

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo  
PUC- SP

Marcelo Augusto Vieira Graglia

As Novas Tecnologias e os Mecanismos de Impacto no Trabalho

Doutorado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital

São Paulo

2018

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo  
PUC- SP

Marcelo Augusto Vieira Graglia

As Novas Tecnologias e os Mecanismos de Impacto no Trabalho

Doutorado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital

Tese apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para a obtenção do Título de Doutor sob a orientação do Prof. Dr. Daniel Couto Gatti.

São Paulo

2018

**Banca Examinadora**

---

---

---

---

---

## Dedicatória

---

A minha mãe, meus filhos e minha família.

A Patrícia.

## Agradecimentos

---

Esta pesquisa teve o suporte da Fundação São Paulo mediante concessão de bolsa de Doutorado o que permitiu a realização do curso de Doutorado pelo TIDD - Tecnologias de Inteligência e Design Digital e a conclusão desta tese.

## Agradecimentos

---

Ao Prof. Daniel Couto Gatti pela orientação e por todo apoio.

Ao Prof. Ladislaw Dowbor, Prof. Leonardo Trevisan, Profa. Anita Kohn e Prof. Nelson Brissac pelas valiosas orientações.

Ao Prof. Walter Gomes da Cunha Filho por todo o apoio e orientações.

A Profa. Noêmia Lazarreschi, por todos os ensinamentos e estímulo.

A Profa. Bete Adami, Prof. Roberto Padula, Prof. Gin Yue, Prof. Sérgio Pereira, Prof. Paulo Cândido, Prof. Mário Farah, Sidney Pace e Ricardo Araújo por todo o estímulo e companheirismo.

Ao Padre Aury Brunetti por todo o estímulo.

A todos os meus professores do Programa de Estudos Pós-Graduados em Tecnologias da Inteligência e Design Digital.

A Patricia Huelsen, pelo apoio incondicional, companheirismo e amor.

## Resumo

---

Este estudo analisa as relações entre novas tecnologias e inovações disruptivas que estimulam a nova onda de transformação econômica e afetam a sociedade como um todo. O objetivo é investigar os mecanismos pelos quais os empregos podem ser destruídos e compreender os impactos potenciais no trabalho, no emprego e nas pessoas.

**Palavras-chave:** 4ª Revolução Industrial. Indústria 4.0. Futuro do trabalho. Novas tecnologias. Inovações disruptivas. Capitalismo.

## Abstract

---

This study analyzes the relationships between new technologies and disruptive innovations that stimulate the new wave of economic transformation and affect society as a whole. The goal is to investigate the mechanisms by which the jobs can be destroyed and understand the potential impacts on work, employment, and people.

**Key-Words:** 4<sup>th</sup> Industrial Revolution, Industry 4.0, The future of work, New technologies, Disruptive innovations. Capitalism.

## TABELAS

Tabela 1: Dívida pública em % do PIB. ....	43
Tabela 2: Participação dos maiores setores no total dos empregos nos EUA em 2016.....	189
Tabela 3: Taxa oficial de desemprego em 2017 para países selecionados. ....	274

## GRÁFICOS

Gráfico 1: Anomalias globais das temperaturas terrestres e oceânicas .....	32
Gráfico 2: Desigualdade e Crescimento. Países com altos níveis de desigualdade, medidos pelo índice GINI, tendem a ter menores taxas de crescimento ao longo do tempo. A linha verde mostra a correlação entre crescimento e desigualdade. ....	35
Gráfico 3: Riqueza Global.....	37
Gráfico 4: Taxa de crescimento econômico da China. ....	44
Gráfico 5: Sinais de aviso prévio de 2008 na rede interbancária holandesa .....	73
Gráfico 6: Variação anual percentual na riqueza total global, 2000-2017.....	75
Gráfico 7: Tempo até atingir cinquenta milhões de usuários - em anos. ....	92
Gráfico 8 Tempo estimado de propagação de novas tecnologias .....	93
Gráfico 9: Variação estimada do impacto econômico potencial de tecnologias disruptivas em 2025. Valores em trilhões de US\$ (anual).....	97
Gráfico 10: Evolução do número de FTE para o nível de renda na Bélgica entre 2001 e 2012.....	140
Gráfico 11: Tendência do emprego no setor industrial estadunidense entre 1962 e 2010.....	142
Gráfico 12: Balança comercial estadunidense para produtos de alta tecnologia e outros produtos fabricados nos E.U.A. (em bilhões de dólares).....	143
Gráfico 13: Evolução comparativa entre os EUA e outros países/regiões na fabricação de produtos de alta tecnologia entre 1994 e 2010. Em bilhões de dólares.....	144
Gráfico 14: Probabilidade de automação para algumas ocupações.....	167
Gráfico 15: Impacto das tecnologias de Inteligência Artificial nos empregos do mundo até 2025 (em milhões).....	180
Gráfico 16: Taxa de emprego na manufatura no Reino Unido.....	192
Gráfico 17: Postos de trabalho e risco de automação .....	200
Gráfico 18: Risco de automação por setor no Brasil – em milhões .....	201
Gráfico 19: Aquisição de robôs por empresas do Brasil em 2015. ....	202

Gráfico 20: Evolução da participação da indústria no PIB brasileiro no período entre 1947 e 2017 (1º semestre). .....	202
Gráfico 21: Desembolsos em inovação do Governo Federal brasileiro entre 2009 e 2017 (parcial).....	204
Gráfico 22: Crescimento anual da venda de robôs industriais – em milhares de unidade.....	223
Gráfico 23: Países com maior densidade de robôs e índices acima da média mundial em 2016.....	224
Gráfico 24: Índice de robôs para cada grupo de 10.000 empregados de China, Brasil, Rússia e Índia em 2016.....	225
Gráfico 25: Evolução do número de trabalhadores agrícolas e sua participação no total da força de trabalho no Reino Unido entre 1871 e 2011. ....	229
Gráfico 26: Vendas totais de máquinas agrícolas no Brasil – em unidades. ....	230
Gráfico 27: Índice de mecanização das lavouras de cana de açúcar no Estado de São Paulo.....	231
Gráfico 28: Evolução da participação das transações por grupos de canais no Brasil .....	234
Gráfico 29: Comparação entre grupos de empresa em termos da quantidade hipoteticamente necessária para gerar receita de US\$ 1 bilhão. ....	256
Gráfico 30: Evolução do número de empregos gerados nos EUA por <i>reshoring</i> e investimento direto estrangeiro entre 2007 e 2016.....	258
Gráfico 31: Quantidade aproximada de pesquisadores em alguns países 2000-2015.....	262
Gráfico 32: Evolução da taxa de emprego por setor. Dados relativos as dez maiores economias desenvolvidas e trinta economias em desenvolvimento. Período: 1970 – 2012.....	264

## FIGURAS

Figura 1: Modelo de organização para seleção de fontes para revisão bibliográfica .....	16
Figura 2: Emissão de CO <sub>2</sub> .....	30
Figura 3: A pirâmide da riqueza global. ....	36
Figura 4: Aumento de concentração de riqueza. ....	38
Figura 5: Desvios de uma tendência de crescimento logístico para o consumo anual de energia nos EUA.....	61
Figura 6: Variação do consumo mundial de energia per capita. Dados anuais para a energia total per capita consumida em todo o mundo (linha preta). A ampla faixa cinza é uma onda senoidal com período de 56 anos.....	62
Figura 7: Ciclos de Kondratieff, segundo Schumpeter.....	64
Figura 8: Inovações básicas e elementos estáveis.....	66
Figura 9: Representação das cinco ondas de inovação – Kondratievs .....	71
Figura 10: Crises, tecnologias e ondas de inovação: projeção para a sexta onda.....	77
Figura 11: Evolução das revoluções tecnológicas .....	89
Figura 12: Representação dos elementos que compõem a Internet das Coisas. ....	100
Figura 13: Características principais dos sistemas de inteligência artificial.....	105
Figura 14: As quatro características da Indústria 4.0.....	121
Figura 15: O ambiente tecnológico da Indústria 4.0 .....	125
Figura 16: Valor agregado industrial global: crescimento de economias emergentes como protagonistas industriais .....	138
Figura 17: Lacuna de investimento no processo inovação - produção nos EUA. ....	145
Figura 18: Modelo colaborativo dos Institutos de Inovação e Fabricação dos EUA .....	146
Figura 19: Mudança no sistema sociotécnico como resultado da digitalização ...	154
Figura 20: Campos de tensão para o trabalhador diante do avanço da digitalização do ambiente de trabalho.....	157

