radicais para se adequar à atual revolução.

Como elemento central da Figura 8, pode-se observar a política pública com ligações, nos dois sentidos, tanto com *startup*, quanto com Indústria 4.0. Essa ligação nos dois sentidos indica que a política pública tanto age sobre *startup* e a Indústria 4.0, quando implementada, quanto é demandada por estes expondo suas fragilidades e necessidades, no processo de elaboração. Ao se reconhecer que as políticas públicas são capazes de estimular e direcionar o curso, e investimentos, dos atores, pode se verificar que esta atua como um catalisador na relação da *startup* e da Indústria 4.0 no setor. Isso porque a política pública é capaz de estimular uma

determinada ação necessária em um tempo menor do que se aguardasse o direcionamento espontâneo de todos os atores envolvidos.

Ao apresentar as políticas públicas e programas, ao longo deste capítulo, foi destacado que as contribuições para o desenvolvimento da Indústria 4.0 poderiam ser de duas formas, direta ou indireta. As contribuições indiretas podem ser explicadas pelo círculo virtuoso, ou seja, à medida que se investe em *startups* voltadas para telecomunicações, por exemplo, estas contribuem para o avanço da Indústria 4.0 no setor de energia elétrica.

Contudo, como dito, tal influência, de um elemento em outro, não ocorre de forma automática e espontânea, em um primeiro momento, para isso cabe às políticas públicas fazer tal direcionamento. No caso do desenvolvimento da Indústria 4.0, como apresentado em MDIC (2018a), a maioria das empresas ainda desconhece parte das tecnologias habilitadoras e, conseqüentemente, isso acaba afetando no próprio conhecimento de como aplicá-las na empresa. Desta forma, não basta apenas investir ou estimular um elemento de possível aplicação na cadeia, para que o círculo virtuoso ocorra, a interrelação entre os elementos deve estar clara para os atores.

No setor de energia elétrica tem se verificado avanços no sentido de observar, com mais atenção, mudanças que a Indústria 4.0 tem estimulado, tal como, revelando novos elementos, ou nichos de participação, das *startups* no setor. Frente à forte ligação da Indústria 4.0 com a tecnologia e a inovação, perceptível principalmente ao se tratar das tecnologias habilitadoras, foi possível encontrar recorrentemente a participação das *startups* como potencializador desse desenvolvimento. Fato que não foi verificado em décadas anteriores a esta discussão.

Retomando alguns pontos do referencial teórico, as razões que justificam a 4ª Revolução Industrial apontadas por Schwab (2015), velocidade, escopo e impacto dos sistemas, podem ser percebidas do setor de energia elétrica. E são exatamente estes pontos que fazem com que as *startups* estejam ganhando um papel de destaque no setor. Principalmente no que se refere à velocidade, pois as *startups* auxiliam na transição do sistema de inovação fechada, com a pesquisa e desenvolvimento ocorrendo apenas em um departamento dentro da empresa, para o sistema de inovação aberta, com o compartilhamento de conhecimento que permite opções mais diversas para a solução de um mesmo problema.

Para Pereira e Romero (2017), as seis categorias em que os autores dividiram os impactos e as influências, percebidos, da Indústria 4.0 (indústria; produtos e

serviços; modelos de negócios e mercado; economia; ambiente de trabalho e desenvolvimento de habilidades) se fazem presentes no setor de energia elétrica e podem estimular, como já apontado, a descoberta de novos nichos de participação das *startups* no setor.

O Quadro 13, foi desenvolvido como forma de elencar os nichos de participação das *startups* no setor de energia elétrica, considerando o contexto da Indústria 4.0. Atendendo, assim, ao objetivo específico a) Identificar os nichos de participação das startups no setor de energia elétrica no contexto da Indústria 4.0.

Quadro 13 – Nichos de participação das *startups* no setor de energia elétrica, no contexto da Indústria 4.0

Nichos de participação das Startups no setor de energia elétrica, voltado para I4.0	Nichos tradicionais do setor de energia elétrica
<ul style="list-style-type: none"> • Digitalização (IoT) • Energias Renováveis • Desenvolvimento social • <i>Fintech</i> • Cidades inteligentes + Mobilidade elétrica • Telecomunicações e Tecnologia da Informação • Automação e simulação • Química e Meio ambiente • Sistemas virtuais de produção • Inspeção e integridade • Biossintéticos e fibras • Outras 	<ul style="list-style-type: none"> • Geração/Produção • Transmissão • Distribuição/Gestão • Comercialização de Energia. • Eficiência Energética • Construção Civil • Solda

Fonte: Autoria Própria (2020).

Para a elaboração do Quadro 13, foram utilizadas as informações contidas nas chamadas públicas, exclusivamente, de empresas do setor de energia elétrica, voltadas para as *startups*, apresentadas no Capítulo 2. Dos nichos de participação das *startups* no setor de energia elétrica foram identificados como sendo: Digitalização (IoT); Energias Renováveis; Desenvolvimento social; *Fintech*; Cidades inteligentes +

Mobilidade elétrica; Telecomunicações e Tecnologia da Informação; Automação e simulação; Química e Meio ambiente; Sistemas virtuais de produção; Inspeção e integridade; Biossintéticos e fibras. Outros.

Estes nichos, quando contrapostos às tecnologias habilitadoras, pode-se verificar que estão alinhados com o conceito de Indústria 4.0. Contudo, percebe-se, nos editais, a manutenção das áreas tradicionais do setor de energia elétrica para a aproximação das *startups*, sendo elas: Geração/Produção; Transmissão; Distribuição/Gestão; Comercialização de Energia; Eficiência Energética; Construção Civil; e Solda.

Um outro ponto identificado durante a pesquisa é que, como já citado, a Indústria 4.0 vem surgindo com uma velocidade maior do que a que se verificava em outras revoluções. Devido a isso, a identificação das necessidades e a busca por soluções acaba com um dinamismo muito maior do que o visto em décadas passadas no setor de energia elétrica. Na última chamada pública, identificada na pesquisa, feita pelo edital Lab Procel – 02/2020 (ELETROBRAS, 2020b), traz-se um avanço frente aos editais anteriores, porque além de elencar as áreas de atuação das *startups*, que são de interesse do setor de energia elétrica, foi incluída a opção “outras” no formulário de cadastro da *startup*.

Com a inclusão desta opção, abre-se a possibilidade de identificar novas áreas, que possam contribuir com o desenvolvimento da Indústria 4.0 no setor de energia elétrica, que não estavam em voga no momento da elaboração do edital. Isso segue em consonância com o dinamismo necessário para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no setor.

Como esse ponto, há outros elementos envolvendo as políticas públicas que também acabam favorecendo, ou limitando, a alavancagem das *startups* que podem contribuir para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no setor de energia elétrica. Como forma de facilitar a identificação desses elementos, tratados ao longo da tese, foi elaborado o Quadro 14 e, na sequência, são apresentados os apontamentos que levaram a essa seleção.

Quadro 14 – Quadro indicativo das potencialidades das políticas públicas que podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, e suas limitações, aplicadas no setor de energia elétrica brasileiro.

Descrição	
Potencialidades	<p>1 - Políticas públicas, além das contribuições diretas, podem gerar contribuições indiretas tanto às <i>startups</i>, quanto à Indústria 4.0, possibilitando a ocorrência de um círculo virtuoso.</p> <p>2 - As políticas públicas podem viabilizar a aproximação das <i>startups</i> de grandes empresas do setor de energia elétrica, reduzindo burocracias exigidas às empresas de caráter público ou misto.</p> <p>3 - O efeito catalisador, exercido pelas políticas públicas, permite acelerar a aproximação entre as <i>startups</i> e grandes empresas do setor de energia elétrica, mais do que se deixado por ação espontânea dos agentes, impulsionando a Indústria 4.0.</p> <p>4 - Por sua elaboração envolver estudos sobre o setor-foco, as políticas públicas são capazes de identificar previamente as possibilidades de interações dos atores do setor, de acordo com os objetivos, podendo assim favorecer o direcionamento das interações, ou mesmo a inclusão de novos atores.</p> <p>5 - O modelo <i>top down</i> tem sido recorrentemente utilizado, com sucesso, em outros países para o direcionamento dos setores para a Indústria 4.0.</p> <p>6 - As políticas públicas podem ser executadas visando um efeito no curto prazo, podendo acompanhar a velocidade exigida pela Indústria 4.0.</p> <p>7 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) podem ser incluídos nas políticas públicas.</p>
Limitações	<p>1 - A baixa capacitação dos trabalhadores, nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, pode retardar a implementação de políticas públicas que necessitem tal capacitação.</p> <p>2 - A limitação de recursos para investimento, pode restringir a implementação e o alcance dos objetivos das políticas públicas.</p> <p>3 - Há a possibilidade de descontinuidade da política pública por questões envolvendo mudanças de governo. Fazendo com que as políticas de longo prazo sejam em menor número.</p> <p>4 - A pandemia tem exigido o redirecionamento de esforços e recursos, além de restrições para o desenvolvimento das políticas públicas em vigor, trazendo incertezas sobre o novo cenário.</p> <p>5 - A possibilidade de redução de estudos e levantamento de dados pode prejudicar tanto a elaboração das políticas públicas, quanto a sua efetividade.</p>

Fonte: Autoria Própria (2020).

Dividido em dois temas, potencialidades e limitações, o Quadro 14 traz de forma sintética pontos abordados nessa pesquisa. Tratando primeiro das potencialidades, o item de número um traz que as “políticas públicas, além das contribuições diretas, podem gerar contribuições indiretas tanto às *startups*, quanto à Indústria 4.0, possibilitando a ocorrência de um círculo virtuoso”. Esse item representa a interrelação entre os atores que possibilitam que o direcionamento de recursos, a um determinado elemento do setor, possa estimular também outro elemento. Esta potencialidade está associada ao círculo virtuoso de Freeman e Soete (2014), discutido no referencial teórico.

Mas para que este círculo virtuoso ocorra, exige-se conhecimento sobre os problemas e necessidades a serem supridas na sociedade, na empresa ou mesmo no ambiente, para que se possa definir quais pontos estimular para alcançar uma melhoria nos demais elementos do círculo. Tal exigência acaba indo de encontro com algumas das limitações apresentadas na parte inferior do Quadro 14, expostas mais à frente.

Ainda sobre o item um, das potencialidades, o conhecimento sobre os problemas e necessidades, pode refletir, por exemplo, no surgimento das chamadas públicas, como as apresentadas nessa tese, partindo do setor de energia elétrica para as *startups*. Da mesma forma, a divulgação de áreas em que as *startups* podem contribuir com a modernização, nominadas nichos ao longo desta pesquisa. Ambos exemplos, estão relacionados a ações capazes de direcionar agentes específicos que já compõem o setor, além de atrair novos, que possam contribuir com a solução do problema ou com o atendimento da necessidade identificada.

Avançando para a segunda potencialidade do Quadro 14, neste item consta que “as políticas públicas podem viabilizar a aproximação das *startups* de grandes empresas do setor de energia elétrica, reduzindo burocracias exigidas às empresas de caráter público ou misto”. Esse potencial se destaca considerando o formato do nosso setor de energia elétrica, pois acaba envolvendo muitas questões burocráticas para a compra de produtos e contratação de serviços do setor privado.

A necessidade de modernização do setor de energia elétrica, bem como a velocidade exigida pelo contexto da Indústria 4.0, como visto, estimula a busca por *startups*, principalmente quando nos guiamos para o modelo de inovação aberta, corroborado pelas publicações dos editais voltados para a atração de *startups*. Seguindo o exemplo destas chamadas, o direcionamento das políticas públicas para

essa questão contribui de forma direta para os elementos necessários para tal aproximação, das grandes empresas e as *startups*, incluindo para que o aparato burocrático seja avaliado, para possíveis adequações.

