

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS**

FELIPE RODRIGUES FERNANDES

**AS MUDANÇAS PROVOCADAS PELA INDÚSTRIA 4.0 NO MERCADO DE
TRABALHO**

Porto Alegre

2019

FELIPE RODRIGUES FERNANDES

**AS MUDANÇAS PROVOCADAS PELA INDÚSTRIA 4.0 NO MERCADO DE
TRABALHO**

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: Prof.Dr. Glaison A.Guerrero

Porto Alegre

2019

CIP - Catalogação na Publicação

Rodrigues Fernandes, Felipe

As mudanças provocadas pela indústria 4.0 no
mercado de trabalho / Felipe Rodrigues Fernandes. --
2019.

47 f.

Orientador: Glaison A. Guerrero.

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, 2019.

1. indústria 4.0. 2. mercado de trabalho. 3.
revolução industrial . I. A. Guerrero, Glaison,
orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FELIPE RODRIGUES FERNANDES

**AS MUDANÇAS PROVOCADAS PELA INDÚSTRIA 4.0 NO MERCADO DE
TRABALHO**

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

Aprovada em: Porto Alegre, 17 de dezembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Glaison A. Guerrero – Orientador

UFRGS

Prof. Dr. Júlio Cesar Oliveira

UFRGS

Prof. Dr. Marcelo Antônio Conterato

UFRGS

A minha família

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a minha família por me proporcionar a oportunidade de enfrentar os desafios de estudar em uma universidade pública de qualidade. Agradeço também à minha mãe, que desde cedo me incentivou a estudar e que nunca desistiu de mim, me incentivando nos momentos mais difíceis. A minha irmã e irmão que me ajudaram sempre que precisei.

Sou grato ao meu pai, que esteve presente em toda minha formação, mas que hoje descansa em paz, mas sei que ora por mim lá de cima.

Gostaria de agradecer à Jamila, que esteve ao meu lado me apoiando quando eu precisei.

Por fim, agradeço todos que de alguma maneira me ajudaram a ser uma pessoa melhor e mais humana.

RESUMO

Este trabalho relata os ciclos econômicos vivenciados nos períodos das revoluções industriais, descrevendo os paradigmas tecnológicos que caracterizaram cada uma delas até a chegada da indústria 4.0. Foi explicado do que se trata essa quarta revolução industrial, seus pilares e desafios da sua implantação no Brasil. O ponto chave deste trabalho é mostrar as mudanças que esta revolução poderá causar no mercado de trabalho, onde a grande conectividade entre máquinas e sistemas digitais tornará a indústria mais autônoma, produtiva e inteligente, modificando as qualificações profissionais necessárias para essa nova transformação digital.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Mercado de trabalho. Revolução industrial.

ABSTRACT

This paper reports the economic cycles experienced during the periods of industrial revolutions, describing the technological paradigms that characterized each one until the arrival of industry 4.0. It was explained what this fourth industrial revolution is about, its pillars and challenges of its implementation in Brazil. The key point of this paper is to show the changes that this revolution may cause in the job market, where the great connectivity between machines and digital systems will make the industry more autonomous, productive and intelligent, changing the professional qualifications needed for this new digital transformation.

Keywords: Industry 4.0. Job market. Industrial revolution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Inovações incrementais e inovações radicais.....	17
Quadro 1 - Os paradigmas tecnoeconômicos.....	21
Figura 2 - Os nove pilares da indústria 4.0	28
Figura 3 - Fornecimento anual estimado mundial de robôs industriais, milhares de unidades	29
Quadro 2 - 30 profissões que surgirão ou serão reforçadas com a indústria 4.0.....	36
Figura 4 - Análise Mckinsey Global Institute	39
Gráfico 1 - Medidas de governo para acelerar a adoção de tecnologias digitais.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNI	Confederação Nacional da Indústria
IA	Inteligência Artificial
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IoT	Internet das Coisas (Internet of Things)
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
TI	Tecnologia da Informação
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	PARADIGMAS.....	13
2.1	CICLOS ECONÔMICOS E PARADIGMAS TECNOLÓGICOS.....	13
2.2	O PARADIGMA MICROELETRÔNICO.....	16
2.3	ONDAS DE INOVAÇÃO	20
3	O QUE É A INDÚSTRIA 4.0	23
3.1	CATEGORIAS NA INDÚSTRIA 4.0	23
3.2	PILARES DA INDÚSTRIA 4.0.....	24
4	MUDANÇAS PROVOCADAS PELA INDÚSTRIA 4.0 NO MERCADO DE TRABALHO.....	27
4.1	MERCADO DE TRABALHO.....	28
4.2	CRISE DO EMPREGO	33
4.3	REINSERÇÃO NO MERCADO.....	36
4.4	DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL.....	37
5	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como assunto central a indústria 4.0 e as mudanças no mercado de trabalho. Para introduzir as características e transformações que a indústria 4.0 oferece foi feita uma releitura das revoluções industriais anteriores para melhor compreensão.

A primeira revolução industrial teve início na Inglaterra, entre 1760 e 1880. O principal marco do período foi o desenvolvimento da máquina a vapor, sem o apoio da ciência. Este maquinário proporcionou um aumento na eficiência da produção (têxtil), passando da produção manual à mecanizada.

Com o aprimoramento e o aperfeiçoamento das tecnologias da primeira revolução industrial, foi possível desenvolver aparatos para o surgimento da segunda revolução industrial (1890 a 1950). Devido aos avanços tecnológicos mais significativos como a utilização da eletricidade, eletrônica e de fontes de combustíveis fósseis (utilizada em alta escala) foi possível aumentar a produção de bens de consumo e reduzir os custos de produção. Este período ficou marcado pelo modelo taylorista//fordista, o qual era predominantemente caracterizado pela produção em massa dos produtos.

Por volta de 1970 ocorre a terceira revolução industrial, sendo constituída por inovação tecnológica e marcada pelos avanços no campo da informática (surgimento dos computadores e da internet), da robótica, das telecomunicações, dos transportes (mais eficientes), da biotecnologia, da química fina e da nanotecnologia.

As revoluções industriais são caracterizadas por profundas alterações no modo de produção, cada qual tendo características marcantes. Atualmente ocorre o processo de transição da terceira para a quarta revolução industrial sendo o modelo de produção mais utilizado hoje o Toyotista, em que a produção é flexibilizada de acordo com a demanda. Este modelo exige uma melhor tecnologia e, obviamente, uma menor quantidade de trabalhadores, que devem ser capacitados para operar sistemas de produção cada vez mais complexos e sofisticados.

A indústria 4.0, ou manufatura avançada, é uma revolução aprofundada na digitalização a partir da combinação de tecnologias. Neste novo modelo de indústria, a

produção é baseada na interação automatizada entre o equipamento físico, a máquina, e um sistema digital, com o objetivo de automatizar a produção, aumentando sua eficiência. Toda ferramenta, máquina, sensor, peça ou computador adquire a capacidade de trocar dados entre si. Com isso, até uma decisão referente ao chão de fábrica pode ser tomada baseando-se em uma informação coletada em tempo real.

Uma vez que se reconhece o impacto de sucessivas revoluções tecnológicas e se move o foco em direção ao complexo conjunto de mudanças inter-relacionadas implicado por elas, emerge uma compreensão diferente. O desenvolvimento econômico passa a ser entendido como um processo escalonado de enormes ondas, levando a profundas mudanças estruturais e produtivas dentro da economia e em quase toda a sociedade (PEREZ, 2004, p. 46).

Outro aspecto importante é a descentralização industrial. Isso acontece porque as inovações nas técnicas de comunicação e transporte (como a internet e o avião a jato) permitem que as indústrias migrem para qualquer região que lhe seja vantajosa, onde encontram matérias-primas abundantes, mão de obra mais barata, leis ambientais menos rígidas e um maior e mais amplo mercado consumidor.

Há tempos a interligação entre os mundos digital e real tornou-se fato. Usar os *smartphones* para descobrir, em tempo real, se um avião está atrasado. Em casa, rastreamos as encomendas que estamos esperando com poucos cliques. Esta rede de dispositivos de acesso, pessoas e sistemas de informação está nos preparando para a “internet das coisas”, um tema já popular em discussão. Um aumento na interconectividade não somente afetará nossas vidas pessoais, pois a tecnologia da informação também levará mudanças permanentes para a indústria.

A indústria 4.0 está no desenvolvimento dos sistemas inteligentes para monitoramento e tomada de decisões. Neste contexto, os produtos ficam “cientes” de sua história, de seu estado atual, de como deverão ficar no final e das várias opções que existem para chegar lá. E mais, eles estão ligados aos processos de negócios da companhia. Isto transforma o produto, que normalmente é um objeto passivo, em um agente ativo da manufatura que, por si mesmo, pode “decidir” como deve ser fabricado. Dentro das fábricas do futuro, tanto os produtos quanto as máquinas serão capazes de

comunicar-se e monitorar-se. Eles descobrirão se existem falhas e, usando cálculos independentes, determinarão quando a manutenção é necessária. Estas mudanças tornarão a produção e a logísticas mais flexíveis, já que a informação não mais será processada por uma única unidade central.

