

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

MARINA PEREIRA DA SILVA

**ATUAÇÃO DO SENAI NA FORMAÇÃO PROFISSIONAL PARA A INDÚSTRIA 4.0
NO BRASIL**

Porto Alegre

2020

MARINA PEREIRA DA SILVA

**ATUAÇÃO DO SENAI NA FORMAÇÃO PROFISSIONAL PARA A INDÚSTRIA 4.0
NO BRASIL**

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Economia.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Henrique Vasconcellos Horn

Porto Alegre

2020

CIP - Catalogação na Publicação

Pereira, Marina
Atuação do SENAI na Formação Profissional para a
Indústria 4.0 no Brasil / Marina Pereira. -- 2020.
52 f.
Orientador: Carlos Henrique Vasconcellos Horn.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade
de Ciências Econômicas, Curso de Ciências Econômicas,
Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Inovação. 2. Quarta Revolução Industrial. 3.
Joseph Schumpeter. 4. SENAI. I. Vasconcellos Horn,
Carlos Henrique, orient. II. Título.

MARINA PEREIRA DA SILVA

**ATUAÇÃO DO SENAI NA FORMAÇÃO PROFISSIONAL PARA A INDÚSTRIA 4.0
NO BRASIL**

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Economia.

Aprovada em: Porto Alegre, ____ de _____ de 2020.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Carlos Henrique Vasconcellos Horn - Orientador
UFRGS

Prof. Dra. Ana Lúcia Tatsch
UFRGS

Prof. Dr. Hélio Henkin
UFRGS

AGRADECIMENTOS

Às mulheres que me inspiram a lutar e a enfrentar as desigualdades de uma sociedade patriarcal, minha mãe Sandra, minha avó Helma e minha tia Isabel. Escolher um curso em que as mulheres, até então, são minoria me coloca ainda mais a responsabilidade em nos representar e esta coragem se deve a elas.

Ao meu pai Gelson e ao meu irmão Daniel que sempre estiveram presentes. Ao Henrique que foi essencial em todas as etapas deste processo.

Ao Professor Carlos Henrique Horn, orientador deste trabalho, pela confiança e pela dedicação em um momento tão conturbado, como foi o ano de 2020.

Ao Rovair, do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI, pelo tempo e pela contribuição a este trabalho.

E também a todos aqueles que fizeram parte da minha trajetória e contribuíram para eu me tornar uma pessoa e profissional melhores.

RESUMO

No que se refere ao desenvolvimento econômico do século XXI, os países precisam adaptar o setor industrial aos novos métodos de produção baseados na digitalização. Nesse processo, uma das questões mais importantes é a formação dos trabalhadores, e a preparação para operar novas máquinas e compreender o contexto produtivo. Este trabalho aborda essa questão em âmbito nacional, com o objetivo de analisar o papel e as soluções propostas pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) para tornar o Brasil competitivo no âmbito da Indústria 4.0. Para tanto, foi feita uma revisão da literatura teórica, identificando os pressupostos da Quarta Revolução Industrial, a partir da abordagem schumpeterian. Foram apresentados exemplos de países que priorizam a introdução da Indústria 4.0 e, por fim, discutiu-se a estrutura e as diretrizes do SENAI para posicionar o Brasil neste objetivo.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Inovação. Quarta Revolução Industrial.

ABSTRACT

Regarding the economic development at the 21st century, countries need to adapt the industrial sector to new production methods based on digitalization. In this process, one of the most important issues is the workers education, and the preparation to operate new machines and understand the productive context. This paper addresses this issue at the national level, aiming to analyse the role and the proposed solutions by the National Service for Industrial Learning (SENAI) to make Brazil competitive within the scope of Industry 4.0. To this end, the theoretical literature was reviewed, identifying the assumptions of the Fourth Industrial Revolution, from the Schumpeterian approach; examples of countries that prioritize the introduction of Industry 4.0 were boarded and, finally, discussed the structure and guidelines of SENAI to place Brazil in this objective.

Key-words: Industry 4.0, Innovation, Fourth Industrial Revolution

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 2 INOVAÇÃO, REVOLUÇÕES TECNOLÓGICAS E FORMAÇÃO DE PESSOAS PARA O TRABALHO | 12 |
| 2.1 CONCEITO | 12 |
| 2.2 INOVAÇÃO E ECONOMIA NA TEORIA SCHUMPETERIANA | 12 |
| 2.3 PARADIGMAS E REVOLUÇÕES TECNOECONÔMICAS | 13 |
| 2.4 PARADIGMAS TECNOECONÔMICOS E FORMAÇÃO DE PESSOAS PARA O TRABALHO..... | 15 |
| 3 INDÚSTRIA 4.0 | 23 |
| 3.1 ORIGEM..... | 23 |
| 3.2 CARACTERÍSTICAS | 23 |
| 3.3 A INDÚSTRIA 4.0 COMO UM NOVO PARADIGMA TECNOECONÔMICO | 24 |
| 3.4 INDÚSTRIA 4.0 E TRABALHO..... | 25 |
| 3.5 POLÍTICAS NACIONAIS PARA A INDÚSTRIA 4.0 | 32 |
| 3.5.1 O CASO DA ALEMANHA | 32 |
| 3.5.2 O CASO DOS ESTADOS UNIDOS | 35 |
| 4 O SENAI | 38 |
| 4.1 A INSTITUIÇÃO SENAI | 38 |
| 4.2 EDUCAÇÃO PROFISSIONAL..... | 40 |
| 4.3 SENAI 4.0..... | 42 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 47 |
| REFERÊNCIAS..... | 49 |

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, as sociedades evoluíram com a criação de produtos que transformaram modos de produção, bem como as formas de consumo, o trabalho, a saúde humana etc. Assim ocorreu, em séculos recentes sob a égide de revoluções industriais, com o desenvolvimento da máquina de fiar hidráulica, que reduziu a quantidade de trabalho necessário para produzir fios têxteis e tecidos; posteriormente, com a máquina a vapor, que aumentou a capacidade de transporte de cargas, alcançando maiores distâncias e mais pessoas com produtos que eram difíceis de serem transportados; e em inúmeros outros processos. O transporte, a comunicação, a moradia, a educação, entre tantas outras dimensões da vida em sociedade, sofreram alterações em virtude da evolução tecnológica. Também o mercado de trabalho é revolucionado. Novas formas organizacionais, bem como a crescente substituição do homem pela máquina, fazem parte das consequências da tecnologia para a vida humana. O debate atual ocorre em vista de uma nova era denominada 4ª Revolução Industrial. As características dessa nova Revolução misturam velocidade, amplitude e profundidade e a transformação completa de sistemas inteiros (SCHWAB, 2016). A velocidade decorre de tudo ser mais rápido do que era antes e a amplitude se refere ao volume de tantas mudanças radicais.

Em especial, o termo Indústria 4.0 surgiu em 2011 no contexto de um projeto do governo alemão para denominar o que colocaria o país como líder em fabricação de alta tecnologia (EUROFOUND, 2016). Posteriormente, em 2015, foi lançado o *Green Paper: Work 4.0* na tentativa de explicar o que é o Trabalho 4.0. Este termo indica uma transformação nos meios de produção, com a crescente interconexão entre o homem e a máquina e uma mudança não apenas na maneira como as máquinas são operadas, mas incluindo o fato de que essas máquinas estão levando a novos produtos e novos serviços. O conceito significa melhor aproveitamento da produção, sem perdas de produtividade. Além disso, a Indústria 4.0 necessita de políticas que forneçam estrutura condizente a estabelecer um ambiente propício para trabalhar com inovações. A tecnologia cria possibilidades, mas cabe às pessoas conduzi-las de forma eficaz.

As evidências sobre mudanças no mercado e nas relações de trabalho apontam que as máquinas tomarão ainda mais espaço, substituindo a mão-de-obra humana. Conforme destaca Schwab (2016, p. 1), "[...] estamos no início de uma revolução que está mudando fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos um com o

outro[...]". Um desafio aos governantes está em como lidar com as novidades que a 4ª Revolução Industrial introduz no mundo e como seus países irão competir neste novo cenário, exigindo decisões para que não fiquem para trás e consigam crescer de forma mais inteligente e menos intensa. Segundo o relatório do Fórum Econômico Mundial sobre o futuro do trabalho, divulgado em 2018, a média de horas executadas por humanos era de 71%, contra 29% executadas por máquinas naquele ano. A previsão é de que já em 2022, a proporção seja de 58% e 42%, respectivamente (WORLD ECONOMIC FORUM, 2018). Portanto, torna-se fundamental encontrar soluções para minimizar os problemas decorrentes da perda de ocupações, notadamente das que simplesmente desaparecerão, como as que envolvem tarefas repetitivas e rotineiras.

Dentre as questões de relevo sobre o emprego de força de trabalho na 4ª Revolução Industrial, está a da preparação de pessoas e desenvolver modelos de formação acadêmica para profissionais aptos a se engajarem neste processo. Uma das maiores necessidades conectar máquinas capazes e inteligentes e profissionais com capacidades intelectuais para operá-las. É muito importante que os países se adaptem rapidamente à Indústria 4.0, visto a força que a Alemanha e outros países já possuem sobre este setor. Tornar-se competitivo, conhecer as novas práticas e formar profissionais preparados são fundamentais para que um país cresça de acordo com as tendências mundiais. Quanto menos correr a favor das mudanças, mais para trás um país ficará, com organizações ultrapassadas e que perderão relevância.

Tendo este contexto em mente, o objetivo deste trabalho é apresentar as diretrizes do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI sobre a Indústria 4.0 no Brasil, identificando as oportunidades que esta instituição oferece para que os profissionais alcancem a formação educacional de tal método industrial.

O trabalho está composto de três capítulos principais. No primeiro capítulo, há uma abordagem teórica sobre os elementos da teoria de Joseph Schumpeter e a importância da inovação ao decorrer da história nos processos produtivos e o quanto estas mudanças impactam as relações de trabalho, bem como a necessidade de profissionais preparados para tal. No segundo capítulo, a abordagem se faz no contexto da quarta revolução industrial e o surgimento da Indústria 4.0. No último capítulo são apresentadas as diretrizes do SENAI na busca pelo desenvolvimento industrial do Brasil sob a ótica da Indústria 4.0. Ao final, é apresentada uma sistematização empregando todos os elementos apresentados nos dois primeiros capítulos com os resultados encontrados no SENAI.

2 INOVAÇÃO, REVOLUÇÕES TECNOLÓGICAS E FORMAÇÃO DE PESSOAS PARA O TRABALHO

Este capítulo é dedicado a fazer uma relação entre o conceito de inovação com a teoria de Joseph Schumpeter, de forma a introduzir a mudança de paradigmas tecnoeconômicos que levaram à chegada da Indústria 4.0. Além disso, a importância da formação profissional para a implementação sucessória desta nova revolução industrial.

2.1 CONCEITO

A inovação refere-se à criação de bens e métodos de produção, à formação de novos mercados, à descoberta de fontes de insumos e à implementação de formas de organização da produção (ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO - OCED, 2005), sendo desenvolvida em fases distintas de introdução, crescimento, maturação e declínio. As inovações permitem retornos de escala e, quando atingem seu estágio de maturação, proporcionam custos marginais iguais a zero, barateando o preço dos produtos e tornando-os acessíveis a uma maior parcela da população, ampliando mercados. Conforme (ALMEIDA, 1995), ela "desempenha um papel desequilibrador do sistema econômico ao provocar transformações qualitativas e descontínuas".

2.2 INOVAÇÃO E ECONOMIA NA TEORIA SCHUMPETERIANA

A inovação aparece, na teoria de Joseph Schumpeter, como elemento fundamental a impulsionar o crescimento e o desenvolvimento econômico. As inovações provocam alterações no fluxo circular da atividade econômica, constituindo mudanças espontâneas e descontínuas nos canais do fluxo ou perturbações que alteram e deslocam o estado de equilíbrio previamente existente (SCHUMPETER, 1997). É através da inovação que ocorre a destruição de estruturas existentes e a criação de novas estruturas.

Joseph Schumpeter procurou compreender os movimentos gerais da economia sob o ponto de vista das rupturas na "normalidade" do funcionamento de seu mecanismo básico, ou fluxo circular. Na economia do "fluxo circular", a vida econômica transcorre monotonamente, em que cada bem produzido encontra seu mercado (COSTA, 2006), ou seja, é uma posição de

equilíbrio do sistema econômico, em que os preços e as quantidades podem ser determinados.

Conforme aponta Schumpeter:

Em qualquer período econômico, existe uma tendência de voltar ao caminho já percorrido e obter uma vez mais os mesmos valores. E mesmo quando essa regularidade é interrompida, sempre permanece uma continuidade; pois mesmo que as condições externas mudem, não se trata nunca de fazer algo completamente novo, mas apenas adaptar às novas condições do que já vinha sendo feito. (SCHUMPETER, 1997, p. 53).

Schumpeter considera o capitalismo como um processo dinâmico e em transformação. O desenvolvimento é uma mudança espontânea e descontínua nos canais do fluxo circular da atividade econômica, sendo suas fontes de ativação as novas combinações ou inovações realizadas por agentes econômicos com objetivos individuais, que impactam na reorganização da atividade econômica, causando desequilíbrios e gerando ondas de prosperidade e de depressão. O “empresário schumpeteriano” é o responsável pela realização destas inovações, exercendo um papel de coordenação dos recursos nos mercados. Ao realizar uma inovação, desvia recursos produtivos do canal habitual e da rotina econômica em direção a seu empreendimento que, se bem-sucedido, possuirá taxa de retorno maior do que a obtida na atividade rotineira do fluxo circular.

