

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SÓCIO ECONÔMICO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

JULIA LETÍCIA PELICLIOLI ROCKENBACH

**INOVAÇÃO E INDÚSTRIA 4.0: CARACTERÍSTICAS E POSICIONAMENTO
DAS INSTITUIÇÕES EMPRESARIAIS E DE CIÊNCIA E DE TECNOLOGIA
EM SANTA CATARINA**

Florianópolis

2019

Julia Letícia Peliciolli Rockenbach

**INOVAÇÃO E INDÚSTRIA 4.0: CARACTERÍSTICAS E POSICIONAMENTO
DAS INSTITUIÇÕES EMPRESARIAIS E DE CIÊNCIA E DE TECNOLOGIA
EM SANTA CATARINA**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Ciências Econômicas do Centro Sócio Econômico da
Universidade Federal de Santa Catarina como requisito
para a obtenção do título de Bacharel em Economia
Orientador: Prof. Dr. Sílvio Antônio Ferraz Cario

Florianópolis

2019

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

Rockenbach, Julia
INOVAÇÃO E INDÚSTRIA 4.0: CARACTERÍSTICAS E
POSICIONAMENTO DAS INSTITUIÇÕES EMPRESARIAIS E DE CIÊNCIA E
DE TECNOLOGIA EM SANTA CATARINA / Julia Rockenbach ;
orientador, Sílvio Cario, 2019.
99 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio
Econômico, Graduação em Ciências Econômicas, Florianópolis,
2019.

Inclui referências.

1. Ciências Econômicas. 2. Indústria 4.0. 3. Inovação. 4.
Tecnologia. 5. Santa Catarina. I. Cario, Sílvio. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Ciências Econômicas. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos são, antes de tudo, à toda a minha família, que me deu o suporte que precisei, em toda a minha trajetória universitária. Agradeço em especial aos meus pais, Maria Regina e Eduardo, que me ensinaram tanto e sempre me encorajaram a seguir os meus sonhos. Ao meu irmão, Fernando, agradeço por todo o suporte emocional e pela ajuda em momentos difíceis.

Agradeço também aos professores que contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e acadêmico, me desafiando e mostrando que tudo é possível. Agradeço em especial ao meu orientador Prof. Dr. Silvio Cario, que confiou em mim para a realização desse trabalho e me deu suporte em diversos momentos, sempre com otimismo e dedicação, e dessa forma me motivando a dar sempre o meu melhor.

RESUMO

A indústria 4.0 é o mais novo paradigma industrial tecnológico e está revolucionando a indústria global. Por ser um tema relativamente recente, é normal o seu desconhecimento por parte da população e a dificuldade de algumas empresas em fazer uma adesão à essa nova era industrial. Diversos países se mostram motivados a ocupar a liderança tecnológica nesse novo paradigma que surge. Embora já existam políticas industriais e tecnológicas no Brasil, o país não se encontra em posição de destaque no que tange a indústria 4.0, estando fora da lista de países que já saíram na frente e possuem vantagens competitivas. No entanto, os estados federativos vem desenvolvendo ações e buscando melhor entendimento acerca desta revolução tecnológica, dentre estes Santa Catarina. O objetivo do presente trabalho é, portanto, descrever a Indústria 4.0 e apontar o nível de compreensão e posicionamento das instituições empresariais (FIESC, SENAI, IEL), de ciência e de tecnologia (UDESC, Fundação CERTI, ACATE) em Santa Catarina a respeito deste novo paradigma tecnológico. Os principais resultados encontrados foram o pouco conhecimento das empresas catarinenses quanto à Indústria 4.0, bem como a confirmação de que uma maior adesão do estado à manufatura avançada aumentará a competitividade. Algumas empresas já fazem o uso de tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, principalmente IoT, Big Data e Computação em Nuvem. O estado tem potencial tecnológico mas as expectativas variam sobre o futuro da Indústria 4.0 em Santa Catarina. Encontrou-se alinhamento de ideias e com o posicionamento nacional, assim como a concordância de que a Indústria 4.0 no estado levará à uma maior competitividade das indústrias, sendo benéfico para ambos empresários e consumidores.

PALAVRAS-CHAVE: Inovação; tecnologia; indústria 4.0; Santa Catarina

ABSTRACT

The 4.0 industry is the new industrial technological paradigm and it is revolutionizing the global industry. Being a recent subject, it is normal the unfamiliarity of the majority of the population and difficulty of some companies to accept this new technological era. Several countries are motivated in being a leader in this new technological paradigm, Meanwhile, there is industrial and technological politics in Brazil, the country is not in featured position in the 4.0 industry and it's out of the list of countries who have the competitive advantages. However, the Federation States are developing methods and searching for better understanding around this technological revolution, including the State of Santa Catarina. The objective of this paper is to describe the 4.0 industry and show the level of comprehension and position that monetary, science and technological institutions have in Santa Catarina about this new technological paradigm. The main result found was the alignment of ideas with the national views, in addition to that, the agreement that the 4.0 Industry will take a higher level of competitiveness to industries, benefiting entrepreneurs and consumers.

KEY-WORDS: Innovation; Technology; Industry 4.0; Santa Catarina

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Investimento total em P&D países OCDE e Brasil (%PIB), 2016.....	53
Gráfico 2. Participação da indústria no PIB (%), 1947 - 2018	54
Gráfico 3. Número de empresas da indústria por porte (em milhares), 2017.....	55
Gráfico 4. Competências tecnológicas do Brasil para a manufatura avançada (%), 2016	56
Gráfico 5. Utilização de pelo menos uma das tecnologias listadas	64
Gráfico 6. Nível de conhecimento das empresas catarinenses sobre à indústria 4.0 de acordo com a visão dos respondentes, 2019	72
Gráfico 7. Setores onde as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 se mostram mais presentes segundo os representantes, 2019.....	73
Gráfico 8. Impacto nos trabalhadores por setores em Santa Catarina segundo os respondentes, 2019	75
Gráfico 9. Situação de Santa Catarina em comparação aos demais estados quanto à indústria 4.0, 2019	77
Gráfico 10. Empresas com processo mais lento de implementação das tecnologias da indústria 4.0, 2019	78
Gráfico 11. Posicionamento da Indústria 4.0 até o momento em SC segundo os respondentes, 2019.....	81
Gráfico 12. Expectativas para a implementação da indústria 4.0 em até 5 anos.....	82
Gráfico 13. Tempo de preparo das empresas para a indústria 4.0 no estado de Santa Catarina, 2019.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A evolução técnica das Revoluções Industriais	29
Figura 2. Sistemas ciber físicos conectados com IoT, IoP e IoS.....	35
Figura 3. Relação entre fábricas inteligentes, IoT e IoS.....	37
Figura 4. Unidades de IST e ISI no Brasil, respectivamente, 2019.....	61
Figura 5. Mesorregiões e indústrias em Santa Catarina, 2019	69
Figura 6. Principais definições sobre a Indústria 4.0 apresentadas pelos respondentes, 2019	71
Figura 7. Principal ação tomada pelas empresas para o preparo para a indústria 4.0, 2019	76
Figuras 8 e 9. Benefícios para as empresas e para o mercado consumidor segundo os respondentes, 2019	79
Figura 10. Tecnologias mais utilizadas pelas empresas catarinenses segundo as instituições empresariais e de ciência e tecnologia, 2019.....	81
Figura 11. Principais planos nacionais de desenvolvimento da indústria 4.0 segundo os representantes das instituições de ciência e tecnologia, 2019	85
Figura 12. Ações em Santa Catarina citadas pelos respondentes para promoção da indústria 4.0, 2019	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Relação dos representantes, com cargo e cargo e instituição, 2019.....	17
Quadro 2. Relações entre as tecnologias e os princípios da Indústria 4.0.....	34
Quadro 3. Políticas de desenvolvimento nos países líderes na manufatura avançada ...	41
Quadro 4. Políticas de desenvolvimento de tecnologia divididas por principais atores do SNI.....	42
Quadro 5. Análise SWOT da Indústria 4.0.....	48
Quadro 6. Índices relacionados à indústria e tecnologia e posição do Brasil em nível global (em ordem numérica), 2018.....	52
Quadro 7. Planos de desenvolvimento da indústria 4.0 nos países líderes e Brasil (2011 – 2019).....	53
Quadro 8. Agentes da Tríplice Hélice	58
Quadro 9. Fundos mais relevantes para o SNCTI	58
Quadro 10. Principais iniciativas sugeridas pelo Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil.....	60
Quadro 11. Principais iniciativas no Brasil para CT&I.....	62
Quadro 12. Três principais tecnologias essenciais para o desenvolvimento da indústria 4.0 em Santa Catarina ainda sem o nível desejado, 2019.....	74
Quadro 13. Profissões do futuro em Santa Catarina de acordo com os representantes das instituições empresariais e de ciência e tecnologia, 2019	7
Quadro 14. Motivos que revelam a importância da adesão de Santa Catarina à Indústria 4.0 de acordo com os respondentes, 2019	80
Quadro 15. Principais pontos considerados essenciais para a elaboração de um programa para a Indústria 4.0 no estado de Santa Catarina, 2019.....	84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos.....	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
1.2 Justificativa	14
2 METODOLOGIA	16
3 TRATAMENTO TEÓRICO E ANALÍTICO SOBRE INOVAÇÃO	18
3.1 A visão Schumpeteriana	18
3.2 A visão Neoschumpeteriana	19
3.2.1 Paradigmas e trajetórias tecnológicas	20
3.2.2 Busca, Rotina e Seleção.....	20
3.2.3 Aprendizado e formas de conhecimento	21
3.2.4 Regimes Tecnológicos.....	23
3.2.5 Padrões Setoriais de Inovação	24
3.2.6 Estratégias Tecnológicas	26
3.3 Economia neoschumpeteriana: Ciclos inovativos de desenvolvimento.....	27
4 A INDÚSTRIA 4.0	29
4.1 O surgimento da Indústria 4.0	29
4.2 Definição e características da Indústria 4.0	30
4.3 Pilares tecnológicos da Indústria 4.0	33
4.3.1 Sistemas Ciber-físicos (CPS)	34
4.3.2 Internet das Coisas (IoT) e Internet dos Serviços (IoS).....	36
4.3.3 Fábricas Inteligentes (Smart Factories)	37
4.3.4 Big Data	38
4.4 Políticas de desenvolvimento	39
4.5 Oportunidades e desafios.....	43
4.6 Síntese Conclusiva.....	49
5 A INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL	51
5.1 A indústria 4.0 no Brasil em perspectiva mundial.....	51
5.2 Estrutura industrial e tecnologia no Brasil	54
5.3 Políticas, planos e estratégias nacionais de desenvolvimento industrial e tecnológico.....	57
5.4 Resultado de estudos anteriores.....	63
5.5 Síntese conclusiva.....	66
6 A INDÚSTRIA 4.0 EM SANTA CATARINA: VISÃO DAS INSTITUIÇÕES EMPRESARIAIS E DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA	69
6.1 A indústria em Santa Catarina	69
6.2 Instituições de ciência e tecnologia	70
6.3 Roteiro de perguntas e resultados obtidos	70
6.3.1 Nível de compreensão	71
6.3.2 Trabalhadores e trabalho	74
6.3.3 Obstáculos	77
6.3.4 Benefícios	78
6.3.5 Adesão	80
6.3.6 Políticas	83
6.4 Síntese conclusiva.....	86
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
REFERÊNCIAS	92

1 INTRODUÇÃO

Conhecida também como "Quarta Revolução Industrial" ou "Manufatura Avançada", a indústria 4.0 caracteriza o início de uma nova era tecnológica, criando-se, portanto, um novo paradigma tecnológico industrial, onde se observa uma alta competitividade entre países desenvolvidos, que almejam o lugar de liderança em novas tecnologias e inovações. O termo "indústria 4.0" é relativamente recente, sendo apresentado pelo governo alemão na feira de Hannover¹, Alemanha, no ano de 2011. O intuito da indústria 4.0 para os alemães era de avançar e inovar as tecnologias referentes à manufatura, visando um aumento na competitividade alemã frente às demais economias mundiais (IEDI, 2017).

As três revoluções industriais que antecedem a indústria 4.0 foram de grande importância para a economia mundial, pois ao longo do tempo geraram um acúmulo de conhecimentos, aprimoramento de tecnologias e ondas de inovação. Entretanto, não conseguiram atingir a abrangência que na atualidade se faz necessária. Schwab (2016, p. 16) afirma que na quarta revolução industrial

“seu escopo é muito mais amplo. Ondas de novas descobertas ocorrem simultaneamente em áreas que vão desde o sequenciamento genético até a nanotecnologia, das energias renováveis à computação quântica. O que torna a quarta revolução industrial fundamentalmente diferente das anteriores é a fusão dessas tecnologias e a interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos”

As tecnologias incorporadas na indústria 4.0 são diversas, e estão em diferentes fases de desenvolvimento, possuindo então diferentes períodos de tempo para atingir suas maturidades. Segundo IEDI (2017) embora seja um pré-requisito para a indústria 4.0 a aplicação das tecnologias à manufatura, não se pode dizer que apenas as suas combinações são suficientes para o novo paradigma. Vai além, onde surgem as fábricas inteligentes, que são caracterizadas pelo seu alto nível de agilidade e inteligência, possuindo um sistema de logística avançado que pode, desse modo, eliminar estoques, fazer ajustes pontuais e trabalhar com uma demanda de lotes mínimos, por exemplo.

Para a indústria 4.0 obter sucesso, necessita a incorporação das seguintes principais tecnologias: I) Sistemas ciber-físicos (CPS); II) *Big Data Analytics*; III) Computação em nuvem; IV) Internet das Coisas (IoT) e Internet dos serviços (IoS); V) Impressão 3D e outras formas de manufatura aditiva; VI) Inteligência artificial; VII) Digitalização; VIII) Colheita de energia (*Energy harvesting*); e IX) Realidade aumentada. Essas tecnologias, por sua vez,

¹ A feira de Hannover foi criada em 1947, e ao longo do tempo passou por mudanças em seu nome, sendo em

estão baseadas em princípios que são considerados básicos para o funcionamento da Indústria 4.0, onde tudo é feito através de rede, e vão desde a comunicação entre produtos até a análise de dados que propicia respostas em tempo real. São eles: I) Interoperabilidade; II) Virtualização; III) Capacidade de resposta em tempo real; IV) Orientação ao serviço e V) Modularidade (IEDI, 2017).

Segundo IEDI (2018), oito países estão na frente na indústria 4.0, e os mesmos se dividem em três grupos distintos, de acordo com seus interesses e estratégias de liderança. Cada país possui suas próprias estratégias e metas, estabelecidas de médio a longo prazo. Além disso, os países criam planos, Conselhos e parcerias com instituições e governo para alcançarem seus objetivos de forma mais rápida e dinâmica. O primeiro grupo é composto por Alemanha, Japão e Coréia do Sul, onde o foco é manter suas posições de liderança na alta tecnologia. O segundo grupo é composto por Estados Unidos, Reino Unido e França. O foco desse grupo é voltar a ter uma crescente industrialização, criando uma maior produção doméstica, diminuindo, assim, o tempo e tamanho do processo de produção no exterior. Já o terceiro grupo, que é composto pela Índia e a China, o foco é outro. Por serem nações em desenvolvimento, o foco é mudar a estrutura industrial doméstica, a fim de diminuir o *gap* entre os países desenvolvidos e as mesmas.

O Brasil possui um histórico de desenvolvimento tardio, onde se observa um atraso do país em relação a outros em vários aspectos, entre eles, o atraso tecnológico. Apesar de o país não fazer parte da corrida tecnológica de liderança da indústria 4.0, é notável uma maior preocupação do governo, empresas e entidades nacionais com esse novo paradigma, pois se faz absolutamente necessário para a sobrevivência tecnológica do futuro. Nesse contexto, afirma CNI (2016, p. 15) que “[...] o foco de uma iniciativa visando ao desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil deve ser o de empresas que mais cedo entrarão no novo paradigma e estimular as demais a apressarem sua inserção na nova onda, sob risco de não conseguirem sobreviver no novo ambiente competitivo.”

Por possuir um desenvolvimento tardio, se constata o mesmo atraso no que se diz respeito à indústria 4.0, onde ao mesmo tempo em que outros países se preocupam em manter a liderança e avançar nas tecnologias, a indústria 4.0 no Brasil ainda pode ser considerada relativamente desconhecida e incerta. Por esses motivos o país se depara com alguns obstáculos e desafios para o futuro.

Segundo um estudo feito por CNI (2016) as empresas nacionais não possuem um grande conhecimento sobre a Indústria 4.0, onde quase metade das empresas avaliadas

desconhecem a importância das novas tecnologias para a competitividade da indústria, e mais da metade das empresas não usa nenhuma tecnologia base da indústria 4.0. Ainda sobre o estudo realizado por CNI (2016), chegou-se as conclusões que apenas algumas tecnologias dentre várias foram citadas e consideradas como importantes. Esses resultados mostram o despreparo e insciência das empresas brasileiras a respeito das novas tecnologias industriais, comprovando o atraso tecnológico.

Seguindo com os dados do estudo realizado por CNI (2016), os resultados encontrados para a incorporação de tecnologias referentes à Indústria 4.0 diferem entre os setores, onde se observa um desequilíbrio no grau de utilização das tecnologias nos diferentes setores. O setor mais adepto às tecnologias da Indústria 4.0 é o setor de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e outros, seguido logo após pelo setor de máquina, aparelhos e materiais elétricos. Outros setores que utilizam de forma considerável as tecnologias (mais de 50% das empresas do setor) são os setores de biocombustíveis e derivados do petróleo, máquinas e equipamentos e metalurgia. Os setores que pouco utilizam as novas tecnologias são setores onde o processo de difusão de tecnologias é um pouco mais lento, e muitas vezes as empresas preferem não inovar e avançar tecnologicamente, como é o caso do setor de vestuário e calçados, que ficaram ocuparam as últimas posições (CNI, 2016).

Por fim, CNI (2016) aponta sete dimensões que julgam ser de maior importância e prioritárias para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil. São elas: I) Aplicação nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores; II) Mecanismos para induzir a adoção das tecnologias habilitadoras; III) Desenvolvimento tecnológico; IV) Ampliação e melhoria da infraestrutura de banda larga; V) Aspectos regulatórios; e VI) Formação de recursos humanos; e VII) Articulação institucional. A primeira se faz essencial para o acontecimento da indústria 4.0, pois é por meio da aplicação nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores que todos os diferentes setores podem se aprimorar em suas tecnologias, de acordo com suas especificidades.

O que se pode concluir, por meio da pesquisa feita por CNI, é que a Indústria 4.0 ainda está em fase de difusão no Brasil, onde muitas empresas (principalmente as pequenas e médias) não possuem um conhecimento adequado sobre as novas tecnologias referentes à Indústria 4.0, e que a grande parte das empresas maiores, apesar de possuírem um maior conhecimento sobre o tema e fazerem o uso de algumas tecnologias, não estão imersas de fato nesse novo paradigma tecnológico industrial.

O estado de Santa Catarina é bastante diversificado culturalmente e produtivamente, e nele estão incorporadas diferentes indústrias de acordo com a região analisada. Apesar de ser

um estado não muito extenso em área territorial, possui uma distribuição produtiva bastante efetiva e equilibrada. Segundo FIESC (2019) o estado de Santa Catarina ocupa um lugar de destaque no Brasil por conta de seu parque industrial, que possui uma grande significância por conta de seu caráter dinâmico e diverso. O estado é subdividido em seis mesorregiões (Oeste, Serrana, Norte, Vale do Itajaí, Grande Florianópolis e Sul), onde cada região apresenta suas próprias características e relevantes potenciais produtivos, que juntos fazem do estado catarinense uma referência industrial. Outrossim, o estado é também conhecido por ser inovador e incentivar e criar leis para sua indústria a inovar e empreender. A parceria entre universidades, como UFSC e UDESC, governo e instituições com estratégias também é observada (TEIXEIRA et al., 2016).

Por ser uma tema bastante recente, existem poucos estudos e dados sobre a situação do estado de Santa Catarina na Indústria 4.0, e desse modo se torna mais difícil uma análise mais profunda sobre esse paradigma no estado Catarinense. Institutos, entidades, associações e parques tecnológicos localizados em Santa Catarina como FIESC, SENAI, ACATE, Fundação CERTI, Academia, entre outros são os principais parceiros das empresas catarinenses para o desenvolvimento tecnológico, e possuem informações e dados sobre as empresas associadas, que serão úteis, portanto, para o desenvolvimento desse e futuros trabalhos.

Partindo da informação que as empresas no Brasil possuem pouco conhecimento sobre as novas tecnologias da indústria 4.0, abre-se espaço para uma discussão não só em nível federal mas também em nível estadual. O objetivo desse trabalho é de apontar a compreensão sobre o tema no estado de Santa Catarina, por meio de uma pesquisa feita com associações empresariais e de ciência e tecnologia, a fim de obter maiores informações a respeito do tema, e desse modo entender a situação em que Santa Catarina se encontra e como as empresas catarinenses estão se comportando frente à esse novo paradigma.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Caracterizar o novo paradigma da indústria 4.0 e o posicionamento de instituições empresariais e de ciência e de tecnologia frente a esta mudança tecno – produtiva mundial.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Caracterizar a indústria 4.0 - conceito, especificidades – e ressaltar a preocupação dos países com o desenvolvimento do novo paradigma tecno-produtivo mundial.
- b) Apresentar os resultados dos estudos existentes sobre a indústria 4.0 no Brasil, bem como os desenhos de políticas industrial e tecnológicas existentes.
- c) Apontar o nível de compreensão, os obstáculos, os benefícios e a adesão de empresas industriais catarinenses por meio das instituições empresariais e de ciência e de tecnologia ao paradigma tecno – produtivo da indústria 4.0.

1.2 Justificativa

Estudar a indústria 4.0 é de suma importância pois é um novo paradigma que já está revolucionando a indústria e a tendência é que não pare de crescer. O mundo não é mais o mesmo, e está em constante evolução tecnológica, criando assim novas possibilidades de inovação e tecnologia. A partir dessa evolução tecnológica que ocorre o surgimento da indústria 4.0. Segundo Coelho (2016) o início do século XXI é marcado por uma maior acessibilidade de preços e desenvolvimento de produtos mais sofisticados, como *hardwares* e *softwares*, e a maior capacidade das máquinas deixarem de ser apenas máquinas, criando assim uma transformação na indústria, com efeito na sociedade, economia e competitividade.

A inquietação dos países desenvolvidos, suas políticas, práticas e estratégias de liderança criaram uma alta competitividade entre essas economias, fazendo assim da indústria 4.0 a nova tendência mundial, onde todos os países líderes em alta tecnologia desejam se manter no topo, e as economias em desenvolvimento desejam dar passos mais largos para seguirem na direção certa e não ficarem para trás nessa nova era tecnológica.

De acordo com CNI (2016) o número de empresas que estão preparadas para essa revolução ainda é baixo, especialmente no Brasil. Entretanto, milhares de empresas tenderão à uma maior adesão de forma gradual, conforme suas estratégias, capacitações e trajetórias.

O presente trabalho busca investigar as características dessa nova revolução, fazer as comparações necessárias entre os países líderes e o Brasil, onde a adesão das novas tecnologias ainda se mostra ainda bastante discreta e com obstáculos a serem superados. Além disso, é importante procurar as devidas respostas de como o estado de Santa Catarina está em relação à indústria 4.0, se as empresas catarinenses estão caminhando em direção à essa nova era tecnológica, quais os obstáculos enfrentados por elas e o porquê da importância dessa adesão.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho refere-se primeiramente à uma pesquisa bibliográfica, que segundo Lakatos e Marconi (2003, p.183) “[...] abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico, etc”. Essa pesquisa bibliográfica atende os dois primeiros objetivos específicos, que consistem na caracterização da Indústria 4.0, assim como apresentar políticas industriais e tecnológicas postas em prática para sustentar esse novo paradigma e os resultados dos estudos já existentes sobre a Indústria 4.0 no Brasil.

Os objetivos são atendidos a partir de revisão bibliográfica nacional e internacional, principalmente por meio de estudos realizados por empresas e associações de classe a fim de conceituar diferentes ideias de diversos autores e instituições brasileiras e estrangeiras, obtendo-se assim o referencial teórico para a apresentação e discussão do tema. Para atender o primeiro objetivo de caracterização são consultadas diversas “Cartas IEDI” (Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial), relatórios elaborados por CNI (Confederação Nacional da Indústria), trabalhos publicados e estudos realizados por empresas e órgãos federais. As principais variáveis trabalhadas para atender o primeiro objetivo são: I) Definição e características da indústria 4.0; II) Pilares tecnológicos; III) Políticas de desenvolvimento e IV) Oportunidades e desafios.

No tocante ao segundo objetivo, são analisados principalmente os estudos feitos por CNI (2016; 2017), que já possuem diversos dados e resultados de pesquisa, e novamente os estudos feitos por IEDI através das publicações das Cartas IEDI e outros relatórios nacionais, como relatórios do governo federal e FIRJAN. O segundo objetivo é atendido através de diversas variáveis, sendo: I) A indústria 4.0 no Brasil em perspectiva mundial; II) Estrutura industrial e tecnológica no Brasil; III) Iniciativas de desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil; IV) Apresentação de resultados de estudos anteriores.

Por fim, o terceiro objetivo específico é de caráter distinto dos demais. A pesquisa de campo, segundo Lakatos e Marconi (2003, p. 186) “é aquela utilizada com o objetivo de conseguir informações e/ou conhecimentos acerca de um problema, para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese, que se queira comprovar, ou ainda, descobrir novos fenômenos e a relação entre eles” Para tanto, realiza-se uma pesquisa de campo, com a aplicação de um roteiro de perguntas às instituições empresariais e de ciência e de tecnologia (ICTs) no estado de Santa Catarina (FIESC, ACATE, SENAI, UDESC, IEL, Fundação

CERTI), com a finalidade de obter através da pesquisa novos dados e resultados referentes a adesão das empresas Catarinenses à indústria 4.0.

O capítulo 6, que apresente a pesquisa com as instituições empresariais de ciência e de tecnologia tem caráter explicativo, sendo dividida em duas partes. A primeira parte faz uma breve descrição síntese da indústria no estado de Santa Catarina e das instituições de ciência e tecnologia. A segunda parte, por sua vez, mostra os resultados obtidos pela pesquisa – roteiro de perguntas sobre a indústria 4.0 - feitas com representantes das instituições empresariais de ciência e de tecnologia no estado de Santa Catarina, obtendo os resultados escritos, mostrados em quadros, gráficos e figuras a fim de atingir uma melhor organização de informações.

A escolha dos representantes das instituições empresariais e de ciência e de tecnologia para responderem ao roteiro de perguntas foi feita a partir de indicações de pessoas de referência dentro das instituições, que se comprometeram a contatar os representantes que trabalham com a indústria 4.0 e/ou participam de projetos referentes à mesma, e dessa forma mostrando um entendimento do tema. Ao todo foram 7 respondentes, que responderam por meio online ao roteiro de perguntas. O quadro 1 apresenta a relação dos respondentes com seus devidos cargos nas instituições empresariais e de ciência e de tecnologia. Os nomes dos respondentes não são divulgados para a preservação de suas identidades.

Quadro 1 – Relação dos representantes, com cargo e cargo e instituição, 2019

Entrevistado	Cargo profissional	Instituição
I	Diretor da Vertical Manufatura	ACATE
II	Coordenador Indústria Avançada	SENAI
III	Coordenador do LAMAN	UDESC
IV	Diretor de projetos	SENAI
V	Gerente de Projetos e Coordenador da área de Sistemas Fabris Inteligentes	FUNDAÇÃO CERTI
VI	Implementação da indústria 4.0	IEL
VII	Maturidade da indústria 4.0	FIESC

Fonte: Elaborado pela autora

O trabalho apresenta algumas limitações, principalmente devido ao pouco tempo disponível para realizá-lo (aproximadamente 4 meses), à dificuldade na obtenção das respostas dos representantes das instituições empresariais e de ciência e de tecnologia, e finalmente, devido ao desconhecimento do tema no Brasil, não mostrando a maturidade necessária para maiores resultados.