Para o futuro sucesso econômico da indústria 4.0 os países desenvolvidos não deverão apenas adotar a quarta revolução industrial: eles devem também contribuir para a sua definição e construção e ajudar os países em desenvolvimento a alavancarem sua indústria, através da união entre o setor produtivo e o governo (incentivos e financiamento) como caminho para os países avançarem em relação à capacitação de profissionais e adequação de empresas para a realidade da quarta revolução industrial.

O objetivo geral deste trabalho é analisar as mudanças da indústria 4.0 no mercado de trabalho, assim como verificar a criação e a eliminação dos postos de trabalho. Também serão discutidos os desafios da implantação da indústria 4.0 no Brasil.

A hipótese é que, assim como as outras revoluções industriais, com a revolução 4.0 diversas profissões, postos de trabalho, meios de negócios e indústrias serão extintos, enquanto outras surgirão com novas competências repaginadas. Trabalhadores menos qualificados serão substituídos, e o Estado terá papel importante no processo de requalificação e na criação de políticas para a sociedade, especificamente para cidadãos cujos postos de trabalho forem eliminados.

Esse trabalho é importante, pois no Brasil estamos presenciando o início dessa revolução, que já é uma realidade mais difundida nos países de primeiro mundo. Estudar essa revolução industrial poderá nos deixar um passo à frente do que estará por vir no futuro, antecipando as demandas e mudanças necessárias para sua implantação de forma menos drástica para o mercado de trabalho. Além disso, o estudo da indústria 4.0 poderá mostrar a necessidade de investimento em capacitação, desenvolvimento e tecnologia para trazer benefícios para a indústria, tanto na parte de produção, organização e matriz industrial.

2 PARADIGMAS

Thomas Samuel Kuhn (1997) definiu paradigma como sendo um referencial inicial que servirá de modelo:

Realizações científicas que geram modelos que, por período mais ou menos longo e de modo mais ou menos explícito, orientam o desenvolvimento posterior das pesquisas exclusivamente na busca da solução para os problemas por elas suscitadas.

2.1 CICLOS ECONÔMICOS E PARADIGMAS TECNOLÓGICOS

Schumpeter atribuiu o desenvolvimento econômico à gestação e à difusão de inovações, e como a variável chave para o desempenho competitivo e para explicar os ciclos de negócios. O sucesso de alguns empresários e empresas em capturar lucros monopolistas derivados do pioneirismo na introdução de novos produtos e processos é logo imitado por outros empreendedores e organizações. Ao reproduzir as inovações bem-sucedidas, os empresários imitadores e os que se diferenciam com novas mercadorias e novos processos produtivos, no processo competitivo, geram uma onda de investimentos que ativa a economia, cria empregos e gera prosperidade. À medida que as inovações se difundem e seu consumo se generaliza, há uma tendência de redução das margens de lucro e o aumento da capacidade ociosa. Conseqüentemente, o investimento se retrai, as empresas reduzem custos, demitem mão-de-obra e a economia entra em recessão ou depressão. A alternância entre recessão e prosperidade não depende apenas do surgimento de inovações, mas da criação de condições institucionais adequadas para sua difusão. Neste momento ocorre a chamada "destruição criadora" onde novos produtos destroem as velhas empresas e antigos modelos de negócios, criando um novo ciclo de crescimento. Assim como Paulo Bastos Tigre descreve em "Inovação e Teorias da Firma em Três Paradigmas".

A alternância entre recessão e prosperidade não dependeria apenas do surgimento de inovações, mas da criação de condições institucionais adequadas para sua difusão. Neste entremeio ocorre a chamada 'destruição criadora' [creative gales of destruction] onde as velhas estruturas são sucateadas para permitir um novo ciclo de crescimento (TIGRE, 1998, p. 1).

Até 1780 o modo de produção doméstico (ou artesanal) predominava no sistema fabril, que era organizado na forma de grêmios ou guildas.

No período 1830 a Inglaterra possuía capital, estabilidade política e equipamentos necessários para tomar a dianteira do avanço da Indústria, o que foi essencial para o desenvolvimento da máquina a vapor, marco histórico da primeira revolução industrial, que proporcionou um aumento na eficiência na produção têxtil, passando da produção manual à mecanizada. A mecanização se estendeu do setor têxtil para a metalurgia, transportes, agricultura, pecuária e todos os outros setores da economia. Nessa fase, o Estado passou a participar cada vez mais da economia, regulando crises econômicas e o mercado e criando uma infraestrutura em setores que exigiam muitos investimentos. Na estrutura socioeconômica, fez-se a separação definitiva entre o capital, representado pelos donos dos meios de produção, e o trabalho, representado pelos assalariados.

A segunda revolução industrial data do início do século XIX, a partir das primeiras descobertas no campo da eletricidade e do magnetismo. As oportunidades abertas por estas descobertas estimularam pesquisas científicas em todo o mundo. As inovações no campo da eletricidade geraram "paradigmas" no século seguinte. Apesar de representar uma "revolução tecnológica", a eletricidade demorou muitos anos para se difundir, pois sua viabilização dependia de outros fatores técnico-econômicos. No plano técnico, a energia elétrica necessitava de inovações secundárias nas áreas de geração e transmissão de energia, além de novas aplicações domésticas e industriais. Com isso surge um novo paradigma que se baseava no desenvolvimento do sistema de produção em massa de uma grande variedade de produtos, bens de consumo duráveis e materiais sintéticos como o plástico e a borracha. O modelo de crescimento enfatizava o uso intensivo de energia e matérias-primas, exploração do petróleo e da construção de grandes plantas de processo contínuo (petroquímicas, siderúrgicas, celulose). A origem do novo sistema de produção em massa pode ser encontrada já no final do século XVIII

na obra de Adam Smith, através de suas observações sobre a divisão do trabalho em uma fábrica de alfinetes. Smith verificou que a produtividade poderia ser maximizada através da subdivisão de uma tarefa em diferentes etapas. Isso permitiria especializar trabalhadores e máquinas em tarefas específicas, tornando-os mais eficazes.

Em primeiro lugar, vejamos como o aprimoramento da destreza do operário necessariamente aumenta a quantidade de serviço que ele pode realizar, a divisão do trabalho, reduzindo a atividade de cada pessoa a alguma operação simples e fazendo dela o único emprego de sua vida, necessariamente aumenta muito a destreza do operário. (SMITH, 1994, p.43-44).

Em segundo lugar, a vantagem que se aúfere economizando o tempo que geralmente se perderia no passar de um tipo de trabalho para o outro é muito maior do que a primeira vista poderíamos imaginar. (SMITH, 1994, p. 44).

Em terceiro – e último lugar – precisamos todos tomar consciência de quanto o trabalho é facilitado e abreviado pela utilização de máquinas adequadas. (SMITH, 1994, p. 44).

A terceira revolução industrial, chamada também de revolução informacional, teve início em meados do século XX, momento em que a eletrônica aparece como verdadeira modernização da indústria, permitindo o desenvolvimento da informática e a automação industrial. Deste modo, as indústrias foram dispensando a mão de obra humana e passaram a depender cada vez mais das máquinas para fabricarem seus produtos. O trabalhador intervinha como supervisor ou em apenas algumas etapas da produção.

A importância da tecnologia para o desenvolvimento ficou evidenciada nos anos 80, a partir dos estudos de Christopher Freeman e Carlota Perez (1988), Richard Nelson e Sidney Winter (1982) e Giovanni Dosi (1982, 1988a, 1988b). A nova corrente do pensamento econômico que ficou conhecida como "neo-schumpeteriana" que se preocupa com a economia no longo prazo se contrapõe ao sistema keynesiano do curto prazo que vinha dominando o sistema econômico da época. Para Keynes, em momentos de crise e depressão, caracterizados pela incerteza predominante, queda da demanda efetiva e preferência pela liquidez, o apoio do Estado poderia contribuir ativamente para o fim da crise de 1929, recomendando o aumento dos gastos públicos, mesmo que fossem para "abrir e fechar buracos". O que importava era quebrar o ciclo recessivo, e o

Estado, com sua grande capacidade de endividamento, era fundamental para a retomada do crescimento. A solução keynesiana, no entanto, não se mostrou eficaz nos anos 80, pois a natureza da crise estava justamente no esgotamento do modelo de produção em massa e no uso intensivo de energia e matérias-primas. Um novo paradigma estava sendo desenvolvido, envolvendo novas tecnologias, práticas produtivas, arcabouço institucional regulatório e até mesmo novas teorias econômicas, sendo intensivas em conhecimentos e poupadoras de matérias-primas e energia.