Em síntese, a teoria schumpeteriana articula três elementos básicos: a quebra do fluxo circular natural da economia a partir da implementação de uma inovação por um empresário. Outras teorias sobre as relações entre inovações e economia foram desenvolvidas com base na obra de Schumpeter, sendo, portanto, chamadas de neoschumpeterianas, as quais abordamos nas próximas seções.

2.3 PARADIGMAS E REVOLUÇÕES TECNOECONÔMICAS

A teoria neoschumpeteriana busca compreender as complexidades de um ambiente competitivo em que o progresso técnico introduz mudanças que afetam profundamente o sistema produtivo e a organização industrial. Dentre seus principais conceitos, estão os de paradigma tecnológico, trajetórias tecnológicas e paradigma tecnoeconômico. O paradigma tecnológico é definido por um padrão de soluções para problemas técnicos através do conhecimento científico e das práticas produtivas. Como o nome já diz, o paradigma é como uma convenção a ser seguida e, sendo este tecnológico, possui como conceito orientar e direcionar as empresas através das mudanças tecnológicas. As trajetórias tecnológicas são

recorrências dos padrões estabelecidos pelo paradigma. Já o paradigma tecnoeconômico compõe o agregado do paradigma tecnológico juntamente a suas trajetórias e aos impactos que têm sobre a economia (AREND, 2012).

Ao longo do tempo, os paradigmas tecnoeconômicos transformaram-se, criando novas formas de produção em consequência das revoluções ocasionadas pelo progresso técnico e levando à adaptação da sociedade. A palavra "revolução" é utilizada para nomear uma transformação radical de determinada natureza. Ao longo da história da humanidade, este termo é utilizado para explicar a mudança abrupta de certa estrutura, como social, política ou econômica. Assim, as revoluções industriais, agrícolas, tecnológicas, entre outras, mostram a transição de uma era para outra, o que uma revolução permite acontecer. A combinação entre novos processos operacionais na produção e na comercialização impactam a alteração de valores, de posicionamentos, de visões, fazendo com que toda uma nova geração de pessoas possua um novo comportamento. A partir de fins do século XVIII, a humanidade vivencia sucessivas revoluções industriais. A primeira revolução industrial inaugura a mecanização, que se estende pelo uso da energia a vapor e, posteriormente, pela engenharia elétrica, e assim por diante (PEREZ, 2004)

As revoluções tecnológicas consolidam-se pela quebra de paradigmas e por profundas mudanças estruturais (AREND, 2012). A criação de um novo produto atinge questões estruturais que carecem de mudanças organizacionais, ou seja, possibilita a alteração do processo produtivo, que impactará a dinâmica dos empregados, dos empresários, dos e consumidores, surgindo, assim, um novo paradigma tecnoeconômico. Esta dinâmica ocorre, aproximadamente, a cada cinquenta anos (PEREZ, 2004).

Assim, cinco revoluções tecnológicas ocorreram ao longo dos últimos 200 anos. A primeira delas corresponde à Revolução Industrial do século XVIII, a qual ficou marcada pela abertura de canais e vias fluviais; a segunda, já no século XIX, ficou conhecida como a era do vapor e das ferrovias; a terceira, ao final do século XIX, pela era do aço, da eletricidade e da engenharia pesada; a quarta, no início do século XX, pela era do petróleo, do automóvel e da produção em massa; e a quinta e última, nos anos 1970, pela era da informática e das telecomunicações (PEREZ, 2004).

Em cada uma das revoluções tecnológicas, observa-se a introdução de um novo produto que transcendeu o chão de fábrica, criando, efetivamente, uma nova organização. Assim, a abertura dos canais fluviais proporcionou o aproveitamento da água para gerar energia hidráulica. Nesta época, foi criada a máquina de fiar hidráulica que reduziu a quantidade de trabalho necessário para produzir tecidos. A introdução deste dispositivo tornou

um trabalhador capaz de produzir com oito ou mais carretéis ao mesmo tempo. Posteriormente esta máquina foi adaptada, tornando-se capaz de gerar fios mais fortes, e uma maior quantidade de fios por trabalhador. No século seguinte, a era do vapor e das ferrovias proporcionou o desenvolvimento de locomotivas de maior velocidade e que transportavam cargas mais pesadas. Esta inovação exigiu a construção de ferrovias que tornassem possível o transporte destas cargas e de pessoas, fazendo com que alcançassem lugares mais distantes dos centros de produção e distribuição de bens. A locomotiva a vapor diminuiu as distâncias geográficas, permitindo o acesso a regiões afastadas e que não conseguiam receber determinados produtos em função da incapacidade anterior de transporte de quantidades de peso elevado. A produção em massa de aço no final do século XIX ocorreu com a diminuição do tempo de processamento do ferro, que possibilitou a sua generalização e a queda nos preços, tornando mais barata a sua aplicação e, conseqüentemente, aumentando sua utilização. A quarta revolução tecnológica, com a inserção do petróleo, permitiu a criação de aviões, logo, de aeroportos, bem o uso de seus derivados na fabricação de plásticos, borrachas sintéticas, produtos cosméticos e outros. Finalmente, a quinta revolução tecnológica se faz presente com a digitalização, ou seja, a transferência do sistema analógico para o digital e seus incontáveis ganhos, entre eles a criação da Internet. Nessas ilustrações, é perceptível o descobrimento de novos elementos e as adaptações nos processos produtivos realizadas entre uma e outra revolução tecnológica. Cabe, agora, nos atermos mais especificamente às mudanças no trabalho.

2.4 PARADIGMAS TECNOECONÔMICOS E FORMAÇÃO DE PESSOAS PARA O TRABALHO

As revoluções tecnológicas também possuem como elemento característico a substituição crescente das tarefas dos empregados para as máquinas ao mesmo tempo em que se amplia o leque de opções de trabalho. Mesmo que certas funções desapareçam ou tenham uso reduzido, novos empregos surgem e há carência de novas habilidades (BCG, 2015). Neste contexto, a formação de profissionais é crucial para que o mercado de trabalho esteja adaptado e orientado a produzir pela ótica da aplicação da nova tecnologia. Na era digital que se descortina no início do século XXI, essa formação não corresponde apenas a cursos de informática, pois a nova tecnologia estará presente em todos os espaços, desde a cabeleireira que abre seu pequeno negócio até as fábricas que necessitam de engenheiros para o

desenvolvimento de novos produtos. O emprego da força de trabalho é revolucionado; portanto, a formação para cada trabalho também deve ser.

Em termos teóricos, cabe relacionar o crescimento econômico, como resultado da evolução das tecnologias junto às estruturas das firmas e das indústrias, com o suporte governamental e de instituições que explicam as novas relações de emprego e a formação para o trabalho como consequência da era digital. A teoria neoschumpeteriana refere-se a este arranjo pela expressão “tecnologias sociais”. Richard Nelson, uma das principais referências da teoria evolucionária, entende a construção das tecnologias sociais dentro das tradições neoschumpeteriana e institucionalista, contribuindo para o entendimento do processo de evolução entre instituições e tecnologias ao longo do tempo (NELSON, 2008). Além disso, seus estudos comparam o tratamento da inovação em países industrializados e não industrializados.

Nelson define as tecnologias sociais como um conjunto de rotinas organizacionais de uma empresa. Essas rotinas podem ser criadas de diversas maneiras, sendo importante o impulso dado por instituições que, de certa forma, as norteiam, visto as instituições serem responsáveis pela criação de normas e de culturas que não são concebidas por uma ótica individual, mas coletiva (NELSON; WINTER, 2005). As instituições costumam possuir informações importantes sobre um todo, não apenas sobre um setor ou um mercado, abarcando as relações complexas entre organizações e indivíduos e os impactos das ações destes agentes, o que pode auxiliar no desempenho eficiente das firmas. Desta forma, elas divulgam conhecimento, componente tão necessário na sociedade inovadora, e apoiam outras instituições de modo a compor um sistema. Por isso, as tecnologias sociais tendem a existir em um conjunto de elementos compostos por instituições, firmas e o suporte governamental (COSTA; HORN, 2018).

As múltiplas funções desempenhadas pelas instituições exercem influência sobre a forma como os agentes realizam a produção no sistema econômico. Para serem eficazes, as instituições devem satisfazer dois requisitos, a saber: o conhecimento deve ser capaz de ser transmitido a qualquer agente e as instituições devem gozar de certa estabilidade. O fato de manter um arranjo institucional inalterado por sucessivos períodos de tempo lhe assegura credibilidade. Assim, as instituições moldam a tomada de decisão nas organizações. A continuidade ou inércia institucional ajuda numa avaliação das empresas menos incerta e mais precisa quanto ao processo de busca e seleção de inovações. A teoria evolucionária relaciona a mudança nos paradigmas tecnológicos com a evolução das instituições. Quando ocorre a inserção de um novo paradigma, naturalmente as instituições tendem a se adequar às novas

diretrizes, ou seja, elas buscam estar em sintonia com as novas características que se moldam ao longo do tempo. Possuem, assim, seu próprio caminho histórico, uma trajetória que explica o modo como as instituições se adaptam e influenciam os demais agentes. Esta caminhada acontece de modo semelhante ao das inovações e suas trajetórias tecnológicas, ou seja, sucedem-se diferentes inovações incrementais até que uma mudança radical ocorra e abra um novo caminho a ser percorrido (CONCEIÇÃO, 2002).

As inovações tecnológicas e organizacionais são os principais veículos para as empresas diferenciarem seus produtos e criarem oportunidades de destaque em relação à sua concorrência. Pode ocorrer pela criação de novos produtos, processos, rotinas organizacionais ou da descoberta de novas fontes de insumos e abertura de novos mercados (COSTA, 2015). A implementação destas inovações afeta diretamente a organização do trabalho, visto que no momento em que uma inovação é realizada em uma empresa, toda a corporação deve estar a par da novidade; portanto, precisa estar preparada para desenvolver novas técnicas. É aí que as empresas irão demonstrar a importância das instituições e do apoio governamental, já que estes dois agentes possibilitam o desenvolvimento dos trabalhadores por meio do conhecimento e da pesquisa. Por exemplo, para que uma empresa introduza um novo processo, é preciso que os empregados estudem e desenvolvam a nova técnica. Este novo processo ou produto se relaciona a uma nova rotina organizacional, a qual deve ser organizada, coordenada e executada por uma equipe que deve ser composta por pessoas competentes para tal.

Em países de menores níveis de renda, como o Brasil, o conhecimento sobre inovações ocorre, por exemplo, por meio de visitas de seus gestores a feiras, empresas e parques tecnológicos localizados nos países desenvolvidos e posterior transferência do conhecimento para introdução nas suas empresas, já que "o motor dinâmico da industrialização tardia é o aprendizado tecnológico, em vez de inovação" (VIOTTI, 2002, p. 658). Uma parte das maiores empresas nacionais privadas e estatais destinam recursos à pesquisa científica e ao desenvolvimento tecnológico, o que é conveniente tanto para as corporações, quanto para as universidades parceiras. Conforme mais empresas demonstrem interesse no desenvolvimento tecnológico junto a universidades, maior é o volume de recursos que estas recebem, promovendo novos projetos de pesquisa e fortalecendo as instituições de ensino.

Estruturas de interação entre empresas, instituições de ensino e governo compõem um sistema de inovação que, por sua vez, obedece a uma política de inovação. Para que haja uma parte institucional bem consolidada e fortalecida, é necessário que uma política de inovação

clara e objetiva seja construída. A perspectiva evolucionária trata dos sistemas de inovação para conduzir a produção em âmbito inovador através da política pública. As ações de política têm de estar voltadas para promover o aprendizado nas suas diferentes formas, de modo a criar novidades e sua difusão na economia (COSTA, 2015). Alguns conceitos são relacionados a estas formas, a saber: *learning by doing*: aprender fazendo, ou seja, executando determinada tarefa, *learning by using*: corresponde a aprender pelo manuseio dos insumos, desenvolvendo a aprendizagem na utilização dos equipamentos. Esse aprendizado, além dos esforços feitos individualmente, leva à absorção de conhecimentos produzidos por outras instituições, como universidades, laboratórios públicos, consultorias independentes, bem como fornecedores de bens e serviços e clientes, mediante um processo interativo no âmbito da divisão do trabalho social (COSTA, 2015). A teoria evolucionária entende que a política pública é necessária, pois o mercado por si só não consegue coordenar livremente o caminho para a inovação. É a interação entre diferentes agentes que dá a base para o processo inovativo. O foco aqui é promover a variedade, ou seja, provocar adaptação às mudanças ou orientar na direção de novas fronteiras tecnológicas. As instituições de ensino se fazem essenciais também no momento em que ocorre a evolução tecnológica do trabalho, visto que são elas que prepararão profissionais capazes de promover e aplicar novos métodos organizacionais. Portanto, a promoção e o desenvolvimento de devem estar alinhados entre as empresas, as universidades e o Estado, compondo uma parte do que foi mencionado como sendo o Sistema Nacional de Inovação do país (VIOTTI, 2002).