3 TRATAMENTO TEÓRICO E ANALÍTICO SOBRE INOVAÇÃO

3.1 A visão Schumpeteriana

O termo inovação pode ser relacionado diretamente com mudanças. As mudanças ocorrem para que algo novo seja introduzido e estabelecido, quebrando um ciclo e dando início a outro. Apesar de ser um tema bastante atual, seu discurso foi abordado de forma mais profunda e explicativa pelo austríaco Joseph Schumpeter, em sua obra “Teoria do Desenvolvimento Econômico”. Segundo Schumpeter (1988, p. 47) “todo processo de desenvolvimento cria os pré requisitos para o seguinte”. Nesse sentido, o autor destaca que o desenvolvimento é obtido a partir da mudança através da introdução de novas combinações, ou seja, inovações tecnológicas. As novas combinações são definidas pelo autor em cinco diferentes casos: I) Introdução de um novo bem; II) Introdução de um novo método de produção; III) Abertura de um novo mercado; IV) Conquista de uma nova fonte de oferta de matérias primas ou de bens semimanufaturados; V) Estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria (SCHUMPETER, 1988).

O que caracteriza o termo desenvolvimento e inovação para Schumpeter é em especial a aplicação de novos recursos de formas diferentes, mesmo que não obtenha-se prosperidade. Segundo Mello (2008), podemos classificar a inovação como um insumo determinante da competitividade econômica e um dos determinantes das flutuações econômicas, diferenciando-se, assim, de outros insumos, que apesar de não estarem ociosos na economia, não podem ser classificados como inovações, pois não se tratam de novas combinações.

Para que as novas combinações ocorram, devem existir imprescindivelmente dois elementos: o empresário e o capitalista. De acordo com Schumpeter (1988, p. 51)

“o possuidor da riqueza, mesmo que seja o maior dos cartéis, deve recorrer ao crédito se desejar realizar uma nova combinação, que não pode, como numa empresa estabelecida, ser financiado pelos retornos da produção anterior. Fornecer esse crédito é exatamente a função daquela categoria de indivíduos que chamamos de “capitalistas””

O papel do empresário, portanto, é ser o indivíduo que de fato promove as novas combinações, ou empreendimentos, enquanto o capitalista é o agente que possibilita a ocorrência da inovação, através da concessão de crédito. O crédito tem papel essencial para a inovação, e a sua função primária é fazer com que os empresários criem uma demanda de novos bens de produção, a fim de abrir novos caminhos para o sistema econômico por meio de novos empreendimentos (SCHUMPETER, 1988 p. 74).

Segundo Fernandes (2008), ambos empresário e capitalista se beneficiam em termos de preços quando ocorre uma nova combinação, e portanto, incentivam outros empresários, os chamados “empresários imitadores” a entrarem no processo de inovação. A consequência disso é que com o passar do tempo a lucratividade decresça, por conta da entrada de novos empresários imitadores, e esse acontecimento abre espaço para um novo começo de ciclo.

Schumpeter (1984, p. 105) afirma que “o ponto essencial que se deve ter em conta é que, ao tratar do capitalismo, tratamos também de um processo evolutivo”. Isso é, o capitalismo está em constante evolução e transformação, portanto jamais poderá estar em um estado estacionário e seu maior impulso provém das novas combinações.

3.2 A Visão Neoschumpeteriana

A abordagem evolutiva é uma visão neo-schumpeteriana sobre o funcionamento da economia. Essa abordagem apresentada pelos autores Nelson, Winter (1982), se assemelha a teoria da evolução das espécies de Darwin, onde ocorre uma seleção natural dos seres mais aptos dadas as condições do ambiente. Os únicos seres que sobrevivem são os que conseguem se adaptar às novas mudanças rapidamente, podendo assim dar continuidade a espécie. Partindo dessa análise, chegam-se no mundo econômico para os neo-schumpeterianos, onde a “seleção natural” acontece com as empresas, podendo ocorrer as suas “extinções” se não conseguirem se adaptar às novas condições (BINOTTO, 2009).

Segundo Mello (2008), a teoria neo-schumpeteriana vai além na abordagem de inovação e tecnologia, onde os autores afirmam que as empresas possuem vantagens competitivas criadas pelas capacidades tecnológicas de cada firma. Por esse motivo, a tecnologia não pode ser considerada um bem livre.

Duas hipóteses de inovação são abordadas na teoria neo-schumpeteriana. A primeira chama-se *demand pull*, enquanto a segunda chama-se *technology push*. Na *demand pull*, as forças de mercado determinam as mudanças técnicas, ou seja, o mercado sinaliza as mudanças tecnológicas, criando assim uma demanda por inovação. A *technology push* é um fator autônomo, que ajuda a determinar, de forma exógena, o curso das inovações. A tecnologia é, portanto, um processo cumulativo, que segue uma trajetória, partindo de um ponto prévio (DOSI, 1984a *apud* BINOTTO, 2009).

3.2.1 Paradigmas e trajetória tecnológicas

Segundo Dosi (1988, *apud* Melo, 2008) uma trajetória tecnológica se dá a partir de um paradigma tecnológico, onde por meio de uma interação entre o mercado e os agentes ocorre uma dinâmica industrial endógena, criando-se assim, uma mudança tecnológica. Para Mello (2008, p. 35) "paradigma tecnológico pode se definido como um "padrão" de soluções para um determinado problema tecno-econômico". Esse padrão não é de simples alcance, pois possui regras específicas para a conquista de novos conhecimentos, e uma alta difusão entre os competidores. Portanto, não são todas as empresas que conseguem se introduzir a novos paradigmas tecnológicos.

Um paradigma possui um ciclo de vida dividido em quatro períodos, sendo eles I) Difusão inicial; II) Crescimento rápido; III) Crescimento tardio e IV) Fase de maturação. Na difusão inicial, ocorrem as inovações radicais, dando espaço para as mudanças tecnológicas, que por sua vez passam por um crescimento acelerado de inovações sucessivas. O terceiro período se caracteriza pela diminuição do ritmo de crescimento das indústrias, perdendo a sua força. Por fim, o quarto e último período é chamado de fase de maturação pois é quando ocorrem inovações de nível baixo, como as incrementais, onde não ocorre um aumento acelerado da produtividade (ALBERGONI; PELAEZ, 2003 *apud* MELO, 2008).

Como já mencionado, paradigmas tecnológicos estão diretamente relacionados com trajetórias tecnológicas. Pode-se definir trajetória tecnológica como "um padrão de progresso através da solução incremental dos *trade-offs* explicitados por um paradigma tecnológico" (NELSON; WINTER, 2006 *apud* MELO 2008). Ou seja, a trajetória tecnológica é a direção em que as firmas dentro de uma indústria seguem, em termos tecnológicos, em um paradigma específico. O paradigma tecnológico restringe os limites exteriores dessas trajetórias, portanto, elas são dependentes de tal paradigma. As trajetórias tecnológicas possuem diferentes características e seus desenvolvimentos também podem ser distintos, de acordo com suas peculiaridades (DOSI, 2006 *apud* MELO, 2008).

3.2.2 Busca, Rotina e Seleção

Os processos de busca, rotina e seleção também estão interligados e a mudança de um pode acarretar em uma alteração de outro. São processos essenciais para a sobrevivência das firmas em ambientes de contates mudanças tecnológicas.

Começando pelas rotinas, que são de extrema importância para as firmas, pois segundo Nelson e Winter (2006, *apud* Fernandes, 2008) é através delas que é possível estocar

conhecimentos específicos, e dessa forma, cria-se uma memória proveniente de atividades rotineiras. As rotinas possuem diversas características mas a mais importante é o resultado da rotinização das atividades de uma empresa, onde ocorre a estocagem de conhecimentos específicos, caracterizando a empresa e tornando mais difícil uma possível cópia por conta de outras empresas. As buscas, por sua vez, estão diretamente ligadas às rotinas, pois segundo Melo (2008) são elas que fazem com que o processo de mudança das rotinas das empresas ocorram, e portanto, quando as rotinas são mal adaptadas, abre-se espaço para a busca de novas. As buscas variam de empresa para empresa, e podem ser condicionadas tanto por fatores externos (paradigma tecnológico em que a empresa se encontra, ambiente econômico da empresa, etc) quanto internos (base de conhecimento científico e tecnológico, capacidade organizacional, etc).

Segundo Fernandes (2008), as buscas são caracterizadas por processos irreversíveis, pois nota-se a existência de incertezas. Entretanto, esse processos de busca resultam em um maior conhecimento, que posteriormente será usado pela empresa para realizar novas buscas, em um processo cumulativo de progresso tecnológico.

Por fim, de acordo com Melo (2008) o processo de seleção é feito principalmente pelo mercado, que em dado ambiente seleciona técnicas e formas organizacionais mais eficientes, fazendo com que aumente a concorrência entre as firmas, criando uma maior eficiência do mercado, e desse modo, apenas as firmas mais eficientes e aptas às novas tecnologias sobrevivam.

3.2.3 Aprendizado e formas de conhecimento

As capacidades de aprendizado e conhecimento são variáveis de extrema importância para a vida social, pois é através delas que existe a troca de informações e ocorre a evolução tecnológica, de modo que indivíduos e firmas que dominam o conhecimento e estão em constante aperfeiçoamento do mesmo, adquirem um diferencial estratégico. Para que isso ocorra, é necessário um acompanhamento contínuo dos processos atuais, que por sua vez, estão em constante mudança e se mostram bastante volúveis (FERNANDES, 2008).

O conhecimento, para Lam (1998, *apud* Fernandes, 2008) depende das relações interpessoais e uma maior interação entre as pessoas propicia melhores condições para o acúmulo de conhecimento. O conhecimento, segundo Lam, pode ser dividido em dois tipos: ontológico e epistemológico. O conhecimento ontológico se resume aos conhecimentos acumulados de cada indivíduo. Portanto, em uma firma, o conhecimento adquirido nesse caso

é por meio da interação entre os indivíduos, onde ocorre uma troca de conhecimentos individuais, e o resultado final é a soma de todos esses conhecimentos. O conhecimento epistemológico, por sua vez, é mais complexo, e se divide em conhecimento tácito ou codificado (explícito). O conhecimento tácito é considerado complexo pois é um conhecimento específico de cada indivíduo, pois é formado a partir das experiências vivenciadas por cada pessoa. É um conhecimento de difícil acesso e sua transferência não ocorre de forma natural. Contrariamente, o conhecimento explícito, como já diz no seu nome, é um conhecimento que pode ser codificado de forma rápida, pois é um conhecimento escrito e de fácil transferência.

As firmas possuem ambos conhecimento tácito e explícito em suas atividades, e como cada caso é diferente e cada empresa tem suas peculiaridades e atuam em diferentes setores, cabe às mesmas a opção de distribuição de conhecimento em seus interiores, de acordo com a composição de seus empregados (LAM 1998, *apud* FERNANDES 2008).

Segundo Lundval (2006, *apud* Fernandes, 2008) existem quatro principais formas de conhecimento no processo de aprendizado: I) *Know-what* (saber o que); II) *Know-why* (saber por que); III) *Know-how* (saber como) e IV) *Know-who* (saber quem). O *know-what* se resume em um conhecimento codificado, onde sua obtenção é basicamente por meio de leitura ou banco de dados. O *know-why* é encontrado principalmente em universidades, pois se refere a "saber por que". O *know-how* é obtido pela rotinização das tarefas da firma, promovendo assim maiores habilidades e capacidades de seus empregados. Por fim, o *know-who* se refere também a habilidades, mas nesse caso as habilidades sociais para atingir um maior desenvolvimento das relações sociais (FERNANDES, 2008).

O aprendizado, por sua vez, não necessita de uma conceituação muito complexa, porém é de suma importância para que ocorram mudanças, principalmente técnicas. De acordo com Dosi, Teece, Winter (1992, *apud* Binotto 2009 p. 21) "o aprendizado é um processo que ocorre por repetição e experimentação, permitindo que as tarefas sejam realizadas de modo mais rápido e melhor". Isso é, quanto mais os empregados de uma empresa pratiquem os conhecimentos adquiridos, manipulem novas máquinas, realizem determinado processo, etc, maior será o aprendizado adquirido pelos mesmos, pois o conhecimento se torna cumulativo devido a rotina estabelecida e ao processo de repetição.

As firmas contam com diferentes formas de aprendizado, que podem ser divididas em I) *Learning by doing*; II) *Learning by using*; III) *Learning by interacting* e IV) *Learning by learn*.

Segundo Binotto (2009), primeiro processo de aprendizado, o *learning by doing*, traduzindo-se, “aprender fazendo”, é uma forma de aprendizado bastante comum dentro das empresas, pois conta como o nome já diz, os funcionários aprendem por meio de uma rotina de atividades, e por consequência disso surgem novos jeitos e inovações incrementais ao longo do processo, criados principalmente pelos funcionários internamente na empresa.

A segunda forma de aprendizado é o chamado *learning by using*. Esse processo vem de fora das fábricas e se inicia quando o produto ou serviço já foi finalizado ou prestado, e os mesmos começam a ser utilizados. Contrariamente ao *learning by doing*, esse processo de aprendizado se dá pela utilização de bens já criados (ROSEMBERG, 1992 apud BINOTTO, 2009). O mercado é quem vai perceber o aprendizado e sinalizar ao produtor/operador a necessidade de alterações. Esse aprendizado é evidenciado na utilização dos bens e não em seus processos de produção. O conhecimento científico e tecnológico mesmo com pesquisas, não consegue prever todas as possibilidades de uso do produto. O ciclo de uso do produto evidencia as evoluções e isto permite a manutenção e o ciclo de vida.

A terceira forma de aprendizado é o *learning by interacting*. Esse aprendizado se dá por meio da interação entre produtor e consumidor. É uma forma de aprendizado onde ocorre a troca de informações entre os mesmos, criando uma interatividade que capacita ambos produtor e consumidor, onde o produtor ao entender as sinalizações do mercado consegue agilizar suas ofertas, e o consumidor, ao mesmo tempo consegue absorver melhor os avanços e inovações.

Por fim, a quarta forma de aprendizado, o *learning by learn*, ou “aprender aprendendo”, que está relacionado diretamente com a absorção de tecnologia por meio de pesquisa e desenvolvimento, treinamento de pessoal e infraestrutura. É um aprendizado já esperado pelas empresas, e desse modo, não acontece ao acaso como em outras formas de aprendizado (BINOTTO, 2009).

3.2.4 Regimes Tecnológicos

Outro termo que está diretamente relacionado com paradigmas tecnológicos são os chamados regimes tecnológicos. Um regime tecnológico é, segundo Dosi (1988, *apud* Melo 2008, p.38) "um complexo de firmas, disciplinas profissionais e sociedades, programas de treinamento e pesquisa universitária, e estruturas regulatório-legais que dão suporte e restringem o desenvolvimento dentro de um regime e ao longo de uma trajetória". A relação entre os regimes tecnológicos e o comportamento das empresas é que vai definir as

estratégias, incentivos e dificuldades que a mesma sofrerá ao longo do processo de desenvolvimento inovativo.

Normalmente quando se inicia algo novo, o ambiente tecnológico fica altamente incerto e a trajetória da empresa se altera, mas é uma variável importante. Nelson, Winter (2006, *apud* Melo, 2008) apontam os regimes tecnológicos como a base de coisas realizáveis. Também para os autores, o regime está intrinsecamente ligado ao que os técnicos acreditam ser viável para o desenvolvimento do novo produto ou tecnologia. Como complemento, Breschi *et al* (2000 *apud* Melo 2008) apontam que os regimes tecnológicos podem ser caracterizados como ambientes tecnológicos dentro de quatro variáveis: I) oportunidade tecnológica; II) apropriação de avanços técnicos; III) cumulatividade dos avanços técnicos; IV) base de conhecimento das empresas. Como essas variáveis se comportam se relacionando, vai compor as diferenças de padrões inovativos e tecnológicos entre empresas e setores industriais.

3.2.5 Padrões Setoriais de Inovação

A evolução industrial decorre de turbulências nas atividades inovadoras. Porém, ela também se caracteriza pelas persistências de várias firmas de uma indústria, apontando similaridades e diferenças quanto às fontes, à natureza, e aos impactos das inovações. Novas tecnologias se difundem rapidamente por todos os setores, sendo considerada uma influência externa ao processo de produção. Entretanto, Pavitt (1984, *apud* Melo, 2008) demonstra que boa parte do conhecimento tecnológico não se reproduz facilmente em qualquer setor ou firma e sim como uma informação específica cumulativa em seu desenvolvimento, sendo variável entre setores no tocante a fontes e direção.

Malerba, Orsenigo (1997, *apud* Melo, 2008) também observam grandes e importantes diferenças inter-setoriais quanto à entrada e saída tecnológica, turbulência, estabilidade, variedade e persistência. Tem-se como exemplo grandes firmas no setor eletrônico que desenvolvem inovações para uma alta gama de produtos específicos dentro de seu setor principal e para poucos produtos secundários, enquanto que as firmas do setor de mecânica e instrumentos de precisão são menores e especializadas, ficando em constante ligação com grandes empresas de setores intensivos em escala (metalurgia e veículos), contribuindo para a tecnologia do processo.

As diferenças nas atividades inovativas se relacionam entre o marco I e marco II de Schumpeter. Para Breschi, Malerba, Orsenico (2000, *apud* Melo, 2008) o marco I se

caracteriza por entrada tecnológica facilitada e presença fundamental de empreendedores, causando a “destruição criadora”, encontrando alta oportunidades, baixa apropriabilidade e baixa cumulatividade. O marco II se caracteriza pela “acumulação criativa”, com firmas estabelecidas de grande porte, e com dificuldades relevantes para a entrada de novos inovadores. Possuem condições de alta oportunidade, apropriabilidade e cumulatividade. Conforme Malerba e Orsenico (1997, *apud* Melo, 2008) no ciclo de vida de uma indústria, o padrão inovador Marco I pode se transformar no Marco II.

Pavitt (1984, *apud* Melo, 2008) classifica as empresas em três fatores distintos, considerando a tecnologia incorporada em cada um. O estudo procurou classificar as indústrias usuárias e produtoras de tecnologia em três grandes grupos: I) Dominados por fornecedores; II) Firmas intensivas na produção e III) Setores baseados em ciência.

As firmas do grupo I são geralmente pequenas e focadas em setores tradicionais da produção. Elas usam menos vantagens tecnológicas e estas são definidas por redução de custos. As do grupo II são produtores em larga escala e fornecedores especializados. No primeiro caso, geralmente são grandes firmas que usam suas próprias tecnologias de processo e destinam a elas uma proporção elevada de seus recursos inovativos. E os fornecedores especializados também produzem grande parte de suas tecnologias do processo, mas o foco principal é a geração de inovações de produto para o uso em outros setores e aplicado em diferentes situações. Por fim, o grupo III é o grupo de firmas baseadas em ciência, onde o desenvolvimento das tecnologias é visto em universidades e demais estabelecimentos. Portanto, suas fontes de tecnologias são as atividades de P&D. O desenvolvimento de novos produtos está ligado ao desenvolvimento prévio da ciência básica e a difusão do conhecimento e sua aplicação é que determina a trajetória tecnológica dos setores do grupo III.

A classificação de Pavitt é de grande importância para uma melhor distinção das empresas com base em suas tecnologias. Entretanto, a taxonomia de Pavitt foi alvo de algumas críticas e outros autores deram continuidade a mesma e também apresentaram outros aspectos que julgaram ser importantes (SILVA, 2016).

Segundo Silva (2016), Castellacci (2007) se atentou a criar uma taxonomia mais detalhada que a de Pavitt, que se mostra mais generalizada. Apesar de criar uma nova taxonomia, o autor ressalta a importância das ligações verticais para o processo de inovação, onde ocorrem as relações intersetoriais. O autor criou quatro grupos para a classificação das categorias setoriais, e além disso, subdividiu essas categorias para uma melhor distinção entre as tecnologias de cada setor. São eles: I) Fornecedores de conhecimento avançado

(Subgrupos: serviços empresariais intensivos em conhecimento e fornecedores especializados em manufatura); II) Produtos de produção em massa (Subgrupos: manufatura baseada em ciência e manufatura intensiva em escala); III) Serviços de infraestrutura de apoio (Subgrupos: serviços de infraestrutura de rede e serviços de infraestrutura física); e IV) Serviços e produtos pessoais (Subgrupos: produtos dominado pelo fornecedor e serviços dominados pelo fornecedor) (CASTELLACCI, 2007 *apud* SILVA, 2016).

3.2.6 Estratégias tecnológicas

Segundo Binotto (2009, p. 34) “estratégia tecnológica é a relação entre o desenvolvimento da tecnologia e a busca por vantagens competitivas em um contexto organizacional e ambiente específico”. Isto é, as empresas recorrem a estratégias tecnológicas para se manterem competitivas no mercado, que por sua vez é muito dinâmico e observa-se mudanças constantes. As estratégias tecnológicas são necessárias para que as empresas possam acompanhar as tendências do mercado e cada empresa possui uma estratégia própria, de acordo com suas características e expectativas. De acordo com Melo (2009, p. 58) “a busca de uma estratégia nada mais é do que a busca por especialização para se manter no mercado”.

São seis as principais estratégias tecnológicas definidas por Freeman (1974, *apud* Melo, 2009): I) Ofensiva; II) Defensiva; III) Imitativa; IV) Dependente; V) Tradicional e VI) Oportunista.

A primeira estratégia, a chamada ofensiva, é feita por empresas que possuem um alto nível de P&D e desejam-se se manter na liderança do mercado. São empresas inovadoras, pioneiras e consolidadas. A estratégia defensiva é feita por empresas que também investem em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento), mas não com tanta intensidade. As inovações feitas por elas são incrementais, e elas são chamadas de defensivas porque são empresas que não têm a característica de serem pioneiras como as defensivas, mas não ficam muito longe em termos de tecnologia. A estratégia imitativa é, como o nome já sugere, uma estratégia de basicamente seguir as tendências do mercado. Para ter sucesso, precisa ter algumas vantagens, como localização estratégica e mercado cativo. A estratégia dependente se dá a partir de uma relação de dependência de outras firmas com essa firma. Não é visto P&D e na maioria das vezes são empresas subcontratadas. A estratégia tradicional, por sua vez, é uma estratégia sem mudanças. As empresas que adotam essa estratégia não possuem tecnologia, mas se mantêm no mercado pela competição e possuem a capacidade de fazer pequenas imitações das empresas líderes. Por fim, a estratégia oportunista é vista em empresas que buscam atingir

nichos onde as outras empresas ainda não atingiram. Usufruem de oportunidades identificadas para inovação. São similares às empresas que praticam a estratégia tradicional, porém estão mais vulneráveis a mudanças tecnológicas endógenas (FREEMAN, 1974 *apud* MELO, 2008).

3.3 Economia Neoschumpeteriana: Ciclos inovativos de desenvolvimento

Segundo os Neo-schumpeterianos, as revoluções tecnológicas são uma nova reorganização da estrutura produtiva, e desse modo cria-se um novo paradigma econômico, a partir de crescimentos sucessivos. Um paradigma econômico possui diferentes fases, a partir de ondas longas de desenvolvimento, ou seja, ocorrem no longo prazo. É também considerado uma revolução tecnológica, que produzem uma modificação em toda a economia ao longo das fases das ondas de desenvolvimento (AREND; FONSECA, 2012), (DATHEIN, 2003).

As ondas de desenvolvimento geralmente acontecem durante décadas, e podem ser divididas em dois principais períodos: I) Período de instalação e II) Período de desprendimento. Os períodos citados se subdividem em em duas fases cada, sendo no primeiro período a fase de "irrupção" e de "*frenesi*", seguidamente das fases de "sinergia" e de "maturidade" no período sucessor (AREND; FONSECA, 2012).

Segundo Arend e Fonseca (2012), a fase de irrupção é a primeira a acontecer em uma nova onda longa de desenvolvimento, pois o mercado está saturado e com capital ocioso, necessitando de novos caminhos. Portanto, a primeira fase caracteriza-se pela explosão de novas tecnologias, que são introduzidas com o objetivo de romper com as antigas, a partir de mudanças radicais. Desse modo, o capital financeiro está favorável para criar uma relação com o novo capital produtivo, criando um ambiente propício para a junção de ambos capitais, que contribuirão para a próxima fase do período de instalação. Apesar dessa junção, a segunda fase, a *frenesi*, se caracteriza por um comportamento exaltado do capital financeiro, justificado pelo interesse em lucros advindos da nova revolução tecnológica. É comum a ocorrência de bolhas tecnológicas, acarretando em colapsos financeiros.

De acordo com Dathein (2003), por meio da ocorrência dos colapsos financeiros, observa-se o surgimento de uma fase de transição, devido a instabilidade da fase anterior. Nesse sentido é necessário que ocorram mudanças advindas do governo, como regulação do mercado, a fim de superar essa fase e dar início a próxima. A próxima fase é a de sinergia, que está inserida no período de desprendimento. Se as mudanças feitas pelo governo forem bem sucedidas, a fase de sinergia é marcada por um crescimento, com a infraestrutura

instalada e a possibilidade de economias de escala. As finanças são, nessa fase, um suporte do capital produtivo, levando à uma alta produção, sendo uma boa fase para economia, com um papel importante do Estado. Por fim, Datheïn (2003) afirma que a última fase, a maturidade, surge obrigatoriamente, concluindo o ciclo nas principais indústrias.

Uma revolução tecnológica, portanto, é composta por uma onda longa de desenvolvimento, sendo dividida em dois principais períodos. Cada período é composto por duas fases, e o Estado possui um papel importante na segunda fase dessa onda, que pode ser chamada de “época da bonanza”. É importante destacar a ocorrência de crescimentos distintos entre países, por meio das revoluções tecnológicas. Segundo Arend e Fonseca (2012, p. 34)

“Para a abordagem neoschumpeteriana, a inserção ou o não ingresso de um país de forma dinâmica à evolução tecnológica em vigor é o fator fundamental para o entendimento dos processos de desenvolvimento desigual, avançado/atraso tecnológico e alto/baixo dinamismo de longo prazo de economias nacionais”

Nesse contexto, percebe-se o desempenho não homogêneo dos países, na inserção de uma nova revolução tecnológica, principalmente quando os países tratados estão em fase de desenvolvimento (ou periféricos). Só nas últimas décadas de uma revolução que essa nova onda de crescimento pode chegar nas economias periféricas, que em países desenvolvidos não é mais considerada “nova”, pois já evidencia-se uma abertura para uma onda sucessiva, criando, dessa forma, uma nova revolução (ARENDE; FONSECA, 2012).

As revoluções tecnológicas ocorrem a longo prazo, com o primeiro passo sendo a irrupção. Nesse sentido, observa-se o surgimento de uma nova revolução tecnológica, ainda que em seu estado inicial, no período de instalação. Segundo Arend e Fonseca (2012), baseando-se no modelo histórico-analítico proposto por Perez (2004), a fase inicial é marcada por: I) Revolução tecnológica; II) Financiamento de novas tecnologias; III) Desprezo por ativos tradicionais e IV) Capital financeiro “casado com a revolução”. Desse modo, chega-se a evidências da indústria 4.0 ser um novo paradigma tecnológico, dando início à uma nova onda de desenvolvimento de longo prazo.