2.2 O PARADIGMA MICROELETRÔNICO

Christopher Freeman e Carlota Perez (1988) apontam evidências da hipótese de que as inovações possuem alcances amplos o suficiente para promover mudanças que afetam a economia, envolvendo alterações técnicas e organizacionais, transformando produtos, processos, criando novas indústrias e estabelecendo o regime dominante por vários anos. Uma das evidências é a redução de custos que pode modificar o comportamento em relação ao investimento e práticas produtivas. Desta forma, a microeletrônica é uma inovação que pode ser considerada base de um novo paradigma tecnológico na literatura recente.

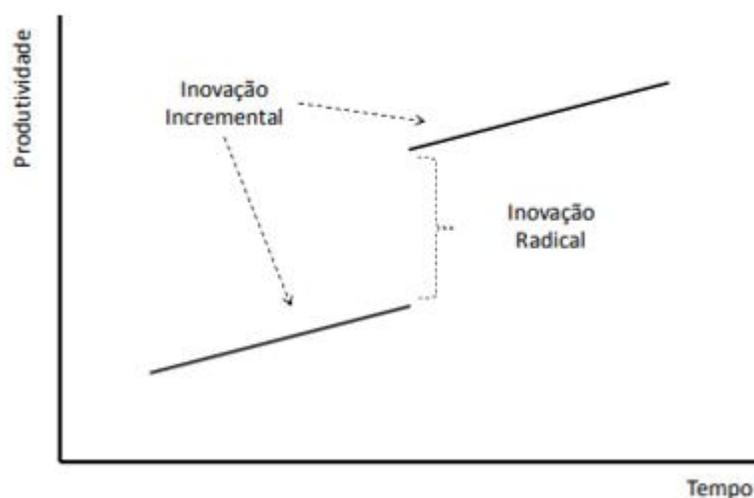
Na introdução do livro “Gestão da Inovação – A Economia da Tecnologia no Brasil”, o Prof. Paulo Tigre (2006) não só reforça como amplia a perspectiva que associa a competitividade ao conceito de inovação, afirmando que:

A inovação tecnológica constitui uma ferramenta essencial para aumentar a produtividade e a competitividade das organizações, assim como para impulsionar o desenvolvimento de regiões e países. O desenvolvimento não deriva de um mero crescimento das atividades econômicas existentes, mas reside fundamentalmente em um processo qualitativo de transformação da estrutura produtiva no sentido de incorporar novos produtos e processos e agregar valor à produção por meio da intensificação do uso da informação e do conhecimento. [...] O desenvolvimento [portanto] depende essencialmente de transformações que gerem empregos mais qualificados, criem novas formas de organização, atendam a novas necessidades dos consumidores e melhorem a própria forma de viver. (TIGRE, 2006, p. VII).

Conforme Christopher Freeman (1984), as inovações podem ser incrementais, que representam melhorias nos produtos ou processos já existentes, mas que não impactam na forma como esses são consumidos ou nos modelos de negócio; ou radicais, que são aquelas que introduzem novos produtos, novas formas e novos processos de organização da produção.

Segundo Tigre, em contraposição à inovação incremental, a inovação radical promove uma ruptura tecnológica, promovendo um salto de produtividade e iniciando uma nova trajetória tecnológica incremental, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Inovações incrementais e inovações radicais



Fonte: Tigre (2006, p. 75).

Para Tigre (2006), a mudança no sistema tecnológico é acompanhada de mudanças organizacionais tanto no interior da firma quanto em sua relação com o mercado. Para o autor, a internet pode ser considerada um bom exemplo de mudança no sistema tecnológico, na medida em que vem alterando as formas de comunicação e criando novas áreas de atividade econômica. Tigre (2006) afirma que estas revoluções não ocorrem com frequência, mas sua influência é acentuada e duradoura. O autor complementa que um paradigma técnico-econômico não é apenas técnico, pois

necessita de mutações organizacionais e institucionais para se consolidar. Assim, no âmbito de um paradigma, a inovação ocorre à medida que as tecnologias centrais se tornam cada vez mais difundidas e influenciam domínios cada vez mais vastos da produção e distribuição. Quando ocorre um avanço tecnológico de grande impacto, perturbando as tecnologias centrais existentes e as formas dominantes de organização econômica, surge então um novo paradigma técnico-econômico. A substituição das tecnologias centrais do paradigma antigo cria uma nova onda de invenções e inovações e já não está mais ligado às tecnologias centrais do paradigma anterior (FREEMAN; PEREZ, 1988). De acordo com Perez (1983), para além dos fatores puramente tecnológicos e econômicos, os modelos sociais e institucionais que se enquadram num certo paradigma técnico-econômico podem não ser adequados a um novo. O processo de emergência de um novo paradigma técnico-econômico resulta da interação das esferas tecnológicas, econômicas, institucionais e sociais. A ocorrência da introdução de uma só tecnologia pode não ter qualquer efeito se o conjunto de mudanças nas outras dimensões não acompanhar as novidades tecnológicas.

Nas últimas décadas, conforme (FREEMAN; PEREZ, 1988; PEREZ, 2004), surgiram como novos paradigmas tecnoeconômicos a microeletrônica e as tecnologias da informação e comunicação (TICs). As TICs são compostas pelos softwares e serviços de tecnologia da informação (TI), os hardwares e as telecomunicações. Elas vêm mudando as interações sociais, criando ligação entre os objetos (fixo e móvel), tornando-os cada vez mais conectados para arquitetar a "Internet das Coisas" (IoT). A economia digital derivada das TICs afeta diversos setores econômicos como educação, bancário, comércio, energia, transporte, publicidade, mídia e saúde (OECD, 2015, p.11). A principal revolução tecnológica provocada pelas TICs foi a criação do circuito integrado e do microprocessador, que geraram avanços dos conhecimentos científico e tecnológico em eletrônica, comunicação e computação. A difusão e a integração dessas novas tecnologias ajudaram a inovação da nova economia da informação e do conhecimento.

Diversas evidências caracterizam a microeletrônica como um paradigma técnico-econômico emergente, sendo a primeira a redução dos custos dos produtos de informática, causada por uma constante redução dos preços dos insumos

microeletrônicos. Assim, a adoção e a difusão de tecnologias são um processo condicionado pela percepção dos agentes econômicos das possíveis alternativas tecnológicas e de seu potencial de desenvolvimento.

Uma segunda evidência é a parte da oferta ilimitada, apesar de demanda crescente. Para constituir um "fator-chave" de um novo paradigma, não devem existir limitações em sua oferta no longo prazo. Ao contrário do petróleo, cujas reservas são limitadas e não-renováveis, a microeletrônica não enfrenta limites físicos de oferta. Sua principal matéria prima, o silício, é muito abundante na natureza, além de ser utilizado em quantidade insignificante. Na verdade, o insumo crítico da microeletrônica é a inteligência humana, cuja oferta, pelo menos aparente, é ilimitada. A última evidência é o potencial de difusão a toda sociedade. A microeletrônica tem aplicação potencial em praticamente todas atividades econômicas, seja em produtos ou serviços. Rompendo as aplicações típicas no próprio setor eletrônico, a microeletrônica vem sendo crescentemente empregada em bens de capitais e bens de consumo duráveis como automóveis, eletrodomésticos, brinquedos.

A microeletrônica redefiniu as práticas produtivas, substituiu mão de obra por equipamentos automatizados como robôs, aumentou o conteúdo tecnológico dos produtos e introduziu uma nova trajetória inovadora, mostrando ter uma relação com as revoluções industriais anteriores no sentido de substituir trabalho por capital. O diferencial é que a tecnologia passou a ser incorporada pelo setor terciário, pouco afetado pelas revoluções anteriores. Com a necessidade de inovar e incorporar novos bens de capital aos serviços e processos produtivos, a formação de capital intelectual passa a ter ainda mais importância devido à competitividade. A revolução da microeletrônica é rica e intensiva em conhecimento e requer uma infraestrutura, diferente das revoluções anteriores. Enquanto que a difusão do paradigma fordista requeria algo que gerasse empregos diretos causando o efeito multiplicador em cadeias produtivas, o paradigma microeletrônico tem impactos mais limitados sobre o fornecimento de insumos. O desenvolvimento de telecomunicações, considerada crítica para a difusão do novo paradigma, envolve a instalação de redes de fibras óticas, satélites espaciais, internet, redes de comunicação de dados e de valor agregado onde não é relevante a quantidade

de materiais, mas sim de tecnologia. A geração de novas profissões é bem restritiva a profissionais altamente qualificados, onde este profissional deverá estar em constante aperfeiçoamento. O novo paradigma se difunde desigualmente, trazendo distorções ainda maiores nos padrões mundiais de distribuição de riquezas. Os países mais beneficiados são aqueles com melhores condições estruturais para incorporar novas tecnologias e aumentar a produtividade e desenvolver novos produtos e serviços. Isso inclui o sistema educacional qualificado, tanto no nível básico quanto no superior, assim como centros de pesquisas, telecomunicações de dados e a capacidade de absorver novas formas de organização e produção.