Figura 21: Probabilidade de automação para doze diferentes ocupações nas maiores economias. Em milhares de trabalhadores.....	166
Figura 22: Disrupturas no mercado de trabalho.....	170
Figura 23: Número de empregos altamente qualificados nas principais cidades do mundo, 2013 * .....	172
Figura 24: Comparação entre países: proporção de pessoas com mais de 60 anos de idade (%). .....	176
Figura 25: Investimentos para implantação da Indústria 4.0.....	197
Figura 26: A 6ª onda de inovação e a evolução da força de trabalho.....	198
Figura 27: Modelo de relacionamento entre inovações disruptivas e mecanismos de impacto no trabalho. ....	220
Figura 28: Modelo representativo do processo de convergência de empresas...	248
Figura 29: Comparação entre as dez maiores empresas dos EUA em 1967 e 2017 .....	250

## QUADROS

Quadro 1: Longos ciclos de Kondratieff.....	59
Quadro 2: Períodos de referência e respectivas revoluções tecnológicas .....	76
Quadro 3: Tecnologias e expectativa de atingimento do ponto de inflexão.....	98
Quadro 4: Inovações tecnológicas com possíveis efeitos negativos no emprego .98	
Quadro 5: Relação de tecnologias habilitadoras prioritárias para a manufatura avançada nos E.U.A.....	128
Quadro 6: Institutos de Inovação em Manufatura nos EUA.....	148
Quadro 7: Experiência na linha de montagem da Toyota.....	160
Quadro 8: Tipologia de organizações que fazem uso intensivo da tecnologia digital em seus processos de trabalho.....	162
Quadro 9: Características diferenciadoras da nova revolução tecnológica .....	195
Quadro 10: Principais barreiras para mobilização no Brasil .....	203
Quadro 11: Setores e atividades prioritárias para geração de empregos e oportunidades.....	212
Quadro 12: Comparação entre a dimensão econômica de China, Brasil, Índia e Rússia e o grau de robotização de suas indústrias. ....	226
Quadro 13: Comparação entre receitas, lucros e quantidade de funcionários em 2017.....	255

## SUMÁRIO

TABELAS .....	1
GRÁFICOS .....	2
FIGURAS .....	4
QUADROS .....	6
SUMÁRIO .....	7
INTRODUÇÃO .....	11
Contextualização e problema de pesquisa .....	12
Justificativas .....	14
Objetivos.....	14
Objetivos específicos.....	14
Hipóteses.....	15
Metodologia .....	15
Organização dos capítulos .....	18
CAPÍTULO 1 Capitalismo, Sociedade e Trabalho.....	25
1.1 REFLEXÕES INICIAIS SOBRE O SISTEMA CAPITALISTA.....	25
1.1.1 Capitalismo e autofagismo .....	25
1.1.2 Consumo, irracionalidade e espetáculo.....	27
1.1.3 Desigualdade, outro signo do capitalismo .....	33
1.1.4 A desigualdade entre indivíduos.....	36
1.2 RESPONSABILIDADE SOCIAL E AMBIENTAL: o sorriso do camaleão.....	39
1.3 A ECONOMIA E A SOCIEDADE EM TRANSFORMAÇÃO .....	40
1.4 DESEMPREGO ESTRUTURAL .....	48
1.5 O MAL-ESTAR E O TRABALHADOR.....	50
1.5.1 A Civilização e suas fontes de mal-estar .....	50
1.5.2 Os caminhos para o exercício do princípio do prazer segundo Freud... 51	
1.5.3 - O trabalho enquanto deslocamento da libido .....	52
1.5.4 Trabalho, exclusão e mal-estar.....	53
1.5.5 Reflexões sobre o mal-estar .....	54
CAPÍTULO 2 CICLOS ECONÔMICOS: CRESCIMENTO, CRISES E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA.....	58

.....	58
2.1 ONDAS LONGAS E A TEORIA DOS CICLOS ECONÔMICOS .....	58
2.2 OS CICLOS KONDRATIEFF SEGUNDO SCHUMPETER .....	63
2.3 O PROCESSO DA DESTRUIÇÃO CRIATIVA.....	65
2.4 AS ONDAS LONGAS E AS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS.....	67
2.4.1 A primeira onda .....	67
2.4.2 A segunda onda.....	68
2.4.3 A terceira onda .....	68
2.4.4 A quarta onda .....	69
2.4.5 A quinta onda .....	70
2.5 A SEXTA ONDA .....	73
2.5.1 Tecnologias verdes.....	78
2.5.2 Envelhecimento da população e gastos com serviços de saúde.....	79
CAPÍTULO 3  NOVAS TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES DISRUPTIVAS.....	83
3.1 UMA NOVA ERA DE MUDANÇAS .....	83
3.2 ENSAIO SOBRE A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	85
3.3 INOVAÇÕES COM POTENCIAL DISRUPTIVO .....	95
3.4 INTERNET DAS COISAS .....	99
3.4.1 Internet dos Serviços – IoS.....	101
3.5 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	103
3.5.1 A diferença entre sistemas de inteligência artificial e sistemas convencionais.....	103
3.5.2 Aprendizagem de máquina.....	104
3.5.3 Características dos sistemas de inteligência artificial.....	104
3.5.4 Potencialidades da Inteligência Artificial.....	106
3.5.5 Watson .....	107
3.5.6 Ética para a Inteligência Artificial.....	108
3.5.7 Arte e tecnologia.....	109
3.5.8 Tendências .....	110
3.6 O FIM DA ERA DO CONHECIMENTO E O INÍCIO DA ERA DOS DADOS..	111
CAPÍTULO 4  INDÚSTRIA 4.0 .....	114

4.1	DEFINIÇÃO E CONCEITOS.....	114
4.2	PRINCÍPIOS E CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA 4.0 .....	117
4.2.1	Princípios da Indústria 4.0 .....	117
4.2.2	Características da Indústria 4.0 .....	120
4.3	POTENCIALIDADES DA INDÚSTRIA 4.0 .....	121
4.3.1	A Indústria 4.0 traz potencialidades.....	122
4.3.2	O ambiente tecnológico da Indústria 4.0 .....	124
4.3.3	Tecnologias Habilitadoras .....	126
4.3.4	Desenvolvimento da Indústria 4.0 na Alemanha. ....	136
4.3.5	Desenvolvimento da Indústria 4.0 nos EUA .....	141
	CAPÍTULO 5 TRANSFORMAÇÕES NO MUNDO DO TRABALHO.....	152
5.1	CONTEXTOS E PERSPECTIVAS.....	152
5.1.1	Campos de tensão.....	156
5.1.2	Transformações nas organizações.....	163
5.1.3	Transformações nos mercados de trabalho e nas sociedades.....	164
5.2	O FUTURO BRILHANTE .....	173
5.2.1	Novos empregos surgirão.....	177
5.2.2	Robôs podem trabalhar de forma colaborativa.....	178
5.2.3	A Inteligência Artificial trará grandes oportunidades e criará mais empregos do que eliminará. ....	179
5.3	O TRABALHO SEM FUTURO .....	181
5.3.1	O desemprego estrutural atinge finalmente o setor de serviços.....	184
5.3.2	A demanda por trabalhadores qualificados. ....	192
5.3.3	O futuro pode não repetir o passado. ....	193
5.4	ENSAIO SOBRE A SEXTA ONDA DE INOVAÇÃO E O TRABALHO .....	196
5.5	OS IMPACTOS DA AUTOMAÇÃO NO BRASIL E O PANORAMA ATUAL... ..	199
5.5.1	Perda de competitividade .....	201
5.5.2	Iniciativas críticas para uma estratégia 4.0 no Brasil.....	204
	CAPÍTULO 6 MECANISMOS DE IMPACTO NO TRABALHO .....	218
6.1	AUTOMAÇÃO E ROBOTIZAÇÃO .....	220

6.1.1 A densidade de robôs aumenta globalmente e ameaça os empregos nas fábricas.....	223
6.1.2 A automação cresce no campo.....	228
6.2 DIGITALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS .....	232
6.2.1 Automatização e digitalização dos processos de negócio.....	233
6.2.2 Superutilização e compartilhamento.....	236
6.3 COMPACTAÇÃO DAS CADEIAS PRODUTIVAS.....	239
6.3.1 A ruptura através da fabricação aditiva.....	240
6.3.2 A compactação através das fábricas inteligentes.....	241
6.3.3 Fabricação distribuída .....	242
6.3.4 Plataformas .....	243
6.4 CONVERGÊNCIA DE EMPRESAS .....	244
6.4.1 Convergência de empresas em vários setores.....	246
6.4.2 Empresas de tecnologia concentram enorme poder financeiro e continuam se expandindo.....	249
6.4.3 Empresas de tecnologia avançam em setores convencionais.....	251
6.4.4 Empresas de tecnologia geram poucos empregos.....	254
6.5 REPATRIAÇÃO DE FÁBRICAS .....	256
6.5.1 <i>Speedfactory</i> da Adidas.....	260
6.6 CRISES NOS PAÍSES POBRES E EMERGENTES .....	261
6.6.1 Crises nos países emergentes.....	261
6.6.2 Crises nos países pobres.....	263
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	268
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	284

## INTRODUÇÃO

---

A temática desta pesquisa trata das transformações que estão sendo geradas na sociedade com o surgimento e a aplicação de novas tecnologias e seus efeitos sobre o trabalho. Ênfase especial é dada aos impactos destas transformações sobre o trabalhador que vive na sociedade capitalista. A questão específica principal da pesquisa é a identificação e o entendimento sobre os mecanismos pelos quais as inovações tecnológicas impactarão o trabalho.