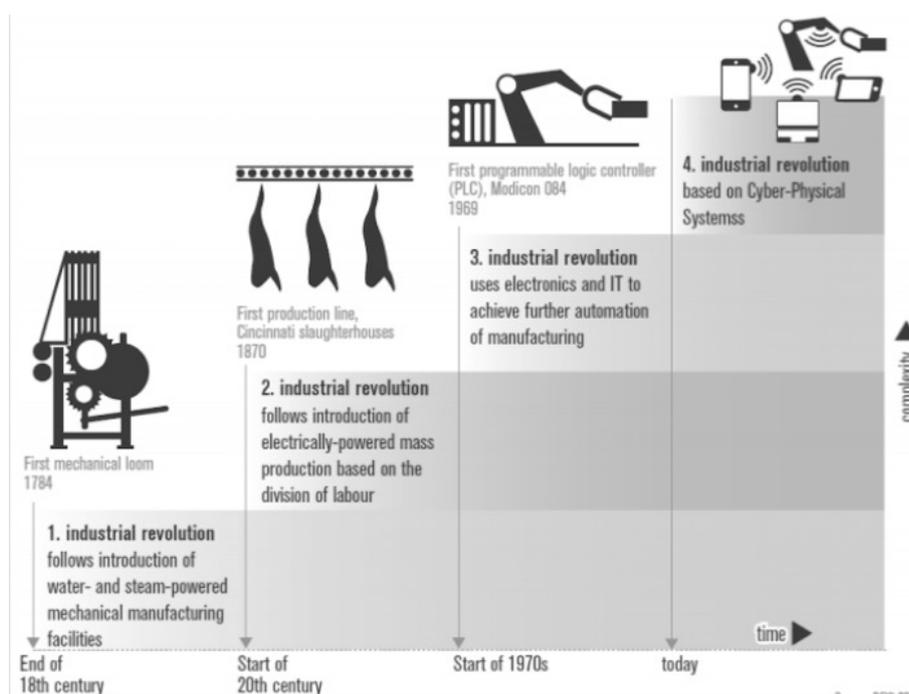
A indústria 4.0 ainda se encontra na fase inicial da nova onda de desenvolvimento, ou seja, no período de instalação, onde a difusão é forçada e liderada pelo capital financeiro, influenciado pela esperança de maior lucratividade, por meio de um salto na produtividade e inserção de novas tecnologias no mercado, mesmo com incertezas sobre o futuro, o objetivo é de romper com o velho e provocar mudanças que podem ser chamadas de radicais, pois revolucionam a estrutura tecnológica do mercado.

4 A INDÚSTRIA 4.0

4.1 O Surgimento da Indústria 4.0

A indústria 4.0 pode ser vista como uma evolução das três revoluções industriais antecessoras, em que cada uma dessas revoluções possuía suas próprias características e focos distintos. A terceira revolução industrial, que é marcada pela utilização de eletrônicos e tecnologia da informação, e teve seu início em meados dos anos 70, caminha para uma nova era tecnológica, a quarta revolução industrial, onde o principal foco é o desenvolvimento dos sistemas físicos cibernéticos (CPS) (NETO *et al.*, 2018).

Figura 1 – A evolução técnica das Revoluções Industriais



Fonte: Balasingham (2016, p. 4)

A figura 1 ilustra a evolução tecnológica das revoluções industriais ao passar do tempo, onde a primeira revolução industrial surge no final do século XVIII e se caracteriza pela introdução das máquinas a vapor, primeiro passo de mecanização. No início do século XX, ocorre a segunda revolução industrial, caracterizada pela introdução de novos meios de produção e otimização, como a produção em massa baseada na divisão do trabalho. Ainda no século XX ocorre o surgimento da terceira revolução industrial, no início dos anos 70. A terceira revolução industrial se caracteriza pelo uso de eletrônicos e TI (tecnologia da

informação), já visando uma automação da manufatura. Por fim, surge a quarta revolução industrial, que se mostra altamente complexa e avançada tecnologicamente.

A necessidade de mudanças tecnológicas abriu espaço para uma nova discussão sobre o futuro das indústrias e da manufatura, originando o conceito da indústria 4.0. Segundo Becker, *et al* (2018) esse conceito foi apresentado pela primeira vez em 2011, na Alemanha, com foco na digitalização e estratégias de alta tecnologia. O objetivo era de transformar o gerenciamento e produção das indústrias por meio da integração de novas tecnologias, e dessa forma criar uma fusão do mundo real com o virtual.

O governo alemão, juntamente com universidades e a indústria apostou na indústria 4.0 como sendo uma estratégia para se manter na posição de liderança e avançar ainda mais em alta tecnologia, principalmente por ser um país que é caracterizado por uma forte exportação de tecnologia e por possuir uma indústria líder e competitiva. O foco dessa estratégia é a tecnologia de informação industrial, que, segundo o governo alemão, é o que iria revolucionar a produção industrial (IEDI, 2017).

4.2 Definição e características da Indústria 4.0

Com o ponto de partida sendo a estratégia do governo alemão em tecnologia de informação industrial, a indústria 4.0 pode ser definida segundo Federal Ministry of Education and Research (2016, p. 20) como

“the organisation of production processes based on technology and devices autonomously communicating with each other along the value chain: a model of the ‘smart’ factory of the future where computer-driven systems monitor physical processes, create a virtual copy of the physical world and make decentralised decisions based on self-organisation mechanisms”

Ainda segundo Federal Ministry of Education and Research (2016) as características principais mais marcantes vistas na Indústria 4.0 são: I) Interoperabilidade; II) Virtualização; III) Descentralização; IV) Capacidades em tempo real e V) Modularidade. Essas características estão relacionadas às tecnologias que são consideradas os pilares da Indústria 4.0, criando uma identidade para a mesma.

O termo “inteligente” para fábricas, produtos, indústria e processos é frequentemente utilizado na definição da indústria 4.0, onde se observa uma autonomia nos processos tecnológicos, e desse modo não há mais a necessidade de um total controle humano, dando lugar aos sistemas inteligentes de auto controle e organização. Nesse contexto, classifica-se a característica da descentralização, onde os sistemas ciber-físicos possuem a capacidade de

criarem suas próprias decisões. A interoperabilidade também surge nesse contexto, que é descrita por ser uma característica que permite uma maior comunicação e conexão entre humanos e máquinas, também por meio de sistemas ciber-físicos (FEDERAL MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH, 2016).

Ainda segundo Federal Ministry of Education and Research (2016) na indústria 4.0 pode-se observar duas integrações simultaneamente: vertical e horizontal. A rede vertical consiste na integração dos sistemas de produção inteligentes, onde todos os processos de produção estão conectados, que por meio de sistemas físicos cibernéticos criam uma rede inteligente de controle e organização da produção e uma manutenção do gerenciamento. Dessa forma, as fábricas possuem respostas rápidas para alterações de demanda e estoque, assim como uma rápida localização de materiais e produtos. Também necessitam de uma vasta base de dados integrada para realizarem suas operações, visto que a produção via fábricas inteligentes tem um caráter individualizado para cada cliente (DELOITTE AG, 2014).

A integração horizontal também ocorre por meio de CPS e é similar à integração vertical, uma vez que responde rapidamente ou em tempo real às mudanças repentinas como problemas e falhas. É uma integração por meio de redes globais de cadeias de valor, onde facilitam uma comunicação em termo global, desde as logísticas de entrada até as logísticas de saída dos produtos e da produção em si. Isso permite uma maior transparência e flexibilidade na cadeia produtiva e em todo o seu processo, pois permite uma maior interação entre todos os colaboradores da cadeia de valor, criando uma maior otimização global e em tempo real (DELOITTE AG, 2014).

Ainda segundo Deloitte Ag (2014) a indústria 4.0 permite uma maior flexibilidade, redução de custos e soluções individualizadas através das tecnologias exponenciais, como a inteligência artificial, que se mostra fortemente autônoma e individualizada e a impressão 3D, que criou uma maior flexibilidade na criação de novas soluções para os produtos.

A modularidade é descrita por Ministry of Education and Research (2016, p. 21) como “flexible adaptation of smart factories to changing requirements by replacing or expanding individual modules” e de acordo com Balasingham (2016) a flexibilidade faz com que apenas informações relevantes relacionadas a processos específicos sejam compartilhadas, resultado assim na produção rápida de produtos personalizados, uma forte característica da Indústria 4.0. Uma rede flexível de CPS permite que os processos se tornem mais eficientes, pois esses sistemas criam uma produção flexível por meio de um monitoramento automático dos

processos. Isso resulta em soluções de problemas e respostas as mudanças repentinas em tempo real, gerando assim, uma otimização dos processos e maior produtividade.

A implementação dos processos e sistemas da Indústria 4.0 pode ter custos elevados no seu estágio inicial. Entretanto, é esperado que com a manufatura avançada ocorra uma significativa redução dos custos ao longo do tempo por meio do uso mais eficiente dos recursos. Segundo Balasingham (2016) os principais meios de uso eficiente dos recursos na indústria 4.0 são o uso eficiente de materiais brutos, o consumo de energia e o capital humano.

A capacidade em tempo real, segundo Ministry of Education and Research (2016, p. 21) é “the capability to collect and analyse data and provide the derived insights immediately”. As redes inteligentes conseguem compartilhar os dados entre os componentes do processo produtivo, desde os recursos até o produto final, que podem ser localizados, rastreados e monitorados em tempo real, em qualquer lugar. O resultado desse processo é de uma maior redução dos custos de todo o processo produtivo, pois qualquer falha pode ser detectada em tempo real e por meio de sistemas inteligentes os problemas são resolvidos antes mesmo de começar a produção, resultado em uma forte redução do desperdício.

De acordo com Deloitte Ag (2014) as soluções individualizadas referentes às necessidades e requisições dos clientes podem levar a grandes oportunidades de desenvolvimento e processo de produção. Com a individualização dos produtos, ocorre também uma maior integração entre os clientes e as empresas, resultado em uma maior flexibilidade na produção, onde os clientes podem acompanhar o processo de produção desde seu estágio inicial.

A virtualização é descrita segundo Federal Ministry of Education and Research (2016) como uma vinculação dos dados do sensor de uma cópia virtual da fábrica inteligente a modelos de fábricas virtuais e simulações. Isto é, é possível criar uma cópia digital das fábricas, e por meio de simulações prevenir danos, melhorar e otimizar o processo produtivo das fábricas inteligentes, detectando ameaças e possíveis problemas no futuro.

Outra característica marcante da indústria 4.0 é uma maior segurança em todo o processo de produção por meio da tecnologia da informação (TI). Uma proteção dos dados e processos é essencial para que não ocorra vazamento de informações e eventos indesejáveis. Segundo Fraunhofer (2016) a indústria 4.0 necessita de uma grande proteção de alto nível tecnológico e de testes contra possíveis ataques e falhas nos sistemas. Para manter o sistema confiável e combater os ataques das redes, se faz necessário a tecnologia da informação como meio de alta segurança. A segurança da tecnologia da informação é um dos principais

aspectos que garantem o sucesso da indústria 4.0, pois desenvolve estratégias de combate aos possíveis ataques na rede de produção, fazendo simulações, examinando as implicações dos ataques e dessa forma se prevenindo com antecedência.

A implementação da indústria 4.0 de acordo com as características citadas acima resulta em um maior nível de competitividade das indústrias, em parâmetros locais e globais, pois altera todo o processo da cadeia de valor, por meio de uma produção de alta qualidade, rapidez, flexibilidade e redução de custos. Por consequência, ocorre uma maior produtividade e crescimento industrial, onde também podem ser observadas economias de escala e de escopo, levando a um aumento da competitividade e uma criação de vantagens competitivas através da digitalização (BALASINGHAM, 2016).

4.3 Pilares tecnológicos da Indústria 4.0

Por ser um novo paradigma tecnológico, a quarta revolução industrial se caracteriza por possuir novas e diferentes tecnologias, que são essenciais para que a indústria 4.0 se torne bem sucedida. Essas tecnologias têm a característica de uma comunicação muito mais autônoma e aumentam significativamente a produtividade dos processos industriais ao longo de toda a cadeia de valor (MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH, 2016).

Apesar de serem tecnologias integradas e usadas para gerarem soluções específicas e individuais das empresas, o uso das tecnologias difere de acordo com cada cliente e solução apresentada, não se fazendo necessário o uso de todas as tecnologias para todos os casos. Entretanto, o que é marcante nesse novo paradigma é o alto número de combinações dessas tecnologias distintas que podem ser feitas e usadas para solucionar problemas nas indústrias, acelerando suas difusões e o processo produtivo em si (IEDI, 2017).

A classificação das principais tecnologias que sustentam o novo paradigma tecnológico da indústria 4.0 podem diferir de acordo com diferentes autores. A classificação da IEDI (2017) traz nove tecnologias que fazem parte da Indústria 4.0, que são: I) Sistemas ciber-físicos (CPS); II) *Big Data Analytics*; III) Computação em nuvem; IV) Internet das Coisas (IoT) e Internet dos serviços (IoS); V) Impressão 3D e outras formas de manufatura aditiva; VI) Inteligência artificial; VII) Digitalização; VIII) Colheita de energia (*Energy harvesting*); e IX) Realidade aumentada. Apesar de todas as tecnologias citadas acima possuírem uma grande importância para a Indústria 4.0, Hermann, Pentek & Otto (2015, *apud* Firjan, 2016) citam quatro como tecnologias-chave para o sucesso da manufatura avançada.

São elas: I) Sistemas ciber-físicos; II) Internet das Coisas; III) Internet dos Serviços e IV) Fábricas inteligentes.

O que se observa frequentemente é uma integração dessas tecnologias, que apesar de serem independentes, conectadas criam novas tecnologias. A análise dos pilares tecnológicos que sustentam a indústria 4.0 pode ser feita separadamente, porém também será discutido a integração dessas tecnologias, como os sistemas ciber-físicos, *big data*, internet das coisas e dos serviços.

O quadro 2 representa a relação entre as nove principais tecnologias da indústria 4.0 segundo IEDI (2017) e suas características consideradas fundamentais segundo Federal Ministry of Education and Research (2016). O que se observa é uma diversidade nas características de cada tecnologia, comprovando que são tecnologias independentes mas que também podem ser integradas e combinadas de modo inteligente e eficaz, dependendo das necessidades de cada cliente.

Quadro 2 – Relações entre as tecnologias e os princípios da Indústria 4.0

Tecnologia	Interoperabilidade	Virtualização	Descentralização	Capacidade em tempo real	Modularidade
CPS	X	x	x		
Big Data		x		x	
Computação em nuvem			x	x	
IoT	X				
IoS	X				x
Manufatura aditiva	X			x	x
Inteligência artificial	X		x		x
Colheita de energia					x
Realidade aumentada		x		x	

Fonte: IEDI (2017)

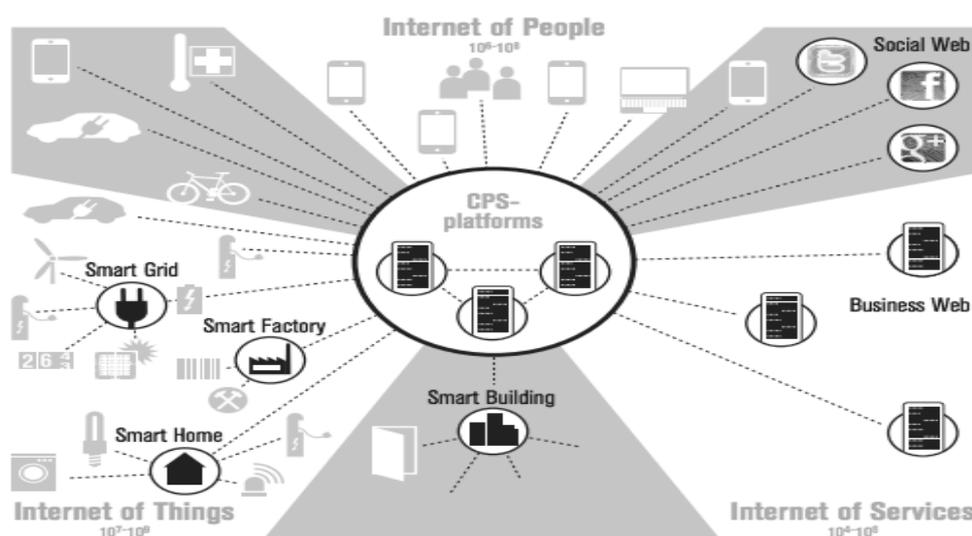
4.3.1 Sistemas ciber-físicos (CPS)

Os sistemas ciber-físicos são a principal tecnologia da indústria 4.0, sendo a base e o ponto de partida para as demais tecnologias. Os CPS podem ser descritos como a junção do mundo virtual com o mundo real, por meio da conexão entre máquinas autônomas e redes de internet, resultando em máquinas inteligentes, sistemas de armazenamento e instalações de

produção que agem de forma independente, sem precisar de um total controle humano (KAGERMANN *et. al*, 2013).

Por serem a base das outras tecnologias, os sistemas ciber-físicos desempenham um papel fundamental na manufatura avançada, pois permitem que áreas com pouca afinidade possam ser integradas, resultando em novas capacidades finais. Por conseguirem unir diversas áreas e integrá-las, os CPS podem ser vistos em diversas indústrias e também são aplicados em diversas situações, como: medicina, sistemas automotivos, infraestrutura, conservação de energia, sistemas de controle de tráfego, robótica, dentre muitos outros (MORAES, 2013).

Figura 2 – Sistemas ciber físicos conectados com IoT, IoP e IoS



Fonte: Kagermann *et. al* (2013)

Segundo Firjan (2016) os CPS são compostos por uma unidade de controle, que faz a interação com o mundo físico, comandando os sensores e atuadores, por tecnologias de identificação, por mecanismos de armazenamento e por análise de dados. Todos esses componentes trabalham juntos e possibilitam uma integração e comunicação em tempo real, e desse modo evitam e identificam falhas na produção, como um elevado estoque de produtos ou erros na fabricação, como peças danificadas ou faltantes.

Os CPS estão conectados com internet das coisas, internet dos serviços, fábricas inteligentes, dentre outras tecnologias. Segundo Nagy *et. al* (2018) os sistemas de produção em um futuro próximo deverão levar em conta a individualização do produto, e necessitam ser desenvolvidos por meio dos CPS para que isso ocorra, resultando em uma maior flexibilidade no processo de produção. Nesse contexto, os CPS são incorporados nas máquinas inteligentes, sistemas de armazenamento e instalações de produção, onde trocam

informações e possuem a autonomia e inteligência necessária para comandarem o processo de produção.

A Figura 2 ilustra a conexão dos sistemas ciber-físicos com as outras tecnologias, como a internet das coisas, internet das pessoas, internet dos serviços, fábricas inteligentes, casas inteligentes, entre outros. As plataformas de CPS estão no centro da figura, representado uma base para as demais tecnologias.

4.3.2 Internet das Coisas (IoT) e Internet dos Serviços (IoS)

De acordo com Kagermann (2013) a IoT e a IoS estarão presente em todas as áreas-chave na indústria 4.0, considerando o mundo totalmente conectado. Essa conexão se dá pela integração horizontal e rede vertical em toda a cadeia de valor, gerando produtos e processos inteligentes.

A internet das coisas segundo Firjan (2016, p.11) “é a rede de objetos físicos, sistemas, plataformas e aplicativos com tecnologia embarcada para comunicar, sentir ou interagir com ambientes internos e externos”. Isto nada mais é que uma integração das tecnologias em rede, mais especificadamente a internet, com na maior parte das vezes objetos concretos de uso frequente humano. Magrani (2018, p. 15) diz que a IoT “é a progressiva automatização de setores inteiros da economia e da vida social com base na comunicação máquina-máquina: logística, agricultura, transporte de pessoas, saúde, produção industrial e muitos outros”

A IoT já pode ser vista na vida cotidiana, principalmente por meio de micro-sensores em diferentes objetos físicos e produtos, dando informações relevantes e facilitando a vida cotidiana e rotinas de trabalho. Um dos exemplos mais comuns de IoT são as “casas conectadas”, onde aparelhos inteligentes por meio de sensores identificam as necessidades dos moradores, e dessa forma, de modo autônomo, fazem as alterações necessárias como temperatura da casa, sistemas de iluminação e som, etc.

De acordo com IEDI (2017) a quantidade de objetos ligados à internet que geram dados sobre a realidade está aumentando devido a um barateamento dos custos de sensores e miniaturização de componentes eletrônicos, e dessa forma dão um maior espaço e facilitam a incorporação da internet das coisas.

Segundo Magrani (2018) quando falamos em IoT devemos atribuir o conceito de hiperconectividade. Para o autor, o termo hiperconectividade está relacionado à comunicação e a princípio foi criado para caracterizar o estado de disponibilidade das pessoas para se

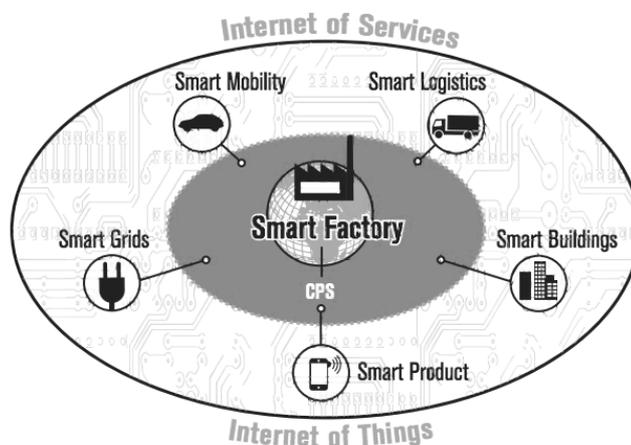
conectar a qualquer momento. A explicação mais recente do termo pode ser relacionada com um grande número de informações e produção de dados, e o que se observa é não só a comunicação entre indivíduos, mas também entre indivíduos e máquinas e entre máquina-máquina.

A internet dos serviços segue praticamente a mesma ideia da internet das coisas, porém se difere por ser conectada através de rede de internet com serviços ao invés de objetos físicos. Segundo IEDI (2017, p.11) a IoS “é o meio digital por onde empresas, pessoas ou sistemas inteligentes podem se comunicar com o objetivo de disponibilizar e obter serviços”. A IoS é utilizada nos processos de serviços da cadeia de valor por meio da comunicação e trocas de informação externa e interna, criando assim um controle de processos eficiente por meio de uma rede de planejamento flexível e adaptável (IEDI, 2017).

4.3.4 Fábricas Inteligentes (*Smart Factories*)

As fábricas inteligentes podem ser consideradas a indústria 4.0 em si, se deparando com desafios de complexidade, rapidez e produção flexível. As fábricas inteligentes são as fábricas do futuro, onde o processo de produção e os produtos em si se comunicam de forma inteligente, como por exemplo um auto controle de tarefas no processo produtivo, por meio dos sistemas ciber-físicos. Os CPS nas fábricas inteligentes permitem uma comunicação entre os humanos, as máquinas e os produtos, por meio de coleta e processamento de uma massiva base dados, e dessa forma conseguem criar uma autonomia e inteligência no processo produtivo, resultando em um processo mais econômico e produtivo (BRETTEL *et al*, 2014).

Figura 3 – Relação entre fábricas inteligentes, IoT e IoS



Fonte: Kagermann et. al (2013)

Além disso, de acordo com Deloitte Ag (2014) a massiva base de dados juntamente com sensores inteligentes nas fábricas do futuro são usados também para habilitar uma produção individualizada e específica de cada cliente, além de responder rapidamente à alterações dentro das fábricas. Todos esses processos ocorrem por meio de sistemas ciber-físicos que estão incorporados na rede vertical.

A figura 3 representa a relação entre as fábricas inteligentes, internet das coisas e internet dos serviços. Por meio dos sistemas ciber-físicos dentro das fábricas inteligentes se possibilita a criação de processos e produtos inteligentes, como mobilidade, logística, edifícios e sistemas elétricos, que estão inseridos em IoS (logística, mobilidade, etc) e IoT (produtos inteligentes).

4.3.4 *Big data*

Apesar de não ser classificado pelos autores Hermann, Pentek e Otto (2015) como uma das quatro tecnologias-chave da indústria 4.0, o que se observa é o *Big data* por trás das tecnologias-chave, sendo uma tecnologia de suma importância no novo paradigma da manufatura avançada. Magrani (2018, p. 22) descreve *big data* como “um termo em evolução que descreve qualquer quantidade volumosa de dados estruturados, semiestruturados ou não estruturados que têm o potencial de ser explorados para obter informações”.

O *big data* em sua essência são as pessoas, pois cada movimento, compra, busca na internet é armazenada e usada como base de dados. O que caracteriza o *big data* no novo paradigma tecnológico é o volume crescente da base de dados utilizada, assim como a alta velocidade no processamento desses dados. Os dados podem possuir uma variedade de formato, com diferentes dispositivos coletando diferentes dados em diferentes situações. Essa variedade de dados pode ser considerada um desafio adicional, pois as informações podem ser bastante distintas e devem ser analisadas também de forma distinta (MAGRANI, 2018).

As técnicas antigas para coleta e análise de dados hoje já não conseguem acompanhar ao crescimento acelerado da base de dados. Esse crescimento é tão elevado que espera-se que nos próximos anos os *gigabytes* desapareçam, sendo substituídos por *zettabytes*². O grande volume de dados pode ser gerado não só pela internet mas também pela aplicação dos CPS e demais equipamentos conectados no sistema produtivo (MAGRANI, 2018) (IEDI, 2017).

² O Zettabyte é medida de armazenamento, uma unidade de informação ou memória. Para uma maior compreensão, comparemos zettabytes com gigabytes. Um zettabyte contém 10^9 bytes, enquanto um gigabyte (decimal) contém 10^{21} bytes. (WIKIPEDIA, 2019)

4.4 Políticas de desenvolvimento

Políticas de apoio ao desenvolvimento de tecnologias são de suma importância para que um país/região consiga ampliar e fortalecer cada vez mais seu potencial tecnológico. Dentro do novo paradigma tecnológico da indústria 4.0, políticas industriais de apoio ao desenvolvimento de tecnologias são indispensáveis e é por meio delas que se observa o sucesso dos países líderes na indústria 4.0. Segundo IEDI (2018) oito países se encontram em posição de destaque na manufatura avançada: Alemanha, Japão, Coreia do Sul, EUA, Reino Unido, França, China e Índia.

Um conceito importante a ser destacado nesse sentido é o de Sistema Nacional de Inovação (SNI). Segundo Lemos (2013) o SNI proporciona como atividade principal o aprendizado, por meio de interações e parcerias entre os atores. Essa interação promove e influencia o desenvolvimento e uso de inovações dentro de um país. Os atores de um SNI podem diferir de acordo com os países, porém são frequentemente classificados como “empresas privadas e públicas (sejam grandes ou pequenas), universidades e agências governamentais, visando à produção de ciência e tecnologia dentro das fronteiras nacionais” (NIOSI *et al.*, 1993, *apud* LEMOS, 2013, p. 60). Ainda segundo Lemos (2013) os atores sofrem influência de diversos fatores que são próprios de cada país, como: regulações, sistema financeiro e governamental, relações do trabalho, etc.

Nesse sentido, as políticas de apoio ao desenvolvimento de tecnologias também diferem de acordo com cada país entre os considerados líderes em manufatura avançada, pois cada país possui suas próprias características industriais, tradições e prioridades tecnológicas. Esses quesitos são avaliados juntamente com os pontos fortes de cada economia, surgindo assim estratégias específicas a fim de atingir objetivos para o desenvolvimento da indústria em setores prioritários nesses países, de acordo com as facilidades e vantagens tecnológicas individuais que possuem (IEDI, 2018).