O mercado de trabalho e a forma de organização do trabalho evoluem em conformidade com as inovações. Com a industrialização, o crescimento no número de fábricas elevou a demanda de pessoas para empregos fabris, o que foi satisfeito, dentre outras maneiras, pela migração do meio rural para o meio urbano. Estabelecimentos industriais não necessitavam de operadores tão especializados como anteriormente no artesanato ou na manufatura. Foi uma época de elevada exploração dos operários que ficavam sujeitos a longas jornadas de trabalho, com um aumento considerável do trabalho operacional e redução do artesanal (FREEMAN; SOETE, 2008). Ao longo do século XIX e no início do século XX, a construção de ferrovias e de grandes portos gerou maior quantidade de postos de trabalho devido à necessidade de operar estes espaços e atender a uma demanda crescente. Ainda no final do século XIX, com a criação do telefone e das redes elétricas, a carência de telefonistas e de empregados nas companhias que ofertavam estes serviços também gerou mais empregos. No século XX, a criação do primeiro modelo T na fábrica da Ford deu origem ao que será chamado de fordismo, um método de produção baseado na fabricação em massa que implica

organizações hierarquizadas e produção em linha de montagem, em que cada trabalhador é responsável por operar uma máquina e realizar determinada tarefa (COSTA, 2000). Corresponde ao fordismo um modelo de produção em massa e a grande empresa industrial (CHIEZA, 1995).

Na indústria automotiva japonesa, a Toyota desenvolve um modelo de produção diferente, e de certa forma bem contrário ao da Ford. Considerando o tamanho populacional do Japão e sua potencialidade em atingir mercados, a Toyota elabora um modelo mais enxuto de produção, criando mais modelos de automóveis produzidos em menores quantidades (OHNO, 1997). As linhas de montagem do fordismo não eram necessárias em vista do objetivo de produzir bens diferenciados e de maior qualidade. No assim-chamado toyotismo, os operários da fábrica possuem mais liberdade em suas tarefas, não ficando adstritos a uma única atividade. Em algum grau, permitia-se a iniciativa dos trabalhadores em propostas de melhoria de processos, como no caso do processo que ficou conhecido como “autonomia”, ou seja, uma combinação entre autonomia e automação (COSTA, 2000). Os funcionários se tornam polivalentes e multifuncionais, perdendo a característica hierarquizada do fordismo, com um perfil mais horizontal de hierarquia.

Os japoneses já desenvolviam um conjunto de inovações organizacionais desde os anos 1940; por outro lado, no Ocidente, estas práticas foram mais bem empregadas com os avanços da Internet e da rede de comunicações a partir da década de 1970 (FREEMAN; SOETE, 2008). Inicia-se um processo de dinamização nas empresas com políticas mais flexíveis. Por parte do trabalhador, também há carência de maior bem-estar no trabalho. A questão-chave era como entregar todas as tarefas e, ao mesmo tempo, não se sentir exausto e sob pressão de muita cobrança. Esta fase desperta nos trabalhadores um desejo por maior valorização pessoal e a expectativa do receber variados benefícios.

Conforme a informatização se dissemina, cresce o desemprego relacionado à automatização de determinadas atividades e se acentua a especialização profissional (FREY; OSBOURNE, 2017). A introdução dos computadores e a informatização dos ambientes de trabalho resultam em um processo de mudança, proporcionando que outros postos de trabalho, de variados setores, agregassem às suas tarefas a utilização de máquinas, os quais anteriormente eram operados manualmente. Esta inovação resultou na facilitação do trabalho e na diminuição dos tempos de operacionalização, gerando a necessidade de que o trabalhador conheça a máquina e saiba operá-la, não apenas na fábrica, mas em praticamente todos os níveis de trabalho.

Os cursos profissionalizantes visam ensinar diferentes técnicas, possibilitando que o empregado traga melhorias para a empresa através do manejo de operação dos microprocessadores, conseguindo contribuir mais e melhor para ela. Além disso, o computador permite que a entrega deste serviço seja mais rápida. O que diferencia, neste momento, é que o conhecimento da máquina não ocorre apenas no setor industrial, mas se torna amplo para outros.

Os avanços tecnológicos promovem uma mudança no conceito de trabalho. Conforme as inovações são implementadas, o comportamento dos trabalhadores muda de modo a se adaptar aos novos requisitos. Considerando períodos de meio século para cada paradigma tecnoeconômico, é possível conjecturar sobre uma sexta revolução tecnológica a partir dos anos 2020. Em cada novo ciclo, surge uma nova gama de produtos e outros ficam obsoletos. No entanto, em nenhuma das eras anteriores, os empregos acabaram. Com efeito, os trabalhos pré-existentes foram substituídos por outros tipos de trabalho. Mesmo com elevada automatização da atividade produtiva, os novos parâmetros criam novos postos de trabalho para suprir suas necessidades (SCHWAB, 2016). Assim, ainda que o fordismo tenha automatizado diversas etapas da produção, também possibilitou a instalação de novas empresas: estabelecimentos para o conserto de veículos, postos de gasolina, maior produção e transporte de combustível.

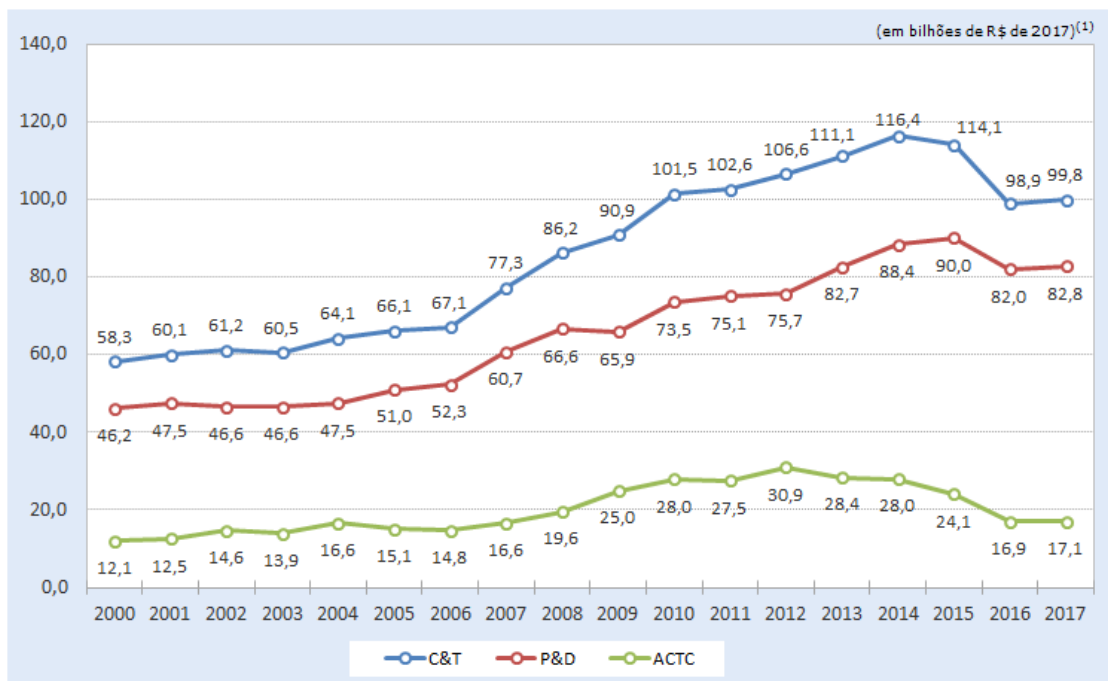
Num contexto de rápida mudança, é importante considerar o papel das instituições. Já é possível considerar que a Indústria 4.0 pertence a um novo paradigma tecnoeconômico (OLIVEIRA, 2017); portanto, as instituições devem se preparar para operar em novos cenários trabalhistas condizentes com as inovações que serão implementadas. A política pública deve promover conhecimentos e sua aplicação no desenvolvimento de novas tecnologias, aumentando a variedade de produtos, de processos produtivos e de formas organizacionais (COSTA, 2016). As ações políticas devem refletir a execução de tais inovações nas empresas.

A estrutura institucional dos países é relevante, já que, bem organizada, consegue preparar pessoas para cumprir requisitos de caráter inovador. Inclusive, a maturidade do Sistema Nacional de Inovação de um país parece relacionar-se ao seu nível de desenvolvimento. Para países de menor desenvolvimento, como é o caso do Brasil, são chamados de Sistemas Nacionais de Aprendizagem. Esta diferenciação refere-se a que, em Sistemas Nacionais de Inovação, são colocados em prática conhecimentos relacionados a inovações radicais, em geral criadas no próprio país. Isto não acontece nos países mais atrasados. Nestes, predomina a absorção de inovações já conhecidas nos países

desenvolvidos, de modo que as instituições dos países menos desenvolvidos costumam estar focadas na aprendizagem e não diretamente na "criação" de uma inovação, já que não há elementos suficientes para produzir tal fenômeno. Um dos esforços de governos, empresas e sociedades de industrialização tardia, em sua luta para superar os habituais retrocessos tecnológicos e de desenvolvimento econômico, é construir as instituições adequadas e criar o tipo de ambiente que induz ao aprendizado ativo, ou seja, criar um Sistema Nacional de Aprendizagem Ativo, aquele em que as estratégias são direcionadas ao domínio e à melhoria da capacidade produtiva (VIOTTI, 2002).

No caso brasileiro, após vivenciar um ciclo de cerca de dez anos de crescimento nos dispêndios em ciência e tecnologia (C&T), pesquisa e desenvolvimento (P&D) e atividades científicas e técnicas correlatas (ACTC), o país vem sofrendo uma diminuição neste investimento desde 2014, conforme se observa na Figura 1. São sintomas deste cenário o corte em bolsas de pesquisa em universidades e o enfraquecimento do discurso de fomento à pesquisa. Nas universidades federais, observam-se cortes nos meios de financiamento, que poderá enfraquecer estas instituições e prejudicar a relação entre empresas e ensino e pesquisa, no sentido de promover inovação, justamente no momento em que acelera a transformação digital em todo o mundo.

Figura 1: Dispendio Nacional em Ciência e Tecnologia por atividade, 2000-2017



Fonte: extraído do site do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Elaboração: Coordenação de Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação (COICT) - CGPI/DGI/SEXEC - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)

Nota: 1) Valores obtidos através dos multiplicadores utilizados pelo Banco Central para deflacionar o PIB, publicados na tabela "Produto Interno Bruto e taxas médias de crescimento " em <http://www.bcb.gov.br/?INDECO>.

Outro conjunto relevante de instituições para o objetivo de oferecer a estudantes o preparo para o mercado de trabalho digitalizado é o Sistema S, composto pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC), Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), Serviço Social da Indústria (SESI) e Serviço Social do Comércio (SESC). São entidades paraestatais, administradas por federações empresariais, que operam no treinamento profissional, na assistência social, na consultoria, na pesquisa e na assistência técnica a empresas e trabalhadores.

Há cerca de dois anos, mais precisamente na primeira quinzena de março de 2018, o SENAI lançou o programa Senai 4.0 que visa preparar os profissionais das empresas nacionais para as mudanças que estão se aproximando. Este projeto mostra o papel fundamental da instituição na formação de pessoas para a indústria no novo cenário de inovação da Indústria 4.0. Em entrevista para a Agência Brasil, o diretor-geral do SENAI, Rafael Lucchesi, diz: “Vamos fazer não apenas um sistema de aprendizagem tradicional, mas voltado aos fatores da quarta revolução industrial. Estamos falando de um aprendiz que vai ter formação em internet das coisas, big data, digitalização. Como esses são os novos fatores, os cursos têm longa duração e o papel de formar para o mundo do trabalho”.

Por conseguinte, a inovação se tornou requisito fundamental para impulsionar o crescimento econômico, de forma que os seus elementos se fazem presentes na essência da Indústria 4.0 no momento em que se classifica como um novo modelo organizacional de produção. Visto isso, se faz necessária a apresentação das características da Indústria 4.0, juntamente de sua origem.

3 INDÚSTRIA 4.0

Este capítulo apresenta um panorama geral sobre a Indústria 4.0, abordando a origem de seu termo, sua relação como um paradigma tecnoeconômico, seus impactos no mercado de trabalho e, por fim, a experiência de alguns países, como Estados Unidos e Alemanha, na implementação de políticas nacionais fomentando a Indústria 4.0.

3.1 ORIGEM

O termo Indústria 4.0 surgiu em 2011, a partir de um projeto do governo alemão para denominar o processo que colocaria o país como líder em fabricação de alta tecnologia, e refere-se a uma transformação nos meios de produção com crescente interconexão entre o homem e a máquina que modifica não apenas a maneira como as máquinas são operadas, mas cria novos bens e serviços (EUROFOUND, 2016). A ele relacionado, está o lançamento, no ano de 2015, do “Green Paper: Work 4.0” na tentativa de explicar o que é “Trabalho 4.0” (FEDERAL MINISTRY OF LABOUR AND SOCIAL AFFAIRS, 2015).