As mudanças provenientes do paradigma microeletrônico afetarão a economia, as empresas, os governos, as pessoas e os trabalhos. Assim, não é por acaso que o conjunto dessas transformações vem sendo retratado como uma quarta revolução industrial (SCHWAB, 2016).

2.3 ONDAS DE INOVAÇÃO

Ao longo do desenvolvimento econômico mundial, pode-se observar momentos históricos onde ocorrem “ondas de inovações”, representando o surgimento de novas tecnologias capazes de alterar um produto, processo ou até toda a sociedade.

Uma revolução tecnológica pode ser definida como um poderoso e altamente visível aglomerado de tecnologias, produtos e indústrias novas e dinâmicas, capazes de provocar uma reviravolta em toda a economia e de impulsionar um aumento de desenvolvimento a longo prazo. É uma constelação fortemente inter-relacionada de inovações técnicas, geralmente incluindo uma matéria-prima [input] de baixo custo onipresente e importante, muitas vezes uma fonte de energia, às vezes um material crucial, além de novos produtos e processos significativos e uma nova infraestrutura. Esta última geralmente muda a fronteira em velocidade e confiabilidade de transporte e comunicações, enquanto reduz drasticamente seu custo. (PEREZ, 2004, p. 8).

A primeira onda de inovação é representada pela utilização do ferro na indústria têxtil; a segunda pela máquina a vapor; a terceira pelo aço e eletricidade; a quarta pela

produção em massa e uso intensivo de combustíveis fósseis; e a quinta pelas tecnologias da informação.

Quadro 1 - Os paradigmas tecnoeconômicos

Períodos	Descrição	Indústria-Chave	Fatores-Chave	Organização Industrial
1770 - 1840	Mecanização	Têxtil, química, metalmecânica, cerâmica	Algodão e ferro	Pequenas empresas locais
1840 - 1890	Maquinas a vapor e ferrovia	Motores a vapor, máquinas-ferramenta, máquinas para ferrovias	Carvão, sistema de transporte	Empresas pequenas: Crescimento das sociedades anônimas
1890 - 1940	Engenharia pesada e elétrica	Estaleiros, produtos químicos, armas, máquinas elétricas	Aço	Monopólios
1940 - 1980	Fordista	Automobilísticas, armas, aeronáutica, bens de consumo duráveis petroquímica	Derivados do petróleo	Competição oligopolista e crescimento das multinacionais
1980 – Atual	Tecnologias de informação e comunicação	Computadores, produtos eletrônicos, software, telecomunicações, novos materiais, serviços de informação	Microprocessadores	Redes de firmas

Fonte: adaptado de La Rovere (2006).

A sexta onda de inovação está sendo formada com um viés totalmente diferente, através do surgimento da produção sustentável, tecnologia limpa, energias renováveis, uso racional de recursos hídricos, biotecnologia e química verde. Os novos produtos e serviços, processos produtivos e os modelos de negócios gestados do desenvolvimento e adoção das novas tecnologias da indústria 4.0 estão sendo voltados para o processo de conscientização ambiental.

Assim, as organizações sustentáveis da sexta onda de inovação tecnológica deverão repensar seus produtos e processos, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais, e criando vantagem competitiva e potenciais de inovação. As novas possibilidades de investimentos provocam uma profunda transformação em toda a

economia, sendo um modelo que constitui um conjunto de princípios que mostra a forma de empregar a revolução tecnológica. Quando os princípios tecnológicos e organizacionais se generalizam, sendo usados num senso comum, começa então uma reestruturação das instituições (PEREZ, 2004, p. 41).

Como é de se esperar, a segunda metade de uma revolução tecnológica se dá pelo período de bonança ou dos anos dourados. A reconfiguração institucional passará a mexer na economia devido as mudanças das instituições, desde o governo, regulações financeiras, chegando até os comportamentos sociais.

Portanto, as revoluções tecnológicas trazem a reorganização da estrutura produtiva, mas também mudanças institucionais, sociais e governamentais. Sendo assim, segundo a autora, a sexta onda terá que passar por uma reconfiguração para a época da bonança das tecnologias verdes e renováveis.

3 O QUE É A INDÚSTRIA 4.0

A indústria 4.0 surge com a elaboração de projetos de tecnologias voltadas ao desenvolvimento da indústria do governo Alemão. O termo indústria 4.0 foi usado pela primeira vez na feira de Hannover em 2011. O planejamento e a implementação foram realização de um grupo coordenado por Siegfried Dais (Robert Bosch GmbH) e Henning Kagermann (*acatech*) que formulou as recomendações para o governo Alemão desenvolver. Dois anos depois, em Hannover foi apresentado um relatório para o desenvolvimento da indústria 4.0. O conceito básico é a conectividade das máquinas, englobando automação e tecnologia da informação ao meio de produção, criando redes inteligentes ao longo de toda a cadeia, deixando a fábrica ágil, autônoma, prevendo manutenção e falhas, e até mesmo fazendo adaptação e mudanças na produção.

Segundo (SCHWAB, 2016) os impactos da indústria 4.0 afetarão a economia em um todo. Em seu trabalho *The fourth industrial revolution* retrata essas mudanças como sendo a quarta revolução industrial, destacando quatro alterações importantes:

- a) alterações nas expectativas dos clientes;
- b) produtos mais inteligentes e mais produtivos;
- c) novas formas de colaboração e parcerias;
- d) a transformação do modelo operacional e conversão em modelo digital.

3.1 CATEGORIAS NA INDÚSTRIA 4.0

A revolução tecnológica irá impulsionar a nova indústria e os sistemas digitais com o uso de robôs, Big Data, simulação, internet das coisas (IoT), ciber segurança, computação em nuvem (*cloud computing*), manufatura aditiva, sistema integrado e realidade aumentada. Todas as mudanças serão profundamente inter-relacionadas, gerando progresso tecnocientífico.

As tecnologias desenvolvidas não serão usadas somente na indústria, mas também para o âmbito social, ambiental e científico e podem ser classificadas em três categorias: física, digital e biológica.

- a) no campo da física é mais fácil enxergarmos as suas manifestações, por ser mais tangível, ou seja: veículos autônomos, manufatura aditiva, robótica avançada, novos materiais;
- b) no mundo digital, temos a internet das coisas (IoT), o *blockchain*¹ e as criptomoedas, plataformas digitais (Uber, AirBnB, etc);
- c) na dimensão biológica, o uso do sequenciamento de DNA, pelo método CRISP/Cas9 (edição genética) para criação de animais imune a infecções virais, e a regeneração de tecidos e órgãos utilizando impressão 3D de células.

3.2 PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

As tecnologias que envolvem os nove pilares da indústria 4.0 têm como pontos-chave: big data, inteligência artificial, robótica, simulação, internet das coisas (IoT), ciber segurança, computador em nuvem, manufatura aditiva, sistemas de integração e realidade aumentada.

¹ Tecnologia que registra vários tipos de transações que visa a descentralização como medida de segurança, ou seja, possui seus registros espalhados por vários computadores.

Figura 2 - Os nove pilares da indústria 4.0



Fonte: BCG (2019).

- a) Big-Data (categoria digital): captura e processamento de gigantescas bases de dados, analisados por meio de inteligência artificial (IA) e sistemas de correlacionamento para obter maior performance de otimização de processos industriais, racionalização no consumo de energia e insumos em geral e buscar qualidade de produção nas fábricas;
- b) robótica (categoria física e biológica): utilizado na indústria tradicional, agora ganha novas funções com o auxílio dos outros pilares tecnológicos tornando-se mais produtivo, mais autônomo e interagindo com toda a linha produtiva;
- c) simulação (categoria física e digital): na indústria 4.0 a simulação computacional será utilizada juntamente com as informações da planta, aproximando o mundo físico e virtual. Esta ferramenta ajudará as empresas a desenvolverem e aperfeiçoarem seus produtos e processos. Com o auxílio do computador, os profissionais poderão realizar diferentes análises em tempo real, detectando erros e ajudando nas soluções, aumentando a produtividade;

- d) internet das coisas (categoria digital): a conectividade entre máquinas (fixas ou móveis) por meio de dispositivos eletrônicos permitindo coleta e troca de dados com a Big Data;
- e) ciber segurança (categoria digital): com o aumento da conectividade será necessário um sistema de proteção das informações, pois as ameaças cibernéticas aumentarão devido ao uso dos sistemas integrados. Por isso a segurança será essencial, ajudando no gerenciamento de sistemas sofisticados, identidade e acesso de máquinas e usuários;
- f) computação em nuvem (categoria digital): compartilhamento de dados e aplicações além dos servidores físicos da empresa, gerando grande flexibilidade, performance e redução de custos se comparado ao modelo físico imobilizado nas dependências da empresa;
- g) manufatura aditiva (categoria física e biológica): também conhecida como impressora 3D, ajudará na produção de peças a partir de camadas sobrepostas de materiais, permitindo a produção de formas complexas e personalizadas diretamente do ambiente virtual, gerando economia de insumos.
- h) sistema de integração (categoria digital e biológica): basicamente um gestor de sistemas integrados para disponibilizar uma plataforma única, onde todos tenham acesso. A indústria 4.0 propõe uma maior harmonia entre todos os pilares, garantindo um sistema integrado e automatizado;
- i) realidade aumentada (categoria digital e biológica): a característica principal desta tecnologia é a visualização assistida por computador.