De acordo com uma análise feita por IEDI (2018) sobre as estratégias de desenvolvimento industrial e tecnológico nos países líderes na indústria 4.0, chegou-se à conclusão que todos os oito países analisados possuem parcerias entre empresas industriais (não somente as grandes empresas, como também empresas de pequeno e médio porte e *startups* de base tecnológica), academia e governo. Essas parcerias têm a intenção de fomentar inovação e tecnologia e garantir uma oferta de mão de obra qualificada dentro das indústrias. Apesar de possuírem diferenças, IEDI (2018) afirma que existem um conjunto de temas que são considerados prioritários para o desenvolvimento da indústria 4.0 através de

políticas. São eles: Apoio à difusão dessas tecnologias junto às empresas para modernização do aparelho produtivo e desenvolvimento e a adaptação das competências e habilidades dos trabalhadores às novas tecnologias adotadas pelas empresas.

Uma política que é relativamente recente e bastante vista nesses países é a de promoção de *startups* e pequenas empresas de tecnologia, onde são encomendados produtos e soluções tecnológicas pelo governo, medida que estimula a produção de tecnologia nacional e também pode ser encontrada dentro das universidades. Juntamente, é visto um incentivo a desenvolvedores de tecnologias, treinamento de habilidades e de desenvolvimento da cadeia de suprimentos. Esses incentivos desencadeiam um aumento do investimento em espaços de pesquisa e inovação, e dessa forma possibilitam uma maior distribuição das novas tecnologias na indústria (IEDI, 2018).

Ainda de acordo com o estudo feito por IEDI (2018) é notável uma alta participação dos governos no papel de incentivo e financiamento industrial nas economias líderes na indústria 4.0. Todos os oito países possuem planos de incentivo tecnológico financiados pelo governo, e apenas o Reino Unido e a Índia não possuem um plano concreto estratégico para a indústria 4.0. Inspirados pela Alemanha, os demais países criaram seus próprios planos estratégicos, como o Nova França Industrial, na França, e o *Manufacturing USA*, nos Estados Unidos. O que é também visto em todos os países observados é uma forte parceria público-privada, conectando o governo com empresas (desde *startups* até de grandes empresas alto potencial tecnológico) e academia. Essas parcerias abrem espaço para a criação de conselhos (como no caso do Japão, o Conselho Estratégico de Tecnologia de Inteligência Artificial), institutos de pesquisa (como o instituto *Fraunhofer*, na Alemanha) e sedes de desenvolvimento tecnológico.

Os objetivos principais das políticas de incentivo ao desenvolvimento da indústria nos países líderes são difundir a alta tecnologia nas empresas nacionais, com o apoio de grandes empresas com alto potencial tecnológico, ofertar cada vez mais tecnologia para a indústria a fim de criar uma modernização da mesma e criar uma geração de trabalhadores preparados, habilidosos e capacitados para uma melhor adaptação à manufatura avançada. Esses objetivos se resumem na estratégia de manter a liderança tecnológica e continuar avançando nas tecnologias que já possuem vantagens (IEDI, 2018).

O Quadro 3, apresentado por IEDI (2018) descreve as principais políticas de desenvolvimento da indústria 4.0 nos países estudados, separadas por três temas: I) Desenvolvimento da oferta de tecnologia; II) Modernização da indústria e II) Adaptação de competências.

Quadro 3 – Políticas de desenvolvimento nos países líderes na manufatura avançada

Desenvolvimento da oferta de tecnologia	Modernização da indústria	Adaptação de competências
<ul style="list-style-type: none"> - Investimento em pesquisa pública - Criação de centros tecnológicos e de inovação - Articulação estreita dos atores - Padronização internacional e interoperabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> - Conscientização sobre os desafios da indústria 4.0 - Apoio a robotização - Acompanhamento da transição digital - Disseminação das novas tecnologias entre as PMEs 	<ul style="list-style-type: none"> - Reflexão prospectiva - Concepção e implementação de cursos de formação adaptados às necessidades das empresas industriais

Fonte: IEDI (2018)

As políticas de incentivo ao desenvolvimento da indústria não são exclusivas dos países líderes do paradigma tecnológico, sendo também vistas em diversos países que buscam aprofundar suas tecnologias na indústria. O contraste se observa pelo nível de conhecimento dos atores de um SNI a respeito da indústria 4.0. Enquanto nos países desenvolvidos tecnologicamente a indústria 4.0 já é uma realidade e existem diversas políticas de apoio ao desenvolvimento da indústria, como apresentado no quadro 3, se observa em economias com menor potencial tecnológico (como no caso do Brasil) um maior desconhecimento sobre o tema, e como consequência um menor incentivo a criação de políticas de desenvolvimento da indústria, além de uma maior lentidão esperada no processo, pois a indústria brasileira se mostra altamente heterogênea, tornando difícil uma difusão igualitária em todos os setores (CNI, 2016).

O quadro 4 busca resumir as principais políticas de desenvolvimento de tecnologias que levam à indústria 4.0 utilizadas pelos países que estão inseridos na manufatura avançada, sendo eles desenvolvidos ou em desenvolvimento. Ademais, as políticas foram divididas conforme os principais atores de um SNI: Empresas públicas e privadas, universidades (academia) e governo. Ressalta-se a importância da integração entre esses atores para que as políticas sejam bem sucedidas e resultados apareçam.

Embora o compilado de políticas apresentadas no quadro 4 descreva as principais políticas vistas para o fomento da tecnologia e inovação, Diegues e Roselino (2019) afirmam que o grau de efetividade das políticas industriais e tecnológicas não é o mesmo para todos os segmentos, e depende de uma adequação às especificidades de cada segmento. Portanto, as políticas devem ser formuladas de acordo com o potencial de sua efetividade e do nível de competências tecnológicas/capacidades de aprendizado dos agentes. Os autores descrevem quatro dimensões que devem ser levadas em consideração para a formulação de políticas

industriais e tecnológicas: Tecnológica, institucional, condicionamentos empresariais e grau de competitividade sistêmica e local.

Quadro 4 – Políticas de desenvolvimento de tecnologia divididas por principais atores do SNI

Atores	Principais políticas
Empresas públicas/privadas	<ul style="list-style-type: none"> - Apoiar e incentivar tecnologicamente as demais empresas, principalmente PMEs - Contratação de startups para desenvolver projetos tecnológicos - Criação de parcerias com empresas de alto nível tecnológico - Criação de setores/departamentos destinados exclusivamente a P&D - Contratação de empregados estrangeiros (principalmente para o setor de P&D) e intercâmbio de ideias com empresas estrangeiras
Universidades (Academia)	<ul style="list-style-type: none"> - Criação de espaços destinados à inovação como laboratórios e centros criativos - Incentivo aos alunos à criação de ideias por meio de concursos, workshops e premiações - Visitas de campo e palestras de empresas líderes em tecnologia - Criação de parcerias para estágios em áreas de tecnologia - Geração de projetos em parceria com instituições de pesquisa - Criação de núcleos de inovação tecnológica e apoio à pesquisa - Programas de intercâmbio com universidades líderes em tecnologia
Governo	<ul style="list-style-type: none"> - Criação de planos e programas estratégicos - Financiamento e subsídios diferenciados para a indústria - Criação de conselhos e sedes tecnológicas - Encomenda de tecnologias de startups e PMEs - Desenvolver programas para a difusão das tecnologias - Criação de uma maior proteção intelectual - Criação de cursos técnicos/programas com ênfase na indústria 4.0 - Difusão das tecnologias entre empresas públicas/privadas - Encomenda de P&D de universidades e empresas - Capacitação de recursos humanos - Apoio financeiro para empresas nascentes

Fonte: Elaborado pela autora, retirado de IEDI (2018) e Lemos (2013)

Como apresenta o quadro 4, existem diversas políticas de apoio ao desenvolvimento tecnológico e industrial nos países desenvolvidos e em desenvolvimento tecnológico, e o governo se destaca como sendo o agente que tem mais influência e incentivos à criação de políticas, principalmente para o financiamento de projetos e planos. Apesar das políticas criadas pelo governo possuírem um maior impacto, as políticas feitas por outros agentes como academia e empresas também são de extrema importância para o desenvolvimento tecnológico da indústria, pois todo o processo de aprendizado tecnológico e industrial depende da integração entre os agentes.

De acordo com Diegues e Roselino (2019) na dimensão tecnológica, as políticas são efetivas quando não existe um alto grau de generalidade, onde as especificidades setoriais são um importante determinante de competitividade. Já na dimensão institucional, o que deve ser considerado é a capacidade de desenho e implementação dessas políticas, ou seja, a capacidade de infraestrutura institucional, e as políticas se tornam efetivas quando existe uma real capacidade de influenciar as decisões dos agentes econômicos. Na dimensão dos condicionamentos empresariais se leva em conta principalmente o nível e a capacidade de

aprendizado dos agentes. Nesse caso, segmentos concentrados no mercado nacional como multinacionais não apresentam muita eficiência nas políticas industriais e tecnológicas. A eficiência das políticas pode ser vista por meio do mercado nacional apenas em empresas nacionais. Por fim, a quarta dimensão aborda o grau de competitividade sistêmico e local. Essa dimensão deve ser sempre comparada a nível internacional, como o grau de competitividade da estrutura produtiva e o de desenvolvimento do sistema nacional de inovação de um determinado país, por exemplo. A eficiência das políticas se mostra alta se ambos os graus também se mostram relevantes.

Em segmentos que possuem um alto grau de efetividade das políticas, combinado com uma elevada competência tecnológica é viável que as políticas sejam esforços para o desenvolvimento de soluções tecnológicas locais. Já em segmentos com alto grau de efetividade, porém com baixa competência tecnológica, a sugestão são políticas focadas às demandas da estrutura produtiva nacional, em atividades de médio valor agregado e modelos de negócios locais. Em segmentos que existe um baixo grau de efetividade das políticas porém uma elevada competência tecnológica, é sugerido que se crie uma estratégia para o fomento de competitividade sistêmica, como o SNI. Em contrapartida, nos segmentos onde ambos efetividade das políticas e grau de competência tecnológica são baixos, sugere-se que a criação de políticas que contribuam para a difusão tecnológica, de modo que o potencial tecnológico aumente, e por consequência, a produtividade das estruturas produtivas (DIEGUES; ROSELINO, 2019).

Por fim, PWC (2014) afirma que os padrões e regulações industriais internacionais são muito importantes, e que as políticas podem fornecer apoio promovendo padrões uniformes industriais em níveis globais. Esses padrões e regulações internacionais possibilitam uma troca integrada de dados e informações nas máquinas, sistemas e *softwares*, e são a base para as conexões verticais e horizontais nas cadeias de valor.

4.5 Oportunidades e desafios

Toda revolução passa por mudanças significativas, trazendo consigo não só novas oportunidades mas também alguns desafios. PWC (2014, p.7) afirma que “the various opportunities, the large extent of change and the elevated need for investments make the industrial internet one of the most important topics for corporate management. However, the numerous challenges that the transition entails are also not to be underestimated”. Nesse

sentido, abre-se espaço para uma maior compreensão dos desafios que aparecem por trás das oportunidades na indústria 4.0.

Os desafios começam com a dificuldade de implementação de novas tecnologias para a indústria, principalmente por ser um tema ainda pouco conhecido e debatido em diversas economias do mundo. CNI (2016, p. 15) afirma que “poucas empresas estarão preparadas para enfrentar todas estas mudanças de um vez. Existem, por outro lado, milhares de empresas que deverão participar do processo de difusão dessas novas tecnologias paulatinamente”. Além de um desconhecimento sobre o tema, existe também uma resistência por parte de algumas empresas devido a incerteza dos resultados sobre a implementação da indústria 4.0, pois além de ser algo relativamente desconhecido, necessita-se de um alto investimento para sua implementação, como substituição de máquinas, equipamentos e materiais.

Segundo o estudo feito por PWC (2014) cerca de metade das empresas entrevistadas ainda são resistentes à indústria 4.0 e não possuem nenhum programa de implementação das novas tecnologias, assim como não fazem os investimentos considerados necessários. Essas medidas são consequência de dois motivos, considerados como os desafios mais importantes para a implementação da indústria 4.0: I) Incerteza nos benefícios econômicos e II) Necessidade de altos investimentos.

A incerteza nos benefícios econômicos com a implantação das tecnologias da indústria 4.0 é um caso bastante visto nas empresas que estão resistentes ao novo paradigma. Como o nível de conhecimento é baixo, se torna ainda mais difícil fazer uma previsão para o futuro, sendo dificultoso por parte das empresas de constatar se a implementação da indústria 4.0 será benéfica para as mesmas. Por ser um tema relativamente recente, ainda não ocorreu uma difusão total da ideia e os resultados estão começando a aparecer gradativamente, principalmente em empresas já consolidadas no mercado, com alto potencial tecnológico. Em uma pesquisa feita por Deloitte Ag (2014) com empresas suíças, mais da metade afirmou que não sentiu um impacto grande nas transformações para a indústria 4.0, apesar de que a maioria acreditava que a indústria 4.0 poderia impulsionar a economia do país, porém ainda se mostram resistentes devido à incerteza.

A necessidade de altos investimentos pode ser considerada uma das maiores barreiras para a implementação das tecnologias da indústria 4.0 nas empresas. Empresas consolidadas e de alto potencial tecnológico têm um nível maior de adesão das tecnologias, pois além de possuírem um maior conhecimento pelo tema, conseguem substituir suas máquinas, equipamentos, etc, com maior facilidade, devido seu alto nível de capital. *Startups*, pequenas

e médias empresas necessitam de um maior apoio financeiro para conseguirem implementar as novas tecnologias, dependendo muitas vezes do governo ou de empresas maiores para que isso aconteça. Como mostrado no quadro 4, existem políticas que propiciam essa implementação, porém nem sempre são aplicadas.

A questão dos trabalhadores pode ser classificada também como um desafio, pois no futuro será necessária uma maior mão de obra qualificada e especializada para as operações da indústria 4.0, e dessa forma será essencial para as empresas a contratação de trabalhadores qualificados que possuam grandes habilidades para as operações em ambas conexões, verticais e horizontais. Segundo o estudo feito por IEDI (2018) nota-se que a maioria dos países líderes em tecnologias da indústria 4.0 já focam em mão de obra especializada em um futuro próximo, com o auxílio de políticas de apoio ao desenvolvimento da indústria. Entretanto, é considerado um desafio em países que ainda não atingiram uma maturidade tecnológica, onde os trabalhadores não possuem habilidades e qualificação necessária para as demandas da indústria 4.0.

Ainda sobre a questão dos trabalhadores, seguindo a ideia de uma necessidade de mão de obra qualificada, Deloitte Ag (2014, p. 14) afirma que

“digitalisation increases also the importance of new technical skills, notably in the case of operating activities and mechanical working processes in production, purchasing and warehousing all logistics. New, process-dependent systems making greater use of technology may prove to be a major challenge for existing employees”

Isto é, habilidades técnicas de alto nível serão cada vez mais requisitadas pelas empresas, e as mesmas terão que investir no desenvolvimento de competências de seus empregados, a fim de criar uma base de trabalhadores preparados para as mudanças futuras. Através da pesquisa feita por Deloitte Ag (2014) as empresas afirmam que ainda possuem dúvidas sobre a questão dos trabalhadores, devido a incerteza das áreas que requerem trabalhadores mais habilidosos, resultando em um baixo nível de desenvolvimento de competências de seus trabalhadores.

Desde a apresentação do conceito da indústria 4.0 pelo governo alemão, diversas oportunidades foram apresentadas, mostrando os benefícios da implementação das novas tecnologias para as economias mundiais. O governo alemão se mostrou bastante otimista a respeito do tema, fazendo com que outras potências se inspirassem na ideia e seguissem o plano alemão, porém criando suas próprias estratégias.

A oportunidade que mais se destaca na indústria 4.0 é atingir um maior nível de produtividade e adaptação, e por consequência disso espera-se uma maior redução de custos,

uma inovação na produção, tornando ela customizada em massa (produção flexível) e uma produção de mais qualidade e eficiência. Todos esses fatores estão relacionados com ao menos um pilar tecnológico da indústria 4.0, destacando a importância das tecnologias para a eficiência da produção. Outra oportunidade marcante é de um aumento na competitividade (no caso de países não-líderes) e uma manutenção da liderança em países considerados líderes (MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH, 2016) (DELOITTE AG, 2014).

Balashingam (2016) afirma que uma maior flexibilidade na produção na indústria 4.0 trará diversos benefícios, como uma melhor alocação dos recursos e personalização de produtos. A complexidade dos processos de produção deverá ser reduzida, a medida em que uma maior flexibilidade aumenta, e dessa forma facilitando e otimizando a produção. Ademais, ocorre uma maior autonomia e eficiência nos processos de produção por meio de redes de CPS, onde se espera que falhas e problemas sejam detectados nos estágios ainda iniciais por meio de sistemas automáticos, evitando desperdícios e perdas de matéria prima e objetos danificados.

Seguindo na ideia da flexibilidade na produção, Balashingam (2016) relaciona os impactos de maior qualidade e eficiência na produção. A qualidade e eficiência na produção são fatores que se destacam na indústria 4.0, pois asseguram uma melhor alocação dos recursos e logística do sistema de produção através de máquinas inteligentes que se comunicam entre si. Essa comunicação é autônoma e permite que o processo de produção se torne mais eficiente, de forma que será difícil encontrar falhas, como se encontraria com o trabalho humano. Espera-se, com isso, uma melhora significativa no aproveitamento dos recursos, principalmente nos estágios iniciais da produção. Por consequência, se espera uma maior redução de custos em todo o processo produtivo por meio da digitalização.

Uma maior redução de custos é outra característica notável na indústria 4.0, que apesar de no início possuir um alto custo de implementação, espera-se que a longo prazo os custos de produção se reduzam significativamente, especialmente devido a maior qualidade e eficiência na produção. Balanshigam (2016, p. 6) afirma que “resource efficiency considers not only the responsible usage of natural resources without harming the environment, but also the efficient utilization of human capital and raw materials”. Isto é, a eficiência aparece em um todo, desde os recursos naturais até a utilização do capital humano. Essa eficiência só se torna possível por meio da implementação das tecnologias da indústria 4.0, como os CPS. A redução dos custos é vista principalmente na redução significativa dos desperdícios (como falhas nos produtos, produção), na identificação prévia de problemas, e na economia de energia.

A manutenção da liderança ou aumento da competitividade em países não líderes é outra oportunidade que se destaca na indústria 4.0. Países líderes desejam manter as suas lideranças e se aperfeiçoar nas tecnologias chaves que possuem. Países em desenvolvimento tecnológico buscam um maior espaço no novo paradigma tecnológico, a fim de alcançarem os países líderes ou se aproximarem das suas tecnologias. Nesse sentido, se observa um aumento da competitividade entre todos os países na corrida da indústria 4.0, onde cada país busca se aprimorar suas tecnologias líderes, sempre incorporando as estratégias sofisticadas, como a fabricação enxuta e a customização em massa. A competitividade entre os países tende a aumentar ao passar do tempo, conforme as tecnologias da indústria 4.0 ficarem mais conhecidas e utilizadas, gerando altos benefícios para todos os países, como um aumento significativo no PIB, devido a maior produtividade e geração de empregos adicionais (BALASHINGAM, 2016).

Outra oportunidade importante de destacar é a facilitação da entrada de algumas pequenas e médias empresas na indústria 4.0. Apesar dos ganhos de eficiência serem muito maiores nas grandes empresas, as barreiras de entrada das PMEs se mostram menores, e entram de forma a colaborar com essas grandes empresas, dando suporte com pesquisas e novas ideias, e desse modo adquirindo novas competências e habilidades. Geralmente, PMEs absorvem conhecimento com rapidez, e dessa forma conseguem criar condições para um domínio do uso de tecnologias na produção com agilidade. A facilitação da entrada dessas PMEs resulta em uma maior produtividade na indústria, assim como a aceleração do desenvolvimento de novas tecnologias (IEDI, 2019).

Um estudo feito por Unido (2018) afirma que a indústria 4.0 ainda é um conceito novo, mas que países e diversas empresas já adotam as tecnologias da indústria 4.0, principalmente empresas multinacionais de grande porte. Apesar de ser um conceito novo, é notável uma diferença entre alguns desafios descritos pelo estudo feito por PWC (2014). Por ser um estudo mais recente do que o apresentado por PWC (2014), observa-se uma mudança nos desafios, onde anteriormente se resumiam em dois principais: Incerteza nos benefícios econômicos e necessidade de altos investimentos, e hoje nota-se que desafios diferentes foram apresentados, como a desigualdade e exclusão e privacidade, transparência, ética e segurança. O desconhecimento ainda é notado, como no caso do Brasil, segundo o estudo feito por CNI (2016), porém em economias mais avançadas já se nota a redução da incerteza nos benefícios econômicos, dando espaço para a escolha de adotar as tecnologias da manufatura avançada pois diversos benefícios foram comprovados.

As oportunidades, por sua vez, não possuem grandes diferenças e permanecem praticamente as mesmas desde a ideia inicial da indústria 4.0, segundo os estudos analisados. Com o passar do tempo mais oportunidades tendem a surgir, com o aparecimento de novas possíveis tecnologias.

Quadro 5 – Análise SWOT da Indústria 4.0

STRENGTHS	WEAKNESS
<ul style="list-style-type: none"> - Maior produtividade (recurso) eficiência, competitividade (global), receita - Crescimento de empregos altamente qualificados e bem remunerados - Maior satisfação do cliente - novos mercados: aumento do produto personalização e variedade de produtos - Flexibilização e controle da produção - Sistemas de inovação mais abertos - Uso eficaz de recursos humanos e materiais - Maior segurança alimentar - Eficiência energética e sistemas e produção sustentável - Mudanças na organização do trabalho, com mais trabalho remoto, flexível e sob demanda tornando-se um padrão 	<ul style="list-style-type: none"> - Dependência de uma série de fatores de sucesso, incluindo padrões, oferta de mão de obra com habilidades apropriadas, investimento e P&D - Custos de desenvolvimento e implementação - Necessidade de importar mão de obra qualificada e integrar comunidades de imigrantes - Lacunas na infraestrutura - Desigualdade e exclusão - Regras e regulamentos internacionais desatualizados que não levam em consideração Indústria 4.0 - Padrões e interoperabilidade - Confiabilidade e estabilidade de Sistemas Ciberfísicos
OPPORTUNITIES	THREATS
<ul style="list-style-type: none"> - Reforçar a posição dos países como líderes globais na fabricação (e outras indústrias) - Desenvolver novos mercados líderes de produtos e serviços - Menores barreiras de entrada para algumas PMEs participarem de novos mercados, ligados com novas cadeias de suprimentos - Ganhos econômicos, como aumento de receita devido a transações mais baixas e custos de transporte - Mudança para a customização em massa com um papel maior para PMEs - Permitir a inovação em diversas aplicações, com um maior impacto econômico 	<ul style="list-style-type: none"> - Cibersegurança, propriedade intelectual, dados, privacidade - Trabalhadores, PMEs, indústrias e economias nacionais sem meios de se adaptar à Indústria 4.0 - Adoção da Indústria 4.0 por estrangeiros concorrentes - Proteção da propriedade intelectual e outros - Transparência, privacidade, ética e segurança - Mudanças na própria natureza dos processos de inovação e as implicações para a concorrência e barreiras à entrada

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Unido (2018) e Ministry Of Education And Research (2016)

Com base nos estudos realizados por Unido (2018) e Ministry of Education and Research (2016) fez-se uma junção das principais oportunidades e desafios realizadas pelo primeiro estudo, que é mais recente, com a análise dos pontos fortes e fracos descritos em uma análise SWOT³ apresentada pelo segundo, e dessa forma, criou-se uma nova análise SWOT adaptada com as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças da indústria 4.0. O resultado é mostrado no quadro 5.

³ A análise SWOT (Strengths, Weakness, Opportunities e Threats) é uma análise de pontos fortes e fracos de uma empresa/tema/ideia. São analisados os meios externos e internos, trazendo uma visão geral da situação em que uma empresa se encontra. Em português é conhecida como análise FOFA (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças)

4.6 Síntese conclusiva

Apresenta-se a ideia da indústria 4.0, desde o seu surgimento até as oportunidades e desafios previstos com a implementação das novas tecnologias na indústria. A utilização de diferentes estudos, feitos em diferentes países, em tempos distintos se mostrou eficiente pois pode-se notar a evolução de conhecimento sobre o tema pelas empresas e governo, e por consequência disso pode-se notar também uma mudança nos desafios, que segundo PWC (2014) estavam fortemente ligados à incerteza sobre o futuro da indústria 4.0 em países desenvolvidos. O estudo mais recente usado nesse capítulo feito por Unido (2018) mostrou diferentes desafios, comprovando-se os resultados satisfatórios sobre a indústria 4.0.

A manufatura avançada pode ser descrita resumidamente pela implementação de novas tecnologias inovadoras. Os sistemas ciber-físicos são a tecnologia considerada base para outras tecnologias, como IoT, IoS, fábricas inteligentes, dentre outras. Os CPS são a junção do mundo real com o virtual, por meio de uma tecnologia avançada de conexão inteligente, como a conexão entre internet e máquinas, internet e sistemas e internet e pessoas. Além dos CPS, outras tecnologias estão inseridas no contexto da indústria 4.0, como *big data*, inteligência artificial, realidade aumentada, dentre outros. Apesar de serem tecnologias conectadas umas às outras, não estão necessariamente presente em todos os processos de produção, podendo variar de acordo com suas especificidades (IEDI, 2017).

Segundo IEDI (2017) nove tecnologias são consideradas as principais, e cada uma delas possui características próprias. A classificação das tecnologias difere de acordo com diferentes autores, porém Hermann, Pentek e Otto (2015) citam os CPS, IoT, IoS e Fábricas Inteligentes como as tecnologias bases da indústria 4.0. As características (ou princípios básicos), por sua vez, foram classificadas em cinco principais por Ministry of Education and Research (2016): Interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidades em tempo real e modularidade. Apesar de possuírem características próprias, cada tecnologia atende ao menos a um princípio básico (como no caso de IoT) da indústria 4.0, e as demais atendem ao menos a dois.

Para que a implementação de novas tecnologias seja bem sucedida, necessita-se de incentivos e políticas de desenvolvimento da indústria, que são feitas principalmente pelo governo, mas também são vistas em empresas e universidades. Segundo um estudo feito por IEDI (2017) os países líderes na indústria 4.0 possuem fortes incentivos e políticas do governo para o desenvolvimento industrial, principalmente por meio de financiamento e criação de planos estratégicos. Outras políticas como apoio e incentivo a *startups*, PMEs e

projetos universitários também se destacam, caracterizando-se pela ideia do Sistema Nacional de Inovação. A interação entre os agentes de um SNI é de extrema importância para o desenvolvimento de tecnologias e inovação de um país ou região.

As políticas de desenvolvimento industrial e tecnológico são diferentes em cada país e situação. De acordo com Diegues e Roselino (2019) o grau de efetividade das políticas difere de acordo com a adequação às especificidades de cada segmento. As políticas devem ser feitas de acordo com o potencial de efetividade das mesmas e as competências tecnológicas de cada segmento. Quatro dimensões são levadas em conta para a análise da formulação de políticas: Tecnológica, institucional, condicionamentos empresariais e grau de competitividade sistêmica e local. As sugestões de políticas são feitas de acordo com o nível do potencial de efetividade e o nível das competências tecnológicas (faz-se uma combinação desses dois fatores para chegar na conclusão de quais políticas serão as mais adequadas para o cenário analisado)

A indústria 4.0 apresenta não só diversas oportunidades, como também desafios. Os desafios se modificaram ao longo do tempo, onde antes se concentravam em dois: Incerteza nos benefícios econômicos e necessidade de altos investimentos. Atualmente, por meio de estudos, notou-se uma mudança nos desafios, devido a mudança da incerteza para uma confiança na indústria 4.0, e os altos investimentos feitos pelo governo. É necessário ressaltar que esse é o caso de alguns países desenvolvidos, pois em países em desenvolvimento como no caso do Brasil, ainda nota-se um alto desconhecimento sobre a indústria 4.0 e uma incerteza sobre os ganhos futuros. As principais oportunidades, por sua vez, são definidas por um aumento no nível de competitividade entre os países, uma maior redução de custos, uma maior eficiência e qualidade na produção e uma produção flexível (BALASHINGAM, 2016).