Sob um ponto de vista teórico, observando o que pode resultar da aproximação das *startups*, podemos aqui recorrer a Dosi (1982; 2006), Freeman e Perez (1988) e Quintella e Dias (2002) para uma reflexão sobre a possibilidade da quebra de um paradigma tecnológico. Pois, como apresentado, a quebra envolve um momento em que o paradigma estabelecido não responde de forma total os eventos do presente, o que leva ao surgimento de novas tecnologias durante o processo.

Poderia ser precipitado tentar afirmar qual paradigma tecnológico pode ser estabelecido, pois as questões no setor de energia elétrica ainda estão sendo levantadas, no entanto, é possível afirmar, diante do desenvolvimento dessa pesquisa, que há a demanda de mudanças no setor e isso pode indicar a ocorrência de parte do processo do surgimento de um novo paradigma tecnológico.

Seguindo sobre as potencialidades da política pública, esta não somente acaba viabilizado a aproximação das *startups* às grandes empresas do setor de energia elétrica, mas também possibilita um aumento na velocidade em que isso ocorre. O que está refletido na potencialidade de número três, que destaca que “o efeito catalisador, exercido pelas políticas públicas, permite acelerar a aproximação entre as *startups* e grandes empresas do setor de energia elétrica, mais do que se deixado por ação espontânea dos agentes, impulsionando a Indústria 4.0”.

Esse efeito catalisador pode ser atribuído ao fato de que, como destacado em Freeman e Perez (1988) e Oliveira (2017b), o aumento da confiança dos atores do setor leva a maiores ações e que acabam gerando novas tecnologias. Ou seja, a política pública funciona como um indicador que os atores podem ter confiança para avançar seus projetos alinhados ao escopo específico da política. Cabe destacar que isso não inibe o surgimento de outras linhas de projetos ou tendências paralelas ao direcionamento de uma política pública específica, apenas traz mais confiança nos atores envolvidos para avançar.

Exemplificando, ao se estimular a aproximação de *startups* a grandes empresas do setor de energia elétrica, a confiança neste ponto, pode influenciar no interesse de se investir no desenvolvimento, ou mesmo criação, de *startups* voltadas para o setor. Estimulando, assim, que as grandes empresas avaliem, com maior frequência, estas *startups* como elementos para solucionar problemas com certa

redução de custo nas áreas de P&DI. Tal incentivo pode viabilizar também uma transição de um sistema de inovação fechada para um sistema de inovação aberta, com compartilhamento de informações com atores externos à empresa

Ligado ao citado efeito catalisador da política pública, juntamente com o quanto a confiança pode direcionar os atores de um setor, vale destacar a quarta potencialidade do Quadro 14, trazendo que “por sua elaboração envolver estudos sobre o setor-foco, as políticas públicas são capazes de identificar previamente as possibilidades de interações dos atores do setor, de acordo com os objetivos, podendo assim favorecer o direcionamento das interações, ou mesmo a inclusão de novos atores”.

Não se trata de uma ciência exata e livre de falhas, contudo, o desenvolvimento de estudos permite um maior conhecimento sobre os atores envolvidos e o seu ambiente. À medida que o conhecimento sobre o objeto vai progredindo, dúvidas vão sendo sanadas e com isso é possível minimizar a inseguranças. Assim, deve-se ressaltar a importância das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, como o Big Data, computação em nuvem e inteligência artificial no tratamento e análise de dados na geração e aprofundamento do conhecimento. Precedido também de outras tecnologias, que viabilizam a coleta de dados, como por exemplo, os sistemas ciberfísicos, internet das coisas, etc.

Seguindo para a quinta potencialidade, que traz que “o modelo *top down* tem sido recorrentemente utilizado, com sucesso, em outros países para o direcionamento dos setores para a Indústria 4.0”, cabe destacar que ela foi elaborada a partir do resultado do Capítulo 4, sobre políticas públicas internacionais que contribuem com a Indústria 4.0.

A nível global, foi possível reconhecer o alcance positivo das políticas públicas e, ao se observar que a Indústria 4.0, no Brasil, também vem se desenvolvendo em um modelo *top down*, pode-se assumir que isso se trata de uma potencialidade. Acompanhando a maioria dos países, que estão buscando alcançar a quarta revolução industrial, verificou-se um direcionamento das políticas considerando os objetivos nacionais e recursos disponíveis. Assim, de forma específica a essa potencialidade, no contexto pertinente a esta tese, são citadas políticas que implicam no direcionamento para a Indústria 4.0, *startups* e setor de energia elétrica, que podem ser beneficiados de forma direta ou indireta.

Sobre a velocidade demandada pelo contexto atual, tem-se a sexta potencialidade, destacando que “as políticas públicas podem ser executadas visando um efeito no curto prazo, podendo acompanhar a velocidade exigida pela Indústria 4.0”. Assim como Schwab e Davis (2018) destacam que a tecnologia habilitadora IloT impacta no curto e no longo prazo de formas diferentes, no planejamento da modernização do setor de energia elétrica se deve considerar para qual tecnologia, ou necessidade, que a política pública se direcionará e de que forma pretende-se obter resultados.

As políticas públicas de longo prazo, historicamente, trazem modificações mais estruturais em seu objeto de atuação, sendo, em muitos cenários, preferíveis frente às políticas de curto prazo, dado que, com estas nem sempre se obtém continuidade, por vezes devido à mudança de governo. Contudo, no contexto da Indústria 4.0, as políticas de curto prazo podem ser melhor adaptadas à disponibilidade de novas soluções, que podem afetar profundamente a infraestrutura do setor de energia elétrica.

Neste sentido, o estímulo à inovação aberta, antes, podendo ser visto como um risco de perda de mercado, hoje pode ser visto como uma solução para redução de custos e possibilidade de aumento de conhecimento, em uma escala maior do que a obtida por uma inovação fechada. Neste ponto, as políticas públicas de curto prazo podem estimular a aproximação de *startups* a empresas do setor de energia elétrica, considerando por exemplo o foco em tecnologias habilitadoras para a Indústria 4.0 necessárias ao setor.

Não distante desta lógica, pode-se destacar a sétima potencialidade, ou seja, os “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) podem ser incluídos nas políticas públicas”. A importância deste ponto é que a busca por modernização do setor, acompanha não só a busca pelo aumento da velocidade em se solucionar problemas, mas, o atendimento dos objetivos relacionados à sustentabilidade. Os ODS, imprescindíveis a qualquer planejamento setorial corrente, são atualizados à medida que são identificadas novas necessidades e possibilidades, sendo os atuais disponibilizados em ONU (2018).

No Quadro 14, as potencialidades aparecem em maior número do que as limitações, contudo, diferente do que isso possa sugerir, algumas das limitações mostram-se como um empecilho considerável, no desenvolvimento da relação da *startup* com o setor de energia elétrica.

A primeira das limitações destaca que “a baixa capacitação dos trabalhadores, nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, pode retardar a implementação de políticas públicas que necessitem tal capacitação”. Como apresentado por MCTIC (2017), a baixa capacitação é um ponto preocupante frente o contexto da Indústria 4.0. Para que a política pública seja efetiva, ela deve partir de insumos para que se possa estimular elementos que venham a gerar efeitos, no setor, como o círculo virtuoso.

Na limitação, ou ausência, da disponibilidade de trabalhadores capacitados para o objeto-foco de uma política pública, torna-se inviável o estabelecimento desta sem que antes, ou concomitantemente, seja desenvolvida a capacitação. Fator observado em outros países e apresentado no Capítulo 4. Como destacado por Roncaratti (2017), FIESC (2018) e IPT (2019), algumas políticas no Brasil têm sido desenvolvidas com este objetivo, como o *Startup Brasil*, *Master Business in Innovation* e o C4IR-Brasil, listados na linha do tempo referente à evolução da Indústria 4.0 no Brasil (Figura 7).

Considerando os recorrentes apontamentos, no referencial pesquisado, sobre o pouco conhecimento sobre a possibilidade de atuação das *startups*, no setor de energia elétrica, bem como sobre o pouco conhecimento do conceito da própria Indústria 4.0, vê-se intensificar o desafio desta primeira limitação.

Como forma de se direcionar para uma maior capacitação, ações como as envolvendo o aumento de espaço de discussão em eventos, elaboração de estudos, criação de cursos voltados para a Indústria 4.0, podem minimizar tal deficiência e despertar o interesse no tema envolvendo as *startups*, visando alcançar novas formas de desenvolver soluções para o setor de energia elétrica.

A segunda limitação, indica que “a limitação de recursos para investimento, pode restringir a implementação e o alcance dos objetivos das políticas públicas”. Dentre os empecilhos citados, as limitações relacionadas a financiamento e burocracia, são, com certa frequência, discutidas em eventos e textos. Em geral, a dificuldade de financiamento de *startups*, por exemplo, pode ser atribuída à ampla aplicação dos moldes tradicionais, utilizados para empresas com estabilidade.

Ao longo do tempo, as *startups* têm buscado formas de contornar essa limitação, como com a utilização de investimento-anjo, *crowdfunding*, entre outros. Contudo, o cenário atual se revelando como promissor para a utilização das *startups*

no setor de energia elétrica, acaba sendo uma motivação para se reconsiderar a forma de avaliação das *startups*, no momento da busca por financiamento.

Essa questão da dificuldade de aprovação de financiamento tradicional para *startups*, é comum em muitos setores. Contudo, no setor de energia elétrica brasileiro, em geral, de caráter público ou de economia mista, há uma burocracia ainda mais robusta quando se cogita adquirir produtos e serviços de *startups*. Isso pode impactar diretamente sobre o interesse de se investir, ou não, na alavancagem das *startups* no setor.

Vale sublinhar que tal desgaste, com a dificuldade de financiamento e elevada burocracia, contribui para algum nível de atraso no processo de aproximação das *startups* das grandes empresas do setor de energia elétrica, refletindo também no desenvolvimento da Indústria 4.0 no setor.

A terceira limitação, que indica que “há a possibilidade de descontinuidade da política pública por questões envolvendo mudanças de governo. Fazendo com que as políticas de longo prazo sejam em menor número”, permite um olhar da sexta potencialidade por um outro prisma. Destacando que o mesmo elemento que permite uma política pública de curto prazo ser uma potencialidade para a aproximação das *startups* do setor de energia elétrica brasileiro, pode fazer com que tal aproximação venha a ser inviabilizada.

Na ótica apresentada na sexta potencialidade, a descontinuidade de uma política pública, que esteja em desacordo com a necessidade contextual do setor, permite que outra seja planejada e implementada, buscando o atendimento das novas necessidades, ou seja, considerando atualizações, que podem minimizar possíveis defasagens de técnica ou de conhecimento.

Resgatado isso, a terceira limitação refere-se ao fato que políticas públicas de curto prazo que estejam proporcionando resultados no objeto-foco, possam não ser continuadas por questões diversas, dentre elas a divergência política. Desta forma, seja com a descontinuidade, seja com o negligenciamento, do estabelecimento de uma política pública que atinge um determinado elemento no setor, pode levar a prejuízos para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil.

Como dito, políticas desenvolvidas considerando um planejamento de longo prazo viabilizam mudanças mais profundas nos setores, sendo capazes de guiar políticas de curto prazo. Contudo, as políticas de longo prazo acabam sendo mais raras se comparadas as de curto prazo, possivelmente por uma busca de resultado

imediatista, ou seja, a busca de que os resultados sejam obtidos dentro do mandato do governo idealizador da política. Diante do observado, há uma necessidade de equilíbrio entre planejar o curto e o longo prazo, podendo assim otimizar as tomadas de decisões e trajetórias.

Seguindo sobre as questões de planejamento, em caráter excepcional, a pandemia de COVID-19 surgiu como uma limitação no ano de 2020 que perdura até a conclusão da presente tese. Desta forma, no Quadro 14, como quarta limitação tem-se que “a pandemia tem exigido o redirecionamento de esforços e recursos, além de restrições para o desenvolvimento das políticas públicas em vigor, trazendo incertezas sobre o novo cenário”.