3.2 CARACTERÍSTICAS

Indústria 4.0 é um modelo de produção que revoluciona todas as etapas por meio de sistemas ciber-físicos que monitoram processos, se comunicam pela Internet das Coisas e se organizam pela Internet dos Serviços, e formam as chamadas "Fábricas Inteligentes" (HERMANN *et. al.*, 2015). Para que opere plenamente, são necessárias determinadas tecnologias, como Inteligência Artificial, Big Data Analytics e Computação em Nuvem. Os sistemas ciber-físicos (CPS) unem os mundos físico e virtual através de "[...]computadores e redes incorporados que monitoram e controlam processos físicos[...]" (LEE, 2008, p. 1). A Internet das Coisas permite a comunicação entre "coisas e objetos" (HERMANN *et. al.*, 2015, p. 9) que significa, por exemplo, o acionamento de um aparelho por meio de outro, como ligar o ar condicionado pelo telefone celular. A Internet de Serviços conecta fornecedores com a internet, na forma de disponibilizar seus produtos virtualmente. Uma das suas vantagens é a possibilidade de eliminação de estoques e a fabricação de lotes mínimos, ou seja, unitários, sob demanda.

Alguns princípios são básicos para tornar bem-sucedida a aplicação da Indústria 4.0. São eles: Interoperabilidade, Virtualização, Descentralização, Capacidade em Tempo Real,

Orientação ao Serviço e Modularidade (INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – IEDI, 2019). A tabela abaixo exemplifica melhor os conceitos empregados pelo IEDI.

Tabela 1 - Princípios básicos para a aplicação bem-sucedida da Indústria 4.0

| Princípios | O que é |
|--------------------------|--|
| Interoperabilidade | A comunicação entre todas as partes da produção é fundamental. As caixas fechadas, comuns a antigos sistemas, não se sustentam na quarta revolução industrial, porque nesta nova era é necessário que as informações estejam alinhadas entre todos os setores dentro de uma fábrica. |
| Virtualização | Refere-se à capacidade de monitorar processos e criar uma versão digital que espelha o mundo físico. Representa a combinação do mundo digital com o mundo do trabalho. A digitalização faz com que estes dados sejam apresentados de forma clara e de fácil compreensão, proporcionando que qualquer área consiga compreendê-los, desde os desenvolvedores de produto até o marketing. |
| Descentralização | É necessário criar um ambiente no qual todas as partes conversem. A menor centralização dos processos demanda que todas as funções e etapas sejam conhecidas, deixando de ficar restrito ao funcionário apenas as próprias tarefas. |
| Capacidade em Tempo Real | Fundamental para garantir a capacidade de reação do sistema perante problemas operacionais |
| Orientação ao Serviço | Corresponde à disponibilidade das funcionalidades das empresas, ou seja, o quanto a Internet dos Serviços está apta para fornecer serviços. |
| Modularidade | Se trata de sistemas modulares com capacidade de se ajustar diante de mudanças na demanda. |

Fonte: IEDI, 2019.

Junto à criação destas facilidades que geram as chamadas “fábricas inteligentes”, a Indústria 4.0 revoluciona o mercado de trabalho, já que seus operadores precisam cumprir diferentes requisitos com a sua introdução. Assim como o fordismo e o toyotismo transformaram as formas organizacionais, a Indústria 4.0 também altera as relações hierárquicas e as qualificações, atribuições e atuação dos empregados nos processos produtivos, causando profunda ruptura nos padrões industriais. A Indústria 4.0 configura a base de um novo paradigma tecnoeconômico (OLIVEIRA, 2017).

3.3 A INDÚSTRIA 4.0 COMO UM NOVO PARADIGMA TECNOECONÔMICO

A indústria é caracterizada pela produção mecanizada e automatizada que gera bens materiais. Como visto anteriormente, ela passou por diferentes transformações a cada revolução tecnológica, que alteraram a estrutura econômica como um todo. No atual contexto, a procura por diferentes produtos tem resolução mais rápida do que em épocas passadas

graças ao advento da Internet. Esta proporcionou a procura por bens de consumo sem necessidade de movimentação física, diminuindo barreiras para se obter um produto por preço menor e de melhor qualidade. No entanto, a variedade de oferta de produtos precisa ser criada em processos produtivos condizentes com esta rapidez.

Perez (2010) identifica como critérios para um novo paradigma tecnoeconômico: a alteração da estrutura de custos, a percepção de espaços de oportunidades e o surgimento de novos modelos organizacionais. Há uma alteração da estrutura de custos dado o maior controle dos processos produtivos, a partir da utilização dos sistemas ciber-físicos que possibilitam menor perda de qualidade, maior rapidez de resposta no momento em que se percebem avarias, maior eficiência energética e maior eficácia na reação a eventuais alterações logísticas. A percepção de espaços de oportunidades evidencia-se na propensão a investimentos vantajosos na maior possibilidade de realização destes. Por fim, o surgimento de novos modelos organizacionais é encontrado na revolução que a Indústria 4.0 causa no momento de sua introdução em todo um setor de atividade.

3.4 INDÚSTRIA 4.0 E TRABALHO

A relação entre a transformação digital e as mudanças no trabalho enseja algumas questões relevantes. Há, em primeiro lugar, a expectativa de que a Indústria 4.0 cause desemprego tecnológico nas posições mais baixas da hierarquia das organizações, ou seja, nos empregos precários ou menos qualificados, e um impacto de mudança em cargos mais altos dessa hierarquia (BOSTON CONSULTING GROUP - BCG, 2015). O resultado efetivo no mercado de trabalho e nas relações de trabalho em cada realidade específica, no entanto, não é determinado pela inovação tecnológica em si, sendo a inovação e seus efeitos moldados socialmente (CARUSO, 2018). Cabe, especificamente, às políticas públicas alterarem a estrutura trabalhista, visto que as tecnologias isoladamente não têm poder para definir o resultado final desta modificação. Nesta abordagem, o futuro do emprego – se de extermínio de postos ou de evolução – depende das decisões de agentes do governo e das empresas privadas.

No relatório "*The Future of Jobs*", publicado pelo Fórum Econômico Mundial em 2015, há uma ampla abordagem das consequências da transformação tecnológica sobre o emprego. Este relatório baseia-se em depoimentos de conselheiros e de chefes do setor de Recursos Humanos das maiores empresas do mundo, localizadas tanto em países desenvolvidos, como em países emergentes. O painel, selecionado em função da influência do

país na dinâmica global de empregos, está composto por respondentes do Brasil, Austrália, China, França, Alemanha, Índia, Itália, México, África do Sul, Turquia, Reino Unido, Estados Unidos e da Associação de Nações do Sudeste Asiático. Somadas, as empresas possuem mais de 13 milhões de empregados e os países onde estão localizadas concentram 65% da força de trabalho mundial (aproximadamente 1,86 bilhões). Os resultados da pesquisa apontam que a Quarta Revolução Industrial provocará a perda de 7,1 milhões de empregos, enquanto 2 milhões de novos empregos serão criados. Somente no setor de manufatura e produção, mais de 1,6 milhões de empregos diretos serão substituídos por robôs e outras tecnologias avançadas.

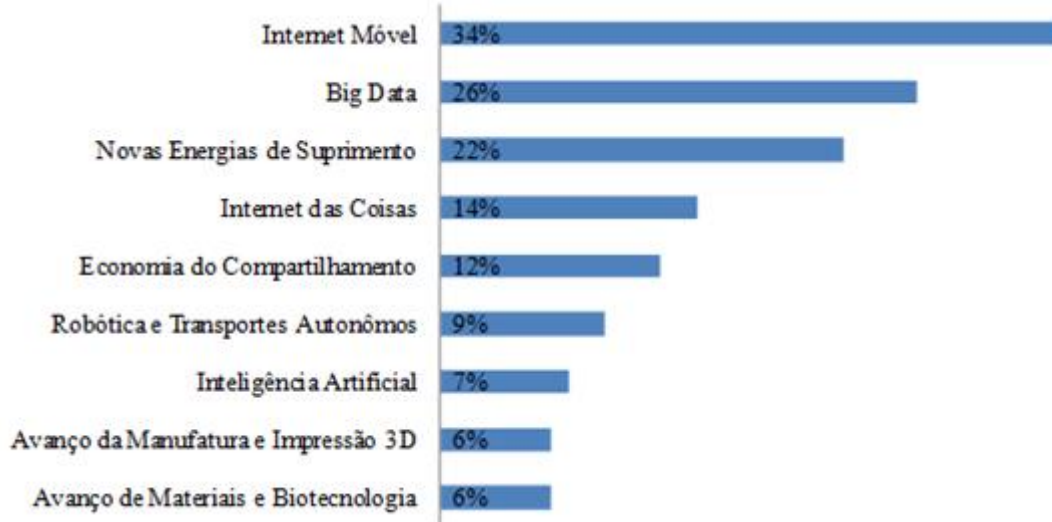
Além do impacto sobre o nível geral do emprego, a pesquisa apurou quais serão os principais motores de mudanças demográficas, socioeconômicas e tecnológicas a impactar o futuro dos empregos. As dimensões demográficas e socioeconômicas podem ser observadas na figura 3.1, ao passo que a dimensão tecnológica está apresentada na figura 3.2.

Figura 2: Motores da Mudança - Demográfico e Socioeconômico



Fonte: WORLD ECONOMIC FORUM. **The future of jobs: employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution**. Report. Genebra, 2016. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>. Acesso em: 7 out. 2019.

Figura 3: Motores da Mudança - Tecnológico



Fonte: WORLD ECONOMIC FORUM. **The future of jobs: employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution**. Report. Genebra, 2016. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>. Acesso em: 7 out. 2019.

Denominados como "motores da mudança" estão os principais fatores de alteração no âmbito do trabalho sob a ótica das mudanças demográficas, socioeconômicas e tecnológicas. A principal tendência envolve a mudança nos ambientes de trabalho e em arranjos de trabalho flexível, que já se manifesta na maioria das empresas. As novas tecnologias possibilitam que o funcionário não esteja 100% do seu tempo de corpo presente no estabelecimento. A capacidade de se conectar com o trabalho em qualquer lugar permite que as pessoas administrem melhor o seu tempo, sendo possível equilibrar a vida pessoal com a vida profissional de forma mais eficaz, ou seja, sem perder horas em função de contratempos, como idas ao médico, por exemplo. Também é possível reduzir a perda de tempo com deslocamentos, o que traz maior qualidade de vida para o empregado, e redução dos custos de transporte. Dependendo do ofício, os espaços físicos podem diminuir ou mesmo serem fechados.

Outra tendência relevante é a ascensão da classe média nos países emergentes. Prevê-se que a Ásia terá 66% da classe média global e 59% de consumo provindo de sua classe média até 2030. Ainda no âmbito demográfico e socioeconômico, destacam-se a importância da economia verde e de uma melhor gestão dos recursos naturais, a volatilidade geopolítica caracterizada pelos acordos comerciais, as novas práticas de consumo focadas na ética e na segurança das informações e o aumento da expectativa de vida e do número de idosos no mundo. Um ponto bastante importante é o rápido crescimento populacional em países emergentes, que devem se organizar para preparar esses jovens para o trabalho. Nestas

nações, aumenta consideravelmente o número de pessoas com ensino superior, o que impactará na distribuição global de novos talentos.

Os dois fatores finais de mudança no trabalho são a representação cada vez mais forte das mulheres em cargos de poder e a rápida urbanização, especialmente na China e em países da África Subsaariana.

Quanto aos motores tecnológicos da mudança, aparecem no topo da lista a Internet móvel e a tecnologia de nuvem, a qual permite a comunicação entre serviços e consumidores finais e a possibilidade de fornecer aplicativos com o mínimo ou nenhum software local ou poder de processamento. Na sequência, estão os avanços em poder de computação e Big Data, que são necessários para melhor gestão de informações; os novos suprimentos e tecnologias de energia; a Internet das Coisas; a economia compartilhada; os robôs avançados; a Inteligência Artificial; o avanço da manufatura; e o avanço de materiais, biotecnologia e genomas.

Em seu conjunto, estes elementos impactam nas medidas e nas políticas públicas que os agentes econômicos deverão adotar para preparar os espaços e as pessoas para esta nova realidade. As decisões dos governos e das empresas serão cruciais para determinar, por exemplo, se o futuro do emprego trará maior desigualdade de renda em função do elevado desemprego que o desenvolvimento da tecnologia pode acarretar (CARUSO, 2018). O desemprego crescente afeta as empresas ao diminuir o mercado consumidor; por isso, é de interesse também do poder privado incentivar a formação das pessoas. Neste caso, é importante destacar quais são os novos postos de trabalho a serem criados.

BCG (2015) lista as demandas futuras das indústrias, detalhando os postos de trabalho a serem criados, e também as atividades que terão queda na demanda. O Quadro 3.1 mostra atividades no novo cenário industrial e seus impactos na demanda por trabalhadores.

Quadro 1: Atividades do novo cenário industrial e impactos prováveis sobre a demanda de trabalho

| Implantação | O que faz | Aumenta a demanda por | Reduz a demanda por |
|--|---|---|--|
| Controle de qualidade baseado em big data | Análise de dados para controlar a qualidade, identificando problemas e melhorias em tempo real | Cientistas de dados industriais | Especialistas em controle de qualidade |
| Produção assistida por robôs | Substituição de trabalho manual exercido por humanos por robôs | Coordenador de robô | Operadores de produção |
| Veículos logísticos autônomos | Transporte automatizado que navega independentemente dentro da fábrica | | Operadores de logística |
| Simulação de linha de produção | Utilização de software para simular as linhas de produção antes da instalação e aplica os insights para otimizar as operações | Engenheiros industriais e especialistas em simulação | |
| Rede de abastecimento inteligente | Com maior análise de dados, é possível entender melhor qual o tamanho da fábrica e a necessidade de abastecimento | Coordenadores de cadeia de suprimentos | Planejamento de operações |
| Manutenção preditiva | O monitoramento antecipado permitirá que os equipamentos recebam o conserto antes de se tornar obsoleto | Engenheiros de serviços de campo assistidos digitalmente | Técnicos de serviço |
| Máquina como serviço | As máquinas são vendidas como serviço e não o maquinário inteiro, ou seja, a máquina cumprirá determinado trabalho e após isso, sai da empresa. É como se a máquina fosse uma "prestadora de serviço" | Fabricantes colocando suas máquinas como prestadoras de serviço | |
| Produção auto-organizada | As linhas de produção são programadas para serem operadas automaticamente | Especialistas em modelagem e interpretação de dados | Planejamento de operações |
| Fabricação aditiva de peças complexas | Criação de peças complexas em etapa única a partir da utilização de impressoras 3D | Design 3D; Modelagem 3D | Montagem de peças |

Fonte: BCG (2015). Elaborado pela autora.