A partir das características da indústria 4.0 apresentadas nesse capítulo, com uma visão e abordagem de autores internacionais, chega-se ao caso do Brasil, que também possui peculiaridades e diferentes características industriais e tecnológicas, e dessa forma cria uma identidade própria. A questão tecnológica e industrial brasileira é apresentada no capítulo seguinte, assim como as políticas de desenvolvimento de CT&I, comparações em nível mundial e a indústria 4.0 em si.

5 A INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

5.1 A Indústria 4.0 no Brasil em perspectiva mundial

Assim como os demais países da América Latina, o Brasil se mostra em fase inicial quando se trata da indústria 4.0. Não apenas pelo baixo nível de uso das novas tecnologias, mas principalmente pelo alto nível de desconhecimento do tema. Esse atraso pode ser justificado também pela limitação histórica dos processos industriais e tecnológicos no país, que sempre se mostra dependente de demais tecnologias advindas de países desenvolvidos. No caso da indústria 4.0, o processo se repete, e enquanto países desenvolvidos avançam na manufatura avançada com agilidade, países em desenvolvimento enfrentam problemas ainda no seu estágio inicial, como o desconhecimento do tema nas empresas nacionais (IEDI, 2017; IEDI, 2019).

Além da justificativa da limitação histórica dos processos industriais e tecnológicos, que possui em sua trajetória também o processo de desindustrialização ocorrido no país, com poucos esforços tecnológicos e pequena integração internacional, o Brasil enfrentou uma crise industrial com início em 2014, o que contribuiu de forma significativa para a estagnação dos processos de inovação na indústria nacional. Por não ser um país consolidado em alta tecnologia, uma crise industrial afeta o processo de desenvolvimento da indústria, principalmente no processo de introdução de novas tecnologias. Esses acontecimentos históricos anteriores esclarecem a situação em que o Brasil se encontra atualmente em relação à manufatura avançada, além de demais motivos que serão discutidos ao longo deste capítulo, como as políticas de desenvolvimento da indústria (IEDI, 2017).

De acordo com FIRJAN (2016) o Brasil está em desvantagem ainda está uma fase de transição atrasada em relação aos países desenvolvidos. Enquanto essa transição deveria acontecer para a indústria 4.0, o Brasil ainda está se adaptando à fase da terceira revolução industrial (ou indústria 3.0), afetando diretamente a sua competitividade e produtividade. Apesar desse retardo tecnológico evidenciado, o Brasil se mostra um país com boa capacidade em absorver novas tecnologias, estando em 40º lugar no pilar “Capacidade de inovação” dentro do tema “Ecossistema de inovação” no mais recente ranking de competitividade global⁴ elaborado por *World Economic Forum* (WEF), no ano de 2018.

⁴ O ranking de competitividade global elaborado por WEF leva em consideração 12 pilares, divididos em 4 principais temas: ambiente favorável, capital humano, mercado e ecossistema de inovação. Em 2018 foram

Segundo a pesquisa realizada por WEF (2018) o Brasil lidera o pilar de capacidade de inovação na América do Sul, porém ainda se encontra abaixo do potencial tecnológico que possui. Apesar de estar abaixo do potencial, os dados mostram que o país possui capacidade de inovação, estando entre os 50 países com grande capacidade de inovação. O quesito ecossistema de inovação criado por WEF é dividido entre capacidade de inovação e dinamismo empresarial. Apesar de possuir uma alta capacidade de inovação, o Brasil se mostra com uma baixo dinamismo empresarial, ficando na 108º posição, entre os mesmos 140 países analisados. Essa informação se mostra bastante relevante e problemática, pois acusa um grande problema no Brasil, que é possuir capacidade tecnológica porém ter uma carência de dinamismo empresarial.

O Brasil não entra na lista dos países que mais estão se desenvolvendo na indústria 4.0, principalmente devido à falta de incentivo e atraso na criação de programas nacionais de desenvolvimento. Além desses fatores, números importantes são mostrados por meio do Ranking de competitividade elaborado por WEF (2019), onde o Brasil se encontra longe do topo em quesitos considerados essenciais para o desenvolvimento tecnológico e industrial, como no caso do índice de habilidades e infraestrutura. O quadro 6 apresenta as posições que o Brasil se encontra nos índices relacionados à inovação e indústria, no ano de 2018.

Quadro 6 – Índices relacionados à indústria e tecnologia e posição do Brasil em nível global (em ordem numérica), 2018

Índice	Posição global
Competitividade	72º
Infraestrutura	81º
Habilidades (educação e treinamento)	94º
Mercado de produtos	117º
Dinamismo empresarial	108º
Capacidade de inovação	40º

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de World Economic Forum (2019)

Um dos fatores mais importantes para incentivar o desenvolvimento da indústria 4.0 nos países é a criação de planos estratégicos que visam apoiar os principais atores de um sistema de inovação. A maioria dos países líderes na indústria 4.0 possuem planos estratégicos que foram apresentados ao longo dos anos, a partir de 2011, onde se deu o início do novo paradigma. (IEDI, 2018). O Brasil, por sua vez, apesar do atraso na criação de planos

analisados 140 países, e o Brasil ficou na 72º posição geral. Disponível para acesso em: <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2018/country-economy-profiles/#economy=BRA>

estratégicos, atualmente possui iniciativas de desenvolvimento industrial e tecnológico, através de planos e estratégias lançadas pelo governo e empresariado, sendo o mais recente o Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil, criado em 2019. O quadro 7 apresenta os planos estratégicos para o desenvolvimento da indústria 4.0 nos principais países líderes, adicionado o Brasil para fim de comparação.

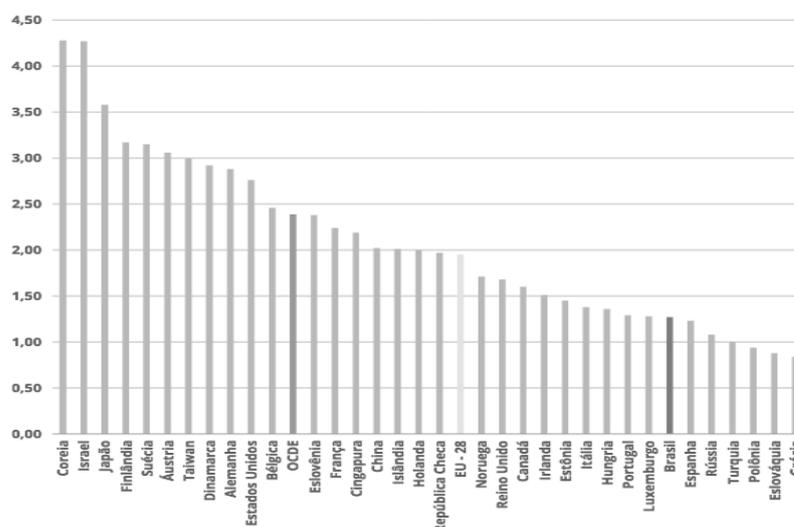
Quadro 7 – Planos de desenvolvimento da indústria 4.0 nos países líderes e Brasil (2011 – 2019)

País	Ano	Plano estratégico
Alemanha	2011	Indústria 4.0
Brasil	2019	Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil
Coréia do Sul	2014	Inovação Industrial 3.0
China	2015	Made in China 2025
Estados Unidos	2013	Parceria para a Manufatura Avançada
França	2013	Indústria do Futuro
Japão	2015	Estratégias Robôs
	2017	Indústrias Conectadas
Reino Unido	2011	Rede Catapulta

Fonte: Adaptado de IEDI (2018)

Investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) também são peças chave para o aumento da produtividade e competitividade industrial de um país. Segundo Brasil (2016, p. 63) “o indicador formado pela relação entre investimentos nacionais em P&D e o PIB é um dos mais utilizados para comparar os esforços dos países no setor”. No Brasil, mostra-se essencial para seu crescimento. Entretanto, o nível de investimento em P&D nacional como proporção do PIB é considerado baixo comparado com outras economias mundiais.

Gráfico 1 – Investimento total em P&D países OCDE e Brasil (%PIB), 2016



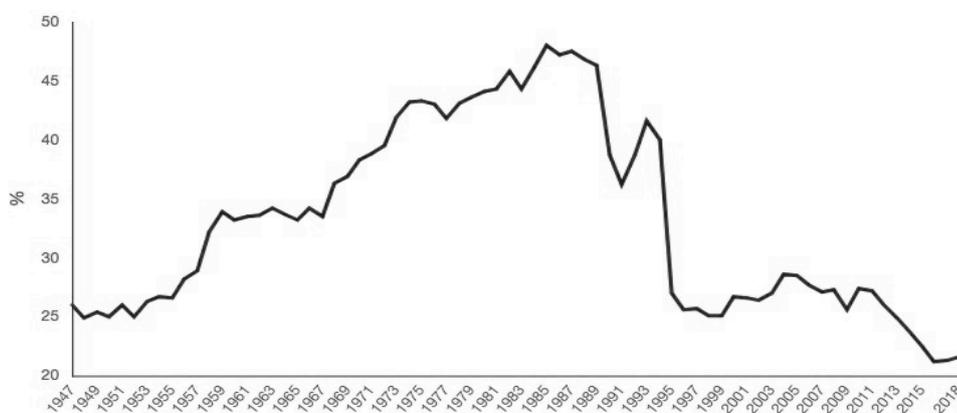
Fonte: Brasil (2018)

O Brasil carece de atividades relacionadas à manufatura avançada, comparado com outros países. Essa carência é observada por meio de diversos fatores, mas principalmente pelo atraso tecnológico e industrial, que conduziu o país à uma trajetória mais lenta em relação às outras economias mundiais. O quadro 7 apresenta além dos planos estratégicos para a indústria 4.0 das economias líderes, o ano de criação dos mesmos. Essa informação se mostra importante para o entendimento do atraso tecnológico do Brasil, visto que a primeira menção da indústria 4.0 ocorreu em 2011. Outras economias se atentaram rapidamente ao novo paradigma, como o caso do Reino Unido, que no mesmo ano também lançou sua própria estratégia nacional. O Brasil, por sua vez, não apresentou nenhum plano concreto de desenvolvimento da Indústria 4.0 até o ano de 2019, oito anos após a apresentação do conceito de manufatura avançada pelo governo alemão.

5.2 Estrutura industrial e tecnológica no Brasil

O atraso tecnológico e industrial no Brasil pode ser justificado por sua estrutura industrial e tecnológica. Segundo FIRJAN (2019) a indústria de transformação no Brasil reduziu a sua participação no PIB com o passar dos anos, principalmente devido ao processo de desindustrialização. Nesse sentido, o país perdeu grande parte de sua capacidade produtiva e desviou seu foco para serviços de baixo valor agregado e *commodities*. Isso se mostra um problema, pois a indústria é definida em todos os países como a principal fonte de inovação e produtividade, e um país que possui uma indústria fraca não consegue se manter competitivo frente às demais economias mundiais.

Gráfico 2 – Participação da indústria no PIB (%), 1947 - 2018

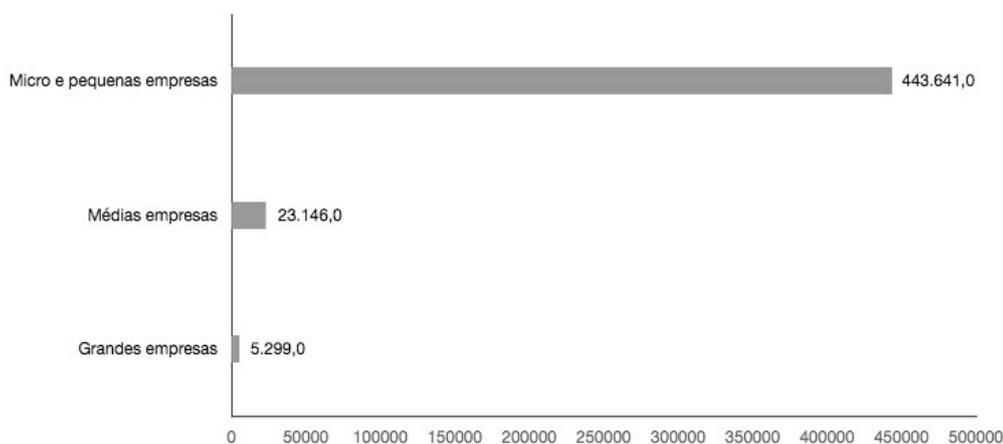


Fonte: CNI (2019)

O gráfico 2 ilustra a participação da indústria brasileira no PIB nas últimas décadas. É notável uma queda brusca na participação da indústria no PIB a partir do ano de 1995, onde a participação caiu de 40% para 27%. Nota-se uma leve recuperação, porém a partir do ano de 2011 o país volta a ter dificuldades em aumentar a participação da indústria no PIB, que atualmente é 21,6% (CNI, 2019).

A estrutura industrial do Brasil se mostra bastante diversificada, além de empresas nacionais, nota-se um grande número de *startups* e unidades de empresas multinacionais. Dentre as empresas nacionais, a grande maioria se concentra em micro e pequenas empresas. Em relação ao investimento empresarial em P&D da indústria, quase a totalidade de investimentos vai para a indústria de transformação, seguidamente de serviços industriais de utilidade pública, indústria extrativa e indústria de construção. O setores que recebem a maior parte dos investimentos empresariais em P&D são o de máquinas e equipamentos, seguidamente de químicos, veículos e automotores, farmoquímicos e farmacêuticos⁵ (CNI, 2019).

Gráfico 3 – Número de empresas da indústria por porte (em milhares), 2017



Fonte: CNI (2019)

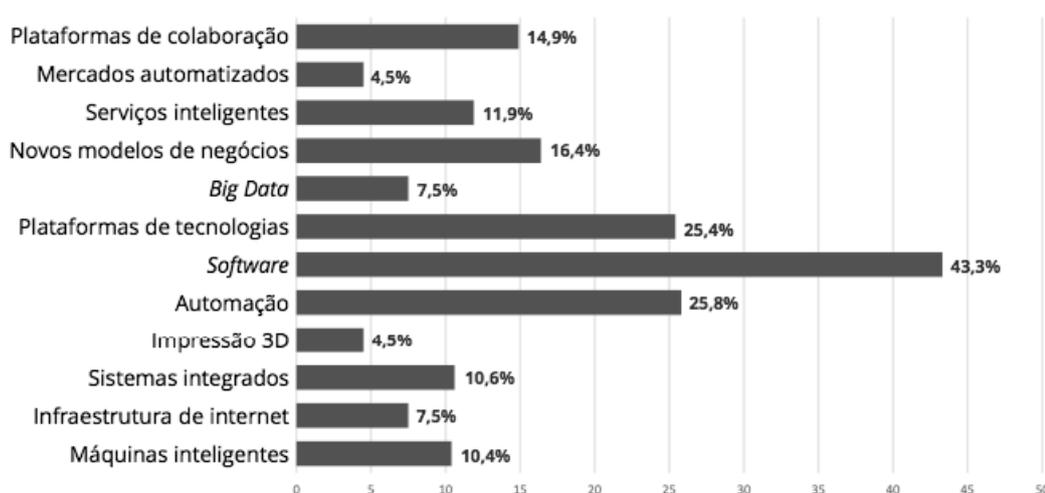
A estrutura tecnológica do Brasil não pode ser considerada fraca, pois o país possui competências tecnológicas significativas que contribuem para o desenvolvimento industrial. Entretanto, grande maioria das competências tecnológicas mais avançadas (requisito da indústria 4.0) ainda estão em fase inicial de implementação e teste. (BRASIL, 2017). Segundo

⁵ Dados de 2016 e 2017, coletados pela Confederação Nacional da Indústria (CNI). Disponível para acesso em: <<http://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/grafico/total/inovacoes/#!/industria-total>>

os estudos realizados pela CNI, o desconhecimento e a não utilização das tecnologias da indústria 4.0 são maiores nas micro e pequenas empresas. De acordo com o gráfico 3, o número de micro e pequenas empresas no Brasil é muito maior que o número de médias e grandes empresas. Nesse sentido, se mostra desafiador o processo de inserção das tecnologias da manufatura avançada no Brasil, justamente pelo grande número de micro e pequenas empresas, em comparação com as demais. Os resultados dos estudos realizados pela CNI estão na seção 5.4 desse capítulo.

Segundo Brasil (2017, p. 18) “o nível de capacitação do país nestas áreas (tecnológicas) é determinante para estabelecer o patamar a partir do qual serão definidos os objetivos, metas e ações a serem estabelecidas para a formulação e implementação de sua política de manufatura avançada”. A estrutura tecnológica de um país pode ser classificada a partir das suas competências e capacitações em áreas de tecnologia. As competências tecnológicas podem ser diversas, desde as mais baixas tecnologias até tecnologias de alto nível. Todo país possui tecnologias que são consideradas características e mais importantes, portanto os níveis de competências variam de acordo com o país e as tecnologias mais adotadas pelo mesmo. Apesar do Brasil carecer em algumas competências tecnológicas, como impressão 3D e *big data*, consegue recompensar essa falta com outras competências, como *softwares* e plataformas de tecnologia. As competências tecnológicas (especialmente para a manufatura avançada) do Brasil estão representadas no gráfico 4.

Gráfico 4 – Competências tecnológicas do Brasil para a manufatura avançada (%), 2016



Fonte: Brasil (2017)

De acordo com o gráfico 4 pode-se chegar à conclusão que o Brasil possui uma estrutura tecnológica a partir de diversas competências, porém a respeito das tecnologias mais

importantes relacionadas à indústria 4.0, observa-se um nível baixo comparado à outras competências, como a de *softwares*, por exemplo. Isso se justifica, de acordo com Brasil (2017) pois o país não possui um grande interesse em competir com países que já possuem essas competências mais consolidadas e desenvolvidas, e desse modo utilizam as mesmas para a resolução de demandas da manufatura avançada.

Muitas das empresas estrangeiras que possuem unidades no país já estão familiarizadas com as tecnologias da indústria 4.0, e desse modo transmitem o conhecimento que já possuem. Uma questão crucial é a escolha entre importar as tecnologias da indústria 4.0 afim de agilizar o processo de desenvolvimento tecnológico na indústria (como no caso das empresas multinacionais com unidades no Brasil) ou criar seu próprio processo de desenvolvimento tecnológico industrial nacional. Ambas as opções possuem pontos positivos: uma importação de tecnologias dos países líderes resulta em otimização de tempo e custo. Como as tecnologias já foram testadas e aprovadas anteriormente, uma adoção das mesmas seria vantajoso. Por outro lado, um desenvolvimento tecnológico local resultaria em aprimoramento de competências e ganhos de produção locais, apesar de ser mais custoso em seu estágio inicial (IEDI, 2017).

Apesar de enfrentar algumas barreiras que dificultam o desenvolvimento tecnológico, como a falta de mão de obra qualificada, dificuldade na identificação de tecnologias e parceiros e a ausência de financiamento apropriado (FIRJAN, 2019), o país possui competências tecnológicas consolidadas (mesmo com uma carência em alta tecnologia) e competências de manufatura avançada que podem ser aprimoradas a longo prazo. Ademais, se observa também uma melhoria na integração de atores, e desse modo abrindo possibilidades para a melhoria do SNI, através de um sistema de ciência competente por meio da cooperação entre atores públicos e privados, que se mostram com condições satisfatórias para construir políticas, planos e estratégias referentes à indústria 4.0 (BRASIL, 2017).

5.3 Políticas, planos e estratégias de desenvolvimento industrial e tecnológico

Assim como o crescente número de estratégias e incentivos referentes à inovação em âmbito mundial nos últimos anos, se observou da mesma maneira no Brasil um crescente número de políticas de CT&I (Ciência, Tecnologia e Inovação) recentemente. Os financiamentos e investimentos se mostram ponto essencial para o desenvolvimento das atividades propostas pelos atores do SNCTI (Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação). Os principais investimentos em CT&I advém do governo e se mostram

crecentes, e desde o ano de 2000 as taxas de investimento crescem acima da taxa de crescimento econômico no país. (FINEP, 2016). Além do governo, outros atores contribuem para a inserção das empresas no ecossistema de manufatura avançada, por meio de ciência, tecnologia e inovação. O quadro 8 apresenta os principais atores do SNCTI no Brasil (Agentes da Tríplice Hélice).

Quadro 8 – Agentes da Tríplice Hélice

Governo	Academia	Empresariado
MCTIC, MEC, Ministério do Trabalho, MRE, CAPES, CNPq, FINEP, BNDES, EMBRAPII, FAP, INPI, CGEE.	Universidades, ICT, Parques Tecnológicos, Incubadoras de Empresas.	Sistema CNI, SEBRAE, Centrais Sindicais, ABNT, Agências, Entidades Empresariais, Aceleradoras.

Fonte: BRASIL (2017)

Os principais atores que financiam os investimentos em inovação e tecnologia no Brasil são a Finep e o BNDES. Ambos atuam para fomentar CT&I no meio empresarial e universitário, com recursos reembolsáveis e não reembolsáveis. Ademais, existem fundos destinados especificamente para as atividades de CT&I, aplicados pelos principais agentes financeiros: Finep, BNDES e MCTIC. Os fundos que possuem mais destaques são: Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT); Fundo Tecnológico (FUNTEC); Fundo Amazônia e Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (FUNTTEL). (FINEP, 2016) O quadro 9 apresenta a governança dos fundos mais relevantes para o SNCTI.

Quadro 9 – Fundos mais relevantes para o SNCTI, 2016

Fundo	Governança
Fundo Tecnológico (Funtec)	BNDES
Fundo Amazônia	BNDES
Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (Funttel)	MCTIC
Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT)	MCTIC, Finep, Comitês Gestores dos Fundos Setoriais

Fonte: Elaborado pela autora, retirado de FINEP (2016)

Através de políticas de CT&I, criam-se planos e estratégias para diversas áreas de desenvolvimento. Os países criam esses mecanismos para obter resultados mais satisfatórios e estipular prazos e metas para a realização desses processos. Os planos e estratégias de desenvolvimento industrial e tecnológico no Brasil têm como principal objetivo uma inserção

de novas tecnologias e meios de inovação nas empresas nacionais, e conseqüentemente inseri-las em um ambiente que se mostre competitivo e promissor, para que possa ocorrer o desenvolvimento da manufatura avançada no país (BRASIL, 2017).

O Brasil possui uma carência em planos e medidas adotadas exclusivamente para o desenvolvimento da manufatura avançada, comparado com os demais países. Como mostrado no quadro 7, a maior parte dos países que estão na liderança da indústria 4.0 possuem planos estratégicos específicos para o desenvolvimento industrial e tecnológico a fim de aumentar a participação das novas tecnologias nas indústrias nacionais. Existem diversas propostas de iniciativas e estratégias para o desenvolvimento de ciência e tecnologia no Brasil, porém planos específicos e concretos para a manufatura avançada até então não eram encontrados.

O plano mais recente de desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil é o Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil⁶. A Câmara Brasileira da Indústria 4.0 no Brasil foi criada em abril de 2019, a fim de desenvolver um plano de ações e iniciativas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no país. O plano tem duração de 4 anos, e foi criado a partir de uma parceria público-privada. O propósito desse plano é de aumentar a competitividade e a produtividade da economia brasileira frente as demais economias mundiais, melhorar a inserção do Brasil nas cadeias de valor, aumentar o uso das novas tecnologias por PMEs, identificar e desenvolver soluções para a indústria 4.0 em nível nacional, entre outros. Além do financiamento e fomento na inserção de novas empresas pelo governo, nota-se também um empenho da parte do empresariado para o desenvolvimento do plano, a fim de atingir os objetivos mais rapidamente (BRASIL, 2019).

O Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil idealiza inserir as empresas nacionais no ambiente da Indústria 4.0 por meio de diversas iniciativas, divididas em quatro temas: I) Desenvolvimento Tecnológico e Inovação; II) Capital Humano; III) Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de Fornecedores e IV) Regulação, Normalização Técnica e Infraestrutura. (BRASIL, 2019). O quadro 10 apresenta as principais iniciativas criadas no Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil, conforme os quatro temas anteriormente mencionados.

O Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil pode ser considerado o principal plano de desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil, sendo o mais recente e contendo as políticas necessárias para uma maior inserção e difusão das tecnologias da

⁶ Plano complete disponível para acesso online em:
http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/backend/galeria/arquivos/2019/09/17/Camara_I40__Plano_de_AcaoVersao_finalrevisada.pdf

manufatura avançada nacional. Diversas instituições participaram da elaboração do Plano, e serão responsáveis pela elaboração e implementação cada tema apresentado. Não é possível fazer uma avaliação criteriosa do plano até o momento, apesar das expectativas de desenvolvimento das tecnologias no país serem altas (BRASIL, 2019).

Quadro 10 – Principais iniciativas sugeridas pelo Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil

Tema	Principais iniciativas
Desenvolvimento tecnológico e inovação	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar segmentos ou nichos com maior potencial para desenvolvimento tecnológico nacional - Estimular a oferta de recursos financeiros para promover o desenvolvimento tecnológico voltado para a Indústria 4.0 - Estruturar rede de sistemas para o desenvolvimento e demonstração de tecnologias associadas à Indústria 4.0 aplicados a setores priorizados.
Capital humano	<ul style="list-style-type: none"> - Promover a formação e requalificação de professores em competências e habilidades para a economia 4.0 - Promover a qualificação, o aperfeiçoamento e a requalificação de profissionais para a economia 4.0 - Estimular competências e habilidades educacionais para a economia 4.0
Cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores	<ul style="list-style-type: none"> - Fomentar o desenvolvimento de produtos e processos compartilhados entre startups e grandes empresas. - Apoiar a inserção de empresas na Indústria 4.0, em especial as PMEs. - Apoiar programas de desenvolvimento da cadeia de valor da Indústria 4.0
Regulação, normalização técnica e infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> - Promover o estabelecimento e difusão de Regulamentos e Normas Técnicas relacionados à Indústria 4.0 - Estimular a oferta de infraestruturas e ambientes tecnológicos apropriados para suporte da Indústria 4.0 - Promover o uso de instrumentos financeiros que habilitem pequenos provedores a obterem financiamento para construção de redes de acesso

Fonte: Elaborado pela autora, retirado de Brasil (2019)

Um outro exemplo nacional promissor para o desenvolvimento da manufatura avançada são os Institutos SENAI de inovação (ISI), idealizados pela CNI com apoio

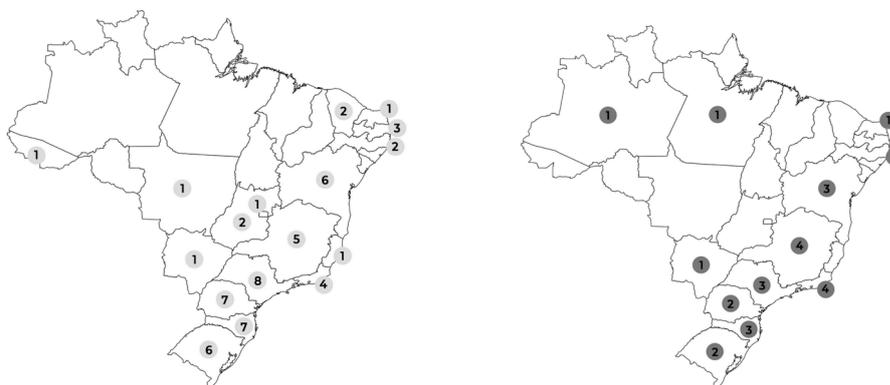
financeiro do BNDES, contendo 26 unidades em diversos estados brasileiros. Os ISI têm como objetivos, de acordo com FIRJAN (2019, p.22)

“apoiar o sistema nacional de inovação através de excelência operacional, sólidas capacidades em P&D e trazer soluções tecnológicas inovadoras, bem como na preparação de uma base econômica sólida e de um quadro tecnológico avançado para a participação nos mercados internacionais de alta tecnologia através das atividades de desenvolvimento e pesquisa, transferência de tecnologia e desenvolvimento de capital humano”

Os ISI são de extrema importância para o desenvolvimento tecnológico nacional pois promovem a integração entre universidades e empresas, visto que ambos atores são bastante diversificados e competentes, podendo criar em conjunto produtos e soluções desde o estágio inicial do processo inovativo até o seu desenvolvimento final (IEDI, 2017; FIRJAN, 2019; INSTITUTOS SENAI DE INOVAÇÃO, 2019).