Quando se tem uma definição consistente do problema, consegue-se buscar caminhos alternativos para se tentar contornar a limitação, tal como visto no exemplo da limitação relacionada com financiamento das *startups*. No entanto, dentre as limitações indicadas, esta quarta limitação é uma das mais instáveis para se buscar contornar. Devido ao alto grau de incerteza gerada pela pandemia, as tomadas de decisões acabam sendo feitas quase que “às cegas”, ou seja, sem um nível de confiança com o qual se estava acostumado, no período anterior.

Inegavelmente, como afirmado por Deloitte (2020) toda a sociedade e setores estão sendo afetados pela pandemia, pois, simples atividades cotidianas como o ato de sair para fazer compras, para trabalhar, para estudar foram significativamente afetadas. Quando não restritos, o ambiente coletivo passou a ter moldes e regras de condutas rigorosas, condizentes com ações de combate ao vírus. A pandemia tem exigido foco internacional, por exemplo: na pesquisa sobre o vírus; direcionamento de recursos para o atendimento a vítimas; fortalecimento de infraestrutura ligadas à atendimento emergencial; assistência aos vulneráveis; e os mais diversos tipos de planejamento político envolvendo crises.

Quanto ao impacto sobre objeto de estudo desta tese, observou-se que investimentos, editais e outros elementos atrelados ao desenvolvimento da Indústria 4.0 e *startups*, que vinham de uma trajetória crescente, em alguns pontos diminuiram o ritmo ou, mais comumente, sofreram alguma pausa. Contudo, como visto em ANEEL (2020b), o setor de energia elétrico foi destacado como um dos pontos de investimento necessário para a superação da crise. Vale lembrar que a ineficiência nesse setor, mais do que nunca pode levar a uma crise ainda maior na saúde, podendo elevar ainda mais o número de mortos, devido à dependência de equipamentos alimentados

por energia elétrica, para o tratamento dos casos graves de COVID-19, sem descartar outras doenças e traumas.

Dentre alguns programas, voltados para a Indústria 4.0, que divulgaram impactos devido à pandemia, temos como exemplo, o Centro para a quarta revolução industrial – Brasil (C4IR-Brasil) cuja instalação da sede no Brasil, prevista para maio de 2020, ainda não foi concluída (ABDI, 2020; MDIC, 2020a; PORTAL HOSPITAIS BRASIL, 2020). O programa Brasil Mais, por sua vez, informou que todos os atendimentos estão suspensos em função da pandemia de COVID-19 (MDIC, 2020b).

Especificamente no setor de energia elétrica, a EPE (2020a) divulgou sobre impactos negativos relacionados a falta de pagamento por parte dos consumidores, decorrente do grande número de desempregados, gerados durante a pandemia, aliada à suspensão de cortes de energia por falta de pagamento (ANEEL, 2020a) que somam queda na receita do setor, impactando tanto na operação quanto nos investimentos previstos.

No entanto, a implantação da rede elétrica inteligente pela Copel, no estado do Paraná, lançada em setembro de 2020, sinalizou a preocupação em fortalecer a modernização do setor de energia elétrica como forma de superação da crise advinda da pandemia de COVID-19. Considerando que, com essa rede, torna-se possível a leitura do consumo de energia de forma remota e controle de consumo em tempo real pelo cliente.

Por fim, a quinta limitação aponta que “a possibilidade de redução de estudos e levantamento de dados pode prejudicar tanto a elaboração das políticas públicas, quanto a sua efetividade”. Apesar dos estudos nas áreas de saúde terem sido intensificados, recebendo investimentos consideravelmente maiores do que em contextos não pandêmicos, outras áreas de estudo sofrem com uma situação inversa. Acompanhadas de cortes de investimentos e até mesmo a inviabilização da execução de pesquisa de campo, considerando a necessidade de distanciamento social e limitação de acesso.

Partindo de que as informações são necessárias para que se possa conhecer as necessidades de um setor e conseqüentemente investir em soluções, torna-se plausível que a possível redução de estudos e levantamentos de dados, venham a impactar negativamente na elaboração das políticas públicas.

De um modo geral, as sete potencialidades e cinco limitações das políticas públicas, indicadas no Quadro 14, que podem alavancar as *startups* vinculadas à

Indústria 4.0, no setor de energia elétrica brasileiro, acabam sendo a consolidação dos elementos observados na análise de conteúdo feita sobre o tema.

5.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ALAVANCAGEM DAS *STARTUPS* VINCULADAS À INDÚSTRIA 4.0, APLICADAS AO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRO

As políticas públicas e programas direcionados para a inovação e o destaque destas para a relação das *startups* e Indústria 4.0 no Brasil, serviram de base para o desenvolvimento deste quinto capítulo. Nacionalmente, foram apontados os esforços desde o ano de 2012 até o ano de 2020, quando se deu a conclusão desta tese.

O modelo reconhecido como *top down*, verificado na maioria dos países, analisados ao longo do Capítulo 4, também pôde ser identificado como um modelo presente no Brasil, pois, os avanços do país em direção à Indústria 4.0 têm sido desenvolvidos, em grande parte, pelo incentivo advindo do governo para a sociedade, ou seja, de cima para baixo.

Citando ainda, um cenário global, a análise do desenvolvimento da Indústria 4.0, objetivando alcançar em um cenário futuro a ascensão, ou manutenção, da posição dos países no ranking do mercado internacional, tem sido um ponto de destaque para impulsionar os países a investirem, no presente, no direcionamento nacional para a Indústria 4.0.

Essa competição internacional, aliada à globalização e à velocidade da Indústria 4.0, acaba exigindo dos países que as tomadas de decisão se tornem mais ágeis e assertivas. E nessa ótica, diante da preocupação de autores, em artigos e relatórios envolvidos no tema, percebeu-se um receio de que o Brasil possa perder posições no mercado internacional, por não se dedicar, com a mesma intensidade de outros países, às necessidades contemporâneas que levam à Indústria 4.0.

Dentre os incentivos identificados para o desenvolvimento de setores, foi possível observar que as políticas públicas podem estimulá-los tanto de forma direta, quanto de forma indireta, ou seja, mesmo que um determinado objeto não esteja indicado diretamente na política, este ainda pode ser beneficiado de forma indireta. Neste sentido, quanto ao setor de energia elétrica, visando a sua modernização, foi

possível verificar certa movimentação em direção à Indústria 4.0, o que tem favorecido também a aproximação das *startups* das grandes empresas do setor.

Sobre tal aproximação, neste capítulo, destacaram-se as chamadas públicas, que partiram de grandes empresas do setor de energia elétrica para as *startups*, de forma específica. Ao todo foram identificadas, até o momento, quatro chamadas públicas, sendo elas: Copel nº 05/2017 (COPEL, 2017); Copel nº 001/2018 (COPEL, 2018); AES TIETÊ energia nº 002/2018 (AES TIETÊ, 2018); e Lab Procel – 02/2020 (ELETROBRAS, 2020b). A partir da análise destas, tornou-se perceptível a ocorrência de modificações no setor de energia elétrica, buscando novas formas de alcançar a modernização e viabilizando a alavancagem das *startups* no setor, através da busca de nichos direcionados para a Indústria 4.0.

Ainda na primeira parte deste capítulo, no item 5.1, são apresentadas as políticas públicas e programas brasileiros que tiveram sua criação a partir de 2012, considerando este como o marco do surgimento da Indústria 4.0. A apresentação se deu principalmente indicando o ano de criação, título da política ou programa, objetivos e atores envolvidos. Teve como primeiro programa o *Startup Brasil* (2012), passando pelos demais, criados nos anos seguintes, até chegar em setembro de 2020, com Rede Elétrica Inteligente.

O capítulo avançou para o item 5.2, para tratar da evolução das políticas públicas e programas que contribuem para a Indústria 4.0 no Brasil, utilizou-se o conteúdo sobre as políticas públicas, descritas no item 5.1, o que possibilitou que fosse traçada uma linha do tempo. O objetivo da construção desta linha é viabilizar, de uma forma mais ilustrativa, a apresentação da evolução da Indústria 4.0 no Brasil. Contudo, vale ressaltar que não se deve tratar tal evolução de forma linear, pois, como apresentado, as datas referem-se apenas à criação da política ou programa, podendo estes se desenvolverem de forma paralela e concomitante.

Neste item, pôde-se observar também a possibilidade de estarmos vivenciando uma fase de quebra de paradigma tecnológico, analisando o cenário sob os conceitos discutidos no referencial teórico. Tal pensamento surge após a verificação da crescente busca por novas formas de se modernizar o setor de energia elétrica no Brasil. Tem-se assim, alguns indicativos que direcionam para essa hipótese, como a utilização de inovação aberta com a atração de *startups* e do direcionamento do setor para a Indústria 4.0, seguindo uma tendência global.

Com a linha do tempo foi possível visualizar, mais facilmente, que houve um aumento de políticas e programas que trouxeram em seus títulos a menção à Indústria 4.0. Dentre os anos observado, 2018 foi o que apresentou maior número de políticas e programas com esta característica. A respeito do setor de energia elétrica os anos de 2019 e 2020, trouxeram esse direcionamento de políticas ligadas à Indústria 4.0, com o GT Modernização do Setor Elétrico e Rede Elétrica Inteligente, respectivamente.

Apesar da constatação do crescimento, ao longo dos anos analisados, do número de políticas e programas que podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, em 2020 observou-se atrasos na operação destas políticas e programas ou, até mesmo, a suspensão temporária de algumas atividades que estavam previstas para este ano.

Esse fato, a partir da análise das referências mais recentes, foi atribuído ao impacto causado pela pandemia COVID-19, a qual restringiu de forma direta essas políticas e programas, como especificado no item 5.1. Tal impacto torna-se destaque também ao se tratar sobre as potencialidades e limitações relacionadas às políticas públicas, desenvolvidas no item 5.3.

Quanto ao papel das políticas públicas, ao se discutir *startups* vinculadas à Indústria 4.0 e o setor de energia elétrica brasileiro, reforçou-se, nessa tese, o fato de que ao longo dos anos, os incentivos de forma direta aos elementos-chave, passaram a surgir com maior frequência, não desconsiderando os incentivos indiretos. Pelo contrário, a relevância dos incentivos indiretos foi um dos pontos que contribuiu para a identificação da existência de um círculo virtuoso na relação políticas públicas, *startups*, Indústria 4.0 e setor de energia elétrica.

A identificação dos elementos que envolvem o círculo virtuoso acaba sendo um ponto que, viabiliza a tomada de decisão para que se tenha maior eficácia das políticas dentro do setor a ser aplicado. Isso foi exemplificado com a identificação de novos nichos de participação das *startups* no setor de energia elétrica, pois, à medida que ampliamos o conhecimento sobre os elementos que compõem o círculo virtuoso e como estes impactam uns aos outros, permite que o direcionamento das políticas seja mais assertivo, resultando em maiores ganhos para o setor.

Por fim, como uma consolidação dos resultados obtidos no desenvolvimento desta tese, chegou-se à construção de um quadro indicativo com as potencialidades das políticas públicas que podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, e

suas limitações, aplicadas no setor de energia elétrica brasileiro, observadas durante a análise de conteúdo. No quadro foram indicados um total de sete potencialidades e cinco limitações, sendo que, em algumas, das potencialidades foi observada uma dualidade, ou seja, elementos que podem se caracterizar de um lado como potenciais e por outro acabar incorrendo em limitações.

Sobre as potencialidades das políticas públicas, foram citadas: a possibilidade de contribuições diretas e indiretas; direcionamento para aproximação das *startups*; efeito catalisador; elaboração partindo de estudos; modelo *top down* já ter proporcionado resultados internacionais; políticas de curto prazo permitem maior margem de ajustes; e possibilidade da inclusão dos ODS.

Sobre as limitações das políticas públicas, pôde-se destacar: baixa capacitação dos trabalhadores; limitação de recursos para investimento; foco em políticas de curto prazo podem não gerar efeitos duradouros; a pandemia trouxe maior incerteza; e possibilidade de redução de estudos e levantamento de dados.