É notável a necessidade de especialização dos trabalhadores, fazendo com que o desenvolvimento e o amadurecimento de uma educação sólida sejam cruciais na implementação da Indústria 4.0. Assim como ocorreu nas outras revoluções tecnológicas, a sociedade levará certo tempo para se adaptar às novas exigências, inclusive para entender completamente as necessidades do novo mercado de trabalho. Esta adaptação precisa levar em consideração uma educação de qualidade com o propósito de preparar as pessoas para este novo cenário. Para elaborar um conteúdo pedagógico, é importante destacar quais são as competências e as habilidades que os profissionais precisarão entregar. O Quadro 3.2 destaca

quais são estas competências e foi elaborado por Tessarini e Saltorato (2017), a partir de BCG (2015b), Gehrke *et al* (2015), Schuh *et al* (2015), Hecklau *et al* (2016), Weber (2016), WEF (2016), Jasiulewicz-Kaczmarek *et al* (2017) e Benesova e Tupa (2017).

Quadro 2: Competências requeridas pela Indústria 4.0

| | |
|-------------------------------------|--|
| Competências funcionais | Resolução de problemas complexos |
| | Conhecimentos avançados em TI, incluindo codificação e programação |
| | Capacidade de processar, analisar e proteger dados e informações |
| | Operação e controle de equipamentos e sistemas |
| | Conhecimento estatístico e matemático |
| | Alta compreensão dos processos e atividades de manufatura |
| Competências comportamentais | Flexibilidade |
| | Criatividade |
| | Capacidade de julgar e tomar decisões |
| | Autogerenciamento do tempo |
| | Inteligência emocional |
| | Mentalidade orientada para aprendizagem |
| Competências sociais | Habilidade de trabalhar em equipe |
| | Habilidades de comunicação |
| | Liderança |
| | Capacidade de transferir conhecimento |
| | Capacidade de persuasão |
| | Capacidade de comunicar-se em diferentes idiomas |

Fonte: Tessarini; Saltorato, 2018.

De uma maneira geral, as habilidades elencadas no Quadro 3.2 já são exigidas no mercado de trabalho; no entanto, elas se mostram essenciais para que as atividades sejam plenamente operadas na 4ª Revolução Industrial. O conhecimento sobre a produção como um todo é um dos principais pontos. Os postos serão mais generalistas e precisarão conversar entre os setores de uma empresa, abandonando a antiga compreensão de que cada setor é responsável apenas por si (BCG, 2015). Os trabalhadores deverão interagir e manter uma forte relação entre si. A demanda por trabalhadores que realizam atividades repetitivas e simples diminuirá enormemente, sendo que a maior parte das perdas de empregos resultará da introdução da robótica no chão de fábrica e da informatização dos trabalhos de rotina (WORLD ECONOMIC FORUM - WEF, 2016).

Para realizar o trabalho com eficácia na Indústria 4.0, os trabalhadores precisarão aplicar várias habilidades hoje consideradas difíceis. Assim, terão que combinar *know-how* relacionado a um trabalho ou processo específico, como a tecnologia de trabalhar com robôs

ou alterar ferramentas na máquina, e TI do básico (usando planilhas e interfaces de acesso) ao avançado (aplicando programação e habilidades avançadas). A demanda por múltiplas habilidades físicas e a variedade de mudanças sem precedentes significam que as habilidades pessoais serão mais importantes do que nunca. Os trabalhadores precisarão estar mais abertos à mudança, ter maior flexibilidade para se adaptar a novas funções e ambientes de trabalho e estar habituados à aprendizagem interdisciplinar contínua (BCG, 2015).

Um levantamento recente sobre profissões em alta foi divulgado pela rede profissional LinkedIn no início de 2020. Mais precisamente, trata-se das 15 profissões em alta no Brasil. A base de dados é de usuários da plataforma, identificando-se, assim, o grupo das profissões que mais se movimentaram no período, ou seja, que tiveram o maior número de contratações entre 2015 e 2019. As profissões relacionadas à tecnologia da informação representam 87% do todo. Segundo o levantamento, o Cientista de Dados obteve 78% de crescimento anual de contratações. Outras profissões, como Engenheiro de Dados, Especialista em Inteligência Artificial e Programadores, também aparecem com elevada demanda. Com a crescente procura por profissões que envolvem dados, é extremamente necessária a formação de pessoas neste campo, inclusive para que se crie um cenário de desenvolvimento da tecnologia no país. Assim, por exemplo, a Universidade Federal do Rio de Janeiro incluiu a ênfase em Ciência de Dados nos cursos de Estatística e Matemática Aplicada em 2020. Neste mesmo ano, a Fundação Getulio Vargas (FGV) do Rio de Janeiro iniciou a primeira turma de graduação inteiramente dedicada ao tratamento e análise de dados. Anteriormente, esta formação restringia-se aos cursos de pós-graduação. Nota-se que, na esfera pública, ainda não há cursos profissionalizantes voltados exclusivamente para a maturação de dados, enquanto na privada, há intensa dedicação à promoção dos mesmos.

Um estudo elaborado pela Associação Brasileira das Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação (Brasscom) com fontes de dados extraídos do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira - INEP, pela Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) e pelo Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED) mostrou que a demanda por profissionais de tecnologia no Brasil será de 70 mil pessoas por ano de 2019 até 2024, enquanto o número de formados/ano nessa área chega a apenas 46 mil. A disponibilidade de uma quantidade maior de cursos focados inteiramente em dados é urgente em face da importância de desenvolver capacidades competitivas e de alinhar o Brasil com as tendências internacionais. Hoje, fica a cargo do aluno a iniciativa de procurar relacionar a matemática e a ciência de dados.

Um exemplo promissor está na chamada "Formação em Graduação Tecnológica" do SENAI. Os cursos envolvem análise de sistemas, bem como o desenvolvimento de variados tipos de software e também aqueles voltados para a Indústria de Automação, fazendo a ponte entre a tecnologia e a indústria e permitindo capacitar pessoas para a Indústria 4.0.

3.5 POLÍTICAS NACIONAIS PARA A INDÚSTRIA 4.0

3.5.1 O CASO DA ALEMANHA

A estratégia alemã está vinculada aos modelos ciber-físicos em fábricas inteligentes (LUCENA, *et. al.*, 2020). A ideia é otimizar processos de forma a fornecer dados sobre o mercado e [...] "ter uma distinção na formulação da sua política industrial com um caráter bottom up, isto é, articulada pelos agentes econômicos e elevando-se até as esferas mais altas da sociedade" [...]. Os dados são importantes, inclusive, pelo ponto de vista ecológico, já que trabalha eficientemente com os recursos por todo o ciclo de vida do produto. Em 2013, foi criada uma plataforma pelo Governo Federal, em conjunto com a Comissão Europeia, chamada de *Industrie 4.0*, com o intuito de concentrar as informações necessárias que impulsionam a execução da Indústria 4.0. A plataforma *Industrie 4.0* garante o intercâmbio de todos os atores relevantes da política, negócios, ciência, sindicatos e associações e, desta forma, promove a interação destes agentes com o objetivo comum de promover a Indústria 4.0 na Alemanha.

Historicamente, a indústria alemã se destaca com um papel fundamental na economia do país. Entre 1990 e 2014, este setor representou de 20 a 24% do valor adicionado bruto (VAB) interno (UNIDO, 2017), bem como ocupou uma posição de destaque nas exportações do país. Um elemento importante para que o governo alemão priorizasse a implementação da Indústria 4.0 foi o deslocamento dos empregos manufaturados para o setor de serviços (UNIDO, 2016). Esta foi vista como uma oportunidade para o governo alemão refletir sobre a importância em realizar parcerias entre instituições públicas e privadas e garantir o relacionamento entre empresas e universidades a fim de promover o desenvolvimento da Indústria 4.0.

O Projeto *Industrie 4.0* foi criado com o objetivo de ser uma espécie de cartilha para orientar empresas, sindicatos, ministérios do governo e instituições de ensino, dentre outros, sobre como devem se organizar para promover a Indústria 4.0. É uma plataforma que faz com

que todos os segmentos conversem entre si. Possui cinco tópicos centrais (PLATTFORM INDUSTRIE 4.0, 2015). São eles:

1. A dimensão da política industrial: a Alemanha quer se tornar o fornecedor líder e o mercado líder de soluções da Indústria 4.0. A ideia é criar o chamado "*Made in Germany*".
2. A dimensão do emprego: trabalhar com inovações que valorizem o emprego.
3. A dimensão de segurança de dados: diminuir os ataques de *hackers*, desenvolvendo máquinas conectadas entre si ou por cadeias de suprimentos digitalizadas.
4. A dimensão da empresa de médio porte: o apoio às empresas de médio porte é fundamental para que não sejam negativamente atingidas pela digitalização. Iniciação de centros de competência, fábricas-modelo e eventos de informação.
5. A dimensão regulatória: criação de normas e de padrões e também de direitos da concorrência e da responsabilidade.

Além disso, em uma publicação de maio de 2019, foram determinados os três principais campos estratégicos: a soberania, a interoperabilidade e a sustentabilidade (PLATTAFORM INDUSTRIE 4.0, 2019). Segue abaixo.

Tabela 2: Campos Estratégicos para a Indústria 4.0

| Campos Estratégicos | O que é |
|----------------------------|---|
| Soberania | Liberdade dos participantes do mercado (empresas, ciência, indivíduos) em tomar decisões autodeterminadas e independentes, considerando agir em concorrência justa entre si. |
| Interoperabilidade | Componente chave nas estruturas descentralizadas e complexas. Apenas com um alto grau de interoperabilidade se garante uma rede operacional concisa. |
| Sustentabilidade | Representa um papel fundamental na orientação do valor social em conformidade com os preceitos da Indústria 4.0, já que o ecossistema de inovação desta fornece um cenário fértil para desenvolver a sustentabilidade através da indústria. |

Fonte: PLATTAFORM INDUSTRIE 4.0, 2019.

Entende-se que o ser humano sempre ocupará o espaço central na Indústria 4.0. Portanto, é importante assegurar o conhecimento empírico e evitar as tendências à desqualificação como resultado de processos autônomos. Nesse sentido, a Alemanha possui uma forte exploração da pesquisa. A plataforma conecta empresas de engenharia mecânica, através da Associação Alemã da Indústria de Engenharia Mecânica (VDMA), com centros de

inovação de institutos de pesquisa, define prioridades de pesquisa e molda a transferência da pesquisa para a prática. O Ministério Federal de Educação e Pesquisa e o Ministério Federal de Economia e Energia financiam, através da plataforma, 100 projetos de pesquisa que impulsionam a Indústria 4.0. Os projetos são divididos em seis categorias: engenharia; produção; tecnologias de TI e de automação; pessoas e trabalho; modelos de negócios e estrutura.

Tabela 3: Projetos de pesquisa que impulsionam a Indústria 4.0

| Projetos | O que é |
|----------------------------------|---|
| Engenharia | Todos os tópicos que tratam da concepção, projeto e layout de produtos, processos e instalações de produção. |
| Produção | Tópicos relacionados ao planejamento, organização e implementação de processos de manufatura. |
| Tecnologias de TI e de automação | Cobre uma ampla gama de tópicos, incluindo desde a medição inteligente e a tecnologia de acionamento até o processamento de dados e as interfaces padronizadas. |
| Pessoas e trabalho | Trata da função, da forma de trabalhar e da qualificação dos trabalhadores para a produção de amanhã, bem como o suporte às máquinas, como, por exemplo, a assistência que as pessoas podem oferecer aos robôs. |
| Modelos de negócios | Inclui tópicos que tratam de novos serviços e modelos de negócios, bem como de novos caminhos para lidar com a cooperação ao longo da cadeia de valor. |
| Estrutura | Inclui todos os aspectos necessários para o sucesso da introdução da Indústria 4.0. |

Fonte: VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN- UND ANLAGENBAU - VDMA, 2017.

A política de fornecimento de desenvolvimento científico e técnico ocupa o segundo lugar no índice de distribuição das políticas de inovação da Alemanha para promover a Indústria 4.0 e mostra que as ferramentas de desenvolvimento científico e técnico aprimorarão o conhecimento técnico e a força de trabalho no setor, melhorando, assim, as atividades de P&D durante o desenvolvimento da inovação da indústria (KUO *et. al.*, 2019). A plataforma *Industrie 4.0* recebeu um financiamento de até 200 milhões de euros e está prevista para operar entre 10 e 15 anos.