Além dos ISI, existem os Institutos SENAI de Tecnologia, voltados exclusivamente ao desenvolvimento tecnológico, com o intuito de apoiar o desenvolvimento de indústrias nacionais, de todos os portes. Os IST estão localizados em diversos estados brasileiros e são divididos por temas. Os principais serviços oferecidos pelos IST são: metrologia, certificação, serviços técnicos especializados, e apoio às empresas por meio de transferência de conhecimento e tecnologia. Atualmente, existem 58 unidades de IST espalhadas pelo Brasil, contando as unidades que ainda estão em planejamento e em implementação (MOBILIZAÇÃO EMPRESARIAL PELA EDUCAÇÃO, 2019).

Figura 4 – Unidades de IST e ISI no Brasil, respectivamente, 2019



Fonte: Elaborado pela autora

A figura 4 apresenta as unidades de IST e ISI, divididas por estados. O estado de São Paulo é o estado que mais possui Institutos SENAI, totalizando 11 unidades, seguidamente do estado de Santa Catarina, que contém 10 unidades.

O que se observa é um crescente número de incentivos a CT&I, que são o ponto de partida para o desenvolvimento da manufatura avançada. Os incentivos a CT&I resultam em políticas, estratégias e planos, que são desenvolvidos com apoio dos agentes do SNCTI, que são o governo, academia e empresariado. Esses mecanismos de apoio ao desenvolvimento tecnológico e industrial no país mostram a o nível de parceria que existe no país entre o empresariado e o governo, a fim de obter bons resultados para a manufatura avançada.

O quadro 11 apresenta os principais projetos, planos e estratégias para o desenvolvimento de CT&I no país construídos ao longo das últimas décadas. É importante ressaltar um olhar mais recente para as tecnologias da indústria 4.0, por meio da criação de um plano específico para desenvolvimento do tema, descrito no quadro 10.

Quadro 11 – Principais iniciativas no Brasil para CT&I

Iniciativa	Objetivo principal	Atores responsáveis
Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital)	Detectar desafios e oportunidades e formular estratégias para o desenvolvimento de tecnologias digitais no país	MCTIC/Sociedade civil
Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI)	Orientação estratégica de médio prazo para a implementação de políticas públicas na área de CT&I	MCTIC
Institutos SENAI de Tecnologia e Inovação (IST e ISI)	Apoiar o sistema nacional de inovação por meio de interação entre os agentes e desenvolvimento do empresariado	CNI/BNDES
Lei da Inovação	Incentivar a conexão entre universidade, centros de pesquisa e as empresas	Governo Federal
Plano de IoT	Implementar e desenvolver a Internet das Coisas no país	MCTIC/BNDES/Sociedade civil
Projeto mais TI	Oferecer cursos de introdução à tecnologia da informação, programação, desenvolvimento de competências, conteúdos gamificados.	MCTIC

Fonte: Elaborado pela autora

5.4 Resultados de estudos anteriores

Dois estudos relevantes sobre a indústria 4.0 no Brasil foram realizados pela CNI através de pesquisas feitas com empresas nacionais, de pequeno, médio e grande porte. O primeiro estudo⁷ foi realizado em 2016, e o segundo⁸ em 2017, feito pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em parceria com a Universidade Federal de Campinas (UNICAMP) sob encomenda da CNI. Ambos estudos apresentam resultados significativos para a caracterização da indústria 4.0 no Brasil, sob a ótica do empresariado. Foram realizadas diversas entrevistas a fim de coletar um número significativo de informações para que se pudesse entender a visão do empresariado sobre a Indústria 4.0 no Brasil. O objetivo principal era o de perceber o nível de conhecimento do empresariado sobre a manufatura avançada, a partir de questionamentos sobre as principais novas tecnologias incorporadas na indústria 4.0.

Segundo os estudos realizados pela CNI (2016; 2017), as empresas brasileiras diferem muito em níveis de capacidade produtiva, inovação e tecnologia, inclusive as que fazem parte de uma mesma indústria. Outro fator importante a ser pontuado é o tipo de indústria a ser analisado. Os resultados mostram que a probabilidade de inserção de determinadas tecnologias difere de acordo com o tipo de indústria.

Onze tecnologias principais foram questionadas sobre seu uso, são elas: I) Automação digital sem sensores; II) Automação digital com sensores para controle de processo; III) Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA; IV) Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis; V) Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura de produtos; VI) Manufatura aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D; VII) Simulações/análise de modelos virtuais (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc.) para projeto e comissionamento; VIII) Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (big data); IX) Utilização de serviços em nuvem associados ao produto; X) Incorporação de serviços digitais nos produtos (“Internet das Coisas” ou Product Service Systems); e XI) Projetos de manufatura por computador CAD/CAM⁹ (CNI, 2016).

⁷ Desafios para a indústria 4.0 no Brasil. Disponível para acesso em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/d6/cb/d6cbfbba-4d7e-43a0-9784-86365061a366/desafios_para_industria_40_no_brasil.pdf

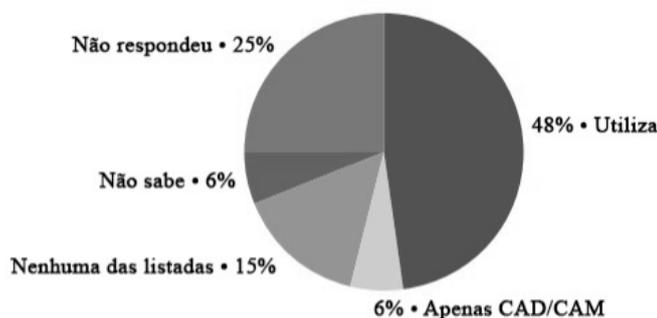
⁸ Projeto Indústria 2027. Disponível para acesso em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-2027/o-projeto/>

⁹ CAD é a abreviação de computer-aided design (Desenho assistido por computador) e CAM é a abreviação de computer-aided manufacturing (Manufatura assistida por computador)

Além do questionamento sobre as tecnologias citadas acima, CNI ainda inseriu as opções “nenhuma das listadas” e “não sabe/não respondeu”, a fim de classificar as empresas que não fazem o uso de nenhuma ou alguma tecnologia digital listada. Ademais, o segundo estudo separou as empresas entrevistadas em 4 gerações, onde a primeira só faz o uso das tecnologias em casos específicos, a segunda usa as tecnologias sem uma integração ou com uma integração parcial, a terceira usa as tecnologias de forma integrada e por fim, a quarta usa as tecnologias de forma integrada, conectada e inteligente, com o uso das tecnologias como comandantes da produção (CNI, 2017).

Em resultados gerais, levando em consideração ambos os estudos, chegou-se a conclusão que existe um baixo conhecimento e uso das tecnologias da indústria 4.0 no Brasil, onde no primeiro estudo, 31% das empresas declararam que não sabem se fazem uso das tecnologias listadas. 48% das empresas declararam que fazem o uso de alguma tecnologia, enquanto 6% fazem o uso apenas das tecnologias CAD/CAM. O Gráfico 5 ilustra os resultados obtidos pelo estudo sobre o uso das tecnologias da indústria 4.0 no Brasil.

Gráfico 5 – Utilização de pelo menos uma das tecnologias listadas



Fonte: Adaptado de CNI (2016)

O estudo 2 mostra as expectativas dos empresários em relação a algumas tecnologias referentes a Indústria 4.0, divergindo expectativas de acordo com o setor da indústria em que as empresas estão inseridas. A respeito do uso de tecnologias 4G no futuro (se tornando dominante em todos os setores), as expectativas do empresariado são altas. 65% acredita que a probabilidade das tecnologias 4G serem dominantes na indústria é alta ou muito alta. No entanto, as expectativas se mostram diferentes para diferentes indústrias. Empresários da Agroindústria são os mais otimistas em relação as tecnologias 4G, onde 70% afirmam que a probabilidade é alta ou muito alta. Logo em seguida está a indústria Automobilística, onde 68% dos empresários também falam sobre a probabilidade alta ou muito alta. Entretanto,

empresários da indústria de bens de consumo se mostram com expectativas um pouco mais baixas, onde 60% acredita na alta ou muito alta probabilidade de uso das tecnologias 4G na indústria (CNI, 2017).

Ainda sobre o uso de tecnologias 4G, o estudo classificou as atividades em que os empresários entrevistados mais esperam que as tecnologias 4G serão utilizadas no futuro. Segundo os empresários, as expectativas de uso das tecnologias 4G mais altas são para o relacionamento com os fornecedores, onde 78% afirmou que a probabilidade do uso dessas tecnologias ocorrer nesse setor é alta ou muito alta. Logo em seguida, se mostra uma alta probabilidade de uso das tecnologias 4G para a relação com os clientes, sendo de 72.3%. Entretanto, no gerenciamento de produção e negócios as expectativas são um pouco mais baixas. 55.5% dos empresários acreditam que a probabilidade do uso de tecnologias 4G no gerenciamento de produção será alta ou muito alta, enquanto 57.9% no gerenciamento de negócios.

A respeito de outras tecnologias digitais, o estudo 1 revelou uma assimetria no uso das mesmas em diferentes setores. O Setor que mais utiliza tecnologias digitais é o de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e outros, onde 61% das empresas utiliza tecnologias digitais, seguidamente do setor de máquinas, aparelhos e materiais elétricos, com 60% das empresas fazendo o uso dessas tecnologias. Os setores que menos utilizam tecnologias digitais são o de vestuário, calçados, minerais não metálicos, produtos farmacêuticos e manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos (CNI, 2016).

Embora os resultados ainda não sejam muito satisfatórios, o estudo 2 revela que as expectativas para uma maior inserção de tecnologias da indústria 4.0 na indústria brasileira são altas. Como no caso das tecnologias 4G, as expectativas dos empresários para as tecnologias digitais também são altas. A expectativa é de que ao menos 1/3 das empresas que não usam as tecnologias da quarta geração consigam alcançá-la no futuro, aumentando significativamente o nível de capacidade das empresas (CNI, 2017).

A conclusão que se chega com ambos os estudos é de que o número de empresas que utilizam tecnologias digitais no Brasil não é muito alto. Muitas empresas desconhecem as novas tecnologias ou não conseguem informar se fazem o seu uso. Apesar de o desconhecimento se mostrar maior em micro e pequenas empresas, totalizando 57%, o estudo 1 revelou que entre as grandes empresas, 32% não identificou alguma das tecnologias principais como importante. Entretanto, o estudo 2 revela que expectativas do empresariado para o futuro da indústria no Brasil são altas, principalmente quando se trata das tecnologias

4G. A maioria dos empresários acredita que até 2027 as tecnologias 4G estarão sendo utilizadas pela indústria brasileira, assim como as demais tecnologias digitais (CNI 2016;2017).

Ao longo do capítulo foi mostrado o as iniciativas dos atores do SNI no Brasil para que mais iniciativas, políticas, planos e estratégias a respeito de Ciência, Tecnologia e Inovação ocorram. O Brasil apresenta potencial para um maior desenvolvimento de CT&I, isso se comprova pela expectativa do empresariado a respeito do uso das tecnologias da indústria 4.0, pela classificação do país pelo sua capacidade de inovação e pelas estratégias criadas recentemente. Apesar de não estar no mesmo patamar que economias mais avançadas, como Alemanha e Coreia do Sul, o Brasil aparenta estar interessado a se inserir cada vez mais no universo tecnológico da manufatura avançada, com a colaboração de atores como MCTIC, BNDES, universidades e instituições.

5.5 Síntese conclusiva

Apresenta-se ao nível em que o Brasil se encontra em questão de ciência, tecnologia e inovação. Foi feita uma comparação entre o Brasil e os demais países nos quesitos relacionados à tecnologia, inovação e indústria. Os *rankings* internacionais apresentam comparações importantes entre o Brasil e outras economias, afim de trazer um melhor entendimento sobre o nível tecnológico do país. O Brasil se encontra na 40º posição global no quesito “capacidade de inovação” segundo dados atualizados do *World Economic Forum* (2018). Ao mesmo tempo, apresenta-se os principais planos estratégicos da indústria 4.0 nas economias líderes, mostrando que desde o lançamento da ideia pelo governo alemão, os demais países avançaram em estratégias próprias de tecnologia e inovação a fim de aumentar suas vantagens competitivas sobre os demais países.

Outra ponto observado, é o pouco investimento em P&D em relação ao PIB no Brasil, comparado com outras economias. Desse investimento, a maioria advém do governo, contrariamente a maiorias dos demais países mencionados, que recebem maior investimento privado em vez de público. (BRASIL, 2018). Apesar da maior parte do investimento em P&D no país ser feito pelo governo, o empresariado também possui uma participação em investimentos em P&D, sendo a grande maioria deles feitos na indústria de transformação, e nos setores de máquinas e equipamentos, seguidamente dos setores de químicos, veículos e automotores (CNI, 2019).

Ademais, apresentou-se uma revisão do histórico da participação da indústria no PIB no país, chegando a conclusão que o nível de participação decaiu ao longo dos anos, com uma leve recuperação recente. A indústria brasileira se mostra bastante diversificada, e cada setor possui um diferente nível tecnológico. A grande maioria das empresas brasileiras são micro e pequenas empresas, seguidamente por empresas de médio porte. Empresas de grande porte atualmente representam um número muito pequeno em comparação as outras empresas (CNI, 2019).

Apesar do Brasil possuir competências tecnológicas (principalmente no caso de softwares e plataformas digitais), carece no sentido de tecnologias mais avançadas, caso da indústria 4.0. Segundo Brasil (2017) o país não possui um grande interesse em competir com economias mais avançadas em algumas tecnologias, solucionando a questão com a importação dessas tecnologias, facilitando a utilização das mesmas e ao mesmo tempo consolida as competências que já possui, como no caso mais relevante, a competência tecnológica em *softwares*. As competências tecnológicas são desenvolvidas e implementadas por diversos atores, que no caso de inovação e tecnologia a sua integração forma o SNI. Outro ponto importante de mencionar é melhoria na integração dos atores do SNI no Brasil, desse modo facilitando a transferência de conhecimento, cooperação e criação no país. Para que isso ocorra, diversas medidas devem ser tomadas, como planos, estratégias, políticas, etc.

O Brasil possui diversos planos, estratégias e políticas de CT&I, e se observa um crescente número de iniciativas nesse sentido ao longo dos últimos anos. Os principais investimentos em políticas de CT&I são feitos pelo BNDES e pelo FINEP, ambos do ator governo, e também são crescentes. O país possui atores que se integram para formular planos e estratégias, chamados de Tríplice Hélice. (FINEP, 2016). Os planos e estratégias têm como principal objetivo no Brasil a inserção de novas tecnologias e meios de inovação nas empresas nacionais, visando um aumento na competitividade e aceleração no processo de desenvolvimento tecnológico (BRASIL, 2017).

Apesar de possuir iniciativas à inovação e tecnologia, como planos e estratégias, o Brasil carecia de um plano específico para a manufatura avançada, comparando com outros planos que foram postos em prática em diversos países desde o lançamento do plano alemão em 2011. No ano de 2019 foi lançado no Brasil o “Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0”, que segundo o governo federal ajudará o país na questão da manufatura avançada, pois é um plano específico para a indústria 4.0, elaborado por diferentes atores, públicos e privados, com o objetivo principal de inserir as empresas brasileiras no ambiente da indústria 4.0 através de diversas iniciativas. O plano foi dividido por quatro principais

temas: I) Desenvolvimento Tecnológico e Inovação; II) Capital Humano; III) Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de Fornecedores e IV) Regulação, Normalização Técnica e Infraestrutura. Para cada tema foram elaboradas diversas iniciativas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil (BRASIL, 2019).

Outras iniciativas promissoras foram criadas, como os Institutos SENAI de Inovação e Tecnologia (ISI e IST), que se mostram bastante eficientes e comprometidos com o desenvolvimento tecnológico e inovativo do país, por meio de transferência de conhecimento e apoio do desenvolvimento das indústrias nacionais e do sistema nacional de inovação, trabalhando com soluções tecnológicas, P&D e diversos outros serviços. Os ISI e IST estão distribuídos pelo Brasil, totalizando 58 unidades de IST e 26 de ISI. O estado que possui mais unidades de IST e ISI é o de São Paulo, seguidamente do estado de Santa Catarina (FIRJAN, 2019).

Para nível de maior compreensão da manufatura avançada no Brasil, CNI (2016;2017) elaborou dois estudos que mostram o nível de compreensão da indústria 4.0 sob a ótica do empresariado, por meio de entrevistas com diversas empresas, de todos os portes. Os estudos mostram resultados não muito satisfatórios, como um grande desconhecimento das tecnologias da indústria 4.0 pelas empresas de pequeno porte. As demais empresas, apesar de possuírem um maior conhecimento sobre as tecnologias, não fazem o uso de forma expressiva, sendo a maioria destinada às tecnologias de CAD/CAM. Os estudos revelam que apesar de o Brasil não possuir um alto nível de compreensão e adesão das empresas à Indústria 4.0, as expectativas para o futuro são boas, no geral. As expectativas variam de acordo com cada indústria, assim como a adesão das tecnologias.

Portanto, o que se pode concluir dos estudos realizados pela CNI (2016;2017) é que o país ainda se mostra frágil em relação a indústria 4.0, com um baixo nível de compreensão e adesão do empresariado. Entretanto, as expectativas para o futuro são boas e iniciativas estão sendo tomadas para acelerar o desenvolvimento de CT&I no Brasil, e desse modo melhorar as condições das empresas e apoiar-las para que possam construir, aos poucos, um caminho para a manufatura avançada.

A partir das informações obtidas nesse capítulo sobre a indústria 4.0 no Brasil, tem-se a oportunidade de aprofundar as questões da manufatura avançada em níveis estaduais. Desse modo, o capítulo seguinte busca averiguar o desempenho da indústria 4.0 no estado de Santa Catarina, conforme os resultados mostrados pela CNI e relatórios do governo federal, a fim de ser um meio de comparação e de investigação sobre a situação de Santa Catarina frente a esse novo paradigma.

6 A INDÚSTRIA 4.0 EM SANTA CATARINA: VISÃO DAS INSTITUIÇÕES EMPRESARIAIS E DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

6.1 A indústria em Santa Catarina

O estado de Santa Catarina é bastante diversificado em indústrias. Apesar de ser um estado relativamente pequeno em território e população, possui um parque industrial dinâmico e de destaque no Brasil, sendo o 5º maior do país. Santa Catarina é dividida em seis mesorregiões (Grande Florianópolis, Vale do Itajaí, Norte, Oeste, Serrana e Sul), onde cada uma delas possui suas próprias indústrias características, que em conjunto levam o estado a um alto patamar a nível nacional (FIESC, 2019).

Ainda segundo FIESC (2019) Santa Catarina possui em sua grande maioria micro e pequenas empresas, totalizando 97,9%. As grandes empresas representam apenas 0,3% do total. As indústrias estão distribuídas pelo estado, de acordo com a mesorregião que estão inseridas. A figura 5 ilustra o estado de Santa Catarina, dividido pelas mesorregiões e as suas respectivas indústrias.

Figura 5 - Mesorregiões e indústrias em Santa Catarina, 2019



Fonte: FIESC (2019)

6.2 Instituições de ciência e tecnologia

As instituições empresariais e de ciência, tecnologia e inovação são peças fundamentais na estrutura do desenvolvimento de novas tecnologias, sendo uma base para os demais processos. Podem ter caráter público ou privado, sendo fundações, universidades, institutos, associações, federações, centros, etc.

Santa Catarina possui diversas instituições de ciência, tecnologia e inovação, públicas e privadas, que contribuem para o desenvolvimento de novas tecnologias no estado, em destaque no campo de ciência, sendo as principais: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), Universidade Regional de Blumenau (FURB), Universidade Federal da Fronteira sul (UFFS), Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), dentre outras. Muitas possuem suas sedes na mesorregião da grande Florianópolis, por ser o principal centro de tecnologia do estado. Entretanto, todas as mesorregiões de Santa Catarina apresentam contribuições em ciência e tecnologia, de acordo com suas economias.

6.3 Roteiro de perguntas e resultados obtidos

Seguindo a linha de perguntas feitas por diversos estudos internacionais e nacionais sobre a visão do empresariado a respeito da indústria 4.0 em seus respectivos países e regiões, elaborou-se um roteiro de perguntas direcionado a diferentes representantes de instituições empresariais, de ciência e tecnologia no estado de Santa Catarina, a fim de captar a visão dos mesmos sobre a indústria 4.0, especialmente no estado catarinense. O roteiro de perguntas foi dividido em seis blocos, que são: I) Nível de compreensão; II) Trabalhadores e trabalho; III) Obstáculos; IV) Benefícios; V) Adesão e VI) Políticas. O roteiro de perguntas está no Apêndice A.

O objetivo principal do roteiro elaborado é analisar a percepção das diferentes instituições empresariais e de ciência e tecnologia em Santa Catarina, procurando saber se há concordância, dúvidas e conhecimento suficiente entre as mesmas sobre a indústria 4.0 no estado. Obteve-se as respostas através de representantes das principais instituições, públicas e privadas do estado. A identidade dos respondentes foi transformada em números (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) para que dessa forma mantenha-se sigilo e preservação dos mesmos.

6.3.1 Nível de compreensão

O bloco de perguntas sobre o nível de compreensão teve como objetivo principal analisar como os representantes das ICTs catarinenses conceituam a indústria 4.0, de modo a saber qual o nível de conhecimento dos mesmos e das empresas catarinenses sobre a manufatura avançada. Foram feitas três perguntas. Primeiramente foi perguntado o significado da indústria 4.0 para os respondentes, em seguida o nível de conhecimento das empresas catarinenses sobre a indústria 4.0, os três segmentos que consideram os mais presentes no estado de Santa Catarina, e por fim, três tecnologias habilitadoras que consideram necessárias para o estado.

A primeira pergunta, sobre a conceituação da indústria 4.0 segundo os respondentes apresentou em suas respostas uma convergência de ideias, onde a base da grande maioria (85,71%) relacionou a indústria 4.0 à um novo modelo/transformação da manufatura, fundamentado por novas tecnologias habilitadoras e soluções de modo a aumentar a competitividade das indústrias, que se tornarão mais ágeis, competitivas e adaptáveis. Tais respostas estão em concordância com a conceituação de Balasingham (2016), que cita o aumento da competitividade e criação de vantagens competitivas através de uma produção de alta qualidade, rapidez e flexibilidade. O respondente 7 afirma que “[...] é uma grande oportunidade das indústrias se tornarem mais competitivas, por meio da aplicação de tecnologias digitais que apoiam a tomada de decisão ágil e assertiva baseada em dados, bem como possibilitam a rápida adaptação”, desse modo evidenciando a convergência de ideias sobre a conceituação da indústria 4.0.

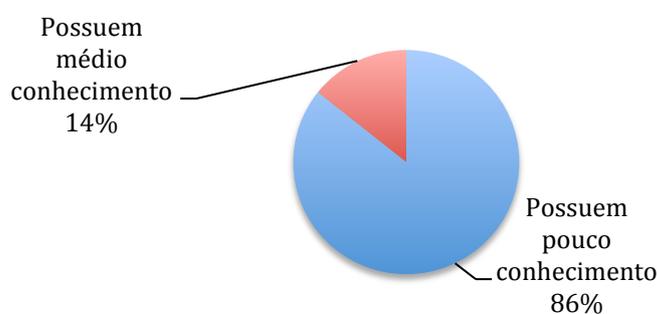
Figura 6 – Principais definições sobre a Indústria 4.0 apresentadas pelos respondentes, 2019



Fonte: Elaborado pela autora

A respeito do nível de conhecimento das empresas catarinenses sobre a indústria 4.0, quatro opções foram apresentadas: I) As empresas catarinenses não possuem nenhum conhecimento; II) As empresas catarinenses possuem pouco conhecimento; III) As empresas catarinenses possuem médio conhecimento e IV) As empresas catarinenses possuem alto conhecimento. A grande maioria (aproximadamente 86%) dos respondentes escolheu a opção (II), alegando que as empresas catarinenses possuem pouco conhecimento à respeito da indústria 4.0. Apenas um respondente (representando cerca de 14%) avaliou a opção (III) como correta. A opção (I) e (IV) não obtiveram nenhuma resposta.

Gráfico 6 – Nível de conhecimento das empresas catarinenses sobre à indústria 4.0 de acordo com a visão dos respondentes, 2019



Fonte: Elaborado pela autora

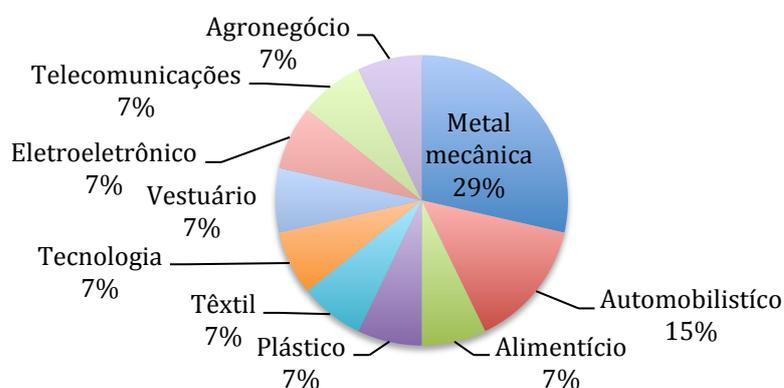
Os resultados dessa questão se mostram em concordância com os apresentados no estudo feito pela CNI (2016), onde chegou-se a conclusão que as empresas nacionais possuem, em geral, um baixo conhecimento sobre as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0. Desse modo, confirma-se que Santa Catarina segue o padrão nacional, onde as empresas não possuem o conhecimento desejado sobre a indústria 4.0.

A terceira pergunta do primeiro bloco de perguntas teve como objetivo classificar os segmentos das indústrias de Santa Catarina que mais utilizam as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0. Segmentos de todas as mesorregiões foram mencionados, obtendo-se respostas variadas. Entretanto, o setor mais mencionado foi o de metal mecânica (29%), concluindo que é o setor onde as tecnologias da indústria 4.0 se mostram mais presentes. O segundo setor mais mencionado foi automobilístico, porém em menor nível. As demais respostas se encontraram bastante variadas.

Paralelamente ao estudo feito pela CNI (2016), que apresentou como o setor que mais faz uso de tecnologias digitais sendo o de equipamento de informática e produtos eletrônicos,

a pesquisa feita no estado de Santa Catarina revelou que o setor que mais faz uso no estado é o de metal mecânica, seguidamente do automobilístico (15%). O setor de informática e produtos eletrônicos foi citado apenas por um respondente na pesquisa realizada. Setores que menos utilizam as tecnologias digitais segundo o estudo feito pela CNI também foram mencionados no caso de Santa Catarina, porém com contrariedade. É o caso do setor de vestuário, por exemplo. Para o setor automobilístico, o estudo realizado pela CNI apresentou grandes expectativas dos empresários para o uso de tecnologias digitais no futuro, em concordância com o caso de Santa Catarina.