Em um panorama geral, foi possível observar que tanto as potencialidades, quanto as limitações das políticas públicas para alavancar as startups vinculadas à Indústria 4.0, aplicadas no setor de energia elétrica, devem ser consideradas na busca por se obter resultados positivos neste setor. Pois, como já citado, observou-se uma dualidade entre alguns fatores que permeiam as duas posições.

Dentre esses fatores, sobre o setor, tem-se que na existência de estudos permite a elaboração de políticas consistentes e com maiores chances de obter sucesso em sua implementação, por outro lado, a limitação de informações pode levar a políticas mal direcionadas, ou mesmo, até a sua não elaboração. Nesse exemplo, a presença dos estudos como uma potencialidade, acaba por eliminar este das limitações e vice e versa.

Outro ponto que pode gerar dualidade são as políticas de curto prazo, pois, na posição de potencialidade elas podem trazer resultados mais rápidos que se alinham à velocidade exigida pela Indústria 4.0. Já na posição de limitação, a falta de um alinhamento para obter resultados no longo prazo, pode levar a resultados efêmeros.

De toda forma, pelo obtido durante o desenvolvimento desta tese, as startups possuem características que podem junto a grandes empresas do setor de energia elétrica viabilizar o desenvolvimento do setor de acordo com o contexto da Indústria 4.0. No entanto, como o setor ainda está buscando formas de alcançar a

modernização e Indústria 4.0, as políticas públicas acabam tendo um papel relevante no que se refere à velocidade com que se desenvolve o setor, seguindo ou se antecipando às soluções dentro do contexto atual.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a manufatura avançada, lançada pelos Estados Unidos, em 2011, já se anunciavam modificações na utilização da tecnologia no ambiente industrial. No entanto, no ano seguinte, com a criação da Indústria 4.0, originada na Alemanha, a expectativa de modificações com relação à tecnologia se expandiu para além do âmbito industrial, alcançando também dimensões sociais e ambientais.

Tal transbordamento, da utilização da Indústria 4.0, tem demandado de diversos setores, que estes considerem rever se as suas bases são condizentes com as expectativas de novos modelos de operação, tendo como parâmetro, por exemplo, as tecnologias habilitadoras para a Indústria 4.0. Contudo, considerando a diversidade de setores, tem se verificado que estes apresentam diferentes níveis de compatibilidade com contexto da Indústria 4.0.

Em geral, setores cujos investimentos em infraestrutura são altos, acabam apresentando uma necessidade de maior custo e tempos de planejamento e execução, para qualquer alteração significativa no *modus operandi*. Um exemplo deste tipo de setor é o de energia elétrica no Brasil, o qual foi tratado na presente tese.

O setor de energia elétrica brasileiro tem dentre suas características, a participação de grandes empreendimentos, com predominância do caráter público, ou de economia mista. Tais características levam ao ponto indicado como sendo um setor no qual, para modificações, acaba se incorrendo em alto custo e maiores tempos de planejamento e execução.

Por outro lado, pôde-se observar que a Indústria 4.0 impõe uma maior velocidade nas tomadas de decisão, relacionadas à tecnologia, do que a verificada em períodos anteriores ao conceito de Indústria 4.0. Dentro deste contexto, as pesquisas iniciais sobre o tema, revelaram um esboço de mudança no modo de pesquisa e desenvolvimento, que pode aumentar o dinamismo do setor, possivelmente, passando de um modelo de inovação fechada para a inovação aberta.

Tal mudança foi percebida a partir da aproximação das *startups* a grandes empresas do setor de energia elétrica brasileiro, demandada pelo próprio setor, em 2017, quando foi divulgada uma chamada pública especificamente para as *startups*. Esta chamada indicou alguns novos nichos para a atuação das *startups*, os quais

foram percebidos como direcionados para contribuir com o desenvolvimento da Indústria 4.0 no setor de energia elétrica.

Considerando as características apresentadas, observou-se que as políticas públicas podem guiar o setor e, conseqüentemente, os seus atores para incentivar a aproximação das *startups* a grandes empresas de energia elétrica, como forma de trazer maior dinamismo ao setor. Desta forma, esta pesquisa foi guiada pela seguinte pergunta norteadora: Como as políticas públicas podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, aplicadas ao setor de energia elétrica brasileiro?

Foram elaborados quatro objetivos específicos, ao longo da pesquisa, como forma de responder a questão norteadora e chegar ao atendimento do objetivo geral de analisar como as políticas públicas podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, aplicadas ao setor de energia elétrica brasileiro.

Partindo para a identificação dos nichos de participação das *startups* no setor de energia elétrica, no contexto da Indústria 4.0, observou-se que estes nichos puderam ser identificados a partir das áreas descritas nas chamadas públicas do setor de energia elétrica, identificadas no Brasil. Os editais analisados foram: Copel nº 05/2017, Copel nº 001/2018, AES TIETÊ energia nº 002/2018 e Lab Procel – 02/2020. Dentre os nichos verificados foi feita uma divisão, entre aqueles que podem ser chamados de tradicionais e os, de participação das *startups* no setor de energia elétrica, voltados para a Indústria 4.0.

Dos nichos tradicionais do setor de energia elétrica, foram identificados: Geração/Produção; Transmissão; Distribuição/Gestão; Comercialização de Energia; Eficiência Energética; Construção Civil; e Solda. Já, quanto aos nichos de participação das *startups* no setor de energia elétrica, voltado para a Indústria 4.0, foram identificados: Digitalização (IoT); Energias Renováveis; Desenvolvimento social; *Fintech*; Cidades inteligentes + Mobilidade elétrica; Telecomunicações e Tecnologia da Informação; Automação e simulação; Química e Meio ambiente; Sistemas virtuais de produção; Inspeção e integridade; Biossintéticos e fibras.

Além destas duas divisões, foi destacada também o potencial de inclusão de novos nichos, para a aproximação de *startups*, ou seja, incluindo áreas não mencionadas explicitamente nas chamadas públicas. Essa possibilidade foi identificada a partir da inclusão da opção “outras”, presente na chamada pública Lab Procel – 02/2020, publicada pela ELETROBRAS (2020b). Esta opção permite a

participação de outras áreas de atuação das *startups*, que possam contribuir com soluções para o setor, mas que não foram especificados no edital.

Paralelamente foi efetuado um levantamento e análise das políticas públicas internacionais que contribuem com a Indústria 4.0. Esta parte da pesquisa permitiu que fosse traçado um panorama global do desenvolvimento do conceito de Indústria 4.0, para o fortalecimento da análise do cenário brasileiro.

Os países selecionados para esta etapa, panorama internacional, foram definidos a partir da análise de conteúdo dos textos selecionados na metodologia. Como resultado, chegou-se à quantidade de oito países, sendo eles: Estados Unidos, Alemanha, Japão, Índia, Coreia do Sul, China, França e Reino Unido.

Durante a análise foi possível perceber que a Indústria 4.0 é um elemento considerado nas políticas de cada país, diferindo em termos de volume de investimentos, que se limita de acordo com a capacidade que cada país tem para investir, e do tipo de tecnologia habilitadora a ser priorizado.

Com relação à decisão de quais tecnologias habilitadoras devem ser desenvolvidas, a disparidade entre os países é visível. Isso se deve ao fato de que países que dispõem de infraestrutura mais avançada em termos de conectividade, por exemplo, acabam dispondo de maiores opções de investimento em tecnologias habilitadoras cujo o país possui maior expertise, como o caso do Japão.

O Japão, por já dispor de uma infraestrutura digital avançada, e de apresentar vantagem competitiva em algumas tecnologias habilitadoras, tais como robótica e inteligência artificial, pode direcionar seus recursos com maior precisão. Em contraposição, foi possível verificar países como a Índia que, em seu objetivo nacional, destaca-se a busca de formas para superar as deficiências de infraestrutura e alcançar um melhor posicionamento do país no mercado internacional.

O direcionamento da pesquisa para o cenário brasileiro, levou à construção de um capítulo sobre o desenvolvimento e estímulos à Indústria 4.0 no Brasil. Obteve-se como resultado a evolução das políticas e programas voltados para a Indústria 4.0, o que permitiu visualizar em que pontos temos avançado e quais pontos carecem de maior atenção. Como forma de se consolidar visualmente este conteúdo, foi elaborada uma linha do tempo com a evolução das políticas públicas e programas que contribuem para a Indústria 4.0 no país, o que permitiu traçar uma linha histórica.

Vale destacar que, por se tratar de um tema que carece de constantes atualizações, dentro dos limites da conclusão desta tese, com frequência, foi feita a

inserção de novos conteúdos a serem analisados, até o fechamento deste texto. Com isso, foi possível a inclusão de fatos atuais e relevantes para o setor de energia elétrica.

Dentre estes conteúdos atualizados, a pandemia de COVID-19 foi um dos fatos que impactaram nas políticas públicas, além de influenciar na possibilidade de criar expectativas de um cenário futuro no setor de energia elétrica. Até o momento da conclusão deste texto, a pandemia de COVID-19, decretada desde 11 de março de 2020, surgiu como um elemento que aumentou o grau de incerteza sobre o direcionamento do setor.

A pandemia, por questões sanitárias, acabou reforçando a interconectividade em diversos setores, e tem trazido soluções para lidar, principalmente, com as questões associadas ao isolamento social. A Rede Elétrica Inteligente, lançada pela Copel no dia 9 de setembro de 2020, em meio a pandemia, já foi apresentada com a expectativa de que seu avanço possa contribuir para minimizar as perdas geradas no setor pela pandemia de COVID-19, e potencialmente estimular a aproximação das *startups*.

Por outro lado, a crise gerada pela pandemia trouxe uma série de incertezas para todos os setores, incluindo para o setor de energia elétrica. Programas tiveram que ser pausados, ou tiveram que ser desacelerados, fato que prejudicou a formação de expectativa sobre os valores previstos para investimentos futuros. Tal incerteza acabou tornando qualquer estimativa de valores em uma grande incógnita.

Dando seguimento à análise de conteúdo, foi desenvolvido um quadro indicativo das potencialidades das políticas públicas que podem alavancar as *startups* vinculadas à Indústria 4.0, e suas limitações, aplicadas no setor de energia elétrica brasileiro. Neste quadro, foram apresentadas as potencialidades e limitações identificadas ao longo desta pesquisa.

Como exemplo de uma das potencialidades, podem ser citadas as políticas e programas com a possibilidade de incentivos indiretos para as *startups*, ou seja, mesmo não especificando o foco nas *startups* tais políticas e programas podem beneficiá-las. Este item se faz válido, principalmente pela identificação de um círculo virtuoso na relação entre *startup*, Indústria 4.0 e energia elétrica, no qual a política pública apresenta um efeito catalisador.

Outro ponto identificado durante a análise foi que, como adiantado na análise dos nichos de atuação das *startups*, o modelo de pesquisa e desenvolvimento no setor

de energia elétrica no Brasil está se modificando, dando indícios, sobretudo, da passagem de um modelo de inovação fechada para um modelo de inovação aberta. E este indício é comprovado na busca por *startups*, feita por grandes empresas de energia elétrica, com o intuito de adquirir, ou estimular, soluções para o setor, a partir destas.

De forma resumida, sobre as potencialidades das políticas públicas, foram citadas: a possibilidade de contribuições diretas e indiretas; direcionamento para aproximação das *startups*; efeito catalisador; elaboração partindo de estudos; modelo *top down* já ter proporcionado resultados internacionais; políticas de curto prazo permitem maior margem de ajustes; e possibilidade da inclusão dos ODS.

Ao passo que, sobre as limitações das políticas públicas, pôde-se destacar: baixa capacitação dos trabalhadores; limitação de recursos para investimento; foco em políticas de curto prazo podem não gerar efeitos duradouros; a pandemia trouxe maior incerteza; e possibilidade de redução de estudos e levantamento de dados.

Por fim, tanto as potencialidades, quando as limitações das políticas públicas, elencadas na presente tese, foram extraídas da análise de conteúdo. No entanto, como destacado, o tema abordado nesta pesquisa tem se apresentado como dinâmico, principalmente pela velocidade exigida pelo contexto atual, ligados às *startups* e a Indústria 4.0, o que faz com que a presente pesquisa, apesar de ser concluída neste momento, seja também uma “semente” para novos estudos envolvendo o tema e suas possíveis ramificações.