O desenvolvimento desta pesquisa foi embasado por investigações, diálogos, estudos, análises e reflexões teóricas que envolveram de forma multidisciplinar várias áreas do conhecimento, em maior ou menor grau. A bibliografia utilizada abrangeu áreas como: sociologia, ciências da computação, tecnologia, política, filosofia, religião, direito, ética, economia, administração, psicologia, história da ciência e engenharia.

Seu percurso foi iniciado em 2003 no Programa de Estudos Pós-Graduados em Ciências Sociais e se completou em 2018 no Programa de Estudos Pós-Graduados em Tecnologias da Inteligência e Design Digital da PUC-SP.

No desenvolvimento desta pesquisa, além do conhecimento teórico adquirido, foi agregado o conhecimento prático obtido em mais de trinta anos de vivência e acompanhamento de empresas industriais, de serviços e órgãos da administração pública, onde vários dos fenômenos aqui discutidos puderam ser presenciados, assim como os seus dilemas, conflitos e desafios.

As contribuições dadas por outros pesquisadores e professores também tiveram papel absolutamente importante para o desenvolvimento desta pesquisa.

## Contextualização e problema de pesquisa

Historicamente, *clusters* de inovações tecnológicas surgem a determinados períodos da história da humanidade e geram movimentos transformadores, estimulando ciclos de prosperidade econômica e as consequentes mudanças nas sociedades. Schumpeter (1997) destaca o papel das inovações sobre as economias e descreve a tipologia típica das chamadas ondas longas, a partir da primeira revolução industrial. Os impactos das novas tecnologias reverberam por vários setores da vida humana, interferindo em aspectos como cultura, educação, alimentação, saúde, longevidade, mobilidade, conforto, segurança, economia, trabalho, entre outros.

A relação entre as novas tecnologias e o trabalho humano é o objeto principal desta pesquisa. Aqui se entende o trabalho humano como a dedicação das pessoas, nos seus mais diversos modos, desde o trabalho mais braçal ao mais intelectual, com a finalidade principal de obter renda ou prover sustento, seja através de uma relação de emprego formal, trabalho informal, trabalho autônomo, por conta própria ou para terceiros, no setor público, privado ou terceiro setor, mas também com a finalidade de exercer suas habilidades ou aptidões, desenvolver seu potencial humano e social, contribuir para suas causas e desígnios, desde que por meios lícitos e com finalidades legais e legítimas. Pelas próprias mãos humanas, esta relação entre tecnologia e trabalho é, às vezes, harmoniosa, complementar, libertadora, geradora de esperança; mas também pode ser destrutiva, opressora, exploratória. Muitos debates são travados em torno dos impactos da tecnologia sobre os empregos ou sobre o trabalho, daqui em diante citados como conceitos similares dentro dos propósitos desta pesquisa. Lazzareschi (2009, p. 7) define trabalhar:

Trabalhar significa criar utilidades para a satisfação das necessidades humanas, isto é, produzir bens – coisas materiais – ou prestar serviços, realizar uma atividade cujo resultado permita a satisfação de uma necessidade humana, sem que esse resultado assuma a forma de um bem material, como o serviço prestado por uma orquestra sinfônica, pelo professor, advogado, médico.

Existe certo consenso de que novas tecnologias, quando surgem e são combinadas, transformadas em novos produtos, serviços ou processos, ou empacotadas para determinadas aplicações e finalidades, constituindo-se numa inovação tecnológica, têm o poder de destruir determinadas ocupações laborais. A humanidade presenciou inúmeras situações em que profissões desapareceram completamente por conta do surgimento de novas tecnologias. Outras, onde o trabalho humano foi substituído pelo trabalho mecanizado, automatizado, robotizado, digitalizado. Também é certo que a mesma mão que destrói faz nascer novas funções, atenua o trabalho forçado e desgastante, fomenta outros negócios e novas oportunidades, abre novas portas em substituição àquelas fechadas, frequentemente criando prosperidade após os primeiros tempos de transição entre o velho e o novo, entre o obsoleto e o moderno. Assim tem sido, pelo menos desde o começo do século XIX até o final do século XX.

O início do século XXI, anuncia uma nova onda de inovações tecnológicas, baseada em tecnologias digitais e da inteligência que se combinarão com as tecnologias da informação e comunicação, florescidas na segunda metade do século XX. Uma mudança essencial neste cenário, que pode alterar a lógica vigente de interação entre tecnologia, sociedade e trabalho humano é o aumento da velocidade de propagação e maturação das inovações tecnológicas. Cabe destacar, ainda, a maior possibilidade de interações e de convergência entre elas, o que amplifica seus impactos. O ritmo destas transformações é absolutamente descolado da capacidade atual para se empreender os ajustes e adaptações das estruturas organizacionais, institucionais, econômicas, educacionais e sociais necessárias. Neste contexto, são elaborados os problemas desta pesquisa:

- Quais são as inovações tecnológicas que poderiam ser chamadas de disruptivas e capazes de afetar significativamente o trabalho humano?
- Quais são as principais transformações que afetarão a sociedade e os indivíduos?
- Quais são os mecanismos pelos quais as novas tecnologias impactarão o trabalho humano?

## **Justificativas**

Avaliar os potenciais impactos da nova onda de inovações tecnológicas sobre a economia, a sociedade e os indivíduos, pode contribuir para o debate sobre as tendências e cenários que o futuro próximo já coloca. Identificar as tecnologias e as inovações capazes de afetar de forma mais impactante o trabalho humano, como a Indústria 4.0, a Inteligência Artificial e a Internet das Coisas, assim como os mecanismos pelos quais este fenômeno pode se manifestar, é importante contribuição para uma sociedade que precisa buscar novos caminhos e possibilidades de sustentação frente aos desafios que se encaminham.

## **Objetivos**

O objetivo desta pesquisa é identificar as tecnologias e as inovações que compõem a nova revolução tecnológica, assim como os mecanismos pelos quais o trabalho humano será impactado.

## **Objetivos específicos**

- a. Analisar, a partir da revisão de bibliografia específica, os efeitos potenciais do desemprego sobre o trabalhador, considerando-se a dimensão econômica, social e psicológica.
- b. Buscar o entendimento sobre o processo histórico de transformação econômica gerado pelo surgimento das novas tecnologias a partir da revisão bibliográfica de obras relacionadas à economia, sociologia, história da ciência e tecnologia.
- c. Analisar e identificar as tecnologias e as inovações tecnológicas que estão se consolidando, suas características e potenciais impactos sobre a sociedade.
- d. Identificar as principais transformações que as inovações tecnológicas trarão ao mundo do trabalho.
- e. Identificar os prováveis mecanismos pelos quais as inovações tecnológicas impactarão o trabalho humano.

## **Hipóteses**

A primeira hipótese levantada é que a nova onda tecnológica impactará o trabalho humano de maneira mais intensa do que ocorreu nas ondas anteriores.

A segunda hipótese é que a sociedade atual, especialmente a brasileira, não está preparada para uma eventual redução drástica da oferta de trabalho num cenário de desemprego estrutural.

## **Metodologia**

A metodologia básica deste trabalho envolveu exaustiva revisão bibliográfica, análise de relatórios técnicos, pesquisa em bases de dados, análise de indicadores estatísticos e revisão de fatos históricos, a partir de uma abordagem multidisciplinar. Em termos gerais, a metodologia adotada no desenvolvimento desta pesquisa tem as seguintes características:

- Quanto à abordagem, a pesquisa é do tipo qualitativa, visto que se concentrou no aprofundamento da compreensão do tema pesquisado e na explicação de aspectos da realidade que, no geral, não podem ser quantificados, visto que os dados analisados não são mensuráveis e se valem de diferentes abordagens (MINAYO, 2001).
- Quanto à natureza, a pesquisa é do tipo básica, já que sua utilidade é para o avanço geral da ciência, sem o compromisso direto da aplicação prática. Envolve verdades e interesses universais.
- Quanto aos objetivos, a pesquisa é do tipo exploratória, visto que pretende aumentar o entendimento sobre o tema e construir hipóteses, segundo Gil (2007).
- Quanto aos procedimentos, a pesquisa é do tipo bibliográfica, já que envolveu amplo levantamento de referências teóricas, como livros, artigos científicos, portais eletrônicos, entre outros, com a finalidade de recolher informações e conhecimentos prévios sobre os problemas a respeito dos quais se pretendia procurar as respostas (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

A seleção de fontes para revisão bibliográfica seguiu a organização descrita no modelo representado pela figura 1.

Figura 1: Modelo de organização para seleção de fontes para revisão bibliográfica



Fonte: O autor.