Estas são as tecnologias que irão deixar a indústria 4.0 mais eficiente, os nove pilares desta nova revolução industrial extremamente conectados, trocando informações para que se consiga ter maior agilidade em processos, transmissões de dados e automação.

4 MUDANÇAS PROVOCADAS PELA INDÚSTRIA 4.0 NO MERCADO DE TRABALHO

Foi dito na seção anterior, que com a indústria 4.0 deverá ocorrer um grande aumento na agilidade e eficiência na produção e distribuição das mercadorias produzidas. A emergência das novas tecnologias como Big Data, internet das coisas (IoT) e manufatura aditiva cria base para esse processo, e com isso surge uma série de paradigmas que mudam o jeito de enxergar o funcionamento da indústria e o processo que faz um produto chegar até o consumidor. O avanço da inter-conectividade no processo industrial faz com que se tenha aumento nos ganhos de produtividade. Conforme (RÜBMANN *et al.*, 2015) a implementação da indústria 4.0 reduzirá os custos produtivos entre 5% e 8% no total da manufatura na Alemanha.

As novas tecnologias voltadas para a produção industrial possuem alta capacidade no processamento de dados. Esses dados estão totalmente integrados e interconectados em grandes redes com Big Data e IoT. Com isto, a estrutura de produção tende a promover a independência da atuação humana e vem introduzindo a robotização e automação industrial, por meio de inteligência artificial (AI) (COELHO, 2016).

A indústria está se moldando para uma estrutura produtiva mais avançada e complexa entre fornecedores, produtores e consumidores finais, que estão conectados por meio da IoT. Com essa dinâmica entre seres humanos e máquinas, o modo de produção se torna muito mais eficiente. O novo processo de produção industrial interligado com diversas tecnologias aumenta sua eficiência produtiva, abastecimento de matéria-prima e dos produtos, aumentando a competitividade e com isso facilita o desenvolvimento de novas “plataformas” de produção. Com isso poderá surgir novos modelos de negócios, novas plantas industriais, novos mercados de trabalhos, assim como novas profissões, tornando tudo muito mais interligado, competitivo e moderno.

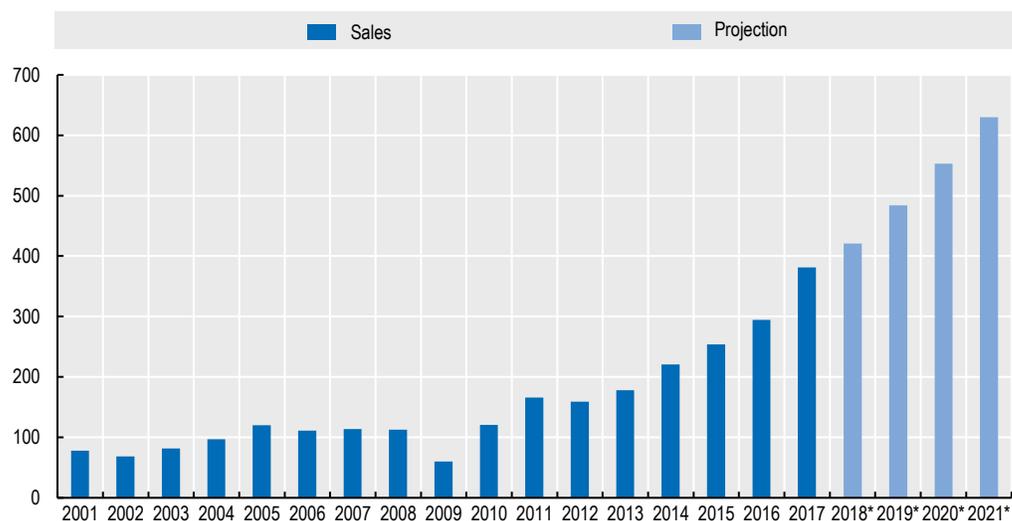
4.1 MERCADO DE TRABALHO

A indústria 4.0 vem sendo desenvolvida e adotada de forma muito mais rápida se comparada às revoluções anteriores. Os novos produtos, processos de produção, serviços e modelos de negócios estão mudando em direção a integração das tecnologias digitais na gestão, enquanto o modo de produção vai sofrendo atualizações e as operações vão se tornando mais automatizadas.

A tecnologia sempre causou profundas transformações sociais e culturais. A quarta revolução industrial representa um desafio para muitas empresas e seus profissionais, já que está sendo marcada por alterações significativas que resultarão em um modelo de trabalho diferente nos próximos anos. Diante de um cenário em que as empresas precisam investir em automação da produção, novas plataformas, ferramentas e serviços baseados em inteligência artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e computação em nuvem, as funções e os empregos são impactados, criando novas oportunidades para os profissionais que estiverem qualificados para essa nova mentalidade digital.

No processo de automação, as indústrias estão cada vez mais introduzindo robôs na produção. Essas máquinas são programadas para executar movimentos rápidos, padronizados e eficazes, aumentando, assim, a produção final. Porém, as consequências são críticas para os trabalhadores do chão de fábrica, que acabam por vezes sendo substituídos. Embora os robôs estejam na linha de produção há décadas, sua propagação recentemente se acelerou e se espalhou, conforme se pode perceber na Figura 3.

Figura 3 - Fornecimento anual estimado mundial de robôs industriais, milhares de unidades



Fonte: IFR (2019).

No entanto, a quarta revolução industrial também propiciará mudanças organizacionais que possibilitarão o surgimento de novas profissões, advindas dos nove pilares da indústria 4.0 (internet das coisas (IoT), Big Data, Realidade aumentada, Manufatura aditiva (impressão 3D), computação em nuvem, ciber segurança, integração de sistemas, simulação e robôs). A necessidade da qualificação nas áreas tecnológicas será cada vez mais corriqueira, por isso recomenda-se que os futuros profissionais e os trabalhadores busquem aprimoramento de competências e habilidades constate nessas áreas que estão sendo desenvolvidas, de forma a estarem preparados para o novo mercado interconectado, com vistas a manter as condições de empregabilidade. Conforme Edwards e Ramirez (2016), trata-se de uma “reciclagem” do trabalhador.

Os profissionais ligados aos pilares da indústria 4.0 estão como os mais bem cotados para tomar a dianteira nessa nova revolução do mercado de trabalho. Profissões como: desenvolvedor de software, especialista em Big Data, facilitador de TI, gestor de desenvolvimento IA, analista de ciber segurança e “walkes” (profissionais autônomos como motoristas de Uber).

A ascensão do modelo de empresas verticais (com vários níveis administrativos e hierárquicos como num organograma) para a formação de redes entre empresas e

computadores vem se consolidando. As profissões dos setores tradicionais, bem constituídas e relativamente previsíveis, estão se deslocando para ramos bem mais complexos, ainda não analisados nos censos e pesquisas oficiais, mas que estão sendo adaptado no setor de serviços.