REFERÊNCIAS

- 100 OPEN STARTUP. **As tendências de inovação mais desejadas pelo mercado e as oportunidades para startups**. São Paulo, 2017a. Disponível em: <https://www.openstartups.net/br-pt/#ebooks>. Acesso em: 14 jun. 2018
- 100 OPEN STARTUP. **Como grandes empresas e startups se relacionam**. 2017b. Disponível em: <<https://www.openstartups.net/br-pt/#challenges>>. Acesso em: 14 jun. 2018.
- ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Inovação, Manufatura Avançada e o Futuro da Indústria**. Uma Contribuição ao Debate sobre as Políticas de Desenvolvimento Produtivo. Brasília, 2017. Disponível em: https://jacksondetoni.files.wordpress.com/2017/12/inovac3a7c3a3o-manufatura-avanc3a7ada-e-o-futuro-da-indc3bustria-abdi_2017-novo-e.pdf. Acesso em: 08 ago. 2020.
- ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Centro para a Quarta Revolução Industrial – Brasil inaugura suas atividades**. ABDI, 2020. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/centro-para-a-quarta-revolucao-industrial-brasil-inaugura-suas-atividades>. Acesso em: 08 ago. 2020.
- ABIMAQ – Associação Brasileira da Indústria de máquinas e Equipamentos. **GT-MAV e ACATE lançam cluster nacional para a Indústria 4.0**. 2017. Disponível em: <http://abimaq.com/site.aspx/Abimaq-Informativo-Mensal-Infomaq?DetalheClipping=82&CodigoClipping=1738>. Acesso em: 06 mai. 2020.
- ABSTARTUPS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE STARTUPS. **Startup base**. 2019. Disponível em: <http://www.abstartups.com.br>. Acesso em: 05 mai. 2019.
- AES TIETÊ – AES TIETÊ ENERGIA S.A. **Chamada de projetos para seleção de empresas startups para apresentação de projetos de inovação em energia nº 002/2018**. AES TIETÊ, 2018. Disponível em: <https://aestiete.liga.ventures/wp-content/uploads/2018/06/Chamada-P%C3%BAblica-Acelera%C3%A7%C3%A3o-de-Startups-2018.pdf> Acesso em: 18 dez. 2019
- AGÊNCIA BRASIL. **CNI quer políticas públicas de apoio à implantação de modelos de Indústria 4.0**. 2018. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-02/cni-quer-politicas-publicas-de-apoio-implantacao-de-modelos-de-industria-40>. Acesso em: 14 fev. 2020.
- ALMEIDA, Adriana Ripka de *et al.* **Indicadores energéticos: instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- ALVARENGA, Ana Raquel Costa Ferreira de. **Transformação digital na administração pública: estudo de caso**. Dissertação de mestrado. Lisboa: ISCTE-IUL, 2019. Disponível em [www:<http://hdl.handle.net/10071/20205>](http://hdl.handle.net/10071/20205).

ANACE – Associação Nacional dos consumidores de Energia. **Indústria do Futuro e energia inteligente**. ANACE, 2019a.

<http://www.anacebrasil.org.br/noticias/industria-do-futuro-e-energia-inteligente/>

ANACE – Associação Nacional dos consumidores de Energia. **O que esperar da modernização do setor elétrico**. ANACE, 2019b.

<http://www.anacebrasil.org.br/noticias/o-que-esperar-da-modernizacao-do-setor-eletrico/>

ANDERSON, Alan. Report to the President on Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing. **Executive office of the President**. The White House: Washington, 2011. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED529992> (Acesso em: 12 mar. 2019)

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica**. 2018a. Disponível em:

http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d/-/asset_publisher/ahiml6B12kVf/content/temas-para-investimentos-em-p-1/656831?inheritRedirect=false

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento**. 2018b. Disponível em:

http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/leitura_arquivo/default.cfm?idaplicacao=56

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução normativa nº 878, de 24 de março de 2020. 2020a <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2020878.pdf>

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **ANEEL participa de lançamento de programa de Rede Elétrica Inteligente da Copel**. 2020b. Disponível em:

https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aneel-participa-de-lancamento-de-programa-de-rede-eletrica-inteligente-da-copel/656877?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fsala-de-imprensa-exibicao-2%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_zXQREz8EVIZ6%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D3

ANJOS DO BRASIL. **Ranking de investidores**. [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <a_ripka@hotmail.com> em 07 jan. 2019.

AQUINO, Marcos William de. **Evolução do modelo de negócio no processo empreendedor de start-ups**: um estudo exploratório. 2015. Dissertação (Mestrado em Administração) – Mackenzie, São Paulo, 2015

AZEVEDO, Marcelo Teixeira de. **Transformação digital na indústria**: Indústria 4.0 e a rede de água inteligente no Brasil. 2017. Tese (Doutorado em Sistemas Eletrônicos) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

BANLAKY, Luis Felipe Marin. **Start-up acquisition**: motivations, difficulties and lesson learned. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Internacional) - FGV - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2016.

BARBOSA Joseane Alves. **The applicability of technology in the New coronavirus pandemic (Covid-19)**. Revista da FAESF, vol. 4. Número especial COVID 19. Junho 48-52. 2020. Disponível: <http://faesfpi.com.br/revista/index.php/faesf/article/view/116/102>. Acesso em: 03 de ago. 2020.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. 3 reimp. Lisboa: Edições 70, 2016.

BARROCA, João Pedro Tomásia. **O sucesso das startups em tempo de crise**. 2012. 85 p. Dissertação (Mestrado em Economia Portuguesa e Integração Internacional) ISCTE, Lisboa. Disponível em [www:<http://hdl.handle.net/10071/6272>](http://hdl.handle.net/10071/6272). Acesso em 09 mai. 2019.

BASTOS, Valéria Delgado. Biorrefinarias, biocombustíveis e química renovável: revolução tecnológica e financiamento. <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/914>, 2012.

BICUDO, Luis Filipi Bouyer. **Avaliação de empresas start-ups**: abordagem tradicional x opções reais. 2016. Dissertação (Mestrado em Finanças e Economia Empresarial) - Escola de Pós-Graduação em Economia, Fundação Getúlio Vargas - FGV, Rio de Janeiro, 2016.

BIONDI, Charleyne. **The market strategies alternatives of an e-business start-up in Brazil**. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Internacional) - FGV - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2012.

BMWI – Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. **Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichernUmsetzungsempfehlungen für das ZukunftsprojektIndustrie 4.0**. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. BMW: Berlin, 2013.

BMWI – Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. What is Industrie 4.0?. **Plattform Industrie 4.0**, 2016. Disponível em: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html>

BMWI – Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. **Digitising Manufacturing in the G20**: Initiatives, Best Practice and Policy Approaches. Conference Report. BMWI: Berlin, 2017.

BMWI – Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. **The background to Plattform Industrie 4.0**. Plattform Industrie 4.0. 2018. Disponível em: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/ThePlatform/PlattformIndustrie40/plattform-industrie-40.html> Acesso em: 19 jul. 2020.

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - **Internet das Coisas: um plano para o Brasil**. 2018. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/bndes2.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2019.

BOOTH, W. C; COLOMB, G. G.; WILLIAMS, J. M. **A arte da pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2019.

BORGES, Luiz Gustavo Xavier. **Investimento em uma *startup* de TI**: um estudo de caso no setor de educação. 2016. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

BRASIL. **Lei 9.991, de 24 julho de 2000**. Brasília, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9991.htm

BRASIL. **Lei 13.280, de 3 maio de 2016**. Brasília, 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2016/lei/L13280.htm. Acesso em: 10 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Temer assina decreto que institui a Estratégia Brasileira para a Transformação Digital**, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2018/marco/temer-assina-decreto-que-institui-a-estrategia-brasileira-para-a-transformacao-digital>. Acesso em: 10 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Plano Nacional de Internet das Coisas. DECRETO Nº 9.854, DE 25 DE JUNHO DE 2019**. 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2019-2022/2019/Decreto/D9854.htm. Acesso em: 10 jan. 2019.

BRASIL - Diário Oficial da União. Portaria n. 356, de 11 de março de 2020. Brasília, 2020a. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-356-de-11-de-marco-de-2020-247538346>

BRASIL. Governo do Brasil. **Entenda como será o Centro Afiliado para 4ª Revolução Industrial no Brasil**. 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2020/01/entenda-como-sera-o-centro-afiliado-para-4a-revolucao-industrial-no-brasil>. Acesso em: 8 ago. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 10.246, de 18 de fevereiro de 2020**. 2020c. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.246-de-18-de-fevereiro-de-2020-244044484>. Acesso em: 8 ago. 2020.

BRASIL. Governo do Brasil. **Corte de energia elétrica está proibido até 31 de julho**. 2020d. <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/06/corte-de-energia-eletrica-esta-proibido-ate-31-de-julho>

BRASIL. Casa Civil. **Plano Nacional de IoT - IoT.BR**. 2020e. <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/elementos-probrasil/eixo-ordem/plano-nacional-de-iot-iot.br>

BRETTEL, Malte *et al.* How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. **International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering**, v. 8, n. 1, p. 37-44, 2014.

BRIGIDI, Gabriel Mombach. **Criação de conhecimento em empresas *start-up* de alta tecnologia**. 2009. Dissertação (Mestrado em Administração) - Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

BUCKMAN, Reymound Yaw. **Mhealth entrepreneurship: an exploratory research for a managerial model for mhealth start ups in low and middle income countries**. 2015. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Internacional) - FGV - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2015.

CABALZAR, Filipi. **Business Plan, financial and risk analysis from the start-up mathrix**. Dissertação (Mestrado Profissional em Finanças e Economia) - FGV - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2016.

CANDIDO, Darlan da Silva *et al.* Evolution and epidemic spread of SARS-CoV-2 in Brazil. *Science*, 2020.

CARDOSO, Danilo Alexandre Lima; CHEBAR, Iam Estebanez; BELTRÃO, Maria Julia Coutinho. **Estudo da aplicabilidade de ferramentas da Indústria 4.0 em uma planta de geração de energia a partir da reforma do biogás**. Niterói, 2018.

CARDOSO, Rafael Felipe Silva. **Incentivo fiscal e alavancagem operacional: um estudo de caso sobre a desoneração da folha de pagamento em uma empresa start-up**. 2016. Dissertação (Mestrado em Controladoria e Contabilidade: Contabilidade) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

CASTILLO, Mario; GLIGO, Nicolo; ROVIRA, Sebastián. **La política industrial 4.0 en América Latina**. In: Políticas industriales y tecnológicas en América Latina. Santiago: CEPAL, 2017. LC/TS. 2017/91. p. 549-572, 2017.

CAVALCANTE, Fernando Luiz Nobre. **Start! Up? O arranque empreendedor do capitalismo informacional**. 2015. Dissertação (Mestrado em Sociologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

CAVALCANTE, Caroline G. S.; ALMEIDA, Tatiana D. Os benefícios da Indústria 4.0 no gerenciamento das empresas. **Journal of Lean Systems**, v. 3, n. 1, p. 125-151, 2017.

CAVALCANTE, Anderson; RAPINI, Márcia Siqueira; SILVA, Leandro Alves. *Startups: conceito, especificidades e financiamento*. In: Parentoni, L., Gontijo, B., Lima, H. (orgs). **Direito, Tecnologia e Inovação**, v.1, Editora: D'Placido, 2018.

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Prospecção tecnológica no setor de energia elétrica: Evolução tecnológica nacional no segmento de eficiência energética**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. v.6, 2017. Disponível em: <https://energia.cgee.org.br/documents/923365/1026936/Volume+6-8+Evoluc%CC%A7a%CC%83o+tecnolo%CC%81gica+nacional+no+segmento+de+eficie%CC%82ncia+energe%CC%81tica/4e10e53d-ba31-4f66-887d-112feda936e3?version=1.2>. Acesso em: 20 nov. 2018.