3.5.2 O CASO DOS ESTADOS UNIDOS

Conforme Lucena et. al. (2020), "Os Estados Unidos tem o objetivo de manutenção do seu status quo como potência hegemônica, para isso sua inspiração para política industrial está em recuperar o setor manufatureiro que sofreu perdas ao longo das últimas décadas". Não há uma tecnologia específica, como é visto na Alemanha.

Tradicionalmente, países asiáticos possuem um menor custo da força de trabalho. Intensivos em trabalho e com baixo uso de capital, além de uma população muito volumosa, a China passou a receber, em meados da década de 1990, empresas multinacionais que aproveitavam essas condições para se estabelecer em ambiente chinês e explorar sua força de trabalho. Os Estados Unidos foi um dos países que perceberam esta oportunidade e deslocou diversas de suas empresas para lá. Neste processo, a taxa de desemprego se elevou, bem como houve perda de capacidade de força de trabalho qualificada nos Estados Unidos. Com a digitalização e a Indústria 4.0, notam-se vantagens de custos em função da automação, não sendo mais necessário posicionar multinacionais em países com força de trabalho barata, pois é possível obter baixos custos de produção localmente. Desde o Governo Obama, os Estados Unidos vêm adotando medidas de propagação de manufatura avançada.

Neste cenário, o Comitê de Tecnologia do Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia elaborou um plano estratégico para uma política de inovação robusta que ajudaria a fechar lacunas e abordar o ciclo completo da tecnologia (EXECUTIVE OFFICE OF THE PRESIDENT, 2012). Também incorpora o envolvimento intensivo entre a indústria, o trabalho, a academia e o governo nos níveis nacional, estadual e regional. Este documento, intitulado "*A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing*", serviu como guia para o governo norte-americano colocar em prática o desenvolvimento de uma manufatura avançada. Foram propostos projetos de desenvolvimento de uma rede nacional de Institutos de Inovação, aumentando o investimento em P&D, a criação de um fundo para explorar empregos altamente qualificados e uma reforma no código tributário para incentivar o investimento na indústria nacional. Além disso, algumas medidas no âmbito educacional foram as seguintes:

1. Fortalecimento das habilidades da força de trabalho. Expandir o número de trabalhadores com as habilidades necessárias para um setor de manufatura avançada. As ações federais no âmbito deste objetivo devem incluir esforços como apoio para a coordenação da educação estadual e local e currículos de

treinamento com requisitos de habilidades de fabricação avançadas, e apoio ampliado para a carreira de manufatura avançada e programas de educação técnica abrangendo o ensino médio e níveis pós-secundários e oportunidades de aprendizagem por meio de parcerias regionais e programas de cluster industrial.

2. Mudança na força de trabalho. Aproximadamente 2,8 milhões de trabalhadores da indústria (quase 25%) têm agora 55 anos de idade ou mais (BUREAU OF LABOR STATISTICS, 2010). A necessidade de substituir esses trabalhadores à medida que se aposentam pode aumentar a demanda emergente por trabalhadores da indústria avançada. Os programas federais em cooperação com parceiros estaduais e locais devem ter como objetivo separar o pessoal militar e veteranos recentes, trabalhadores desempregados e trabalhadores empregados que precisam aumentar suas habilidades no curto prazo, trabalhadores em potencial que logo entrarão na força de trabalho, e alunos do ensino fundamental e médio para desenvolver proativamente a próxima geração de trabalhadores.
3. Melhor treinamento para os trabalhadores de fabricação avançada de hoje. Investimento para apoiar parcerias de faculdades estaduais e comunitárias com empresas para desenvolver as habilidades dos trabalhadores americanos em indústrias em crescimento de manufatura avançada.
4. Educação e Treinamento para trabalhadores de amanhã. Os programas estaduais e locais de treinamento vocacional e de aprendizagem apoiados pelo Governo Federal fortalecem as habilidades dos trabalhadores. O fomento a eles é importante para que continuem a desenvolver habilidades para a Indústria 4.0 desde cedo nas escolas.
5. Educando a Nova Geração. Ênfase em ciência, tecnologia, engenharia e matemática através de parcerias com fundações e sociedades científicas e profissionais. Complementação da educação acadêmica tradicional com o desenvolvimento de conhecimentos aplicados, ou seja, aumentar a graduação em mais dois anos, proporcionando que, neste tempo, o aluno aprenda sobre manufatura avançada, fazendo com que este fique altamente qualificado e possa competir, inclusive, por melhores salários, já que estará mais preparado.

Enquanto na Alemanha o foco é mais relacionado à pesquisa, nos Estados Unidos há uma abordagem do "todo", ou seja, desde os anos iniciais da formação do aluno com treinamento e fomento para os requisitos da Indústria 4.0. Estas diferenças ocorrem, predominantemente, pelo momento de cada país com a indústria de transformação. Enquanto os estadunidenses precisam reforçar seu setor industrial, os alemães se mostram mais preparados para desenvolver camadas mais avançadas da Indústria 4.0.

4 O SENAI

Este capítulo examina as perspectivas e atividades do SENAI em relação à Indústria 4.0. Assim, inicialmente, apresenta-se muito concisamente a instituição SENAI, destacando seus objetivos e estrutura. Na segunda parte, a atenção recai sobre os projetos e cursos relacionados à Indústria 4.0, apresentando, a título de ilustração, um caso regional. Por fim, o capítulo explora os conteúdos de uma entrevista realizada com o gerente regional de Inovação e Tecnologia, cujo propósito foi o de apurar seu entendimento sobre a instituição e os principais esforços do SENAI para tornar a Indústria 4.0 possível no Rio Grande do Sul e no Brasil como um todo.

4.1 A INSTITUIÇÃO SENAI

O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) foi criado em 1942, em meio a uma preocupação do governo federal em preparar o trabalhador para o mercado (SILVA, 2010). Conforme consta no Portal da Indústria (2019), o SENAI surgiu para “[...] promover a formação profissional de trabalhadores e cooperar no desenvolvimento de pesquisas tecnológicas de interesses para a indústria [...]”. É uma entidade de direito privado e sem fins lucrativos, sob organização e administração da Confederação Nacional da Indústria (CNI) e das federações industriais. Desde a sua criação, o SENAI junto do Serviço Social de Apoio à Indústria - SESI, “[...] atua em qualificação de mão de obra viabilizando as condições básicas para a industrialização no país. Hoje, essas entidades criam condições para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil [...]” (SENAI, 2019).

O SENAI faz parte de uma rede, portanto são os departamentos nacionais e o regionais do SESI, SENAI e Instituto Euvaldo Lodi - IEL que formam o Sistema Indústria. Para entender melhor como estas organizações funcionam, conforme Senai (2019):

- a) A CNI é o órgão máximo do sistema sindical patronal da Indústria. É ela quem aprimora políticas e leis que estimulem o sistema produtivo do Brasil.
- b) O SENAI atua na qualificação profissional, ofertando diversos cursos profissionalizantes. Além disso, conta com os Institutos SENAI de Inovação e Tecnologia que ofertam consultorias técnicas especializadas e desenvolvimento de produtos e processos.

- c) O SESI cuida da qualidade de vida do trabalhador e de seus dependentes. Promove programas nas áreas de educação, saúde e segurança; bem como eventos, cursos, prêmios.
- d) O IEL promove as conexões de empresas com centros de conhecimento, em âmbito nacional e internacional. O Núcleo Central (NC) do IEL é o responsável pela coordenação executiva da Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), movimento liderado pela CNI e pelas principais lideranças empresariais nacionais para fortalecer e ampliar a inovação no Brasil.

Os recursos financeiros do SENAI são provenientes de contribuições compulsórias recolhidas por empregadores da indústria e setores assemelhados, em valores mensais equivalentes a 1,5% do total da folha de pagamentos (SENAI, 2019).

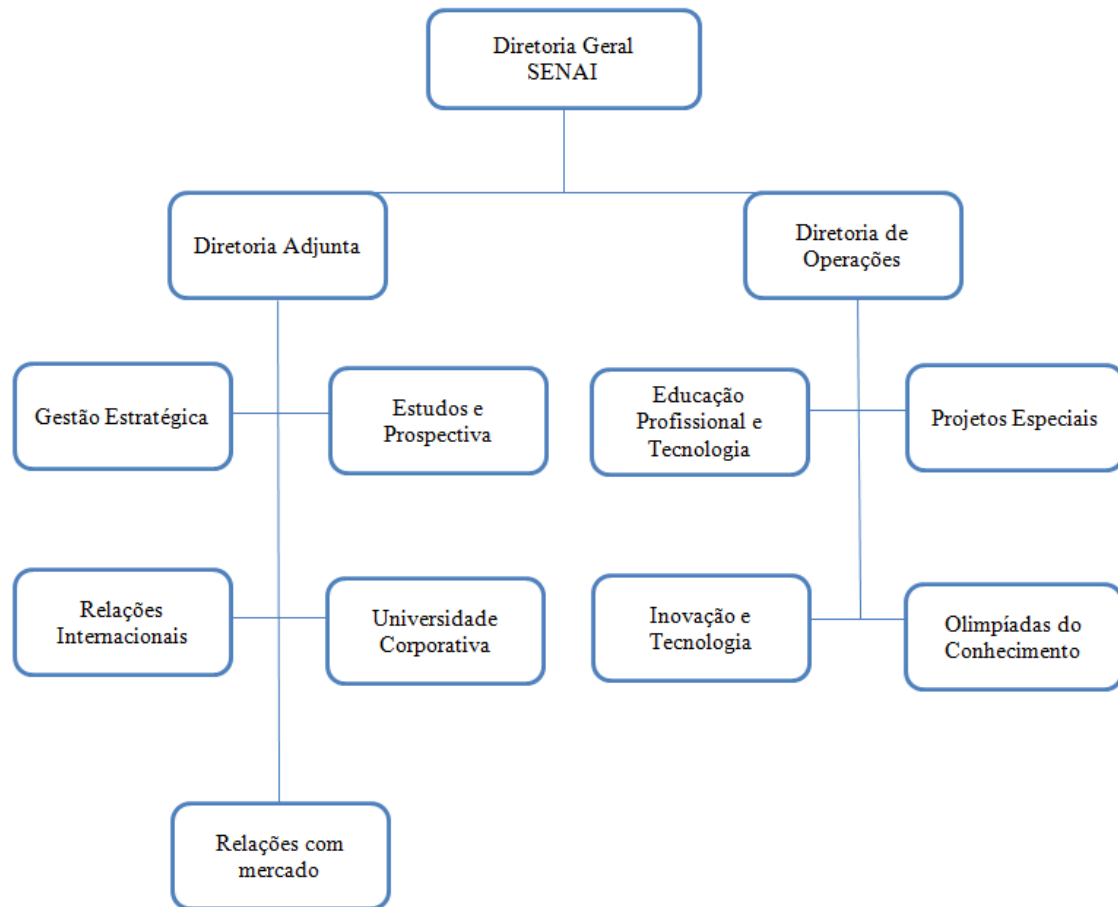
A execução de suas atividades se dá pela constituição dos órgãos normativos e dos órgãos de administração nacional e regional. Os órgãos normativos são o Conselho Nacional do SENAI, com jurisdição em todo o país, e os Conselhos Regionais, com jurisdição em cada uma das 27 unidades da federação.

Conforme consta no Portal da Indústria (2020):

O Conselho Nacional do SENAI é composto pelo presidente da CNI e integrado pelos presidentes dos Conselhos Regionais, que são os presidentes das federações das indústrias nos estados e no Distrito Federal. Também fazem parte deste conselho o diretor-geral do SENAI Nacional, representantes dos Ministérios da Educação e do Trabalho e Emprego e seis representantes dos trabalhadores da indústria que são?. Este conselho nacional estabelece diretrizes das administrações nacional e regionais, constrói o orçamento, homologa as contas dos departamentos nacional e regionais, autoriza convênios e acordos com órgãos internacionais de assistência técnica e estabelece as políticas de formação profissional.

O departamento nacional, ou SENAI Nacional, elabora diretrizes e programas nacionais a partir de estudos e pesquisas que acompanham a demanda de força de trabalho no país, ao mesmo tempo em que apoia os departamentos regionais nas suas atividades. Este departamento é organizado em duas áreas: Unidade de Educação Profissional e Tecnológica e Unidade de Inovação e Tecnologia. A estrutura institucional geral está apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Estrutura Institucional SENAI



Fonte: Portal da Indústria. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/senai/institucional/estrutura-institucional/>.

4.2 EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

O SENAI está presente em mais de 28 áreas industriais do país e é o maior complexo de educação profissional da América Latina. Possui, também, uma rede de Institutos de Tecnologia e de Inovação. Há 597 unidades fixas e 456 móveis, sendo sua maior abrangência na região Sudeste. Em 2019, contava com 2.330.207 matrículas em todo o Brasil, sendo, aproximadamente, 30% em iniciação profissional, 61% em formação inicial e continuada, 7% em técnico de nível médio e 1% em educação superior (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2020). A iniciação profissional corresponde a cursos introdutórios, com poucas horas-aula. A formação inicial e continuada possui uma carga horária um pouco maior, em média de 40 horas, com um foco de conhecimento especializado, porém não suficiente para se tornar uma formação mais extensa. O técnico em nível médio é destinado aos alunos matriculados ou egressos do

ensino médio que buscam uma formação profissional mais rápida em relação ao ensino superior. E a educação superior entrega justamente os cursos mais longos e em um nível de exigência mais elevado.