O modelo utilizado para seleção de fontes para revisão bibliográfica do tipo *estado da arte*, teve três componentes. O primeiro foram as consultas a professores e pesquisadores, identificados e selecionados a partir de sua reputação, produção acadêmica e envolvimento em pesquisas e projetos relacionados ao tema. Foram consultados cinco professores que atuam em cursos de pós-graduação *stricto*

*sensu* nas seguintes áreas do conhecimento: economia industrial, economia e gestão, ciências sociais e tecnologia. Estes pesquisadores, por sua vez, indicaram autores relevantes para o tema e seus respectivos livros, artigos ou pesquisas. Ainda na primeira fase, buscou-se a participação em eventos científicos e grupos de pesquisa que tratavam de temas como: novas tecnologias, tendências para o futuro, trabalho e emprego, inovação e produtividade. A participação nestes eventos e grupos permitiu também a identificação de autores, obras e pesquisas de interesse.

Entre os artigos coletados na primeira fase destacam-se: *Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy* (BRYNJOLFSSON, MCAFEE, 2011) e *The New Division of Labor: How Computers are Changing the Next Job Market* (LÉVY, MURNANE, 2004).

A segunda fonte foi a seleção das referências bibliográficas que compunham as obras e artigos indicados na primeira fase. Procurou-se priorizar obras e artigos publicados nos últimos cinco anos, sem, entretanto, desconsiderar as obras publicadas anteriormente que mantinham sua relevância e interesse atualizados.

A terceira fonte para seleção de referências envolveu pesquisas em portais e periódicos, como o Portal de Periódicos da Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior ligada ao Ministério da Educação e Cultura do Brasil, entre outros internacionais, onde se priorizou a seleção de artigos científicos avaliados por pares. Adicionalmente, com o intuito de se obter as pesquisas mais recentes e construções de cenários e análises de tendências em seu *estado da arte*, foram consultados *sites* e bases de dados e de pesquisas de empresas de tecnologia, consultorias, institutos de pesquisa, centros de inovação e tecnologia, governos, jornais especializados, agências governamentais e organizações do terceiro setor. Estas fontes foram selecionadas a partir do seu protagonismo e relevância para os temas de interesse desta pesquisa.

Destas, as principais fontes adotadas incluem-se: Banco Mundial, Fundo Monetário Internacional, Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE das Nações Unidas, *Credit Suisse*, *Oxfam International*, *Bureau*

*of Labor Statistics - U.S. Department of Labor, Harvard Business Review, Fortune 500, Global Agenda Council, The Royal Society Publishing, The Journal of Finance, Technische Universität Dortmund, National Academy of Science and Engineering, CNI-Conferência Nacional da Indústria, FIESP, World Trade Organization, IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, OIT-Organização Internacional do Trabalho, PNUD-Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, CEPAL, UK Commission for Employment and Skills, The United Nations Environment Programme, KPMG, Accenture, Deloitte e McKinsey Global Institute.*

### **Organização dos capítulos**

Esta pesquisa está estruturada em seis capítulos. O primeiro capítulo discute o contexto do sistema capitalista, dentro do qual todas as relações se dão, entre sociedade, organizações e indivíduos. As explicações para vários fenômenos econômicos, situações históricas e comportamentos de organizações e pessoas que serão descritos ao longo da pesquisa podem ser encontradas neste capítulo. O capítulo dois procura trazer o entendimento fundamental sobre o papel das inovações tecnológicas como agentes de transformação cíclica da economia. Neste capítulo é possível compreender a questão das grandes crises estruturais do sistema capitalista e identificar os sinais de que um novo ciclo econômico está se iniciando. Os capítulos três, quatro e cinco tratam das grandes inovações tecnológicas e das transformações que elas estão trazendo para o mundo do trabalho neste início do século XXI. O capítulo seis é dedicado exclusivamente ao entendimento das relações entre as novas tecnologias e seu agrupamento em grandes inovações tecnológicas que impactarão o trabalho e, principalmente, a descrição dos mecanismos pelos quais este impacto sobre o trabalho humano se dará. De uma maneira mais detalhada:

## Capítulo 1 – Capitalismo, Sociedade e Trabalho

Dois objetivos principais estão em pauta: propor uma reflexão introdutória sobre o sistema capitalista, realizando um resgate histórico a partir de visão de autores importantes como Max Weber e Karl Marx, destacando suas características fundamentais, sua configuração atual e suas contradições. São abordadas duas das principais manifestações críticas do sistema: a desigualdade social e a degradação ambiental. Tanto uma como outra são consubstanciadas por dados estatísticos e fatos históricos.

O segundo objetivo é destacar o indivíduo, o trabalhador, ao mesmo tempo artífice e vítima do sistema. Neste ponto, há um esforço conceitual e relativamente extenso para dar conta da questão teórica do mal-estar na civilização, proposta por Sigmund Freud, e sua relação com o trabalhador e seu sofrimento frente às mudanças da sociedade que ocorrem sob a égide do sistema capitalista. O aprofundamento nestas questões da psicologia social justifica-se por um princípio e por uma opção dele derivada: não se deve tratar qualquer tragédia social sem considerar a tragédia dos indivíduos. Fora deste princípio, toda análise fica marcada pela impessoalidade, pelo distanciamento excessivo, pela quantificação fria. Como numa guerra, em que as mortes de soldados são simplesmente quantificadas como “baixas”, e exércitos despedaçados são reagrupados em divisões representadas por pequenos blocos que podem ser movimentados em algum tabuleiro ou mesa que represente o teatro de operações, os campos de batalha.

## Capítulo 2 – Ciclos Econômicos: Crescimento, Crises e Inovação Tecnológica

O capítulo 2 trata da relação entre os ciclos econômicos e as ondas de inovação tecnológica a partir das teorias do russo Nicolai Kondratieff, do austríaco Joseph Schumpeter e outros economistas. São resgatadas as ondas de inovação desde os primórdios da primeira revolução industrial até a sexta Kondratieff, a onda que trará um conjunto de tecnologias e inovações que vai gerar um novo ciclo econômico, com suas fases características. As tecnologias associadas a cada onda

de inovação são referenciadas, incluindo, com mais detalhes, as novas tecnologias ou inovações disruptivas que vão compor a sexta onda. O conceito de destruição criativa é revisitado, assim como a discussão sobre o fenômeno de aceleração das ondas. Este capítulo fornece o entendimento necessário para se localizar historicamente as grandes crises econômicas e a dinâmica dos ciclos econômicos, suas fases de geração e de destruição de empregos. Os conceitos apresentados neste capítulo fazem uma conexão entre a lógica do sistema capitalista e o momento de transformação que estamos vivendo neste início de século, com consequências importantes para as próximas décadas.

### Capítulo 3 – Novas Tecnologias e Inovações Disruptivas

Este capítulo trata das novas tecnologias e seu arranjo na forma de inovações tecnológicas. Destaca as chamadas inovações disruptivas, aquelas com potencial para destruir empregos e causar fortes transformações na sociedade humana. Discute-se, através de um ensaio, o advento da chamada “Quarta Revolução Industrial”. Duas inovações tecnológicas críticas são tratadas neste capítulo: a Internet das Coisas e a Inteligência Artificial. São dois arautos da nova transformação tecnológica da sociedade humana, cujo entendimento é fundamental para os objetivos desta pesquisa. São tratadas também algumas tendências para o futuro próximo, incluindo a chamada Internet dos Serviços, uma derivação da Internet das Coisas, que modificará profundamente o modelo de negócio dos serviços e a forma como utilizamos a internet como meio de consulta, escolha e contratação de serviços. Utilizou-se como obra referencial para este capítulo o livro *A Quarta Revolução Industrial* de Klaus Schwab, publicado em 2015, que, por sua vez e em grande parte, foi desenvolvido a partir do relatório *Deep Shift - Technology Tipping Points and Societal Impact*, que sintetiza a pesquisa realizada pelo Conselho da Agenda Global do Fórum Econômico Mundial junto a oitocentos líderes empresariais.

## Capítulo 4 – Indústria 4.0

Este capítulo apresenta a Indústria 4.0, que é a nova configuração que o setor industrial começa a adotar em vários países. São apresentados os princípios desta configuração, suas características fundamentais, suas potencialidades em termos de resultados e benefícios. Também é discutido o ambiente tecnológico que compõe a Indústria 4.0, assim como as tecnologias que lhe são habilitadoras. De forma bastante detalhada é apresentado o conceito de fábrica inteligente, ou *smartfactory* que é o núcleo fundamental a partir do qual a Indústria 4.0 se estrutura. Exemplos e referências são fartas para que seja possível entender e visualizar concretamente esta nova configuração da manufatura. O capítulo detalha o cenário de adoção da Indústria 4.0 na Alemanha e Estados Unidos. A escolha pelo maior detalhamento deste tema a partir da experiência destes dois países se dá, no caso da Alemanha, pelo protagonismo que está sendo exercido pelo país no desenvolvimento da Indústria 4.0 e pela sofisticada organização estratégica que foi adotada. No caso dos Estados Unidos, trata-se da economia mais importante do mundo, mas também responsável pela nucleação das tecnologias que provocaram a onda anterior de inovação e que em parte sustentam a formação da nova onda tecnológica. Também é fato relevante o país congregar as maiores empresas de tecnologia da atualidade, que certamente serão importantes protagonistas no cenário que se avizinha.