CHALMERS, A. F. Relatório de institucional do CNPq: exercício 2011. Disponível em: http://centrodememoria.cnpq.br/relatorio_gestao_2011.pdf.

CHASSAGNE, Ghislain Claude Emmanuel. **An exploration of the lean startup approach among Brazilian digital startups**. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Internacional) - FGV - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2015.

CHESBROUGH, H. **Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology**. Harvard Business School Press, Boston, 2003.

CHESBROUGH, H.; VANHAVERBEKE, W.; WEST, J. **Open Innovation: Researching a New Paradigm**. Oxford University Press, Oxford, 2006

CHRISPINO, Alvaro. **Introdução ao estudo das políticas públicas: uma visão interdisciplinar e contextualizada**. Editora FGV, 2016.

CICCONI, Eduardo Garbes. **Proposta de um modelo de tomada de decisão de investimento por parte dos fundos de venture capital em empresas *start-ups* de biotecnologia no Brasil**. 2014. Tese (Doutorado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Confederação Nacional da Indústria. **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016a.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Sondagem especial: Indústria 4.0**, Brasília, v. 17, n. 2, abr. 2016b. Disponível em: <http://www.cni.com.br/sondespecial>. Acesso em: 10 jan. 2019.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Oportunidades para a Indústria 4.0: Aspectos da Demanda e Oferta no Brasil**. Brasília, 2017a. Disponível em: [https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/d9/ff/d9ff9d99-1a51-43ff-bc2a-b2187e90c35a/opportunidades para a industria 40 2603 nova versao.pdf](https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/d9/ff/d9ff9d99-1a51-43ff-bc2a-b2187e90c35a/opportunidades_para_a_industria_40_2603_nova_versao.pdf). Acesso em: 20 mar. 2020.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Projeto Indústria 2027**. Brasília, 2017b. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-2027/>. Acesso em: 21 mar. 2020.

CNI - Confederação Nacional da Indústria. **Investimentos em Indústria 4.0** - Confederação Nacional da Indústria. – Brasília: CNI, 2018

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **O Prêmio MERCOSUL de Ciência e Tecnologia**. CNPq: Brasília, 2020. Disponível em: <http://premios.cnpq.br/web/pmct/o-premio>. Acesso em: 10 ago. 2020.

COLOMBO, Armando W. *et al.* Industrial cyberphysical systems: a backbone of the fourth industrial revolution. **IEEE Industrial Electronics Magazine**, v. 11, n. 1, p. 6-16, 2017.

CONTE, Gerson Yuri Cagnani; DE ARAUJO, Geraldo Jose Ferraresi. A internet da indústria das coisas: oportunidades e ganhos potenciais. **Ágora: revista de divulgação científica**, v. 25, p. 1-17, 2020.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Chamada pública para seleção de *startups* copel nº 05/2017**. Copel: Curitiba, 2017. Disponível em: <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Ffornecedor>

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/br/Documents/about-deloitte/Deloitte-Covid-Impacto-Setores-junho.pdf>

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretations of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, p. v.11, p.147-162, 1982.

DOSI, Giovanni. **Mudança técnica e transformação industrial**: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores. Editora Unicamp, 2006.

DRATH, Rainer; HORCH, Alexander. Industrie 4.0: hit or hype?. **Industrial Electronics Magazine**, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2014.

DYE, Thomas D. **Understanding public policy**. 14 ed. Pearson, 2013.

ELETROBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Programa Lab Procel**. ELETROBRAS, 2020a. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/LabProcel.aspx>. Acesso em: 20 ago. 2020

ELETROBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Editais Lab Procel – 02/2020**. ELETROBRAS, 2020b. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/SiteAssets/Paginas/LabProcel/Editais%20%20-%20Segunda%20Chamada%20de%20EE.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020

ENEL – Grupo ENEL. **Energy Start**. 2017. Disponível em: <https://www.enel.com.br/pr/quemsomos/iniciativas/a201701-Regulamento.html>

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Demanda de Energia 2050**. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2017 - Ano base 2016**. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf. Acesso em: 14 maio 2018.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 – Demanda de Eletricidade**. EPE: Rio de Janeiro, 2020a. [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-522/Caderno%20de%20Demanda%20de%20Eletricidade%20-%20PDE%202030%20\(1\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-522/Caderno%20de%20Demanda%20de%20Eletricidade%20-%20PDE%202030%20(1).pdf)

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 – Avaliação do Suprimento de Potência no Sistema Elétrico e impactos da Covid-19**. EPE: Rio de Janeiro, 2020b. <http://www.mme.gov.br/documents/78404/0/PDE+2030+-+Avalia%C3%A7%C3%A3o+do+Suprimento+de+Pot%C3%Aancia+no+Sistema+El%C3%A9trico+e+impactos+da+Covid-19+REV.pdf/0f5179b9-cfc1-01f7-b937-6218567ec7eb>

ESPINOZA, Tayse Simone. **Organizational change: the impact of Web 2.0 application in a Brazilian startup**. 2012. 183 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

FALCÃO, João Pontual de Arruda. **Startup law Brasil: o direito brasileiro rege mas desconhece as startups**. 2017. Dissertação (Mestrado em Direito da Regulação) - Escola de Direito do Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas - FGV, Rio de Janeiro, 2017.

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. **Centro de Pesquisa em Engenharia em Manufatura Avançada**. FAPESP: Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.fapesp.br/10988>. Acesso em: 06 mai. 2020.

FEIGELSON, Bruno; NYBØ, Erik Fontenele; FONSECA, Victor Cabral. **Direito das startups**. Saraiva Jur: São Paulo, 2018.

FERNANDES, Júlio Reinaldo da Costa *et al.* **Desempenho das start-ups/tic e as contribuições das aceleradoras: um estudo de caso**. 2015. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Nove de Julho–UNINOVE, São Paulo, 2015.

FERNANDES, June Marques. **Lean product development e lean startup methodology: contribuições ao processo de planejamento de negócios tecnológicos no ambiente acadêmico**. 2017. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas. 2017.

FERNEDA, Rodrigo. **Adoção de tecnologias da Indústria 4.0 por firmas do agronegócio do Rio Grande do Sul**. 2018. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade do Vale do Rio Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, 2018.

FERRAZ, A. P. do C. M; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FERREIRA, Raphael Einsfeld Simões. **Avaliação de projeto de empresa startup de medical devices por opções reais**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Finanças e Economia) - FGV - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2016.

FIEP-PR - Federação das Indústrias do Estado do Paraná. **Rotas Estratégicas para o Futuro da Indústria Paranaense: Energia 2031**. Curitiba: Senai/PR. 2017.

FIESC – MBI do SENAI debate criatividade e tendências da educação. FIESC: Florianópolis, 2018. Disponível em: <http://fiesc.com.br/pt-br/imprensa/mbi-do-senai-promove-debate-sobre-tendencias-da-educacao-e-criatividade>. Acesso em: 01 mar. 2020.

FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. Indústria 4.0. **Publicações FIRJAN** – Cadernos Senai de Inovação. Panorama da Inovação. Rio de Janeiro: 2016.

FONSECA, Thiago dos Santos da. **Desenvolvimento e validação de métodos de sensoramento visual aplicados a instrumentação de processos no contexto**

- da Indústria 4.0.** 2017. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação) - Programa de Pós-Graduação em Computação, Centro de Ciências Computacionais, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2017.
- FREEMAN, C. Innovation, Changes of Techno-Economic Paradigm and Biological Analogies in Economics. **Revue Économique**, v. 42, n. 2, 211-232, 1991.
- FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment: business cycles and investment behaviour. In: DOSI, G. E. A. **Technical change and economic theory**. Londres: Pinter Publishers, 1988.
- FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.
- GEEST, Charlie Van Der. **Experimental study and modeling of the startup flow of waxy crudes in pipelines and the rheological behavior of gelled waxy crudes**. 2015. 372 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica e Instituto de Geociências, Campinas, 2015.
- GHOBAKHLOO, M. **The Future Of Manufacturing Industry: A Strategic Roadmap Toward Industry 4.0**. p. 1-29, vol. 29, 2018.
- GIANEZINI, K. *et al.* políticas públicas: definições, processos e constructos no século XXI. **Revista de políticas públicas (UFMA)**, São Luís, MA, v. 21, n. 2, p.1.065-1.084, 2017.
- GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GILCHRIST, A. **Introducing Industry 4.0**. In: Industry 4.0. Apress, Berkeley, CA. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2047-4_13. Acesso em: 10. mai. 2019.
- GONÇALVES, Alef Martins *et al.* Implantação da Industrial 4.0 nos Estados Unidos e no Brasil. **CIPEEX**, v. 2, p. 2229-2236, 2018.
- HALL, Fred. **The rise of startup hubs in Europe: a qualitative study on the factors contributing to Berlin's rise as a european startup hub**. 2016. Dissertação (Mestrado em Gestão Empresarial) - FGV - Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2016.
- HEIDRICH, Felipe. **Utilização da Teoria de Opções Reais na gestão de investimentos na Indústria 4.0: uma aplicação na fabricação de rolamentos de grande porte**. 2017. 99 f. Dissertação (Mestrado Engenharia e Gestão da Inovação) - Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, 2017.
- HERMANN, M; PENTEK, T; OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review**. 2015. Disponível em: http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf. Acesso em: 20 nov. 2018.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: **System Sciences (HICSS)**, 2016 49th Hawaii International Conference on. IEEE, p. 3928-3937, 2016.

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Indústria 4.0: A Política Industrial da Alemanha para o futuro**. 2017a Disponível em: <https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_807.html>. Acesso em: 12 nov. 2019.

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **O Brasil na Indústria 4.0**. 2017b. Disponível em: <https://iedi.org.br/artigos/top/analise/analise_iedi_20170721_inovacao.html>. Acesso em: 12 nov. 2019.

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Indústria 4.0: O futuro da indústria**. 2017c

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Indústria 4.0: A iniciativa Made in China 2025**. São Paulo, 2018a. Disponível em: <https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_827.html>. Acesso em: 12 nov. 2019.

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Indústria 4.0 em perspectiva comparada**. São Paulo, 2018b. Disponível em: https://iedi.org.br/artigos/top/analise/analise_iedi_20180705_inovacao.html. Acesso em: 12 nov. 2019.

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Políticas para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil**. IEDI, 2018c. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15486/1/POL%c3%8dTICAS%20PORA%20O%20DESENVOLVIMENTO%20DA%20IND%c3%9aSTRIA%204.0%20NO%20BRASIL_2018.pdf. Acesso em: 12 nov. 2019.

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Estratégias Nacionais para a Indústria 4.0**. 2018d. Disponível em: https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_860.html. Acesso em: 10 dez. 2019.

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Indústria 4.0: o programa Make in India e outras iniciativas do governo indiano**. 2018e

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **A Indústria 4.0 na Índia**. 2018f

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Indústria 4.0: a Indústria do Futuro e a iniciativa Nova França Industrial**. 2018g

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Indústria 4.0: O Projeto Catapulta e A Estratégia Industrial do Reino Unido**. 2018h

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **O papel da Política Industrial na Coreia do Sul**. 2018i

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Indústria 4.0: A Coreia do Sul e a Indústria do Futuro**. 2018j

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **As economias emergentes face à Indústria 4.0.** 2019a

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Robotização e a Competitividade no Futuro.** 2019b

INEE - Instituto Nacional De Eficiência Energética. **O que é geração distribuída.** 2018. Disponível em: <http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp>. Acesso em: 15 dez. 2018.

INOVATIVA BRASIL. **Realização.** INOVATIVA BRASIL: Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.inovativabrasil.com.br/sobre/>. Acesso em: 22 jun. 2020.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **4ª Revolução Industrial.** IPT: São Paulo, 2019. Disponível em: https://www.ipt.br/noticia/1570-4%C2%AA_revolucao_industrial.htm. Acesso em: 8 ago. 2020.

JASKULSKI, Leandro. **Método de diagnóstico e implantação processual dos elementos da Indústria 4.0 no setor metalmeccânico brasileiro.** 2018. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade do Vale do Rio Sinos – UNISINOS, Porto Alegre, 2018.