A metodologia utilizada pelo SENAI tem como objetivo entregar à sociedade um profissional que atenda as demandas de uma indústria focada "em produtividade, competitividade e inovação". Os alunos devem se tornar capazes de somar conhecimentos e habilidades "não só para reproduzir técnicas aprendidas, mas para tomar decisões e realizar atividades com autonomia" (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2020).

Os cursos variam de acordo com a necessidade de cada região e são oferecidos para diversas áreas do setor industrial, nas modalidades presencial e à distância. Variam entre automação e mecatrônica, construção naval, celulose e papel, energias, meio ambiente, metalmecânica, mineração, petróleo e gás, informática e têxtil, dentre outros, abrangendo, como mencionado, desde a aprendizagem industrial até o ensino superior. Todos os cursos possuem foco tecnológico e buscam fomentar a inovação.

Há cinco principais projetos na área de inovação: Plataforma Inovação para a Indústria, Desafio SENAI de Projetos Integradores, Plataforma SENAI 4.0, Institutos SENAI de Inovação e Inova SENAI. A Plataforma Inovação para a Indústria tem por objetivo financiar o desenvolvimento de produtos, processos ou serviços inovadores com o objetivo de aumentar a produtividade e a competitividade da indústria brasileira. O Desafio SENAI de Projetos Integradores busca fomentar o uso da metodologia da instituição e o empreendedorismo como processo de inovação pela educação. A Plataforma SENAI 4.0 permite que os empresários façam um diagnóstico *online* do estágio tecnológico de suas empresas, além de oferecer soluções de inovação e cursos voltados para a quarta revolução industrial. Os Institutos de Inovação foram criados para fazer uma ponte entre o meio acadêmico e os empresários brasileiros. Seu foco é a pesquisa aplicada, o emprego do conhecimento de forma prática no desenvolvimento de novos produtos, de soluções customizadas para as empresas ou de ideias que gerem oportunidades de negócios. Por último, o Inova SENAI é uma atividade técnica-cultural no formato de concurso que visa reconhecer as capacidades de inovação, empreendedorismo e criatividade de alunos, docentes e funcionários das unidades SENAI por meio da premiação de projetos que resultem em desenvolvimento de soluções tecnológicas para problemas da indústria (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2019).

Estes projetos são fundamentais para preparar alunos, por meio do conhecimento, para sua atuação no mercado de trabalho, o desenvolvimento tecnológico e a inovação. Nesse

sentido, Furtado *et al.* (2017, p. 23) salientam a importância de desenvolver “[...] cursos técnicos, de graduação e de pós-graduação nas áreas que representam os alicerces da indústria 4.0 [...]” nos trabalhadores do Brasil de forma a estarem preparados para os anos que chegarão com carência de profissionais na Indústria 4.0. A Plataforma SENAI 4.0, especialmente, busca proporcionar esta entrega.

4.3 SENAI 4.0

O primeiro movimento do SENAI com a pauta sobre Indústria 4.0 nasceu com a Indústria+Avançada que tinha o objetivo de “[...] apoiar o desenvolvimento da manufatura avançada/Indústria 4.0 no Brasil em pequenas e médias empresas [...]” (SENAI, 2017, p. 43).

O projeto contava com cinco etapas:

1. Mapear necessidades da indústria brasileira;
2. Criar projetos pilotos na indústria;
3. Desenvolver competências e soluções;
4. Quantificar o resultado; e
5. Escalonar as soluções para a indústria.

Foi a primeira aliança da rede de Institutos SENAI de Inovação (SENAI, 2018). A fase inicial do programa foi focada nos temas Digitalização da Manufatura e Sensoriamento e Conectividade. Teve parceria com nove empresas: em Santa Catarina (Whirlpool, Embraco, Audaces, Fischer Frutas e Harbor Internet Industrial), no Rio Grande do Sul (Bruning e New Tempus), na Bahia (Columbia Nordeste) e em Pernambuco (IKWEAI + Padarias).

No ano seguinte, em 2017, a agenda começou a aumentar. Os Institutos e Centro de Inovação, que na época estavam em expansão, é uma rede de unidades com profissionais conectados as necessidades da Indústria 4.0 que desenvolvem processos, produtos e soluções (SENAI, 2018). Naquele ano, os cursos com foco na quarta revolução industrial também receberam maior atenção, tendo mais opções ofertadas. Sendo eles: Inspirar, Transformar e Aprender - a Educação para a Indústria Avançada, Explorando o *Big Data*, Segurança Digital para Mulheres, Conectando a Indústria Avançada (SENAI, 2018).

No relatório de 2018 do SENAI, foi identificada a dificuldade da difusão do conceito de Indústria 4.0 no Brasil. Dos 24 setores da indústria brasileira, aproximadamente 14 poderão ter maiores dificuldades na implantação destes conceitos e “[...] menos de 2% das empresas industriais têm produção integrada, conectada e inteligente[...]” (SENAI, 2019, p.

30). Buscando manter os cursos atualizados, foram desenvolvidos cursos em sete áreas tecnológicas adequadas à Indústria 4.0.

Com o amadurecimento das iniciativas criadas para colocar a indústria brasileira alinhada com a quarta revolução industrial, surgiu o Programa SENAI 4.0. Ele nasceu com o "[...] objetivo de apoiar o desenvolvimento de recursos humanos com as competências requeridas pela Indústria 4.0 [...]." (SENAI, 2019, p. 50).

O projeto SENAI 4.0 nasceu em 15 de março de 2018, juntamente com a inauguração do Instituto SENAI de Inovação em Sistemas Embarcados em Santa Catarina. Consiste em uma plataforma que permite aos empresários fazerem um diagnóstico *online* do estágio tecnológico de suas empresas. Foram registrados mais de 80 mil acessos logo no primeiro ano (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2019). A partir daí, foi elaborado um plano individualizado de inserção na Indústria 4.0. Conforme Senai 4.0 (2018, p. 2):

O SENAI compreende que a manufatura avançada é mais do que adotar novas tecnologias, como inteligência artificial e big data. Existe, entre outros aspectos, a qualificação dos profissionais que vão programar máquinas complexas, implantar novos processos e, principalmente, tomar decisões embasadas e em tempo real. Passa também pelo investimento em inovação, essencial para que o Brasil participe das principais cadeias globais de valor.

A fim de tornar as indústrias brasileiras mais conectadas com os requisitos da quarta revolução industrial, o projeto foi concebido em três fases. Na primeira fase, "Desvendar 4.0", cada estado deve realizar a difusão dos conceitos e tecnologias por meio de encontros presenciais e cursos gratuitos. Todo o trabalho começa pela "Avaliação de Maturidade", que é um questionário a ser respondido pela empresa. Na segunda fase, chamada de "Agir 4.0", o SENAI constrói um plano de ação com uma trajetória clara da utilização dos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0. Por último, o "Conectar 4.0" corresponde à terceira fase, na qual os Institutos de Inovação SENAI ofertam espaços abertos para as empresas acessarem a informação e ambientes para a realização de testes e o compartilhamento dos resultados. Além disso, a plataforma oferta cursos de técnico de nível médio, iniciação profissional, aperfeiçoamento profissional e pós-graduação. No âmbito do nível médio há dois cursos, de 1000 e 1200 horas, focado em Internet das Coisas e Informática. A iniciação profissional oferta um curso gratuito de introdução ao tema, chamado Desvendando a Indústria 4.0. O aperfeiçoamento profissional conta com 28 cursos entre 20 e 160 horas específicos com os temas da Indústria 4.0, sendo eles: impressão 3D, programação de robôs, internet das coisas, *blockchain*, computação em nuvem, inteligência artificial, entre outros. Por fim, na pós-

graduação são 28 cursos que integram os principais conceitos como desenvolvimento de projetos inteligentes, automação industrial e robótica, *big data*, *data science*, banco de dados, engenharia aplicada à Indústria 4.0, Indústria 4.0 especificamente, entre outros.

A Carta da Indústria 4.0 (2018) também identifica quatro passos fundamentais a serem percorridos para mobilizar a indústria nacional em direção à quarta revolução industrial, a saber:

1. A indústria deve enxugar seus processos produtivos. Ao adotar métodos produtivos mais eficazes, as indústrias conseguem enxergar melhor a própria produção, de forma a criar oportunidades que antes não eram possíveis sem, por exemplo, a aplicação de um método de produção mais limpa. Este é o primeiro passo antes de ousar na digitalização.
2. A indústria deve requalificar trabalhadores e gestores. É fundamental que os trabalhadores estejam aptos a introduzir práticas inovadoras e ágeis nas empresas. Para isso, precisam aprender os caminhos das novas tecnologias digitais.
3. A inserção na Indústria 4.0 deve se iniciar por tecnologias já disponíveis e de baixo custo. O uso de sensores e de tecnologias como internet das coisas, computação em nuvem e big data já estão disponíveis a custos acessíveis e podem ajudar gestores a compreender melhor sobre a sua produção.
4. A indústria deve investir em pesquisa, desenvolvimento e inovação. É necessário que a indústria brasileira aposte na inovação, como a implementação de fábricas inteligentes, para se destacar internacionalmente.

Os Institutos SENAI de Inovação e Tecnologia, criados em 2013 com a intenção de "empregar o conhecimento de forma prática" (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2018), têm grande importância na implementação da Indústria 4.0, pois promovem a execução prática das soluções. Há 27 institutos instalados em 12 estados brasileiros, atuando com foco no desenvolvimento e inovação de produtos. Cada instituto é responsável por uma área específica de fomento, sendo o Norte do país mais focado em tecnologias minerais e energias renováveis; o Sudeste, em biotecnologia, química verde e biossintéticos; e o Sul, em eletroquímica, metal mecânica e polímeros.

Há, também, os Institutos SENAI de Tecnologia que contam com 58 unidades no país e possuem propósitos mais específicos. Por exemplo, no Rio Grande do Sul, existem seis deles, sendo relacionados aos setores de couro e meio ambiente, calçado e logística industrial, petróleo, gás e energia, alimentos e bebidas, madeira e mobiliário e mecatrônica.

A definição das estratégias mais adequadas para cada região é de responsabilidade das unidades de cada estado. No caso do estado do Rio Grande do Sul, as estratégias do SENAI/RS para colocar a região na competição da quarta revolução industrial compreendem a criação da Rede 4.0 em 2019, uma iniciativa para formação de parcerias entre empresas fornecedoras de tecnologias para a Indústria 4.0, o SENAI/RS e as associações e entidades que buscam oferecer soluções tecnológicas para as empresas (SENAI-RS, 2019). A Rede 4.0 funciona por dois níveis: governança e operacional. No nível da governança, captam-se oportunidades para gerar e divulgar *cases* da Indústria 4.0, de forma a auxiliar os demandantes a compreender o tema e o conectá-los com fornecedores de soluções tecnológicas. O nível operacional é formado por empresas fornecedoras de tecnologia da Indústria 4.0, Institutos SENAI e laboratórios de universidades. O objetivo é oferecer soluções tecnológicas para as empresas captadas pela governança, colocando soluções tecnológicas à sua disposição. São entidades parceiras da Rede 4.0: SENAI/RS, Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul (FIERGS), Instituto Euvaldo Lodi (IEL), Serviço Brasileiro de Apoio a Pequenos Negócios (SEBRAE/RS), Associação das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação (ASSESPRO/RS), Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ), Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), Associação Brasileira das Indústrias de Calçados (ABICALÇADOS), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), contando com o apoio do governo do Estado do Rio Grande do Sul.

Conforme o Relatório de Gestão de 2019, publicado pelo SENAI/RS, produtos com foco na Indústria 4.0 foram desenvolvidos através de consultorias tecnológicas que possibilitaram as indústrias reduzirem desperdícios em processos e melhorarem a eficiência energética, colocando-as em um nível de competitividade aderente ao mercado nacional e internacional. Para o ano de 2020, o SENAI/RS se comprometeu a continuar desenvolvendo ações em conjunto com a Rede 4.0 que insiram as indústrias em um ambiente tecnológico inovador (SENAI/RS, 2019).

Em entrevista com o Gerente de Inovação e Tecnologia do SENAI/RS¹ para este trabalho, ele relata sobre a introdução dos conceitos da Indústria 4.0 nas indústrias gaúchas e o quanto é importante trabalhar com a evolução deste setor, visto que ainda não há uma

¹ Entrevista realizada por videoconferência em 15 de outubro de 2020 com o Gerente de Inovação e Tecnologia do SENAI/RS Rovaniir Baungartner.

padronização generalizada nos processos produtivos alinhados com a quarta revolução industrial. Isto aparece na procura das indústrias em aprimorar a produção e o SENAI identifica que processos básicos da Indústria 4.0 como enxugar as etapas de forma que se tenha uma visão maior do negócio, devem ocorrer antes de executar uma técnica de robotização, por exemplo.

Um case de sucesso é o da Malhas Daiane. A Malhas Daiane é uma empresa do município de Dois Irmãos que possui dez lojas físicas no Rio Grande do Sul, além de contar com e-commerce. A empresa procurou a instituição para tratar sobre a redução de custos e foi identificado pelo SENAI/RS que seria necessária uma reformulação da cultura como um todo. Foram realizados treinamentos com todos os funcionários para que compreendessem os desperdícios que aconteciam no processo produtivo e que a comunicação entre os setores da empresa era fundamental para que os processos estivessem alinhados. Outro caso é a ERPS, uma empresa gaúcha, fundada em 1975 com o objetivo de fabricar máquinas para a montagem de calçados. Percebendo uma limitação no seu crescimento, procurou o SENAI/RS para identificar quais seriam as possibilidades de melhoria na produção. Foram empregados os conceitos de manufatura aditiva para a fabricação dos moldes, bem como o processo de virtualização do sistema que permite identificar os problemas.