## Capítulo 5 – Transformações no Mundo do Trabalho

Neste capítulo são discutidas as inevitáveis transformações que atingirão o mundo do trabalho, tanto na perspectiva das sociedades quanto das organizações, governos, universidades e indivíduos. As novas tecnologias, que incluem sistemas inteligentes e robôs de nova geração, estão sendo inseridas nos locais de trabalhos junto aos trabalhadores humanos. O capítulo discute as tensões que são geradas por este convívio humano-máquina e as principais mudanças nas organizações que adotarem de forma mais intensa a tecnologia em seus processos produtivos e de negócio. São apresentados dois cenários: o futuro brilhante, que destaca os

benefícios que podem ser trazidos pelas novas tecnologias e o futuro sem trabalho, que se concentra na discussão dos desafios e dos riscos que a transformação tecnológica está trazendo. Também serão discutidos os impactos sobre o trabalhador do conhecimento e as importantes mudanças nas competências necessárias para os profissionais do século XXI, incluindo um debate sobre a necessidade de reconfiguração dos sistemas de educação, especialmente as universidades. Ainda neste capítulo 5, é feita uma avaliação da situação do Brasil frente ao cenário de forte digitalização que se inicia e um esforço para sugerir as iniciativas necessárias que o país poderia adotar para melhor se preparar para o futuro.

## Capítulo 6 – Mecanismos de Impacto no Trabalho

O último capítulo busca responder ao principal problema deste trabalho: quais são os mecanismos através dos quais o trabalho será impactado pelas novas tecnologias? Toda a pesquisa desenvolvida contribuiu para identificar os seis mecanismos principais de impacto sobre o trabalho. Para que fosse possível o entendimento das relações entre estes mecanismos e as novas tecnologias, foi desenvolvido e apresentado neste capítulo um modelo conceitual. Este modelo apresenta as relações entre as tecnologias envolvidas, as inovações disruptivas que conduzirão os impactos sobre o trabalho e os mecanismos envolvidos pelos quais estes impactos acontecerão. Cada um dos mecanismos foi descrito e teve sua lógica explicada. Houve um esforço de exemplificar e referenciar situações que pudessem ilustrar o funcionamento destes mecanismos.

**As Novas Tecnologias e os Mecanismos de Impacto no Trabalho**

**CAPÍTULO 1**

**Capitalismo, Sociedade e Trabalho**

## CAPÍTULO 1 CAPITALISMO, SOCIEDADE E TRABALHO

*Coisa que passas, como é teu nome?  
De que inconstâncias foste gerada?  
Abri meus braços para alcançar-te:  
Fechei meus braços – não tinha nada!*

*De ti só resta o que se consome.  
Vais para a morte? Vais para a vida?  
Tua presença nalguma parte  
É já sinal da tua partida.*

*Cecília Meireles<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> Meireles, C. (1972).

## CAPÍTULO 1 CAPITALISMO, SOCIEDADE E TRABALHO

---

### 1.1 REFLEXÕES INICIAIS SOBRE O SISTEMA CAPITALISTA

#### 1.1.1 Capitalismo e autofagismo

É certo que o sistema capitalista trouxe benefícios para a humanidade. Sua dinâmica impulsionou de forma inquestionável e arrebatadora o desenvolvimento tecnológico e o progresso. Como nunca antes visto na história do homem, o conhecimento, a cultura e o acesso às condições de saúde e de vida foram disseminados entre centenas de povos. Todavia, a expansão contínua torna maior a sua complexidade e mais envolvida por ele fica a sociedade humana. Em Weber (2003): *“O homem é dominado por fazer dinheiro, pela aquisição encarada como finalidade última da sua vida. A aquisição econômica não mais está subordinada ao homem como meio de satisfazer suas necessidades materiais”*.

O capitalismo recebeu da religião o estímulo vital para sua gênese e estabilização. Quando esta dependência não mais era necessária, afastou-se e até criou a ela certa oposição. O capitalismo domina diversos aspectos da sociedade humana e sob a sua ética são estabelecidas as mais diversas relações sociais. Um dos pilares que constituem e sustentam este sistema é a competição. O mecanismo da competição exerce funções regulatórias de caráter fundamental para o sistema. Ora, trata-se do estímulo à luta por recursos escassos, já que uma tese baseada em princípios de expansão ilimitada é certamente descabida. O capitalismo, para manter-se, precisa expandir. A expansão do sistema ocorre pela expansão das empresas nele inseridas. Tipicamente, ela se dá, num primeiro momento, pela conquista de novos mercados pelas organizações produtivas e mercantis. O limite

desta extensão poderia ser simbolizado pelo perímetro do planeta, de forma metafórica. Esgotada esta possibilidade territorial de expansão, tem-se a inevitável luta entre as organizações pelo mesmo mercado, consumidores, pelo mesmo espaço. O crescimento de umas inevitavelmente leva a deterioração, incorporação ou destruição de outras. O acirramento previsível da concorrência estimula a busca por aumentos crescentes de produtividade, que são obtidos, não exclusivamente, mas frequentemente, pela redução dos postos de trabalho ou precarização dos mesmos. Os custos da mão-de-obra costumam ser relevantes na estrutura geral de custos de uma empresa capitalista. A redução do número de empregos gera exclusão social e, em última instância, pode contribuir para redução dos próprios mercados consumidores, sobrecarregando as redes públicas de proteção social. A redução do número de competidores com potência relevante e a convergência das empresas na formação de poucos e grandes grupos econômicos pode comprometer, de acordo com a intensidade que ocorre em cada setor econômico, a questão da concorrência. Esta, como se sabe, tem papel fundamental para a regulação dos preços e para o funcionamento mais harmônico do sistema. Os efeitos destes fenômenos são perversos para a economia das nações: governos são cobrados por maior participação na solução das questões sociais e assim estimulados a manter complexas estruturas públicas e elevadas cargas tributárias para atender a demanda. O peso da carga tributária, por sua vez, recai sobre os custos das famílias e das empresas e pressiona a alta de preços e a própria inflação, afetando o crescimento econômico. Por sua vez, as organizações produtivas continuam buscando e financiando o desenvolvimento de novas tecnologias, o que acaba por gerar cada vez mais processos enxutos e produtos substitutivos, perseguindo ganhos cada vez maiores de produtividade, num motocontínuo, numa busca incessante por vantagem competitiva. O capitalismo parece se consumir, um sistema autofágico.

### 1.1.2 Consumo, irracionalidade e espetáculo

Segundo Max Weber (2003), o espírito do capitalismo teve de lutar por sua supremacia contra todo um mundo de forças hostis. O oponente mais importante contra o qual o espírito do capitalismo teve de lutar foi o tradicionalismo: “...o homem não deseja, por natureza, ganhar cada vez mais dinheiro, mas simplesmente viver como estava acostumado e ganhar o necessário para este fim”.

Décadas de distorções culturais e estímulos poderosos ao consumo parecem ter surtido seus efeitos (SANTOS, 2011). A sociedade do consumo representa o tipo de sociedade que promove, encoraja ou reforça a escolha de um estilo de vida e uma estratégia existencial consumista e reconhece o indivíduo como parte integrante deste meio social desde que ele também tenha condições de consumir (BAUMAN, 2008). O consumismo desenfreado alimenta a máquina. A utilização irracional dos recursos naturais pelas organizações capitalistas, com todos os efeitos deletérios que traz ao meio ambiente, somente há poucos anos tem enfrentado maior oposição, estimulada por sinais cada vez mais consistentes de degradação do clima no planeta (WORLDBANK, 2011). Mesmo assim, em nome da manutenção de um suposto bem-estar econômico e social, corporações e governos de grandes potências ainda resistem e se opõe aos fatos (NEW YORK TIMES, 2017). A “verdade geral”, organizadora da passividade moderna, é construída pela tirania das imagens manipuladas por uma mídia que não pode ser tratada como isenta e que alimenta o espetáculo da alienação (DEBORD, 2017).