Olhando para um mercado brasileiro o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) estima que oito áreas na indústria nacional sofrerão grandes mudanças com a indústria 4.0, sendo um processo que não visa somente o barateamento do custo de produção, mas também torna-o mais eficiente e sustentável, assim como oferta melhores serviços e produtos personalizados para o consumidor final. O SENAI prevê que as tecnologias como robótica colaborativa e comunicação entre máquinas por meio da Internet das Coisas (IoT), Big Data, IA e computação em nuvem vão impactar fortemente as etapas de concepção e produção dos seguintes setores produtivos:

- a) automotivo: esse segmento tem aumentado sua produtividade e direcionado sua produção para atender critérios mais específicos e personalizados de um consumidor cada vez mais exigente que busca mais tecnologia, segurança e conforto;
- b) alimentos: as ferramentas da indústria 4.0 proporcionam ao setor de alimentos qualidade, segurança, economia e sustentabilidade. A implantação de softwares avançados para controle de processos, o uso de Big Data e softwares para previsão orçamentária industrial (global e setorial), e o uso de drones para monitoramento e segurança das áreas de plantio possibilitarão o atendimento aos padrões exigidos de qualidade;
- c) construção civil: considera-se o uso da automação predial (impressora 3D) e da internet das coisas (IoT) para reunir informações detalhadas em tempo real e automatizar processos. Além disso, o mercado se abre para novos materiais e ferramentas como materiais inteligentes que se auto reparam, além de novas tecnologias para conforto térmico e acústico;
- d) indústria da moda: surge o uso de “*smart-clothes*”, que permitem coletar informações por meio da interação do tecido com o corpo e com o ambiente;

- e o aumento da automação em diversas partes da criação, concepção e prototipagem;
- e) tecnologia da informação: o segmento se torna importante ao se integrar aos processos de automação da produção, através do uso da internet das coisas (IoT) e das redes wireless nas linhas produtivas e na comunicação entre robôs;
 - f) metalmecânica: aumento do uso das tecnologias de realidade virtual, manufatura aditiva, bem como de máquinas-ferramenta com maior precisão; além do uso de novos materiais, de base polimérica, cerâmica e de nano-tubos de carbono;
 - g) química e petroquímica: desenvolvimento de novos produtos, aplicando os conceitos de nano e biotecnologia, e de novas composições. A estimativa é que haja automação dos processos contínuos e robotização dos processos discretos;
 - h) energia: utilização de sensores inteligentes que permitem acompanhar o funcionamento de válvulas do setor de óleo e gás, o que contribui com uma manutenção mais assertiva e deslocamento inteligente de produção. O foco, no entanto, é o desenvolvimento de tecnologias para produção de energia através de fontes renováveis. Setor busca inovar para diminuir os efeitos nocivos ao meio ambiente e atender à demanda crescente de consumo energético.

Quadro 2 - 30 profissões que surgirão ou serão reformuladas com a indústria 4.0

AUTOMOTIVO	TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> Mecânico de veículos híbridos Mecânico especialista em telemetria Programador de unidades em controles eletrônicos Técnico em informática veicular 	<ul style="list-style-type: none"> Analista de IoT (Internet das Coisas) Engenheiro de ciber segurança Analista de segurança e defesa digital Especialista em big data Engenheiro de softwares
ALIMENTOS E BEBIDAS	MÁQUINAS E FERRAMENTAS
<ul style="list-style-type: none"> Técnico em impressão de alimentos Especialista em aplicações de TIC para rastreabilidade de alimentos Especialista em aplicações de embalagens para alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> Projetista para tecnologias 3D Operador de High Speed Machine Programador de ferramentas CAD/CAM/CAE/CAI Técnico de manutenção em automação
CONSTRUÇÃO CIVIL	QUÍMICA E PETROQUÍMICA
<ul style="list-style-type: none"> Integrador de sistema de automação predial Técnico de construção seca Técnico em automação predial Gestor de logística de canteiro de obras Instalador de sistema de automação predial 	<ul style="list-style-type: none"> Técnico em análises químicas com especialização em análises instrumentais automatizadas Técnico especialista no desenvolvimento de produtos poliméricos Técnico especialista em reciclagem de produtos poliméricos
TÊXTIL E VESTUÁRIO	PETRÓLEO E GÁS
<ul style="list-style-type: none"> Técnico de projetos de produtos de moda Engenheiro de fibras têxteis Designer de tecidos avançados 	<ul style="list-style-type: none"> Especialista em técnicas de perfuração Especialistas em sismologias e geofísica de poços Especialistas para recuperação avançada de petróleo

Fonte: SENAI (2019).

Diante de um período de aceleração do uso da tecnologia nas transações e processos mais cotidianos e nas relações entre as pessoas, manifestam-se diferentes habilidades requeridas pela indústria 4.0, que, progressivamente, serão essenciais aos trabalhadores, independentemente da função exercida e de suas peculiaridades. Pode-se citar como competências essenciais para o homem que deverá adaptar-se: capacidade analítica e uso de bases de dados, interdisciplinaridade e trabalho em equipe, pensamento sistêmico, busca contínua pela eficiência, disposição de trabalho cooperativo e baseado em diversidade (de ideias e origens). A figura do profissional intelectual da indústria 4.0 traz uma nova perspectiva para as relações de trabalho, pois ele não se enquadra na concepção clássica do emprego, os critérios objetivos que

apontam para a subordinação e para o salário assumem características diferentes. As demandas em pesquisa e desenvolvimento oferecerão oportunidades para profissionais tecnicamente capacitados, com formação multidisciplinar para compreender e trabalhar com a variedade de tecnologia que compõe uma fábrica inteligente. A capacidade de análise e decisão não poderá ser substituída pelas máquinas ou softwares.

Temos exemplos do passado que mostram que com a introdução de novas técnicas e novas tecnologias o mercado de trabalho precisou mudar, realocar ou até mesmo qualificar os trabalhadores. Antigamente não era necessário ter qualificação para conseguir um emprego (primeira e segunda revolução industrial), o trabalhador só precisava ser apto para exercer a função. Já na terceira revolução industrial o trabalhador melhor qualificado tem vantagens sobre o que não possui qualificação. Olhando por essa perspectiva a quarta revolução industrial será extremamente exigente quanto à qualificação. O trabalhador da indústria 4.0 deverá ter o máximo de estudo adquirido para poder entrar no mercado de trabalho, e necessitará estar sempre se atualizando para que não fique defasado, já que é na indústria onde os avanços tecnológicos estão sempre se modificando e procurando novos meios de barateamento da produção (NAUDÉ, 2010).

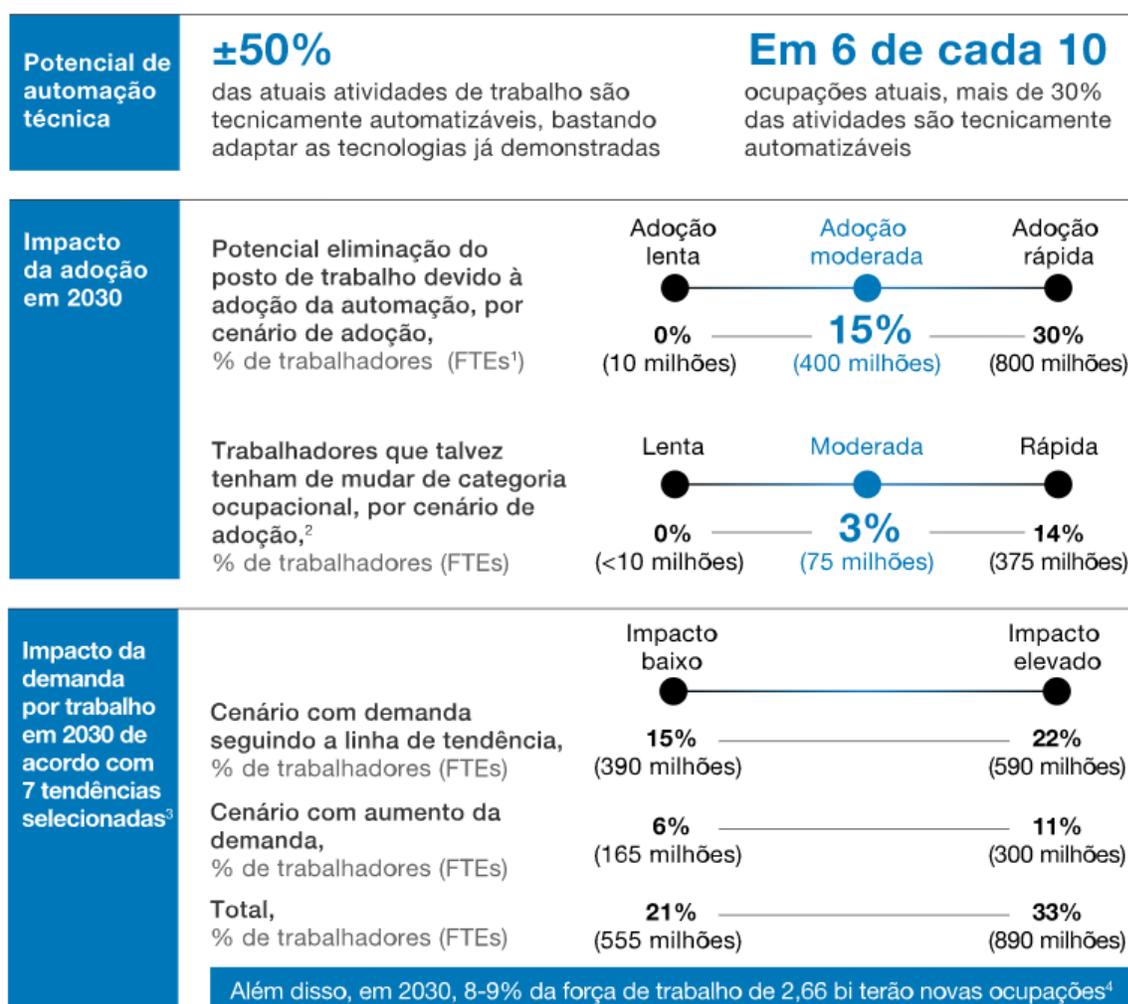
Portanto pode-se dizer que o mundo do trabalho está mudando, o progresso técnico, tecnológico e a globalização juntamente com o envelhecimento da população estão reestruturando o mercado de trabalho. Novos modelos de negócios organizacionais, novas formas de trabalho, assim como novas profissões tem se tornado a realidade do mundo de hoje.