Os exemplos são diversos e mostram o quanto o trabalho do SENAI é proveitoso por empresas e por profissionais que buscam aprimorar a execução do seu negócio ou se qualificar no tema Indústria 4.0.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As transições entre diferentes eras tecnológicas evidenciam que as mudanças de paradigmas tecnoeconômicos proporcionam a criação de novos métodos de produção que, por sua vez, marcam alterações no comportamento e na dinâmica da sociedade. Destacada na teoria de Joseph Schumpeter, a inovação tem papel fundamental na quebra de fluxos circulares que acarretam o surgimento e difusão de novos produtos e processos. Assim, por exemplo, enxergamos na transição da máquina de escrever para o uso disseminado do computador pessoal, que serve para ilustrar um dos pontos de partida da Quarta Revolução Industrial e, logo, da existência da Indústria 4.0.

O novo método industrial promete revolucionar os processos produtivos com base na ideia de fábricas inteligentes. Estas obedecem, fundamentalmente, a princípios de descentralização da produção, com uma equipe de trabalhadores que conhece todas as etapas produtivas. Contam com os conceitos de Big Data, Inteligência Artificial e Computação em Nuvem, que são requisitos básicos para alinhar uma à Quarta Revolução Industrial. Além disso, proporcionam uma mudança no comportamento dos trabalhadores, com a possibilidade de atuar em qualquer lugar e flexibilidade maior de horários. Conseqüentemente, o novo método exige uma modificação na estrutura educacional dos países a fim de preparar pessoas para o novo mercado de trabalho.

A Alemanha e os Estados Unidos são casos de países que colocaram em suas agendas a importância de aplicar a Indústria 4. Em suas iniciativas, os alemães parecem mais focados no fomento à pesquisa neste campo, enquanto os estadunidenses se colocam diante da necessidade de remodelar todo o setor industrial empregando o conceito de manufatura avançada. Em cada caso, a preparação dos trabalhadores aparece com importância na agenda.

No Brasil, o processo de educação do trabalhador para a Quarta Revolução Industrial tem no SENAI uma instituição-chave. Criado nos anos 1940 com o fim especial de preparar o profissional para o mercado de trabalho, o SENAI vem recentemente se envolvendo com a agenda da Indústria 4.0 como essencial para desenvolver um setor industrial de qualidade no Brasil e colocar o país como competidor internacional. Assim, a busca por introduzir a manufatura avançada no país começou em 2016 com um projeto mais enxuto que atendia pequenas e médias empresas; um par de anos depois, desenvolveu uma plataforma que proporciona às empresas no geral entenderem em que momento estão e quais as melhorias que devem ser realizadas, conectando com os cursos e as consultorias que a instituição oferece. No Rio Grande do Sul, encontram-se iniciativas que conectam universidades com

empresas de forma a encontrar quais são os gargalos que as indústrias precisam fechar para adequar a Indústria 4.0, bem como consultorias através dos chamados Institutos SENAI de Inovação e Tecnologia que proporcionam o entendimento do processo produtivo e identificam as melhoras necessárias no âmbito da Quarta Revolução Industrial.

Por fim, a exposição deste trabalho sobre a estrutura e adaptação do SENAI em preparação para o aprendizado de trabalhadores na Indústria 4.0 permitiu, também, identificar, segundo percepção colhida em relatórios de atividades da instituição e entrevista com o Gerente de Inovação e Tecnologia do SENAI/RS, que a indústria brasileira ainda não pratica a Indústria 4.0, sendo necessário disseminar previamente métodos básicos como o de enxugar os processos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Eduardo Simões de. Considerações teóricas sobre o sistema schumpeteriano. **Economia Empresa**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 4-12, 1995.

AREND, Marcelo. Revoluções tecnológicas, finanças internacionais e estratégias de desenvolvimento: um approach neo-schumpeteriano. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 33, n. 2, p. 363-396, nov. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO - BRASSCOM. **Formação educacional e empregabilidade em TIC**. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://brasscom.org.br/estudo-brasscom-formacao-educacional-e-empregabilidade-em-tic-achados-e-recomendacoes/>. Acesso em: 07 jul. 2020.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES. **Relatório Anual 2011**. Brasília, 2011. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/RelAnual/ra2011/relatorio_anual2011.pdf. Acesso em: 09 set. 2020.

BOSTON CONSULTING GROUP - BCG. **Man and machine in industry 4.0: how will technology transform the industrial workforce through 2025?** Boston, 2015. Disponível em: <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4>. Acesso em: 20 out. 2019.

CARUSO, Loris. Digital innovation and the fourth industrial revolution: epochal social changes? **AI & Society**, v. 33, p. 379-392, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00146-017-0736-1>. Acesso em: 02 fev. 2020.

CHIEZA, Rosa Ângela. Formas de organização do processo de trabalho: da cooperação ao paradigma baseado na microeletrônica. **Revista Análise**, Porto Alegre, v.6, n. 2, p 199-219, 1995.

CONCEIÇÃO, Octavio Augusto Camargo. **Instituições, crescimento e mudança na ótica institucionalista**. Teses FEE, 1 - Fundação de Economia e Estatística, Porto Alegre, 2002. (Teses FEE, 1).

COSTA, Achyles Barcelos da. Inovações e mudanças na organização industrial. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 7-31, 2000.

COSTA, Achyles Barcelos da. O desenvolvimento econômico na visão de Joseph Schumpeter. **Cadernos IHU Ideias**, São Leopoldo, ano 4, n. 47, 2006.

COSTA, Achyles Barcelos da. Teoria econômica e política de inovação. **Textos para discussão PPGE/UFRGS**, Porto Alegre, n. 14, 2015.

COSTA, Achyles Barcelos da. Teoria econômica e política de inovação. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, v.20, n. 2, p. 281-307, 2016.

EUROFOUND. **Foundation Seminar Series 2016: The impact of digitalisation on work**. Dublin, 2016. Disponível em:

https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef1650en.pdf. Acesso em: 20 nov. 2019.

EXECUTIVE OFFICE OF THE PRESIDENT. **A national strategic plan for advanced manufacturing**. Washington, 2012. Disponível em:

https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/11/f4/nstc_feb2012.pdf. Acesso em: 09 set. 2020.

FEDERAL MINISTRY OF LABOUR AND SOCIAL AFFAIRS. **Green Paper Work 4.0**.

Berlin, 2015. Disponível em: [https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/arbeiten-4-0-green-](https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/arbeiten-4-0-green-paper.pdf;jsessionid=30FD4074A2C14A5CE2889D8D58856779?__blob=publicationFile&v=2)

[paper.pdf;jsessionid=30FD4074A2C14A5CE2889D8D58856779?__blob=publicationFile&v=2](https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/arbeiten-4-0-green-paper.pdf;jsessionid=30FD4074A2C14A5CE2889D8D58856779?__blob=publicationFile&v=2). Acesso em: 15 nov. 2019.

FREEMAN, Christopher; SOETE, Luc. A sociedade da informação e do emprego. *In: Economia da inovação industrial*. Campinas: Editora da Unicamp, 2008, p. 675-703.

FREY, Carl; OSBOURNE, Michael. The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 114, 2017, p. 254-280. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>. Acesso em: 20 jul. 2020.

FURTADO, João; PINHEIRO, Henrique; URIAS, Eduardo; MUÑOZ, Diego. Indústria 4.0: a quarta evolução industrial e os desafios para o Brasil. *In: Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. Carta IEDI n. 797*. São Paulo, 21 jul. 2017. Disponível em: iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_797.html. Acesso em: 02 fev. 2020.

HERMANN, Mario; OTTO, Boris; PENTTEK, Tobias. Design principles for industrie 4.0: a literature review. **Technische Universität Dortmund, Dortmund**, n. 1, 2015. Disponível em: [10.13140/RG.2.2.29269.22248](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29269.22248). Acesso em: 23 nov. 2019.

HORN, Carlos Henrique V.; COSTA, Rodrigo Morem da. Evolutionary industrial relations system (e-IRS): a framework for the analysis of employment relations. *In: ILERA World Congress 2018 Scientific Program, 2018, Coréia do Sul. Proceedings [...]*. Coréia do Sul: ILERA, 2018.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – IEDI. **Indústria do Futuro e o Desafio Tecnológico do Brasil**. São Paulo, 2019. Disponível em: https://www.iedi.org.br/media/site/artigos/20190311_industria_do_futuro_no_brasil_e_no_mundo.pdf. Acesso em: 30 out. 2019.

LEE, Edward A.. *Cyber Physical Systems: Design Challenges*. Universidade da Califórnia, Berkeley, 2008. Disponível em: <https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2008/EECS-2008-8.pdf>. Acesso em: 12 set. 2020.

LUCENA, Felipe Andrade; ROSELINO, José Eduardo; DIEGUES, Antonio Carlos. A indústria 4.0: uma análise comparativa entre as experiências da Alemanha, EUA, China, Coréia do Sul e Japão. **Geosul**, Florianópolis, v. 35, n. 75, p. 113-138, mai./ago. 2020.

NELSON, Richard; WINTER, Sidney. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

NELSON, Richard. Economic development from the perspective of evolutionary economic theory. **Oxford Development Studies**, Londres, 36, pp.9-21, 2008.

OLIVEIRA, Inês Ramada de. **Indústria 4.0**: um novo paradigma técnico-económico? Dissertação (Mestrado em Economia) - Faculdade de Economia do Porto, Universidade do Porto, Porto, 2017.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO. **Manual de Oslo: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação**. 3 ed. Brasília: Finep, 2005.

PEREZ, Carlota. Cambio tecnologico y oportunidades de desarrollo como blanco movil. **Revista de la Cepal**, Santiago, n. 75, p.115-135, 2001.

PEREZ, Carlota. **Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza**. México: Siglo XXI, 2004.

PEREZ, Carlota. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, Londres, v. 34, n. 1, p. 185-202, jan. 2010.

PLATTAFORM INDUSTRIE 4.0. **Bundesminister Sigmar Gabriel zu den zentralen Themenfeldern von Industrie 4.0**. Berlim, 13 abril 2015. Disponível em: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Kurzmeldungen/2015/2015-04-13-gabriel-namensartikel-handelsblatt-zentrale-themenfelder-industrie-4-0.html>. Acesso em: 09 set. 2020.

PLATTAFORM INDUSTRIE 4.0. **Leitbild 2030 für Industrie 4.0 - Digitale Ökosysteme global gestalten**. Berlim, 22 mai 2019. Disponível em: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Leitbild-2030-f%C3%BCr-Industrie-4.0.pdf?__blob=publicationFile&v=11. Acesso em: 09 set. 2020.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Relatório anual SESI-SENAI-IEL 2016. **Serviço Social da Indústria, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Instituto Euvaldo Lodi**. Brasília, 2017. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/1f/39/1f395e4f-d464-4dc5-bcf7-e35a0e147fe7/relatorio_anual_2016_sesi_senai_iel.pdf. Acesso em: 01 nov. 2020.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL - SENAI 4.0. **Carta da Indústria 4.0**. Florianópolis, 15 mar. 2018. Disponível em: <https://senai40.com.br/wp-content/themes/senai40/assets/CartaIndustria4.0.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2019.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Relatório anual SESI-SENAI-IEL 2018. **Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial**. Brasília, 2019. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-i.s3.amazonaws.com/media/filer_public/c8/be/c8beff48-594c-4c4d-b3a7-

6b04dc8a5bff/228711_relatorio_anual_de_atividades_2018_web_.pdf. Acesso em: 23 out. 2020.

SILVA, Luciano Pereira da. Formação profissional no Brasil: o papel do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI. **História**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 394-417, 2010.

SCHUMPETER, Joseph. **Teoria do desenvolvimento econômico. Uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

TESSARINI, Geraldo; SALTORATO, Patrícia. Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 743-769, 2018.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION - UNIDO. **Emerging trends in global manufacturing industries**. Vienna, 2013. Disponível em: https://www.unido.org/sites/default/files/2013-07/Emerging_Trends_UNIDO_2013_0.PDF. Acesso em: 02 ago. 2020.

VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN- UND ANLAGENBAU - VDMA. **Forschungsprojekte im Themenfeld Industrie 4.0**. Frankfurt am Main, 2017. Disponível em: https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/21818099/FuE_Lotse_final_LR_1510056899386.pdf/a32dd03d-ba6f-465a-a309-4d426bcea101. Acesso em: 09 set. 2020.

VIOTTI, Eduardo Baumgratz. National learning systems: a new approach on technical change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 69, n. 7, p. 653-680, 2002.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The future of jobs report**. Cologny, 2018. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>. Acesso em: 7 out. 2019.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The future of jobs: employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution**. Genebra, 2016. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf. Acesso em: 7 out. 2019.

RODRIGUES, Maria José. Entre a universidade e a indústria: SENAI faz elos importantes para viabilizar inovação no país. *In: Agência CNI de Notícias*. Brasília, 26 out. 2020. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/entre-a-universidade-e-a-industria-senai-faz-elos-importantes-para-viabilizar-inovacao-no-pais/>. Acesso em: 28 out. 2020.