JOHNSON-BEY, C. The Sixth Wave: How to Succeed in a Resource-Limited World. **Research-Technology Management**, n. 56, v. 2, 62, 2013.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes. Securing the future of German manufacturing industry - recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. **Final report of the Industrie 4.0 Working Group.** Frankfurt: Acatech - National Academy of Science and Engineering. 97 p., apr. 2013.

KELLER, A. L. **Internet das coisas aplicada a indústria:** dispositivo para interoperabilidade de redes industriais. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/6233>. Acesso em: 18 mar. 2020.

KUHN, Thomas. S. **The structure of scientific revolutions.** Chicago: University of Chicago Press, 1962.

KUHN, Thomas. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas.** São Paulo: Perspectiva, 2017.

LAMNABHI-LAGARRIGUE, F. *et al.* Systems & Control for the future of humanity, research agenda: current and future roles, impact and grand challenges. **Annual Reviews in Control**, v. 43, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2017.04.001>. Acesso em 02 jun. 2018.

LEE, Jay; KAO, Hung-An; YANG, Shanhu. Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. **Procedia Cirp**, v. 16, p. 3-8, 2014.

LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; KAO, Hung-An. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, v. 3, p. 18-23, 2015.

LEONARDECZ, Alessandra Redua. **Gerenciamento de riscos em contratos de startups e empresas de base tecnológica**. 2017. 116 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Sociedade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

LEONESSA, Nathália Maria Rapuano de Lira Novaes. **Startup Kaizen: uma metodologia ágil para desenvolvimento de software em startups**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2016.

LIAO, Y. *et al.* The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. **Production**, v. 28, n. 0, 2018.

LINCOT, P.D. **Photovoltaic energy**: introduction institute of research and development of photovoltaic energy. p.7933-7941. New York: Springer, 2012

LIU, F. *et al.* China's innovation policies: Evolution, institutional structure, and trajectory. **Research Policy**, v. 40, n. 7, p. 917–931, 1 set. 2011.

LORENZ, Markus; RÜßMANN, Michael; STRACK, Rainer; LUETH, Knud Lasse; BOLLE, Moritz. **Man and Machine in Industry 4.0** – How will technology transform the industrial workforce through 2025?. The Boston Consulting Group – BCG: Sep. 2015.

LÖW, Viviane Freire. **Desenvolvendo as capacidades dinâmicas em startup do setor de tecnologia da informação**. 2011. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, 2011

LUCENA, Felipe Andrade; ROSELINO, José Eduardo; DIEGUES, Antonio Carlos. A Indústria 4.0: uma análise comparativa entre as experiências da Alemanha, EUA, China, Coréia do Sul e Japão. **Geosul**, v. 35, n. 75, p. 113-138, 2020.

MACHADO, Rafael Ruivo. **Desenvolvimento de plano de incentivo de longo prazo para funcionários baseado em opções fantasmas em uma startup**. 2018. (Mestrado Profissional em Engenharia da Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

MACIEL, Janice Rodrigues *et al.* **A interação entre grandes empresas e startups: desafios da inovação aberta**. REAVI-Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí, v. 7, n. 11, p. 01-09, 2018.

MADE SMARTER – About us. 2020. Disponível em: <https://www.madesmarter.uk/>. Acesso em: 31 ago. 2020.

MAGNI, Jacopo. **Structuring a startup's operations in an emerging market**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Internacional) - FGV - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2016.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 8. ed. São Paulo: Atlas 2017.

MARIANI, Diogo Guttman. **How to adress uncertainty in startup valuation: medic-pharma web Brazil case study.** 2014. (Mestrado Profissional em Administração de Empresas) – Pontifícia Universidade Católica - PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2014.

MARTINS, Octavio de Freitas. **A qualitative study of the internationalization of born-global technology start-ups in Brazil.** Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Internacional) - FGV - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2015.

MARTINS, Matheus Alvarenga; *et al.* **Planejamento estratégico setorial 2030 - roadmap energia.** In: Gestão da inovação de produtos e serviços: pesquisas e práticas atuais – 2018. Uberlândia: IGDP, 2018

MATOS, Felipe. **A Construção de um modelo de acompanhamento da evolução de startups digitais em contexto de aceleração: O caso Startup Brasil.** 2017. 106 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Empreendedorismo do Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade). USP, São Paulo.

MCTIC – Ministério Da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (2016-2022).** MCTI: Brasília, 2016.

MCTIC – Ministério Da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil.** Brasília: MCTIC, 2017. Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/Cartilha-Plano-de-CTI_WEB.pdf. Acesso em: 21 fev. 2018.

MCTIC – Ministério Da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Plano de ação para a promoção da inovação tecnológica.** Brasília, 2018a. Disponível em: <https://www.inova.rs.gov.br/upload/arquivos/202006/16182031-plano-acao-promocao-inovacao-tecnologica.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2020.

MCTIC – Ministério Da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia brasileira para a transformação digital.** Brasília, 2018b. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/estrategiadigital.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2020.

MCTIC – Ministério Da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Página principal do evento Seminário em Indústria Avançada no Brasil.** MCTIC: Brasília, 2018c. Disponível em: <http://seminariomanufaturaavancada.mctic.gov.br/>. Acesso em: 10 jan. 2019.

MCTIC – Ministério Da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Sobre o evento Seminário em Indústria Avançada no Brasil.** MCTIC: Brasília, 2018d. Disponível em: <http://seminariomanufaturaavancada.mctic.gov.br/>. Acesso em: 10 jan. 2019.

MCTIC – Ministério Da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil 2019-2022**. MCTIC: Brasília, 2019.

MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **MDIC lança estudo sobre oportunidades e desafios para a manufatura avançada no país**. MDIC: Brasília, 2016. <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/noticias/mdic/mdic-lanca-estudo-sobre-oportunidades-e-desafios-para-a-manufatura-avancada-no-pais>

MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **MDIC instala Grupo de Trabalho que definirá Estratégia Nacional para a Indústria 4.0 no Brasil**. MDIC: Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/ultimas-noticias/2640-mdic-instala-grupo-de-trabalho-que-definira-estrategia-nacional-para-a-industria-4-0-no-brasil>. Acesso em: 06 mai. 2020.

MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **MDIC e ABDI lançam Agenda Brasileira para a Indústria 4.0 no Fórum Econômico Mundial**. MDIC: Brasília, 2018a. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/noticias/mdic/mdic-e-abdi-lancam-agenda-brasileira-para-a-industria-4-0-no-forum-economico-mundial>. Acesso em: 15 dez. 2020.

MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Agenda brasileira para a Indústria 4.0: O Brasil preparado para o futuro**. MDIC: Brasília, 2018b. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br> Acesso em: 15 nov. 2019.

MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Ministro destaca ações do MDIC para facilitar comércio e reduzir a burocracia**. 2018c. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/noticias/mdic/ministro-destaca-acoes-do-mdic-para-facilitar-comercio-e-reduzir-a-burocracia>. Acesso em: 04 dez. 2020.

MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Governo anuncia, em Davos, primeiro Centro Afiliado para 4ª Revolução Industrial no Brasil**. MDIC: Brasília, 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2020/01/governo-anuncia-em-davos-primeiro-centro-afiliado-para-4a-revolucao-industrial-no-brasil>. Acesso em: 29 dez. 2020.

MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Brasil Mais Produtivo**. 2020b. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/brasil-mais-produtivo>. Acesso em: 15 ago. 2020.

MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Inovativa Brasil**. 2020c. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/inovacao/fomento-a-inovacao/inovativa-brasil>. Acesso em: 22 jun. 2020.

MENDONÇA, André Luís de Oliveira; VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. A revolução de Kuhn. **Ciência Hoje**, v. 32, n. 189, p. 77-79, 2002.

MIGUEZ, Thiago *et al.* **Uma visão de política industrial para o Brasil: resultados a partir de uma proposta de matriz tecnológica**. 2018. http://www3.eco.unicamp.br/NEIT/images/destaque/Uma_visao_de_politica_industria

[I para o Brasil Resultados a partir de uma proposta de matriz tecnologica.pdf](#). Acesso em: 05 jun. 2019.

MINATOGAWA, Vinicius Luiz Ferraz. **Estudo e adaptação de um método de gestão de desempenho de modelos de negócios em uma empresa nascente de base tecnológica (startup)**. 2013. 128 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Modernização do Setor Elétrico**. MME: Brasília, 2019a. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/secretaria-executiva/modernizacao-do-setor-eletrico/qt-modernizacao>. Acesso em: 4 mar. 2020.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Portaria nº 187, de 4 de abril de 2019**. MME: Brasília, 2019b. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/70268736. Acesso em: 4 mar. 2020.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Relatório do Grupo de Trabalho da Modernização do Setor Elétrico**. MME: Brasília, 2019c. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/36070/525274/Relat%C3%B3rio+do+GT+Moderniza%C3%A7%C3%A3o+do+Setor+El%C3%A9trico.pdf/b49d5558-ad36-d268-c2e2-2f0e5331a6b4>. Acesso em: 4 mar. 2020.

MONOSTORI, László. Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. **Procedia Cirp**, v. 17, p. 9-13, 2014.

NAKAYAMA, Ruy Somei. **Oportunidades de atuação na cadeia de fornecimento de sistemas de automação para Indústria 4.0 no Brasil**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017

OLIVEIRA, Luiz Eduardo Santos de. **Concepção de um framework para monitoramento e teleoperação de máquinas-ferramenta CNC via internet aderente à Indústria 4.0**. 2017. Dissertação (Mestrado em Sistemas Mecatrônicos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017a.

OLIVEIRA, Inês Ramada de. **Indústria 4.0: um novo paradigma técnico-económico?** Dissertação (Mestrado em Economia) - Faculdade de Economia do Porto, Universidade do Porto, Porto, 2017b.

OLIVEIRA, Lucas Guedes de. **Fundamentos da Metodologia de Superfície de Resposta e suas aplicações em Manufatura Avançada: Uma análise crítica**. 2018. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2018.

ONU – Organização das Nações Unidas. **7 Energia Limpa e Acessível**. ONU, 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods7/>. Acesso em: 10 jan. 2018.

PALMA, J. M. B.; *et al.* **Os princípios da Indústria 4.0 e os impactos na sustentabilidade da cadeia de valor empresarial**. 6th International Workshop| Advances in Cleaner Production. São Paulo, 2017.

PARLAMENTO EUROPEU. **Industry 4.0**. União Europeia, 2016.

PAULA, Danielly Ferreira Oliveira de. **Model for the Innovation Teaching (MoIT)**: um modelo baseado em Design Thinking, Lean Startup e Ágil para estudantes de graduação em computação. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

PENHAKI, Juliana de Rezende *et al.* **Soft Skills na Indústria 4.0**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PEREIRA, A. C.; ROMERO, Fernando. A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1206-1214, 2017.

PEREZ, Carlota. **Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza**. México: Siglo XXI, 2004.

PEREZ, Carlota. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge journal of economics**, v. 34, n. 1, p. 185-202, 2010.

PETERS, B. G. *American Public Policy*. Chatham, N.J.: Chatham House. 1986

PIMENTEL FILHO, Francisco Barreto Costa. **Um estudo da adoção das práticas de lean startup, business model canvas e desenvolvimento de clientes para startups**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

PINTO JUNIOR, Helder Queiroz; *et al.* **Economia da energia**: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PINTO, Felipe de Matos Sardinha. **A construção de um modelo de acompanhamento da evolução de startups digitais em contexto de aceleração: o caso Start-Up Brasil**. 2017. Dissertação (Mestrado em Empreendedorismo) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

PISCHING, Marcos A. *et al.* Service composition in the cloud-based manufacturing focused on the industry 4.0. In: **Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems**. Springer, Cham, p. 65-72, 2015.