4.2 CRISE DO EMPREGO

Os trabalhos manuais e repetitivos já vêm de longa data sendo substituídos por sistemas eletromecânicos automatizados, e com a indústria 4.0 isso tende a se intensificar. Pesquisadores da *Oxford Martin School*, o economista Carl Benedikt Frey e o especialista em aprendizagem automática Michael Osborne classificaram 702 profissões quanto ao maior ou menor risco de sofrerem automatização e concluíram que cerca de 47% do total de emprego nos Estados Unidos está em risco.

Outro estudo desenvolvido pela McKinsey Global Institute (*Jobs lost, jobs gained: Work force transitions in a time of automation, 2017*) avalia o número de empregos que poderão ser criados até 2030, e os compara com as possíveis profissões que perderão espaço no mercado de trabalho com a automação. De acordo com a Figura 4, metade das atividades de trabalho são automatizáveis e, considerando uma velocidade moderada de adoção da automação, 15% dos postos de trabalho poderão ser eliminados, sendo que 3% dos trabalhadores perderão postos por total automatização.

Figura 4 - Análise Mckinsey Global Institute



Fonte: Mckinsey Global Institute (2017).

Haverá necessidade de adaptação por parte dos profissionais, pois com fábricas ainda mais automatizadas novas demandas surgirão enquanto algumas deixarão de existir. Contudo, a evidência atual é de que esta revolução nas fábricas está criando menos postos de trabalho que as revoluções passadas devido à velocidade com que ela vem se introduzindo na indústria.

As profissões relacionadas à indústria 4.0 vêm sendo as mais bem cotadas do mercado, como é o caso de cientistas de Big Data. Por outro lado, profissões como repórteres de jornais impressos tem se tornado cada vez menos cotadas, já tendo profissionais substituídos por máquinas que apuram e organizam informações. Essa revolução tem causado desemprego em diferentes áreas de atuação e muito da conservação dos trabalhos parte das demandas da nova geração.

Há dificuldade de alocação de profissionais no mercado de trabalho, sendo o setor de serviços, a agricultura e principalmente a indústria, as áreas mais afetadas, devido ao fato de as empresas de diversos portes terem diminuído suas equipes, recorrendo à tecnologia para a execução das funções antes feitas pelos mesmos (NAUDÉ, 2010). A robotização ameaça eliminar empregos no mundo todo. Com uma rápida capacidade de automatização devido à inteligência artificial (IA) as máquinas têm cada vez mais realizando tarefas que antes era realizada pelos seres humanos e com essa substituição de mão de obra pelo capital, acaba induzindo a ganhos significativos de produtividade, exigindo menos entrada de mão de obra no processo de produção.

A globalização desse modo de produção vem transferindo muitos trabalhadores de países desenvolvidos para países com custos trabalhistas mais baixos. O envelhecimento da população pode causar escassez de mão de obra, podendo resultar em um número expressivo de trabalhadores desqualificados para a função de seus empregos devido à obsolescência de habilidades, e acabar estimulando a implementação de tecnologias e automação de empregos. Por esses motivos, alguns países começaram a temer que economias avançadas possam se encaminhar para um futuro com menos empregos (FREY; OSBORNE, 2017; BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2011).

Segundo Schwab (2016), dois tipos de efeitos podem acontecer: o primeiro é o efeito destrutivo em que ocorre a ruptura dada pela tecnologia e a automação substituindo

o trabalho por capital, forçando os trabalhadores ao desemprego ou a realocarem suas habilidades em outros lugares; o segundo efeito é capitalizador, ocorrendo o “boom” por demanda por novos bens e serviços, ocasionando a criação de novas profissões, empresas e indústrias. O importante segundo Schwab (2016) é o tempo e o alcance que o efeito capitalizador consegue suplantar o efeito destrutivo e a velocidade dessa substituição. Ou seja, quando se trata do impacto de tecnologias emergentes no mercado de trabalho, sempre terá o lado positivista, que acredita que os trabalhadores desempregados pela tecnologia vão encontrar novos empregos e a tecnologia irá desencadear uma nova era de prosperidade; e aqueles que procuram enxergar o lado negativo, onde a tecnologia acabará ocasionando uma crise social e política, criando uma escala maciça de desempregos tecnológicos (SCHWAB, 2016).

4.3 REINSERÇÃO NO MERCADO

Com o avanço da tecnologia, a permanência no mercado de trabalho tem se tornado incerta para profissionais de inúmeras áreas. A indústria 4.0 desencadeou fases boas e ruins para diversas carreiras, causando destruição e criação de profissões.

Os profissionais cujos postos foram extintos enfrentam a necessidade de se ajustarem a uma nova realidade. Enquanto até pouco tempo atrás o normal era o trabalhador desempregado conseguir retornar para o mercado mantendo a sua especialização, hoje em dia, com o mercado mais fluido, torna-se necessário se especializar com qualidade ou até migrar de profissão, mantendo-se atento às novidades de um mercado desafiador e cada vez mais exigente.

Segundo o IBGE (ROZÁRIO, 2017), o Brasil tem cerca de 12,9 milhões de desempregados, pior resultado desde 2012. Com isso, a reinserção no mercado de trabalho também se torna um grande desafio, principalmente para os profissionais que perderam seus respectivos trabalhos para máquinas e serviços tecnológicos de alta eficiência. É importante que os trabalhadores busquem adequar seus conhecimentos a outras áreas, e caso isso não seja possível, procurem recorrer a uma nova qualificação por meio de cursos e treinamentos. A indústria 4.0 foi a mais rápida entre todas as outras

revoluções industriais, e por isso a reinserção no mercado é algo fundamental, o que não pode acontecer é insistir por muito tempo em uma profissão que possivelmente possa sumir do mercado. Nesses casos, a migração e alocação de competências para outros âmbitos é uma opção viável (ROZÁRIO, 2017). Um grande exemplo dessa alocação é o serviço prestado pela Uber onde o trabalhador consegue exercer uma profissão semelhante ao do táxi, e ambos os trabalhadores conseguem trabalhar sem atrapalhar a profissão alheia. Um outro estudo, divulgado pela Mckinsey, afirma que em 2030, de 3% a 14% da força de trabalho mundial precisará buscar uma nova profissão em detrimento da automatização. Diante deste cenário de desemprego em massa, a substituição dos trabalhadores por máquinas tem se tornado cada vez mais preocupante, mas em contrapartida, a automatização vem revelando a necessidade de readaptação de muitos profissionais para novos empregos em crescimento.

4.4 DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

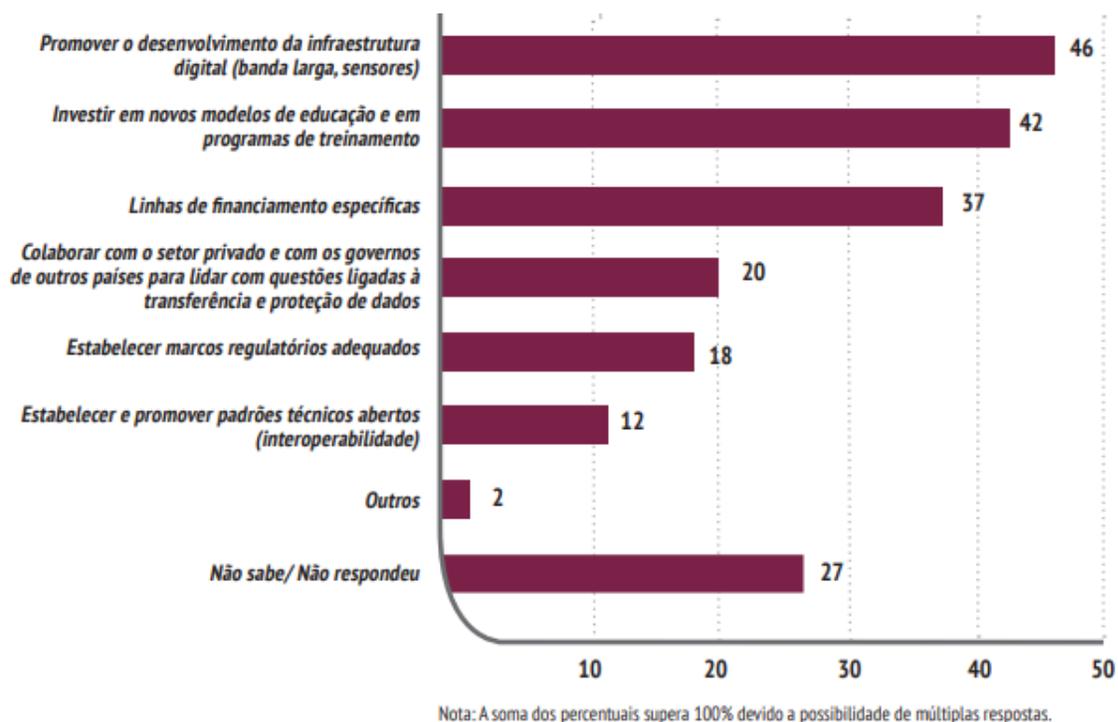
No Brasil, o setor industrial ainda está se familiarizando com o uso de tecnologias digitais e seus impactos sobre os modelos de negócio. A indústria 4.0 proporciona aumento da eficiência às empresas e aperfeiçoamento dos produtos, e, tendo em vista que o país precisa inserir seus produtos no mercado global de forma competitiva, torna-se necessário a difusão do uso de tecnologias digitais.