Gráfico 7 – Setores onde as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 se mostram mais presentes segundo os representantes, 2019



Fonte: Elaborado pela autora

A última pergunta do bloco I foi a respeito das tecnologias que são consideradas essenciais para o desenvolvimento da indústria 4.0 em Santa Catarina, porém ainda não alcançaram o nível desejado em certo modo. Essa questão teve como objetivo compreender a visão dos respondentes sobre a importância das tecnologias para o estado. Foi pedido para mencionarem três tecnologias habilitadoras.

Nessa questão, obteve-se uma convergência nas respostas, onde a primeira e a segunda tecnologia consistem em IoT (aproximadamente 86%) e *Big Data* (57,14%). As demais respostas consistiram em Sistemas ciber físicos, Inteligência artificial, Ciber segurança, Digitalização e Rastreabilidade.

As tecnologias que obtiveram o maior número de menções (IoT e *Big Data*) estão entre as nove tecnologias principais, segundo IEDI (2017) que sustentam o novo paradigma tecnológico da indústria 4.0. A IoT ainda não alcançou o nível desejado no estado, porém é

muito citada por ser uma das tecnologias mais vistas recentemente na vida cotidiana. Isso se dá pelo barateamento dos custos de sensores e miniaturização de componentes eletrônicos (IEDI, 2017). A respeito da *Big Data*, que se mostra outra tecnologia de extrema importância, pois caracteriza-se pelo volume crescente de dados e a alta velocidade nesse processamento, fator essencial para se obter informações relevantes sobre qualquer coisa (MAGRANI, 2018).

Quadro 12 - Três principais tecnologias essenciais para o desenvolvimento da indústria 4.0 em Santa Catarina ainda sem o nível desejado, 2019

Ordem de importância	Tecnologia
1	IoT
2	Big Data
3	Sistemas Cíber Físicos

Fonte: Elaborado pela autora

6.3.2 Trabalhadores e trabalho

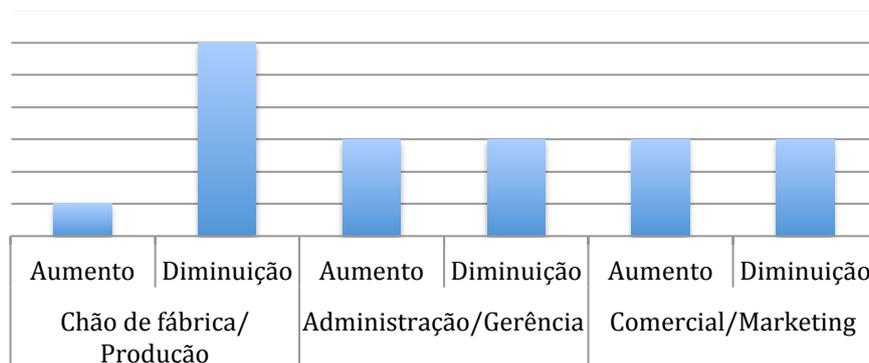
A questão do trabalho é bastante discutida quando se trata da indústria 4.0. Existem opiniões diversas sobre essa questão, críticas e expectativas. Há uma preocupação com o número de trabalhadores e o impacto que isso faria socialmente. A indústria do futuro ainda é incerta em diversos fatores, e o fator do trabalho é um deles, pois afeta diretamente a vida dos trabalhadores. O objetivo do bloco II de perguntas (Trabalhadores e trabalho) foi captar os impactos nos setores de trabalho, assim como compreender a visão dos respondentes sobre a preparação dos trabalhadores para a indústria 4.0 por meio das universidades e empresas.

A primeira pergunta do bloco II foi direcionada à questão do número de trabalhadores na indústria do futuro. Foram selecionados três setores: I) Chão de fábrica/Produção; II) Administração/Gerência; e III) Comercial/Marketing. Os respondentes deveriam dizer, em suas visões, se ocorreria um aumento ou uma diminuição no número dos trabalhadores para cada setor. Em geral, a maioria das respostas indicou uma diminuição no número de trabalhadores com a implementação das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0. Entretanto, as respostas divergiram a respeito do aumento e diminuição nos diferentes setores. No setor chão de fábrica/produção, a maioria dos respondentes (cerca de 86%) acreditam que ocorrerá uma diminuição. Entretanto, os demais setores (Administração/Gerência e Comercial/Marketing) obtiveram o mesmo número de respostas para aumento e diminuição. (50% cada).

Em concordância com Deloitte Ag (2014), onde afirma que habilidades de alto nível serão cada vez mais requisitadas pelas empresas, sendo evidenciado uma diminuição de

trabalhadores no setor de chão de fábrica e produção, pois serão muito provavelmente substituídos por máquinas. Ainda segundo Deloitte Ag (2014), a questão dos trabalhadores nos demais setores ainda se mostra incerto, alinhando-se as respostas obtidas pelos representantes de instituições empresariais de ciência e de tecnologia em Santa Catarina, onde ocorreu uma discordância de ideias quanto a esse tema.

Gráfico 8 – Impacto nos trabalhadores por setores em Santa Catarina segundo os respondentes, 2019



Fonte: Elaborado pela autora

Uma outra questão que merece destaque é a das profissões que mais serão requisitadas no futuro, as chamadas “profissões do futuro”. A segunda pergunta do bloco II se preocupou em captar quais as três profissões que os respondentes acreditam que serão as profissões do futuro no estado de Santa Catarina. As respostas não apresentaram muita variação, onde a profissão “Analista/Cientista de dados” foi a mais citada (cerca de 86%). Em segundo lugar foi mencionada a profissão “Engenheiro de produção/automação” (aproximadamente 43%), e a terceira “Operador 4.0” (28,5%)

As profissões mais citadas requerem habilidades técnicas de alto nível, concordando com Deloitte Ag (2014) que afirma que a digitalização aumenta a importância dessas habilidades, principalmente no caso de atividades de operação, processos de produção mecânicos e logística. Desse modo, mostrando um grande desafio para os empregados a adaptação a o novo sistema.

Quadro 13 – Profissões do futuro em Santa Catarina de acordo com os representantes das instituições empresariais e de ciência e tecnologia, 2019

Colocação	Profissão
1º	Analista/Cientista de dados
2º	Engenheiro de produção/ automação
3º	Operador 4.0

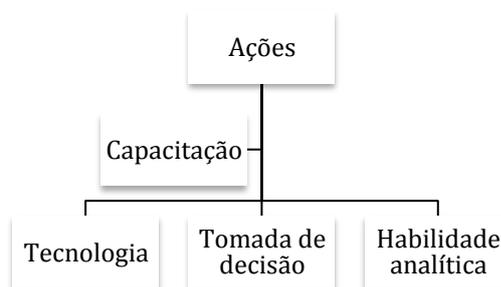
Fonte: Elaborado pela autora

A preparação de estudantes de universidades e cursos técnicos, assim como de funcionários de empresas para o novo paradigma tecnológico industrial é outro ponto que é bastante discutido. O sucesso da indústria 4.0 dependerá não somente das tecnologias habilitadoras da mesma, mas também de pessoas qualificadas e eficientes para conduzir as operações necessárias. Desse modo, foi perguntado aos representantes se as instituições de ensino estão em condições de preparo de seus alunos e se as empresas praticam ações para uma melhor preparação de seus funcionários para a manufatura avançada.

A respeito das condições das instituições de ensino, as respostas convergiram para o negativo, onde o argumento principal foi o de que as instituições de ensino não possuem competências para preparar profissionais para a indústria 4.0, uma vez que o sistema brasileiro de educação não sofreu as inovações necessárias, continuando com o modelo de educação tradicional em sala de aula, com poucas atividades práticas e visitas de campo, pontos essenciais para um maior preparo dos alunos para a indústria do futuro. Além disso, os respondentes citam a falta de profissionais qualificados e a falta de infraestrutura para P&D.

Ainda a respeito das condições das instituições de ensino, o respondente 6 afirmou que “[...] a formação promovida atualmente possa estar mais próxima do necessário pela indústria que esteja em estágios menos maduros. Contudo, penso ser necessário rever o modelo de ensino superior pois a agregação de disciplinas de forma fixa para promover um título de graduação tende a não servir mais”

Figura 7 – Principal ação tomada pelas empresas para o preparo para a indústria 4.0, 2019



Fonte: Elaborado pela autora

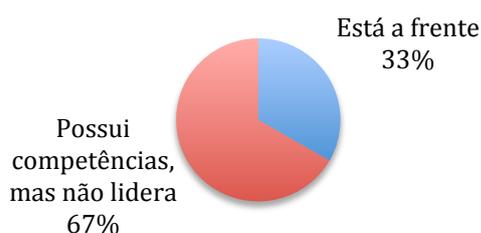
A questão das ações promovidas pelas empresas para preparar os funcionários para a indústria 4.0 obteve diferentes respostas. Apesar da diversidade das respostas, uma ação mencionada em concordância foi a capacitação dos funcionários (57%) para as novas tecnologias, tomada de decisões e desenvolvimento de habilidades analíticas.

6.3.3 Obstáculos

Por ser um novo paradigma tecnológico industrial, é esperado que existam obstáculos a serem superados, de modo que se possa facilitar a implementação das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 em Santa Catarina. A primeira questão do bloco III buscou averiguar qual o principal problema no estado para a implementação da indústria 4.0. As respostas dessa pergunta foram similares, resultando em uma concordância que o principal problema é o desconhecimento por parte dos gestores/tomadores de decisões acerca da indústria 4.0. Outros problemas mencionados foram a falta de profissionais qualificados para fazer a gestão do novo paradigma e a falta de financiamento para a implementação das tecnologias habilitadoras.

Nesse sentido, observa-se novamente um alinhamento com o estudo feito pela CNI (2016) que revela o grande desconhecimento das empresas quanto à indústria 4.0. Conseqüentemente, seus gestores e operadores também desconhecem a questão e a forma de operá-la. O respondente 5 ainda adiciona que “falta de convencimento pelos gestores/decisores de que a indústria 4.0 não é uma opção, mas sim, uma necessidade para que sejam competitivos ao mercado do futuro”

Gráfico 9 – Situação de Santa Catarina em comparação aos demais estados quanto à indústria 4.0, 2019

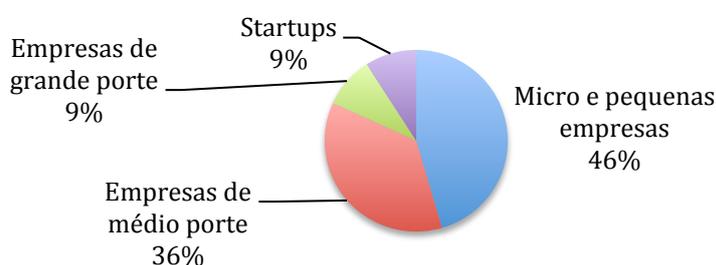


Fonte: Elaborado pela autora

No tocante à uma comparação com os demais estados, três opções foram apresentadas: I) Santa Catarina está a frente dos demais estados; II) Santa Catarina possui competências da indústria 4.0, porém não lidera dentre os estados brasileiros e III) Santa Catarina está relativamente atrasado em relação a outros estados brasileiros. A maioria dos respondentes (cerca de 67%) escolheram a opção (II), embora a opção (I) também tenha sido citada (33%). A opção (III) não foi escolhida.

A respeito do tempo de implementação das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 no estado de Santa Catarina, procurou-se analisar em que tipo de empresas o processo de implementação se mostra mais lento. As opções dadas foram: I) Micro e pequenas empresas; II) Empresas de médio porte; III) Empresas de grande porte e IV) Startups. A implementação se mostra mais lenta em micro e pequenas empresas (46%), seguidamente por empresas de médio porte (36%). Um único respondente mencionou que o processo é lento em todos os tipos de empresa, incluindo startups e empresas de grande porte.

Gráfico 10 – Empresas com processo mais lento de implementação das tecnologias da indústria 4.0, 2019



Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com o estudo feito por PWC (2014) a necessidade de altos investimentos é considerada um problema para a indústria 4.0, principalmente em micro e pequenas empresas. Empresas de grande porte e alto potencial tecnológico possuem um maior nível de capital, e desse modo conseguem incorporar as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 com maior facilidade. No caso de Santa Catarina, a grande maioria das empresas é de micro ou pequeno porte, comprovando a necessidade de altos investimentos como sendo uma das explicações para a lentidão no processo de implementação, assim como o desconhecimento sobre a indústria 4.0.

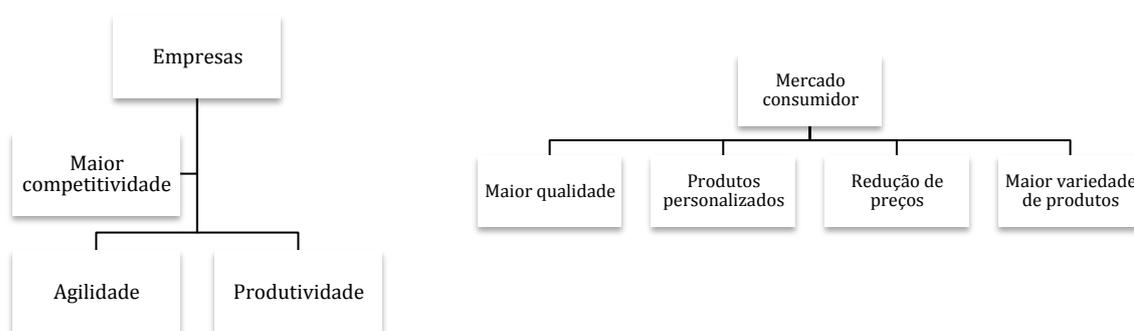
6.3.4 Benefícios

O bloco IV de perguntas se refere aos prováveis benefícios adquiridos pelo estado de Santa Catarina com uma maior adesão à indústria 4.0. Os benefícios são esperados tanto para empresas quanto para o mercado consumidor. A respeito dos benefícios para as empresas, os respondentes afirmaram que esperam um aumento da competitividade em geral, se tornando mais ágeis e produtivas. O respondente 1 afirma que uma adesão das empresas catarinenses à indústria 4.0 aumentaria a competitividade do estado pois “[...] levará as empresas à uma

"produção guiada pela informação". Este modelo é de enxugamento de perdas e consequentemente aumento de competitividade”.

Quanto ao mercado consumidor, todos os respondentes afirmaram que existirá benefícios. O que mais se sobressaiu nas respostas foi uma maior qualidade e personalização de produtos. Além disso, foram mencionados redução de preços e maior variedade de produtos. O respondente 6 reafirma essa ideia dizendo que “para o consumidor, os benefícios podem se traduzir em inovações em produtos, serviços, menores preços e maior diversidade competitiva

Figuras 8 e 9 – Benefícios para as empresas e para o mercado consumidor segundo os respondentes, 2019



Fonte: Elaborado pela autora

Por fim, elaborou-se 8 motivos para a implementação da indústria 4.0 no em Santa Catarina, e pediu-se aos respondentes ordenar os 5 principais, em suas opiniões, por ordem de importância para o estado. São eles: I) Aumento da eficiência interna ; II) Transparência nos processos; III) Redução de custos; IV) Vantagem competitiva/produtos modernos; V) Aumento de qualidade; VI) Novos modelos de negócios e aumento de vendas; VII) Aumento da produção individualizada e VIII) Diminuir o tempo de desenvolvimento.

Ambos (III) e (VI) foram os mais mencionados, seguidamente por (I). Segundo Ministry of Education and Research (2016) e Deloitte Ag (2014) a oportunidade que mais se destaca é atingir um maior nível de produtividade e adaptação, que consequentemente resulta em uma redução de custos e uma produção mais eficiente. Nesse sentido, os dois motivos mais citados como principais no estudo de caso confirmam a concordância de ideias quanto à essa questão pelos representantes em Santa Catarina e estudos mundiais, comprovando a

compreensão das instituições sobre os benefícios e oportunidades no estado e no mundo.

Quadro 14 – Motivos que revelam a importância da adesão de Santa Catarina à Indústria 4.0 de acordo com os respondentes, 2019

Ordem de importância	Motivo
1	Redução de custos Novos modelos de negócios e aumento de vendas
2	Aumento da eficiência interna
3	Diminuição de tempo Transparência nos processos
4	Aumento de qualidade Vantagens competitivas e produtos modernos
5	Aumento da produção individualizada

Fonte: Elaborado pela autora

6.3.5 Adesão

O penúltimo bloco de perguntas é de suma importância pois se concentra em questões sobre o nível de adesão das empresas catarinenses à indústria 4.0, medido pelas tecnologias que estão em processo de implementação e as que já são utilizadas, assim como o quão bem sucedida é a indústria 4.0 no estado catarinense e as expectativas para os próximos anos.

Foi dada uma lista de tecnologias-chave habilitadoras da indústria 4.0, que são: I) Sistemas ciber-físicos; II) *Big Data*; III) Computação em nuvem; IV) Ios/IoT; V) Inteligência artificial; e VI) Realidade aumentada. A partir das tecnologias citadas, foi perguntado se alguma delas já estava em processo de implementação nas indústrias catarinenses, e grande parte (cerca de 57%) dos respondentes respondeu que todas se encontram em processo de implementação. Seguindo com as tecnologias citadas, foi pedido para os respondentes citarem as três tecnologias que eles consideram mais utilizadas em Santa Catarina. Ambas tecnologias IoT e Big Data obtiveram o mesmo número de menções (cerca de 72%), sendo a terceira a computação em nuvem. (57% aproximadamente)

Em comparação ao nível nacional, onde o estudo feito pela CNI (2016) revelou que das tecnologias listadas 31% dos empresários não fazem o uso, o estado de Santa Catarina se mostra avançado nessa questão, pois todos os respondentes afirmaram que todas as tecnologias estão em processo de implementação. Em relação ao uso, o estudo realizado pela CNI afirma que apenas 4% faz uso de IoT, 27% de Big data e 6% de Computação em nuvem. Comparando-se a pesquisa de campo em Santa Catarina, comprova-se que as tecnologias digitais citadas são mais utilizadas no estado catarinense em comparação nacional, apesar das empresas em nível nacional também utilizarem tais tecnologias, mesmo que em menor grau.

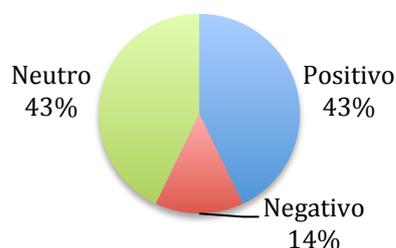
Figura 10 – Tecnologias mais utilizadas pelas empresas catarinenses segundo as instituições empresariais e de ciência e tecnologia, 2019



Fonte: Elaborado pela autora

A respeito do sucesso da indústria 4.0 no estado, foi perguntado o quão bem sucedida está sendo a implementação das tecnologias habilitadoras no estado até o momento. Foram dadas três opções: I) Positivo (Acima das expectativas/atende as expectativas); II) Negativo (Abaixo das expectativas); e III) Neutro (Não sou capaz de julgar). As respostas variaram entre (I) e (III), onde apenas um representante alegou estar abaixo das expectativas.

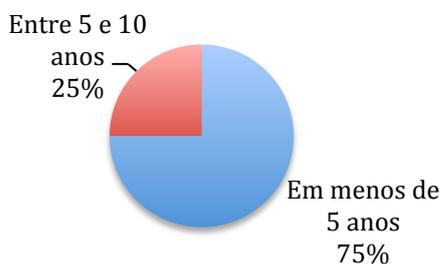
Gráfico 11 – Posicionamento da Indústria 4.0 até o momento em SC segundo os respondentes, 2019



Fonte: Elaborado pela autora

Por ser uma questão recente, é importante mencionar que existem incertezas quanto a indústria 4.0 em Santa Catarina. Outro fator é o desconhecimento, que é relativamente alto nessa pergunta, onde 43% dos respondentes não soube julgar o quão bem sucedida está a indústria 4.0. Os mesmos 43% julgaram estar acima das expectativas, mostrando que o estado possui potencial quanto à manufatura avançada, que já se faz presente. Apesar das incertezas, é importante ressaltar que apenas um representante avaliou como negativo, estando abaixo das expectativas, e explicações para essa resposta podem ser uma comparação a outros estados nacionais, por exemplo, ou um descontento com as empresas que possui conhecimento, e desse modo não possuindo altas expectativas no estado.

Gráfico 12 – Expectativas para a implementação da indústria 4.0 em até 5 anos



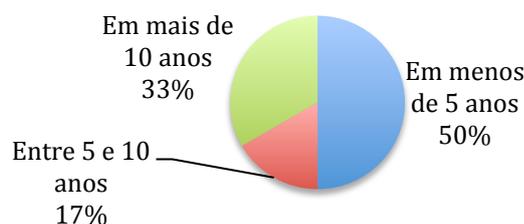
Fonte: Elaborado pela autora

Outra questão importante de analisar são as expectativas para o futuro a respeito da manufatura avançada. Foram feitas duas perguntas a respeito das expectativas quanto à implementação da indústria 4.0 no futuro. A primeira pergunta se concentrou em saber as quais as expectativas dos respondentes para a implementação da indústria 4.0 em até 5 anos. 3 opções foram apresentadas: I) Alta expectativa (a maioria das empresas representadas usará pelo menos uma tecnologia da indústria 4.0); II) Expectativa média (algumas empresas usarão, mas ainda será algo desconhecido entre as empresas); e III) Baixa expectativa (a maioria das empresas não usará tecnologias da indústria 4.0 em até 5 anos). As respostas foram em geral positivas, onde a opção (I) se sobressaiu (75%). Nenhum respondente afirmou ter expectativa baixa.

As altas expectativas podem ser justificadas ao grande potencial tecnológico existente no país e capacidade de inovação, onde segundo WEF (2019) o Brasil lidera esse pilar na América do Sul e encontra-se em uma posição satisfatória no ranking de competitividade global nesse sentido. Ademais, os planos recentes como o da Câmara da Indústria 4.0 revelam uma grande motivação por parte das instituições empresariais, de ciência, tecnologia e inovação, governo e empresariado para a construção de um planejamento estratégico no país, comprovando as altas expectativas por parte do empresariado.

Ainda sobre expectativas sobre o futuro, foi perguntado em quantos anos os representantes acreditavam que as empresas catarinenses estariam prontas para uma inserção na indústria 4.0. Três opções foram apresentadas: I) Em menos de 5 anos; II) Entre 5 e 10 anos; e III) Em mais de 10 anos. Todas as opções foram escolhidas, apesar da opção (I) possuir o maior número de escolhas (50%). A plano da Câmara da Indústria 4.0, por exemplo, tem uma duração de 4 anos, evidenciando que tais expectativas estão de acordo com o nível nacional (BRASIL, 2019).

Gráfico 13 – Tempo de preparo das empresas para a indústria 4.0 no estado de Santa Catarina, 2019



Fonte: Elaborado pela autora

Paralelamente, comparando com o estudo feito pela CNI (2017) percebe-se que as expectativas para a inserção de tecnologias 4G no futuro são positivas no geral, apesar de variarem de acordo com cada indústria. As expectativas mais positivas são para a agroindústria, seguidamente da indústria automobilística. A pesquisa de campo sobre Santa Catarina mostra que existem expectativas positivas para os próximos anos, porém existe uma discordância de ideias, variando entre as opções extremas (menos de 5 anos e mais de 10 anos). Isso evidencia uma grande incerteza sobre o futuro da indústria 4.0 no estado.

6.3.6 Políticas

Finalmente, o último bloco de perguntas dedicou-se ao nível de compreensão e importância dos representantes das ICTs sobre políticas voltadas à indústria 4.0 no Brasil e em Santa Catarina. As políticas de desenvolvimento da indústria 4.0 são um forte canal para a inserção das tecnologias habilitadoras, pois é por meio delas que ocorre a facilitação do acesso às tecnologias, através de diversas ações, como financiamento, apoio às instituições, leis, programas e estratégias de desenvolvimento, regulações, etc.

A primeira pergunta do bloco de políticas abordou sete pontos importantes que devem ser levados em conta para a elaboração de um programa para a indústria do futuro. São eles: I) Governança; II) Internacionalização; III) Redes Laboratoriais; IV) Recursos Humanos; V) Regulação; VI) Infraestrutura; e VII) Financiamento. Foi pedido para os respondentes ordenarem os sete pontos, em suas visões, por ordem de importância. As respostas foram variadas, mostrando uma divergência de entendimento sobre a questão. Entretanto, foi feita uma compilação dos dados, chegando à uma ordem de importância.

Quadro 15 – Principais pontos considerados essenciais para a elaboração de um programa para a Indústria 4.0 no estado de Santa Catarina, 2019

Ordem de importância	Ponto
1º	Recursos Humanos
2º	Governança
3º	Infraestrutura
4º	Financiamento
5º	Redes Laboratoriais
6º	Internacionalização
7º	Regulação

Fonte: Elaborado pela autora

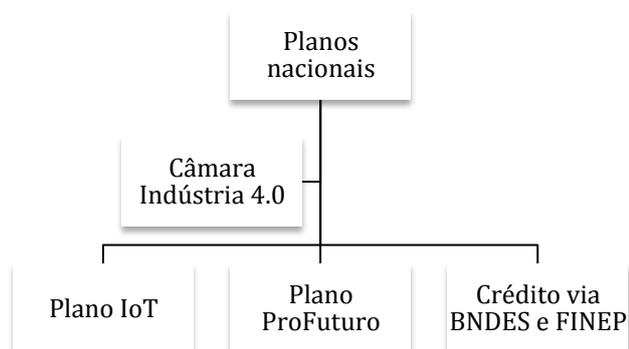
A respeito de Recursos Humanos ser o principal ponto a ser levado em conta na elaboração de um programa para a indústria do futuro, IEDI (2018) afirma que as políticas de incentivo objetivam criar uma geração de trabalhadores habilidosos e capacitados para uma melhor adaptação à indústria 4.0. Nesse sentido, um plano que vise o aperfeiçoamento das habilidades e competências dos trabalhadores em empresas e universidades, se mostra de suma importância, ocupando o primeiro lugar segundo as respostas coletadas dos respondentes.

Governança e Infraestrutura também se mostraram importantes, ocupando a segunda e terceira posição em ordem de importância, respectivamente. Nesse sentido, governança é essencial para a elaboração de um plano, pois é por meio dela que diversas políticas são postas em prática, assim como o controle e manutenção das mesmas. A Infraestrutura, por sua vez, é algo que no Brasil não se tem a devida importância, como afirma o respondente 5: “Falta de infra estrutura para pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias voltadas à 4.0. Falta de ambientes de capacitação para alunos e técnicos”, evidenciando a carência desse ponto no país e a sua importância para o sucesso da indústria 4.0.

A segunda e a terceira questão do bloco VI tiveram como objetivo analisar o nível de compreensão dos representantes sobre as políticas de desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil e em Santa Catarina, assim como o interesse do governo catarinense em apoiar e desenvolver tais políticas.