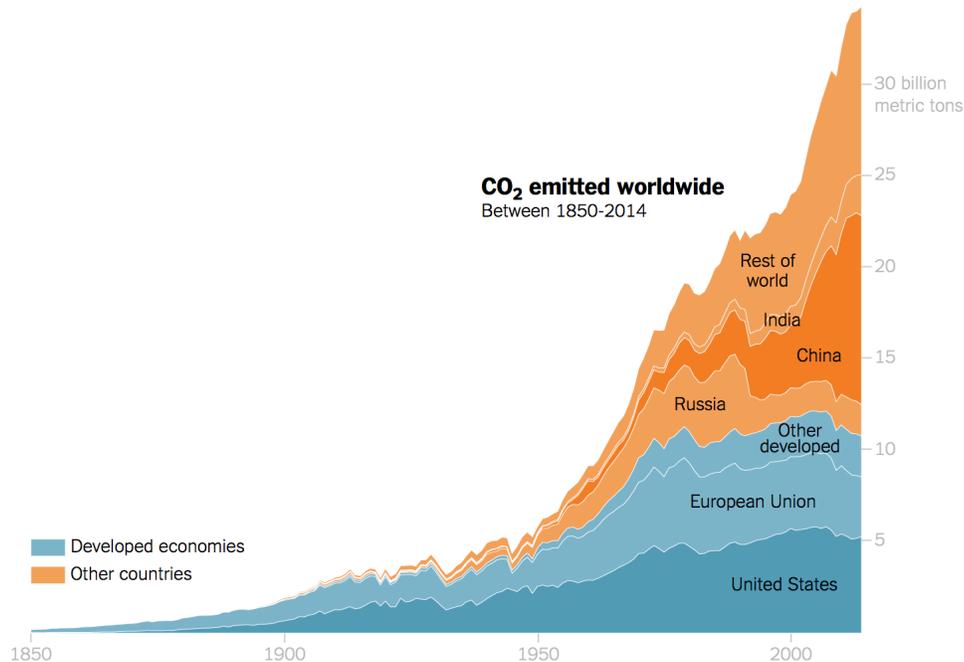
As taxas de emissão de CO<sub>2</sub> do ano de 2014, foram pelo menos dez vezes maiores do que as ocorridas durante o chamado PETM, sigla em inglês para Máximo Termal do Paleoceno-Eoceno, período há cerca de 56 milhões de anos onde se acredita ter ocorrido a maior velocidade de emissão de carbono na história do planeta, em que um pico natural de aquecimento global fez as temperaturas médias subirem 5°C. Foram cerca de 10 bilhões de toneladas de carbono (36 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>) emitidas apenas pela queima de combustíveis fósseis em 2014 contra algo entre 0,6 bilhão e 1 bilhão de toneladas de carbono (o equivalente a 2,1 bilhões a 3,6 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>) emitidas no PETM.

Esta velocidade das emissões poderá significar amplas extinções de espécies, em especial nos oceanos, que poderão ultrapassar as extinções observadas no PETM (ZEEBE; RIDGWELL; ZACHOS, 2016). Em 2015, 195 países firmaram o Acordo de Paris, fruto da Conferência Mundial do Clima (COP21) sobre a redução de emissões de gases de efeito estufa. O Papa Francisco publicou a Carta Encíclica *Laudato Si'* lançando um apelo pelo cuidado com a casa comum (FRANCISCO, 2015). Pela primeira vez na história governos reconheceram conjuntamente os riscos associadas ao aquecimento global e pactuaram um acordo global sobre o clima. Apesar da relevância do acordo, um estudo divulgado através do relatório anual do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, *Emissions Gap Report*, publicado sempre às vésperas das conferências do clima da ONU indica que são necessárias medidas urgentes para que o acordo possa entrar em vigor em 2020. Mesmo se fossem cumpridos todos os compromissos assumidos, isso representaria apenas um terço do que é necessário alcançar até 2030 para estabilizar o aquecimento global em menos de 2° C e evitar os piores impactos das mudanças climáticas. A agência da ONU, que é a principal autoridade global em meio ambiente, alerta que uma meta mais agressiva fixando a elevação máxima de 1,5° C é necessária. De acordo com as Nações Unidas, se a adoção de tecnologias limpas, entre outras medidas, não for rapidamente efetivada, é muito provável que haja aumento da temperatura de pelo menos 3° C até 2100. O cenário pode se tornar ainda mais grave caso os Estados Unidos sustentem a intenção declarada de deixar o Acordo de Paris em 2020 (UNEP, 2017).

Nos Estados Unidos, ainda detentor do maior PIB mundial, a administração Obama prometeu US\$ 3 bilhões para um fundo internacional destinado a ajudar os países mais pobres nos esforços de implantação de medidas mitigadoras da emissão de carbono. Entretanto, o presidente Trump, que assumiu em 20 de janeiro de 2017, prometeu reduzir os orçamentos de pesquisa destinados a encontrar soluções para a mudança climática e retirar os Estados Unidos do Acordo de Paris, alegando que os termos assumidos estrangulariam a economia estadunidense e levariam a grandes perdas de empregos (WASHINGTON POST, 2017). Deixar o acordo de Paris foi um compromisso central da campanha Trump.

Os Estados Unidos são historicamente responsáveis por mais emissões do que qualquer outro país, mas não é mais o maior emissor de gases de efeito estufa do mundo. A China ultrapassou os Estados Unidos há uma década, e suas emissões hoje são cerca do dobro das emissões estadunidenses. Parte das emissões da China são provenientes da produção de bens para os Estados Unidos e outros países ricos. A China tem quatro vezes mais pessoas que os Estados Unidos, de modo que os chineses ainda queimam muito menos combustível fóssil em média do que os estadunidenses - menos da metade, de fato. O típico cidadão dos Estados Unidos também queima quase duas vezes mais do que a pessoa média na Europa ou no Japão, e dez vezes mais do que a pessoa média na Índia (NEW YORK TIMES, 2017).

A figura 2 apresenta a evolução dos níveis de emissão de CO<sub>2</sub> total e estratificada por países e blocos, no período entre 1850 e 2014. No diagrama é possível perceber o enorme crescimento da contribuição da China ao total de emissões do planeta, o que acrescenta uma questão crítica: além dos níveis atuais de emissão, seria possível o planeta suportar que países em desenvolvimento, na busca pelo seu crescimento econômico, atinjam os níveis per capita de emissão de CO<sub>2</sub> da União Europeia e Estados Unidos?

Figura 2: Emissão de CO<sub>2</sub>

Fonte: New York Times (2017) e bases de dados do Carbon Dioxide Information Analysis Center, 2017.

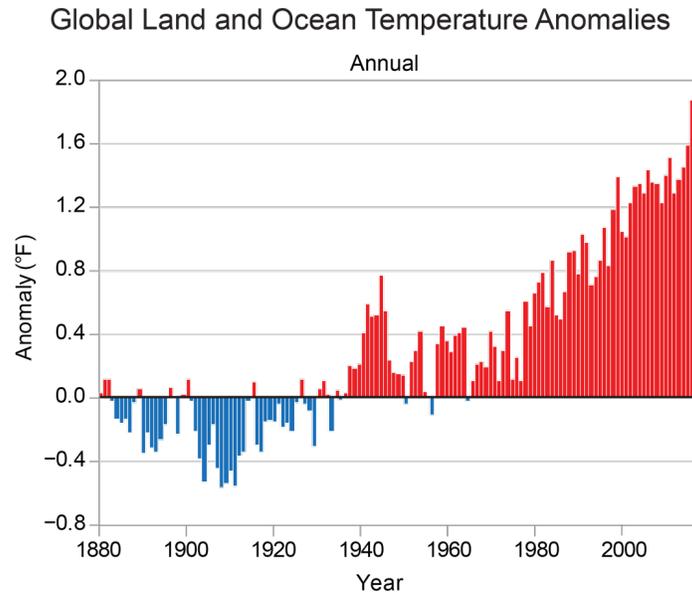
Em relação a participação das corporações, uma das estratégias é a oposição técnica. Ora a contestação das metodologias que são utilizadas por cientistas e ambientalistas, apontando-se variáveis não consideradas nos estudos, entre outras justificativas protelatórias, ora a tentativa de desqualificar a crítica que os aponta como responsáveis determinantes: argumenta-se que determinados fenômenos, irremediavelmente inquestionáveis, são manifestações cíclicas e típicas da própria natureza do planeta (EASTERBROOK, 2011).

Outra estratégia é a baixa transparência na divulgação ou a omissão pura e simples de informações sobre níveis de emissão ou geração de resíduos. Os relatórios de emissão de carbono divulgados pelas 250 maiores empresas do mundo, segundo o *ranking* da *Fortune Global 500* (FORTUNE, 2017), são inconsistentes, o que impossibilita a comparação de desempenho de forma simples

e precisa. Apenas pouco mais da metade das empresas que compõem o *ranking* divulga metas de redução de carbono em relatórios empresariais e dois terços deles não fornecem uma lógica que explique como essas metas foram definidas. Uma em cada cinco empresas dos setores intensivos em emissões, como mineração, construção e produtos químicos, não divulga informações sobre emissão de carbono em seus relatórios financeiros anuais e de responsabilidade corporativa. As empresas de petróleo e gás, por sua vez, são as que produzem os relatórios com a qualidade mais baixa (KPMG, 2017). Ainda assim, estima-se que estas 250 maiores empresas do mundo sejam responsáveis por um terço das emissões de gases de efeito estufa produzidos, mas poucas têm metas ambiciosas de corte para limitar a elevação das temperaturas (LUBIN; MOORHEAD; NIXON, 2017).