Em diversos países desenvolvidos, a indústria 4.0 já é uma realidade, a partir dos esforços dos governos em estratégias de política industrial. No Brasil, para o desenvolvimento da indústria, algumas ações governamentais são necessárias, principalmente o investimento em infraestrutura digital, capacitação profissional e na criação de linhas de financiamentos específicas.

Um estudo realizado pela Confederação Nacional de Indústria (CNI) apontou que quase metade das empresas entrevistadas considera primordial o desenvolvimento, por parte do governo, de infraestrutura digital (banda larga, sensores) para acelerar a adoção de tecnologias digitais no país. Outros fatores importantes seriam o investimento em

educação e em programas de treinamento específico, a criação de linhas de financiamento, a regulamentação quanto a padrões técnicos e à proteção de dados.

Gráfico 1 - Medidas de governo para acelerar a adoção de tecnologias digitais



Fonte: CNI (2016).

Com a preocupação de adaptação humana para a implantação da indústria 4.0 no Brasil, caberá ao o governo juntamente com a o setor privado a criação de novos cursos técnicos para atender necessidades específicas; reformulação de cursos nas áreas de engenharia, administração e entre outros, para adequar as novas necessidades dessas tecnologias; criação de cursos de gestão da produção multidisciplinar com ênfase em Indústria 4.0; incentivar programas de competências tecnológicas nas empresas.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho vimos que ao longo do tempo tivemos o surgimento e a mudança de diversos paradigmas tecnológicos, que culminaram com as revoluções industriais, e caracterizaram os ciclos econômicos. Como inovações paradigmáticas tiveram a máquina a vapor, a eletricidade, o uso dos combustíveis fósseis, as tecnologias de informação, entre outras, cada uma delas marcando uma revolução industrial. Atualmente vivemos em um período de transição onde paradigmas tecnológicos estão surgindo e sendo implementados na indústria 4.0, assim como a ideia de sustentabilidade.

A indústria 4.0 representa a integração da produção às tecnologias digitais e sua difusão a diversos setores da economia. Através do uso da robótica, Big Data, simulação, internet das coisas (IoT), ciber segurança, computador em nuvem, manufatura aditiva, sistemas de integração e realidade aumentada, todo o modo de produção industrial será transformado, deixando as fábricas mais inteligentes e autônomas, aumentando assim a sua produtividade e diminuindo custos. As novas tecnologias utilizadas, além de tornar a produção mais inteligente e otimizada, causarão muitos impactos socioeconômicos como a atualização do mercado de trabalho e a alteração no relacionamento entre máquinas, humanos e produtos.

As transformações causadas pela indústria 4.0 no mercado de trabalho são diversas. Onde a máquina vem substituindo o trabalho humano repetitivo e pouco qualificado, os profissionais deverão se adequar para as novas formas e postos de trabalho, especializando e capacitando. Neste sentido, será necessário algum esforço do Estado para garantir a empregabilidade humana num cenário tão tecnológico.

O desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil será um desafio, sendo necessária parceria entre setor privado e Estado, já que estamos em um país em fase inicial de desenvolvimento e com pouca experiência em inovação. Ademais, somente com a implementação da tecnologia massiva o país garantirá competitividade num cenário econômica atual.

REFERÊNCIAS

BRASIL ECONÔMICO: Economia. Disponível em: <http://economia.ig.com.br/2017-02-27/industria-40.html>. Disponível em: <http://economia.ig.com.br/2017-02-27/industria-40.html>. Acesso em: 22 ago. 2017.

BOSTON CONSULTING GROUP – BCG. **[Indústria 4.0]**. [S.l.], 2019.

BRETTEL, M. *et al.* How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: an industry 4.0 perspective. **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 37-44, Nov. 2014.

BRYONJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **Race against the machine**: how the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy. [S.l.]: Digital Frontier Press, 2001.

COELHO, P. N. M. **Rumo à indústria 4.0**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Desafio da indústria 4.0 no Brasil**. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/>. Acesso em: 22 ago. 2017.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, [s.l.], n. 11, p. 147-162, 1982.

DOSI, G. *et al.* (ed.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publishers, 1988.

DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial**: a teoria e uma aplicação à indústria de semicondutores. Campinas: Unicamp, 2006.

DOSI, G.; NELSON, R. R. **Technical Change and industrial dynamics as evolutionary processes**. Pisa: LEM, 2009. (Working paper, n. 07).

EDWARDS, Paul; RAMIREZ, Paulina. When should workers embrace or resist new technology? **New technology, Work and Employment**, v. 31, n. 2, p. 99-113, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/ntwe.12067>.

Federação Internacional de Robótica – IFR. **[Venda de robôs]**. [S.l.], 2019.

FREEMAN, Christopher. Schumpeter's business cycles and techno-economic paradigms. *In*: DRECHSLER, W.; KATTEL, R., REINERT, E. (org.). **Techno-economic paradigms**: essays in honour of Carlota Perez. London: Anthem, 2011. p. 269-286.

FREEMAN, Christopher; PEREZ, Carlota. Structural crisis of adjustment: business cycles and investment behavior. *In*: DOSI, G. *et al.* (ed.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publisher, 1988. p. 38-66.

FREY, C.; OSBORNE, M. The future of employment: how susceptible are Jobs to computerisation?. **Technological Forecasting and Social Change**, [s.l.], v. 114, p. 254- 280, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/J>. Acesso em: 17 out. 2019.

GERMANY. Federal Ministry of Education and Research (BMBF). **Federal Report on Research and Innovation 2012**. Berlin: BMBF, 2012.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1997.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **A future that works**: automation, employment, and productivity. [S.l.], 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx>. Acesso em: 15 ago. 2019.

NAUDÉ, W. **Industrial policy: old and new issues**. 106. ed. Helsinki: UNU-WIDER, 2010. (Working Paper).

OECD. **OECD employment outlook 2019**: the future of work. Paris: OECD Publishing, 2019. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/sites/9ee00155-en/index.html?itemId=/content/publication/9ee00155-en&_csp_=b4640e1ebac05eb1ce93dde646204a88&itemIGO=oecd&itemContentType=book. Acesso em: 21 nov. 2019.

PEREZ, C. Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems. **Futures**, [s.l.], p. 357-375, Oct. 1983.

PEREZ, C. Microelectronics, long waves, and world structural change: new perspective for developing countries. **World Development**, [s.l.], v. 13, n. 3, p. 441-463, 1985.

PEREZ, C. New technologies and development. *In*: FREEMAN, C.; LUNDEVALL, B.(ed.). **Small countries facing the technologic revolution**. London: Pinter, 1988. p. 85-97.

PEREZ, C. Technological change and opportunities for development as a moving target. **Cepal Review**, [s.l.], n. 75, p. 109-130, 2001.

PEREZ, C. **Technological revolution and financial capital**: the dynamics of bubbles and golden ages. USA: Edward Elgar, 2002.

PEREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, [s.l.], v. 34, p. 185-202, 2010.

PEREZ, C.; SOETE, L. Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity. In: DOSI, G. *et al.* **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publishers, 1988.

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

SCHROEDER, W. **Germany's Industry 4.0 strategy**: Rhine capitalism in the age of digitalisation. London: Friedrich-Ebert-Stiftung, 2016.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

SCHUMPETER, J. A. **História da análise econômica**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1964.

SCHUMPETER, J. A. **Business cycles**: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process. New York: Porcupine, 1989.

SCHWAB, K. The fourth industrial revolution: what it means and how to respond. **Foreign Affairs**, [s.l.], Dec. 2015. Disponível em: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-1212/fourth-industrial-revolution>. Acesso em: 13 mar. 2019.

Serviço nacional de aprendizagem industrial – SENAI. **[Mercado de trabalho da indústria 4.0]**. [S.l.], 2019.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação**: a economia da tecnologia no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2006.