Os respondentes possuem conhecimento do principal plano para o desenvolvimento da indústria 4.0 no país, a Câmara da Indústria 4.0, que possui diversas iniciativas promissoras para o sucesso da manufatura avançada no Brasil nos próximos anos, através de desenvolvimento tecnológico e inovação, capital humano, cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores e regulação, normalização técnica e infraestrutura. Pontos levados em consideração no quadro 14, pela ordem de importância estabelecida pelos respondente

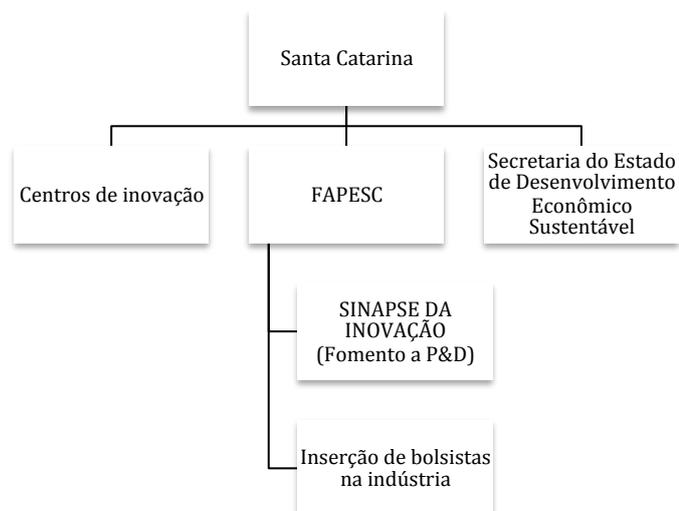
Figura 11 – Principais planos nacionais de desenvolvimento da indústria 4.0 segundo os representantes das instituições de ciência e tecnologia, 2019



Fonte: Elaborado pela autora

Demais planos foram citados, assim como fontes de financiamento como BNDES e FINEP, que são os principais atores que financiam os investimentos em inovação e tecnologia no Brasil com recursos reembolsáveis e não reembolsáveis (FINEP, 2016). Entretanto, percebeu-se uma falta de conhecimento em planos e iniciativas importantes, como a Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-digital), Institutos SENAI de Tecnologia e Inovação e Projeto mais TI, em consonância com o que foi exposto no quadro 10.

Figura 12 - Ações em Santa Catarina citadas pelos respondentes para promoção da indústria 4.0, 2019



Fonte: Elaborado pela autora

A respeito das políticas em Santa Catarina, a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) foi a mais citada na questão de investimento em inovação no estado, seguidamente de centros de inovação e a Secretaria do Estado de Desenvolvimento Econômico Sustentável. Embora algumas iniciativas tenham sido mencionadas, dois respondentes responderam que o estado de Santa Catarina não está interessado em criar políticas de apoio ao desenvolvimento de ciência, tecnologia e inovação.

Apesar da menção de “centros de inovação”, não foi especificado quais. Nesse sentido, nota-se o desconhecimento dos institutos SENAI de inovação e tecnologia, que possuem apoio financeiro do BNDES e contêm 10 unidades em Santa Catarina. Os Institutos SENAI de tecnologia e inovação são de extrema importância e relevância para o desenvolvimento tecnológico nacional e local, por meio de iniciativas de P&D, capacitação e desenvolvimento tecnológico.

6.4 Síntese Conclusiva

A aplicação do roteiro de perguntas aos representantes de instituições empresariais de ciência e de tecnologia teve o objetivo de captar o nível de conhecimento das mesmas sobre a indústria 4.0, assim como identificar em que patamar tecnológico as indústrias do estado se encontram. Esse objetivo foi alcançado através de seis blocos de perguntas, que em conjunto conseguiram representar como a indústria 4.0 está se desenvolvendo no estado.

Nem todas as questões obtiveram respostas similares, enfatizando a divergência de ideias sobre diversos pontos relacionados à indústria 4.0 no estado. Procurou-se fazer uma discussão em cada questão comparando as respostas da pesquisa com as pesquisas já existentes em nível nacional e conceitos abordados ao longo desse trabalho.

A respeito das expectativas para o futuro, apesar da opção de que as expectativas são positivas (em menos de 5 anos) ter obtido o maior número de escolhas, observou-se também expectativas negativas (em mais de 10 anos), confirmando a divergência de opiniões sobre esse assunto. Outro fator de discordância foi o do número de trabalhadores nos diferentes setores, onde não houve uma conclusão de fato sobre a diminuição/aumento de trabalhadores nos setores de administração/gerência e marketing/comercial. Quanto aos setores catarinenses que mais utilizam as tecnologias da indústria 4.0, também observou-se uma discordância de ideias. Apesar do setor de metal mecânica ter se sobressaído quanto aos demais, diversos outros setores foram mencionados, de modo que não foi possível fazer uma compilação das respostas para essa questão.

Quanto à concordância nas respostas, a questão que mais obteve respostas similares foi a das profissões do futuro, onde a grande maioria dos respondentes afirmou que a profissão de analista de dados será a mais necessária para a indústria 4.0. Outra questão que obteve um grande número de respostas semelhantes foi a das três tecnologias mais utilizadas em Santa Catarina, sendo IoT, Big Data e computação em nuvem. Ademais, a respeito dos obstáculos, o maior problema citado pelos respondentes foi a falta de conhecimento dos gestores sobre a indústria 4.0, desse modo dificultando a tomada de decisões.

As questões que necessitavam uma classificação por ordem de importância também obtiveram diferentes respostas, mostrando que existem diferentes pontos de vista sobre as mesmas. Entretanto, foi possível classificá-las por meio de uma compilação e chegar em resultados que espelham a realidade. A respeito do conhecimento sobre políticas de desenvolvimento da indústria 4.0, observou-se um maior conhecimento pelas políticas nacionais, como no caso da Câmara da Indústria 4.0. Iniciativas estaduais também foram citadas, mas em menor grau. O agente mais mencionado em nível estadual foi a FAPESC.

Com as informações coletadas através das respostas dos representantes das instituições empresarial e de ciência e tecnologia do estado de Santa Catarina, pode-se obter uma melhor compreensão acerca do novo paradigma tecnológico industrial no estado, de acordo com a visão dos mesmos. Santa Catarina se mostra um estado forte em tecnologia, com grande competência para a indústria 4.0. Como afirmado pelos respondentes, todas as tecnologias-chave habilitadoras da indústria 4.0 já estão em fase de implementação no estado, mesmo que em níveis diferentes.

Embora Santa Catarina não lidere a indústria 4.0 no Brasil, se mostra a frente de muitos estados. Ademais, tecnologias como IoT, Big Data e Computação em Nuvem já são uma realidade no estado. As expectativas variam de acordo com os diferentes representantes das instituições, apesar de que será possível presenciar o uso de tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 em diversas empresas em menos de 5 anos. A implantação dessas tecnologias será mais rápida em empresas de grande porte e startups. Finalmente, as universidades não se mostram preparadas para indústria 4.0, utilizando as mesmas metodologias tradicionais de ensino, dificultando o desenvolvimento do conhecimento de forma prática, fator que mais é requisitado aos profissionais atuais

No geral, as respostas da pesquisa realizada em Santa Catarina foram de acordo com as repostas encontradas nos dois estudos feitos pela CNI (2016;2017) citados ao longo desse trabalho. Desse modo, evidencia-se uma visão semelhantes do empresariado nacional e das instituições empresariais e de ciência e tecnologia no estado de Santa Catarina, representando

um padrão de ações, iniciativas, posicionamento e nível de compreensão nacional acerca da indústria 4.0

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria 4.0 é um tema complexo de difícil compreensão, pois ainda é bastante recente e em muitos casos, desconhecido. Nesse sentido, o estudo desse tema se torna restrito e desafiador, por não ser algo definido e explorado de antemão. Embora o conceito da indústria 4.0 tenha menos de uma década de existência, países desenvolvidos já estão em um nível elevado com as tecnologias habilitadoras, criando uma corrida tecnológica mundial. Para tanto, iniciativas de apoio à tecnologia e inovação são necessárias, públicas e privadas, com o objetivo de se obter resultados rapidamente, mantendo a competitividade da indústria nacional.

Conforme mostrado nesse trabalho, o Brasil ainda caminha em direção da indústria 4.0, não estando entre os países líderes, apesar de possuir uma grande capacidade de inovação. O Brasil possui um atraso tecnológico histórico, onde o custo de implantar novas tecnologias é muito alto e então se torna mais favorável a importação de tecnologias mais avançadas, advindas de outros países. Isso não significa que não possam ocorrer mudanças, embora as mudanças necessitam de apoio e incentivo para acontecerem, o que se mostra ainda uma dificuldade no Brasil, apesar dos avanços em planos e iniciativas criados na última década.

As iniciativas de apoio ao desenvolvimento da indústria 4.0 são essenciais para que um país e/ou região consigam se inserir no novo paradigma tecnológico industrial. Planos específicos para o desenvolvimento das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 se mostraram bem sucedidos em diversos países, comprovando a eficiência dessas ações para o crescimento e desenvolvimento de um país tecnologicamente falando. O maior exemplo é a Alemanha, país que criou o conceito da indústria 4.0 e desde então se mostra em evolução constante a respeito de aprimoramento e inserção de novas tecnologias, mantendo-se no topo da lista dos países líderes em tecnologias da indústria 4.0.

O Brasil, por sua vez, possui planos de incentivo à tecnologia e inovação, porém ainda se mostra mais voltado as tecnologias da terceira revolução industrial (como *softwares*, por exemplo). Até o ano de 2019 não existia um plano totalmente direcionado à indústria 4.0 no Brasil, evidenciando o atraso do país em relação às novas tecnologias habilitadoras. O plano mais recente com o objetivo de desenvolvimento da indústria 4.0 no país é o Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil, lançado em 2019, contendo diversas iniciativas desde o desenvolvimento tecnológico e inovação até regulação, normalização técnica e infraestrutura. O plano aparenta ser satisfatório, e é o que se mostra mais semelhante

aos planos elaborados pelos países líderes da indústria 4.0. Foi elaborado por instituições públicas e privadas em cooperação, se tornando responsável das mesmas, que objetivam o aumento da competitividade da indústria do país frente outras economias.

A CNI possui grande contribuição para uma melhor compreensão sobre a indústria 4.0 no Brasil, através de estudos divulgados. Os estudos realizados pela CNI revelam um grande desconhecimento do empresariado sobre as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, principalmente em micro e pequenas empresas. Apesar do desconhecimento, o estudo também revela que muito depende do setor e que as expectativas para o futuro são boas, em geral. O mesmo ocorreu com a pesquisa realizada com as instituições de ciência e tecnologia do estado de Santa Catarina. O estudo revelou que as empresas catarinenses também possuem pouco conhecimento acerca da indústria 4.0, apesar de alguns representantes afirmarem que possuem expectativas positivas para os próximos anos. Em comparação com o estudo feito pela CNI, as respostas não são expressivamente divergentes, concluindo que Santa Catarina segue o padrão brasileiro, apesar de ser um dos estados com mais competências para a indústria 4.0.

Santa Catarina possui um grande potencial tecnológico, que pode ser implantado nas indústrias de modo a aumentar a competitividade do estado frente a demais economias. Apesar de ser um estado relativamente pequeno em território, possui um dos melhores parques industriais do país, bastante diversificado e produtivo. Entretanto, necessita de maiores incentivos por parte do governo para que possa dar um passo a frente quanto à indústria 4.0. Os incentivos citados pelos respondentes não são suficientes para que o estado consiga se destacar frente aos demais em poucos anos. As inovações tecnológicas são constantes e atrasos não devem mais ser admitidos por parte dos governos e empresas, pois é algo de difícil recuperação e implicará na mesma situação que o país se encontra atualmente, atrasado em comparação a outros países.

O presente trabalho buscou caracterizar o novo paradigma tecnológico industrial, assim como o posicionamento no Brasil e no estado de Santa Catarina. Por ser um tema relativamente novo e com restrição de conceitos e resultados, apresenta limitações quanto às respostas dos representantes de instituições de ciência e tecnologia, assim como mostram os resultados dos estudos feitos pela CNI. No entanto, procurou fazer uma contribuição para futuros estudos sobre a indústria 4.0 em Santa Catarina, de modo que possa servir de base para pesquisas mais aprofundadas com o empresariado catarinense, por exemplo.

Como sugestão para outros estudos, um maior aprofundamento nas questões de desenvolvimento de políticas de incentivo à ciência, tecnologia e inovação no estado é uma

forte recomendação, pois esse estudo careceu de informações relevantes a esse assunto, embora sejam de suma importância para o desenvolvimento do estado. Outra sugestão para futuros estudos sobre a Indústria 4.0 no estado é a elaboração de uma pesquisa somente com o empresariado catarinense, como foram feitas as pesquisas realizadas pela CNI. Desse modo, compreende-se esse novo paradigma através da visão de onde as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 serão de fato, implantadas.

REFERÊNCIAS

- ALEMANHA. Hannover Messe. Hannover Messe (Org.). **About Us**. Disponível em: <<https://www.hannovermesse.de/en/exhibition/facts-figures/about-us/>>. Acesso em: 08 jun. 2019.
- AREND, Marcelo; FONSECA, Pedro Cezar Dutra. **Brasil (1995-2005): 25 anos de catching up, 25 anos de falling behind**. Revista de Economia Política. v. 32, p.33-54, jan. 2012.
- BALASINGHAM, Kajanth. **Industry 4.0: Securing the Future for German Manufacturing Companies**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Curso de Business Administration, Univeristy Of Twente, Enschede, 2016.
- BECKER, Adriano et al. **Os Conceitos da Indústria 4.0 Associados a Abordagem da Capacidade Dinâmica**. Anais da Engenharia de Produção
- BINOTTO, Paula A. **Capacitação e Estratégia Tecnológicas das Empresas Líderes do Setor de Papel em Santa Catarina**. 2000. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade Federal de Santa Catarina.
- BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil 2019-2022**. Brasília. 2019. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/backend/galeria/arquivos/2019/09/17/Camara_I40__Plano_de_AcaoVersao_finalrevisada.pdf>. Acesso em: 25 set. 2019.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil**. Brasília. 2017. Disponível em: <https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/Cartilha-Plano-de-CTI_WEB.pdf>. Acesso em: 20 set. 2019.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia Brasileira para a Transformação Digital**. Brasília. 2018. Disponível em: <<http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/estrategiadigital.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2019.
- BRASIL. FINEP. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016 | 2022**. Brasília. 2016. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/a_finep/Politica/16_03_2018_Estrategia_Nacional_de_Ciencia_Tecnologia_e_Inovacao_2016_2022.pdf>. Acesso em: 18 set. 2019.
- BRETTEL, Malte et al. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. **International Journal of Information and Communication Engineering**. p. 37-44. 2014. Disponível em: <<https://waset.org/publications/9997144/how-virtualization-decentralization-and-network-building-change-the-manufacturing-landscape-an-industry-4.0-perspective>>. Acesso em: 12 set. 2019.
- COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016. p. 9 – 34. Disponível em: <https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/d6/cb/d6cbfbba-4d7e-43a0-9784-86365061a366/desafios_para_industria_40_no_brasil.pdf>. Acesso em: 11 maio 2019

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Perfil da Indústria Brasileira**. 2019. Disponível em: <<http://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/#/industria-total>>. Acesso em: 20 set. 2019.

DATHEIN, Ricardo. **Teoria neoschumpeteriana e desenvolvimento econômico**. Scielo Books. Porto Alegre, p.193-222, 2003. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/8m95t/pdf/dathein-9788538603825-06.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2019.

DELOITTE AG (Zurich). **Manufacturing systems are vertically networked with business processes within factories and enterprises and horizontally connected to spatially dispersed value networks that can be managed in real time – from the moment an order is placed right through to outbound logistics**. 2014. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tw/Documents/manufacturing/tw-research-industry4-0-en.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

DIEGUES, Antônio Carlos; ROSELINO, José Eduardo. **Indústria 4.0 e as Redes Globais de Produção e Inovação em Serviços Intensivos Tecnologia: Uma Tipologia e Apontamentos de Política Industrial e Tecnológica**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO. Campinas. 2019. p. 1 - 19.

FEDERAL MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH. **What is Industry 4.0**. 2016. Disponível em: <[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)>. Acesso em: 7 ago. 2019.

FERNANDES, Ricardo Lopes. **Capacitação e Estratégias Tecnológicas das Empresas Líderes da Indústria Têxtil - Confecções no Estado de Santa Catarina**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Centro Sócio Econômico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FIESC (Santa Catarina). Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina. **SC em Dados**. 2019. Disponível em: <<https://www.observatoriofiesc.com.br/resumo-executivo>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

FIRJAN (Rio de Janeiro). Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Indústria 4.0**. Rio de Janeiro. abr. 2016.

FIRJAN (Rio de Janeiro). Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Indústria 4.0 no Brasil: Oportunidades, Perspectivas e Desafios** Rio de Janeiro. jan. 2019.

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT. **Trends in Industry 4.0**. 2016. Alemanha. Disponível em: <<http://www.fraunhofer.jp/content/dam/japan/ja/documents/media/publication/Trends-in-Industrie-40.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2019.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review**. Working paper, 2015.

IEDI (Brasil). Instituto de Estudos Para O Desenvolvimento Industrial. **A indústria do Futuro no Brasil e no Mundo**. Brasil, mar. 2019. Disponível em: <https://iedi.org.br/media/site/artigos/20190311_industria_do_futuro_no_brasil_e_no_mundo.pdf>. Acesso em: 05 set. 2019.

IEDI (Brasil). Instituto de Estudos Para O Desenvolvimento Industrial. **Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades para o Brasil**. Carta IEDI. Brasil, jul. 2017.

IEDI (Brasil). Instituto de Estudos Para O Desenvolvimento Industrial. **Política Industrial para o Futuro – A Iniciativa Indústria 4.0 na Alemanha**. Carta IEDI. Brasil, set. 2017

IEDI (Brasil). Instituto de Estudos Para O Desenvolvimento Industrial. **Estratégias Nacionais para a Indústria 4.0**. Carta IEDI. Brasil, jul. 2018.

INSTITUTOS SENAI DE INOVAÇÃO (Brasil) (Org.). **Institutos SENAI de Inovação**. 2019. Disponível em: <<http://institutos.senai.br/>>. Acesso em: 19 set. 2019.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W. **Industrie 4.0: Smart Manufacturing for the Future**. Germany Trade and Invest. 2014

LEMOS, Dannyela da Cunha. **A Interação Universidade-Empresa para o Desenvolvimento Inovativo sob a Perspectiva Institucionalista-Evolucionária: Uma Análise a partir do Sistema de Ensino Superior em Santa Catarina**. 2013. 416 f. Tese (Doutorado) - Curso de Administração, Centro Sócio Econômico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

KAGERMANN, H et al. **Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0**. Frankfurt. abr. 2013. Disponível em: <<http://alvarestech.com/temp/tcn/CyberPhysicalSystems-Industrial4-0.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

MAGRANI, Eduardo. **A internet das Coisas**. Rio de Janeiro: Fgv, 2018. 192 p. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/23898/A%20internet%20das%20coisas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

MELO, Michele Cristina Silva. **Trajetória Tecnológica do Setor de Telecomunicações no Brasil: A tecnologia Voip**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Centro Sócio Econômico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MOBILIZAÇÃO EMPRESARIAL PELA INOVAÇÃO (MEI). **Instituto SENAI de Tecnologia**. Brasil. 2019. Disponível em: <https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/b0/9b/b09b4e2a-7d91-47aa-9460-f759d1b4391c/livro_instituto_tecnologia_final_spreads-compactado.pdf>. Acesso em: 30 set. 2019.

MORAES, Elisabete Nakoneczny. **Metodo para Gerenciamento do Consumo de Energia Elétrica em Sistemas Ciberfísicos**. 2013. 243 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Automação e Sistemas., Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

NAGY, Judit et al. The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain—The Case of Hungary. **Sustainability**, p.1-25, set. 2018.

NETO, A et al. **A Busca de uma Identidade para a Indústria 4.0**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.4, n.4, jul/set. 2018

PRICEWATERHOUSECOOPERS (PWC). **Industry 4.0 - Opportunities and Challenges of the Industrial Internet**. Germany, 2014. 52 p. Disponível em: <<https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-industrie-4-0.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2019.

SILVA, Luciana Santos Costa Vieira da. **Dinâmica Inovativa das Empresas do Setor de Software de Santa Catarina: Um Estudo Multicasos**. 2016. Tese (Doutorado) - Curso de Administração, Centro Sócio Econômico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

SCHUMPETER, Joseph A. **Teoria do Desenvolvimento Econômico: Uma Investigação sobre Lucros, Capital, Crédito, Juro e o Ciclo Econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SCHUMPETER, Joseph A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Rio: Zahar. 1984

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**; tradução Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016

TEIXERA, Clarissa Stefani et al. **Estratégias Catarinenses para a Inovação**. In: 26° CONFERÊNCIA ANPROTEC, 26., 2016, Fortaleza. Anais... . Fortaleza: Anprotec, 2016. p. 1 - 14. Disponível em: <anprotec.org.br/moc/anais/ID_111.pdf>. Acesso em: 11 maio 2019

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO). **Industry 4.0 – The Opportunities Behind the Challenge**. 1-32. 2018. Vienna, 2018. Disponível em: <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-11/UNIDO_GC17_Industry40.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2019.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. **Zettabyte**. Flórida: Wikimedia Foundation, 2019. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Zettabyte&oldid=55037319>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). **Global Competitiveness Index 4.0**. 2018. Disponível em: <<http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2018/country-economy-profiles/#economy=BRA>>. Acesso em: 17 set. 2019.

APÊNCICE A – ROTEIRO DE PERGUNTAS

QUESTIONÁRIO SOBRE A VISÃO DOS INSTITUTOS EMPRESARIAIS E DE CIÊNCIA E DE TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA SOBRE A INDÚSTRIA 4.0

Nome: _____

Instituição que representa: _____

Telefone de contato: (____) _____

Data: ____/____/____

Título da monografia: Inovação e Indústria 4.0: Características e posicionamento das instituições empresariais e de ciência e de tecnologia em Santa Catarina.

Objetivo geral: Caracterizar o novo paradigma da indústria 4.0 e o posicionamento das instituições empresariais e de ciência e de tecnologia frente à esta mudança tecno – produtiva mundial

BLOCO I: QUESTÕES SOBRE O NÍVEL DE COMPREENSÃO DA INDÚSTRIA 4.0

1. Qual o significado da indústria 4.0 para você?
2. Como você avalia o nível de conhecimento das empresas catarinenses sobre a indústria 4.0?
 - a) As empresas catarinenses não possuem nenhum conhecimento
 - b) As empresas catarinenses possuem pouco conhecimento
 - c) As empresas catarinenses possuem médio conhecimento
 - d) As empresas catarinenses possuem alto conhecimento
3. Considerando que as empresas catarinenses possuem algum conhecimento da indústria 4.0. Cite três segmentos da atividade econômica que se encontram mais presentes
 - 1) _____
 - 2) _____
 - 3) _____
4. Classifique 3 tecnologias que você considera essenciais para o desenvolvimento das empresas catarinenses, mas que ainda não alcançaram nível desejado (Big data; Sistemas ciber físicos; Inteligência artificial; Internet das coisas/serviços; Realidade aumentada):

1) _____	3) _____
2) _____	

BLOCO II: QUESTÕES SOBRE TRABALHADORES

1. A implementação da indústria 4.0 terá impacto sobre os trabalhadores? Se sim, assinale o setor e o impacto (diminuição ou aumento do número de trabalhadores) esperado:

a) Chão de fábrica/produção	() diminuição	() aumento
b) Administração/gerência	() diminuição	() aumento
c) Comercial/Marketing	() diminuição	() aumento
2. Cite três profissões que irão se consolidar no mercado diante a presença da indústria 4.0
 - 1) _____
 - 2) _____
 - 3) _____

3. As instituições de ensino – universidades, centros universitários, faculdades – se encontram em condições de preparar os trabalhadores para indústria 4.0?

Sim ()

Não ()

Cite as principais razões para a sua resposta.

5. Quais as ações realizadas pelas empresas visando preparar seus trabalhadores para operarem a indústria 4.0?

BLOCO III – QUESTÕES SOBRE OS OBSTÁCULOS

1. O que você considera o maior problema para a implementação da indústria 4.0 em Santa Catarina?

2. Como você classifica as empresas catarinenses em relação aos demais estados brasileiros em relação a indústria 4.0?

a) Santa Catarina está a frente dos demais estados

b) Santa Catarina possui competências da indústria 4.0, porém não lidera dentre os estados brasileiros

c) Santa Catarina está relativamente atrasado em relação a outros estados brasileiros

3. A implementação das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 em Santa Catarina tem um processo mais lento em:

a) Micro e pequenas empresas

b) Empresas de médio porte

c) Empresas de grande porte

d) Startups

BLOCO IV: QUESTÕES SOBRE OS BENEFÍCIOS

1. Você acredita que uma maior adesão da indústria catarinense à indústria 4.0 aumentaria a competitividade do estado frente a outros estados/economias? Por quê?

Sim ()

Não ()

2. Ordene, por ordem de importância para as empresas catarinenses, cinco principais motivos dos citados abaixo para a implementação da indústria 4.0.

- a) Aumento da eficiência interna
- b) Transparência nos processos
- c) Redução de custos
- d) Vantagem competitiva/produtos modernos
- e) Aumento de qualidade
- f) Novos modelos de negócios e aumento de vendas
- g) Aumento da produção individualizada
- h) Diminuir o tempo de desenvolvimento

Ordem de importância:

- 1. _____
- 2. _____
- 3. _____
- 4. _____
- 5. _____

3. Quais são os benefícios da indústria 4.0 para o mercado consumidor catarinense?

BLOCO V: QUESTÕES SOBRE A ADEÇÃO DAS EMPRESAS CATARINENSES À INDÚSTRIA 4.0

Sobre as tecnologias abaixo, responda:

1. **Sistemas Ciber-físicos** (sistema composto por elementos computacionais colaborativos com o intuito de controlar entidades físicas)
 2. **Big Data** (sistema de conjuntos de dados de grande volume, variedade e velocidade)
 3. **Computação em nuvem** (computação em servidores disponíveis na Internet a partir de diferentes provedores)
 4. **IoS/IoT** (interação física e virtual entre objetos e pessoas)
 5. **Inteligência Artificial** (inteligência similar à humana exibida por mecanismos ou software)
 6. **Realidade aumentada** (expansão do mundo real por meio de virtualização)
1. Alguma tecnologia está em processo de desenvolvimento e implementação nas empresas catarinenses? Qual? _____
 2. Ordene as tecnologias que você considera mais utilizadas pela indústria catarinense:
 - 1) _____
 - 2) _____
 - 3) _____
 3. Quão bem sucedida você considera a indústria 4.0 até o momento? (Em perspectiva estadual)
 - a) Positivo (acima das expectativas/atende as expectativas)
 - b) Negativo (abaixo das expectativas)
 - c) Neutro (não sou capaz de julgar)
 4. Qual a sua expectativa com as empresas catarinenses em até 5 anos a respeito da indústria 4.0?
 - a) Alta expectativa (a maioria das empresas representadas usará pelo menos uma tecnologia da indústria 4.0)
 - b) Expectativa média (algumas empresas usarão, mas ainda será algo desconhecido entre as empresas)
 - c) Baixa expectativa (a maioria das empresas não usará tecnologias da indústria 4.0 em até 5 anos)
 5. Em quantos anos você acredita que as empresas catarinenses estarão prontas para a inserção na indústria 4.0?
 - a) Em menos de 5 anos
 - b) Entre 5 e 10 anos
 - c) Em mais de 10 anos

BLOCO VI: QUESTÕES SOBRE AS POLÍTICAS NO ESTADO DE SANTA CATARINA

1. Na elaboração de um Programa para a indústria do futuro, quais pontos devem ser levados em conta? Ordene do mais importante para o menos importante dentre:
2.

<ol style="list-style-type: none"> a) Governança b) Internacionalização c) Rede laboratoriais d) Recursos humanos e) Regulação f) Infraestrutura g) Financiamento 	Ordem de importância: <ol style="list-style-type: none"> 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____ 7. _____
--	--

3. Você tem conhecimento sobre políticas de desenvolvimento para a indústria 4.0 no Brasil, mais especificadamente em Santa Catarina? Se sim, quais?
4. O governo catarinense se mostra interessado em apoiar e desenvolver políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação? Você tem conhecimento de alguma específica?