PISCHING, Marcos André. **Arquitetura para descoberta de equipamentos em processos de manufatura com foco na Indústria 4.0**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia de Controle e Automação Mecânica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

PORTAL HOSPITAIS BRASIL. **Abimed participa da 1ª Reunião do Comitê Executivo do Centro Brasileiro para a 4ª Revolução Industrial (C4IR Brasil)**. 2020. Disponível em: <https://portalhospitaisbrasil.com.br/abimed-participa-da-1a-reuniao-do-comite-executivo-do-centro-brasileiro-para-a-4a-revolucao-industrial-c4ir-brasil/>. Acesso em: 8 ago. 2020.

PORTO, Edson. Ciclo virtuoso ou vicioso? **Época Negócios**. Maio. Editora: Época, 2010

PPGTE – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade. **Apresentação**. 2020a. Disponível em: <http://portal.utfpr.edu.br/cursos/coordenacoes/stricto-sensu/ppgte/sobre>. Acesso em: 20 jan. 2020.

PPGTE – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade. **Tecnologia e Desenvolvimento**. 2020b. Disponível em: <http://portal.utfpr.edu.br/cursos/coordenacoes/stricto-sensu/ppgte/sobre/tecnologia-e-desenvolvimento>. Acesso em: 20 jan. 2020.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PUSCHMANN, Thomas. Fintech. **Business & Information Systems Engineering**, v. 59, n. 1, p. 69-76, 2017.

PWC. 2018. Reaching the last mile. *7th Energy Congress. Energy 4.0: Energy transition towards 2030*. New Delhi. February 1-2, 2018.

QIN, Jian; LIU, Ying; GROSVENOR, Roger. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. **Procedia CIRP**, v.52, p. 173–178, 2016.

QUINTELLA, Rogério Hermida; DIAS, Camila Carneiro. O Papel dos paradigmas técnicos-econômicos nos estudos organizacionais e no pensamento estratégico-empresarial. **Revista de Administração Pública**, v. 36, n. 6, p. 905-932, 2002.

RAHMAN, H., RAMOS, I. Open Innovation in SMEs: From Closed Boundaries to Networked Paradigm. *Issues in Informing Science and Information Technology*. v. 7, 2010.

RAMOS, Paulo Henrique Bertucci. **Priorização de ideias inovadoras em projetos no agronegócio por meio de modelo de apoio à decisão multicritério**: estudo de caso Startup in School. 2017. Dissertação (Mestrado em Gestão e Inovação na Indústria Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

RAMPAZZO, Nut Leão; RABONI, Pierre Lucena; DE MELLO, Paula Roberta Callado Bezerra. **O significado do trabalho na indústria criativa: o caso do porto digital de Recife**. Tópicos em Administração. Belo Horizonte: Poisson, 2018.

REINO UNIDO – **High Value Manufacturing Catapult**. 2020. Disponível em: <https://hvm.catapult.org.uk>. Acesso em: 12 abril. 2020.

REVISTA ALUMÍNIO. **A quarta Revolução Industrial e o alumínio**, Revista Alumínio, 2019. Disponível em: <https://revistaaluminio.com.br/edicao/edicao-55/>. Acesso em: 03 de ago. 2020.

RIBEIRO, Gabriel. **Lean startup**: análise exploratória sobre sua utilização por novas empresas brasileiras. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração de

Empresas) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas - FGV, São Paulo, 2014.

RIES, Eric. **A startup enxuta**: como os empreendedores atuais utilizam a inovação contínua para criar empresas extremamente bem-sucedidas. Rio de Janeiro: Editora Sextavante, 2019.

RIPKA, A.; SILVA, C. L. **Planejamento energético brasileiro**: como as *startups* podem favorecer o cenário para a Energia 4.0. In: XI Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2018, Cuiabá. XI Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328175080_Planejamento_energetico_brasileiro_como_as_startups_podem_favorecer_o_cenario_para_a_Energia_40. Acesso em: 27 abr. 2019.

RIPKA, A.; SILVA, C. L.. **O desenvolvimento sustentável no setor de energia elétrica do Brasil, potencializado pela Indústria 4.0**. In: XII Congresso Brasileiro de Planejamento Energético - XII CBPE, 2020, Online. CBPE, 2020.

ROCHA, Renata Malagoli. **Empreendedorismo e inovação na jornada da startup**: um framework da sintonia entre os processos. 2016. Dissertação (Mestrado em Empreendedorismo) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

RODRIGUES, Filipe da Costa *et al.* Indústria 4.0. **CIPEEX**, v. 2, p. 2131-2138, 2018.

ROMANI, Mariana Omari. **Estimação de prêmio de risco de startup**. Dissertação (Mestrado em Finanças e Economia Empresarial) - Escola de Pós-Graduação em Economia, Fundação Getúlio Vargas - FGV, Rio de Janeiro, 2014.

RONCARATTI, Luanna Sant'Anna. Incentivos a startups no Brasil: os casos do Startup Brasil, InovAtiva e InovApps. 2017.

SANTOS, Ana Santana. **Startups Digitais: A Travessia na Zona Cinzenta**. 2016. 213 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Comunicação). Escola de Comunicações e Artes, USP, São Paulo.

SANTOS, Beatrice Paiva; SANTOS F. Charrua; LIMA, T.M. Industry 4.0: an overview. **Proceedings of the World Congress in Engineering**. v. II. WCE: Londres-UK, jul. 4-6, 2018.

SANTOS, Felipe Lucena Andrade. **A Estratégia Chinesa diante do advento de indústria 4.0: Uma análise comparativa com países selecionados**. 2019. 113f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2019.

SARMENTO, C. F. B.; CARVALHO, C. A.S.; DIB, L. A. R. Effectuation e a influência das redes sociais em internacionalização de *startups* em aceleradoras. **Internext**, São Paulo, v.11, n. 1, p. 63-76, jan./abr. 2016. Disponível em: <<http://www-periodicos-capes-gov-br.ez48.periodicos.capes.gov.br/>> Acesso em: 21 ago. 2019.

SCHMIDT, João Pedro. **Para entender as políticas públicas**: aspectos conceituais e metodológicos. In.: REIS, Jorge R.; LEAL, Rogerio G. Direitos sociais e políticas públicas: desafios contemporâneos, Santa Cruz do Sul, 2008.

SCHWAB, Klaus. The fourth industrial revolution: what it means and how to respond. **Foreign Affairs**. Dez. 12, 2015. Disponível em: <<https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>>. Acesso em 24 jan. 2020.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. 4ª reimpressão (2018). São Paulo: Edipro, 2016.

SCHWAB, Klaus; DAVIS, Nicholas. **Aplicando a quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2018.

SENAI-PR - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Departamento Regional do Paraná. **Curitiba 2035**. SENAI- PR: Curitiba, 2017.

SENAI-SC - Serviço Nacional de Aprendizagem Industria de Santa Catarina. **Despertar 4.0**. Florianópolis, 2017. Disponível em: <http://sc.senai.br/pt-br/iniciativas/despertar-40>. Acesso em 20 mar. 2020.

SESI-PR - Departamento Regional do Paraná. **Skills 4.0: habilidades para a indústria**. Sesi. Departamento Regional do Paraná. Curitiba: Sesi/PR, 2020.

SHAFIQ, S. I., *et al.*. Virtual Engineering Object / Virtual Engineering Process: A specialized form of Cyber Physical System for Industrie 4.0. **Proceedings of the 19th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems**. Procedia Computer Science. 60, 1146–1155. 2015

SHROUF, Fadi.; ORDIERES, J.; MIRAGLIOTTA, Giovanni. Smart factories in Industry 4.0: a review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**. 2014.

SILVA, Bruno Douglas Lima da; CAMPOS, Fernando Celso de. Indústria 4.0: revisão sistemática da literatura 2008-2018, achados, tendências e aplicações. **IX Congresso Brasileiro de Engenharia Da Produção**. Ponta Grossa, 2019.

SILVA, Christian Luiz da; SOUZA-LIMA, José Edmilson de. **Políticas públicas e indicadores para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Saraiva, 2010.

SILVA, E. C. C.; COUTINHO FILHO, W. A. da C.; ARAÚJO, F. J. C. **A Qualidade da Energia Elétrica no Contexto da Quarta Revolução Industrial – Indústria 4.0**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 37, 2017, Joinville. Anais... Recife: UPE, 2017.

SILVA, Glessia; DI SERIO, Luiz Carlos. **A sexta onda da inovação: estamos preparados?**. IV Simpósio internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. Anais IV SINGEP: São Paulo, 2015.

SILVA, Marcos Barcellos da Cunha e. **Investidor e investido: o processo decisório no matching entre venture capitals e *start-ups* no Brasil.** Dissertação (Mestrado Profissional em Administração de Empresas) - FGV - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2013.

SILVA, Vilson Roiz Gonçalves Rebelo Da. Uma contribuição ao estudo da gestão da energia em indústrias energo-intensivas: engenharia organizacional e interoperabilidade. Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 467 f, 2018.

SOUTINHO, Liliana Cavalcante; ROSÁRIO, Francisco Jose Peixoto. Aprendizagem tecnológica e conhecimento na produção do etanol 2G no Brasil: um estudo de caso. **REVISTA ECONOMIA POLÍTICA DO DESENVOLVIMENTO**, v. 7, n. 19, p. 22-38, 2016.

SOUTO, Moisés Cirilo de Brito. **Gestão de inovação em *startup* de rede de coleta de dados sem fio, multipropósito e modular:** estudo de caso de um spin-off de pesquisa da Plataforma Samana. 2017. 157f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência, Tecnologia e Inovação) - Escola de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

SOUZA, Reginaldo Joaquim de. **Os legados do Projeto Smart Energy Paraná.** 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Governança e Sustentabilidade) – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu do Instituto Superior de Administração e Economia do Mercosul – ISAE, 2018.

STEINMETZ, Charles. **Uma abordagem para a integração de sistemas industriais aplicando o conceito de internet das coisas e de modelos semânticos no contexto da Indústria 4.0.** 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

TOLEDO, Demétrio Gaspari Cirne de. Aspectos históricos e conceituais da dependência tecnológica da América Latina sob o novo neocolonialismo. **OIKOS (Rio de Janeiro)**, v. 18, n. 3, 2019.

TURETTA, André Luiz. **Corporate venture capital no sistema regional de inovação: a percepção das grandes empresas tradicionais industriais da Região Metropolitana de Curitiba sobre o investimento em startups.** 2019. 182 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Sociedade) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

UNESCO – Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura. **A Year After Coronavirus: An Inclusive ‘New Normal’.** 2020. Disponível em: <https://en.unesco.org/news/year-after-coronavirus-inclusive-new-normal>. Acesso em: 20 ago. 2020.

VIEIRA, Ricardo Caruso. **Manufatura avançada: a influência da estratégia da manufatura e da percepção de affordances.** 2017. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

VIOTTI, Eduardo Baumgratz. National learning systems: a new approach on technical change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 69, n. 7, p. 653-680, 2002.

WALTER, Silvana Anita; DA ROCHA, Daniela Torres. A contribuição de Thomas Kuhn para a produção científica em Administração. **Revista de Ciências da Administração**, v. 13, n. 30, p. 11-38, 2011.

WANG, S. *et al.* Towards smart factory for Industry 4.0: A self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. **Computer Networks**, v. 101, p. 158–168, 2015.

WELLER, Christian; KLEER, Robin; PILLER, Frank T. Economic implications of 3D printing: Market structure models in light of additive manufacturing revisited. **International Journal of Production Economics**, v. 164, p. 43-56, 2015.

WHO – World Health Organization. **WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19**. WHO, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>. Acesso em 20 mar. 2020.

XU, Li Da; XU, Eric L.; LI, Ling. Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2941-2962, 2018.

ZHOU, Z. *et al.* **Fog Computing-Based Cyber-Physical Machine Tool System**. p. 1-11, vol. 6, 2018.

ZORTEA, Carla Giovana Ceron. **Programas de aceleração de startups: análise comparativa dos mecanismos de aceleração dos programas Start-Up Brasil e Start-Up Chile**. 2016. Dissertação (Mestrado em Gestão e Negócios) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, Porto Alegre, 2016.