O gráfico 1 mostra o comportamento da temperatura média anual global de 1880 até 2016. As barras vermelhas mostram temperaturas acima da média de 1901-1960, e as barras azuis indicam temperaturas abaixo da média. Conforme mostra a figura, a temperatura média anual global aumentou mais de 0,7 °C para o período 1986-2016 em relação a 1901-1960.

Gráfico 1: Anomalias globais das temperaturas terrestres e oceânicas



Fonte: Wuebbles et al. (2017).

Os efeitos gerados pela humanidade ao meio ambiente terrestre através da combustão em larga escala de combustíveis fósseis, do desmatamento generalizado e da liberação resultante de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) na atmosfera e outros gases de efeito estufa é sem precedentes. Existe um potencial significativo para a ocorrência de catástrofes e consenso de que quanto mais rápido o sistema terrestre for pressionado para o aquecimento, maior será o risco. Existem pelo menos dois tipos de surpresas potenciais: eventos compostos, onde múltiplos eventos climáticos extremos ocorrem simultaneamente ou sequencialmente, interagindo e criando um impacto maior; e uma inflexão, quando um limite crítico é ultrapassado no sistema climático gerando um grande impacto. Estas catástrofes podem ocorrer de forma abrupta e podem ser irreversíveis (WUEBBLES et al., 2017). Entre avanços e retrocessos, a questão se desenrola, com a humanidade perigosamente se aproximando de uma *déblâce* ambiental.

### 1.1.3 Desigualdade, outro signo do capitalismo

Há, entre os tantos indicadores colecionados pelos economistas, um que parece permanentemente criticar o *modus* capitalista: desigualdade social. Desde muito tempo, se ouve a máxima: “é preciso aumentar o bolo para somente depois dividi-lo”. O fato é que o bolo vem historicamente crescendo há décadas em várias sociedades. Entretanto, a concentração de riqueza só faz aumentar pelo mundo, num vergonhoso estado de desigualdade (PIKETTY, 2015; OXFAM, 2016; DEATON, 2017).

A desigualdade se manifesta entre indivíduos, entre grupos, raças, gêneros e entre nações. A busca pelo lucro e pela riqueza é mola propulsora do sistema capitalista, e mesmo nas primeiras épocas de seu surgimento, economistas e sociólogos já apontavam e previam seus desdobramentos (MARX, 1985; WEBER, 1999, 2003). Segundo o Fundo Monetário Internacional (DUTTAGUPTA et al, 2017), o crescimento econômico fornece a base para superar a pobreza e elevar os padrões de vida; entretanto, para que o crescimento seja sustentado e inclusivo, seus benefícios devem atingir todas as pessoas. Em outras palavras, embora seja necessário crescimento para o desenvolvimento econômico, nem sempre este é suficiente. Ao longo das últimas décadas, o crescimento aumentou o padrão de vida e proporcionou oportunidades de emprego, retirando milhões da pobreza extrema. Porém, a desigualdade aumentou em várias economias avançadas e permanece persistentemente alta em muitas das economias que ainda estão se desenvolvendo. Historicamente, os únicos momentos em que houve redução da desigualdade foram aqueles onde houve guerras, por conta da destruição que atira quase todos para a vala comum da desgraça (PIKETTY, 2015). O próprio critério que define uma linha demarcatória do grau extremo de pobreza, definido pelo Banco Mundial, considera extramente pobres as pessoas que vivem com renda média de apenas US\$ 1,95 por dia (THE WORLD BANK, 2015). Ou seja, o progresso obtido pela retirada de milhões de pessoas da pobreza extrema não significa, absolutamente, que lhes foi

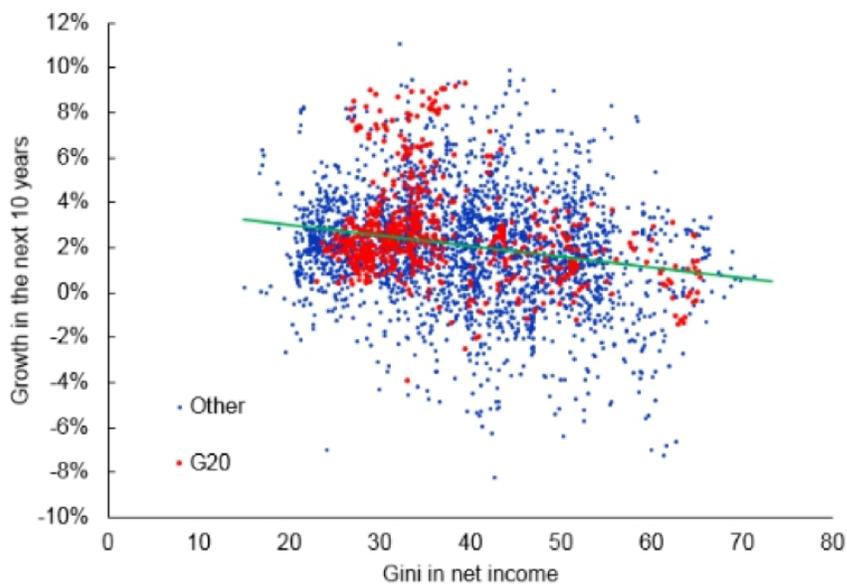
conferida uma condição econômica que permita viver de forma saudável e com um mínimo de dignidade humana.

A recorrente falta de inclusão pode comprometer a coesão do tecido social e prejudicar a sustentabilidade do próprio crescimento. A falta de inclusão resulta em oportunidades desiguais e resultados desiguais. A desigualdade de renda - a medida mais citada de desigualdade de resultados - vem diminuindo, quando o mundo é considerado. O declínio deve-se, em grande parte, a um forte crescimento em muitas economias emergentes e em desenvolvimento, embora dois terços da desigualdade global ainda sejam atribuíveis a diferenças na renda média entre países. No entanto, se os países são considerados individualmente, a desigualdade de renda aumentou acentuadamente em muitos lugares (PIKITTY, 2015; DEATON, 2017). A falta de inclusão também se manifesta no acesso desigual aos empregos e aos serviços básicos, como saúde e educação. Milhões de pessoas em todo o mundo estão desempregadas, com o desemprego juvenil em níveis alarmantes em muitos países, como na Espanha e Brasil. Uma ampla discriminação de gênero levou a diferenças persistentes em saúde, educação e renda entre homens e mulheres em grandes partes do mundo.

A tecnologia e a integração econômica trouxeram grandes benefícios a muitas economias, mas os benefícios nem sempre foram amplamente compartilhados (PIKITTY, 2015). Tanto a tecnologia como o comércio têm impulsionado o crescimento e a produtividade e reduziram os preços, beneficiando os pobres que gastam uma grande parcela de seus rendimentos em alimentos, roupas e outros bens básicos. No entanto, a tecnologia aumentou a demanda quase exclusivamente para mão-de-obra qualificada, enquanto as mudanças deslocaram os trabalhadores menos qualificados. A maior integração das economias também resultou no deslocamento de fábricas e maior uso de equipamentos, deslocando também os trabalhadores. Paradoxalmente, o mesmo sistema que estimula a concentração de renda e riqueza e estimula a desigualdade social, tem sua dinâmica de crescimento enfraquecida por ela (DUTTAGUPTA et al, 2017). O gráfico 2 mostra a relação entre crescimento e desigualdade para países do G20 - grupos das vinte nações mais desenvolvidas economicamente - e outros

países. Nesta figura, o crescimento é representado pelo GDP – *Gross Domestic Product*, valor total de produtos e serviços produzidos por um país em um ano - equivalente ao Produto Interno Bruto (PIB). O nível de desigualdade é representado pelo índice GINI, coeficiente desenvolvido em 1912 pelo estatístico italiano Corrado Gini (1884-1965), onde, numa escala de zero a cem, zero representa nenhuma desigualdade e cem desigualdade total. Os dados são do Fundo Monetário Internacional.

Gráfico 2: Desigualdade e Crescimento. Países com altos níveis de desigualdade, medidos pelo índice GINI, tendem a ter menores taxas de crescimento ao longo do tempo. A linha verde mostra a correlação entre crescimento e desigualdade.

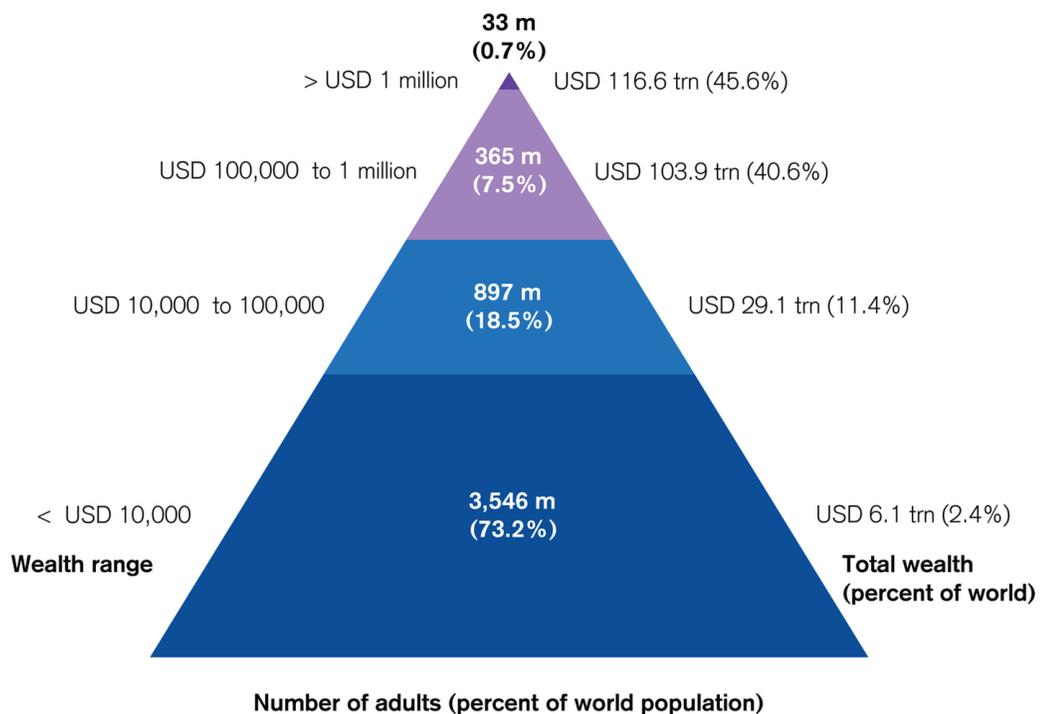


Fonte: Duttagupta et al. (2017).

### 1.1.4 A desigualdade entre indivíduos

A desigualdade da riqueza continua a aumentar (PIKETTY, 2015). O ano de 2015 será lembrado como o primeiro ano da série histórica no qual a riqueza de 1% da população mundial alcançou a metade do valor total de ativos. Ou seja, 1% dos mais ricos concentram a mesma riqueza que os 99% restantes da população mundial. A figura 3 mostra a distribuição da riqueza mundial pelo número de adultos.

Figura 3: A pirâmide da riqueza global.

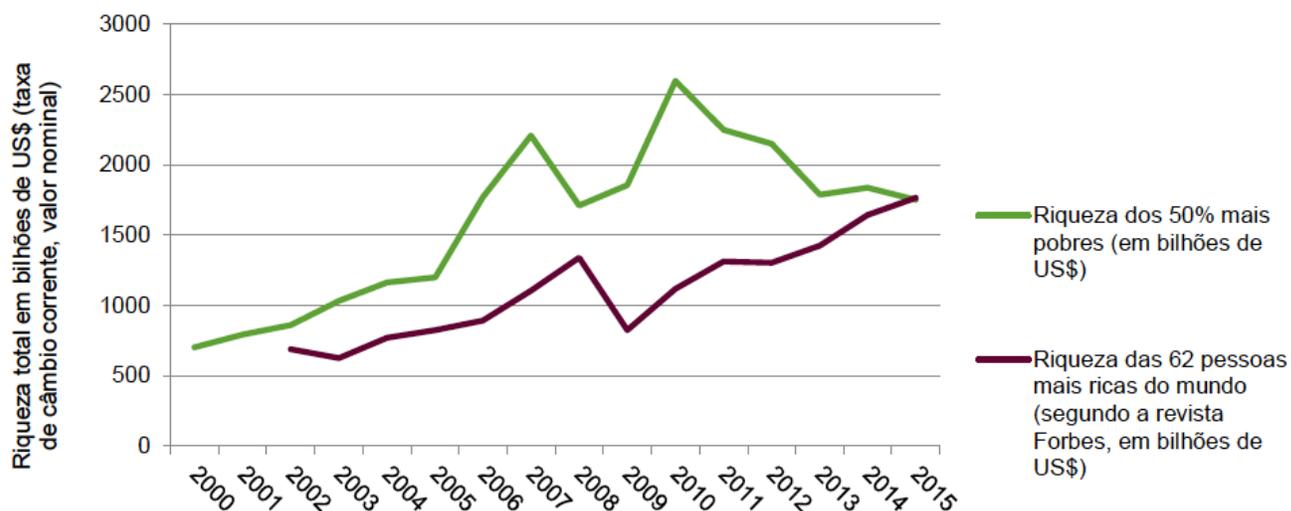


Fonte: Credit Suisse (2016).

A relação é significativa. Trinta e três milhões de pessoas, o equivalente a apenas 0,7% da população, possui 45,6% de toda a riqueza, enquanto que cerca de 3,5 bilhões de pessoas (73% da população adulta) possuem juntas apenas 2,4% da riqueza (CREDIT SUISSE, 2016). A riqueza em posse da metade mais pobre da população mundial caiu em um trilhão de dólares nos últimos cinco anos. Desde a virada do século, a metade da população mundial mais afetada pela pobreza ficou com apenas o equivalente a 1% do aumento total da riqueza global, enquanto que o valor equivalente a metade desse aumento beneficiou a camada mais rica de 1% da população (OXFAM, 2016).

O rendimento médio anual dos 10% da população mundial mais pobre aumentou menos de US\$ 3 em quase um quarto de século. Sua renda diária aumentou menos de um centavo a cada ano. O gráfico 3 mostra a tendência de crescimento da riqueza dos 62 indivíduos mais ricos do mundo, em oposição ao desempenho da metade mais pobre da população mundial.

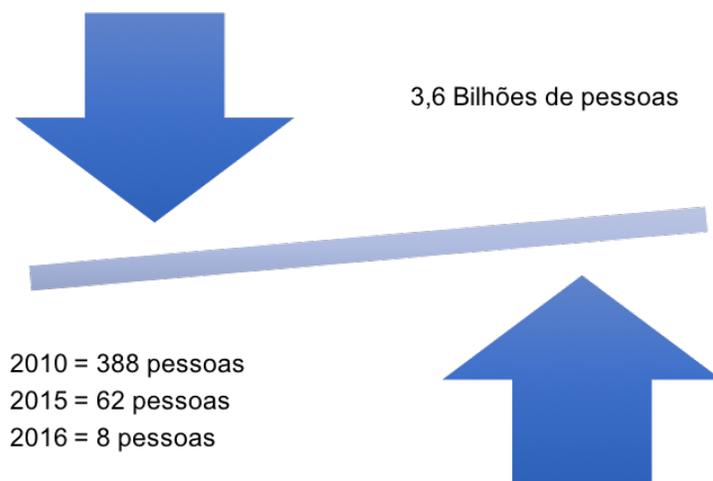
Gráfico 3: Riqueza Global



Fonte: Oxfam (2016).

Em 2010, 388 indivíduos detinham a mesma riqueza que 3,6 bilhões de pessoas – a metade mais afetada pela pobreza da humanidade. Em 2015, 62 indivíduos e em 2016, apenas 8 indivíduos detinham a riqueza equivalente a metade mais pobre da população mundial (OXFAM, 2017). A figura 4 representa a extrema e contínua concentração de riqueza, indicando que um número cada vez menor de pessoas acumula a mesma riqueza que a metade mais pobre da população mundial.

Figura 4: Aumento de concentração de riqueza.



Fonte: Oxfam (2017). Elaborado pelo autor.

## 1.2 RESPONSABILIDADE SOCIAL E AMBIENTAL: O SORRISO DO CAMALEÃO

A publicidade e a comunicação são ferramentas essenciais das empresas capitalistas e verdadeiros alicerces do sistema, tendo se desenvolvido de forma mais aguda a partir da segunda metade do século XX (COSTA, H.; COSTA, A., 2008). As empresas capitalistas, além da promoção direta de produtos e serviços junto aos mercados consumidores, também desenvolvem sofisticados estímulos ao consumo através de estratégias e mecanismos de transformação cultural e criação de novas “culturas” voltadas ao consumo (BAUMAN, 2008). Parte vital da lógica capitalista, a geração de lucro através da aplicação do conceito da mais-valia (MARX, 1985), se realiza através de um verdadeiro processo de mitificação dos produtos, aos quais são conferidas supostas propriedades mágicas ou redentoras, ilusões criadas pela propaganda. O consumidor adquire, ao comprar um produto, benefícios agregados na forma de reconhecimento social, fortalecimento da sua autoestima ou falaciosas promessas de melhor bem-viver, segurança e felicidade (GRESPLAN, 2006). Este *establishment* também é utilizado para contrapor eventuais questionamentos e críticas de parte da sociedade (DEBORD, 2017). Especialmente sobre dois dos mais importantes efeitos deletérios do sistema sobre ela: a degradação do meio ambiente do planeta e a desigualdade social que, à despeito de todo o crescimento econômico gerado, dos progressos em diversas áreas da ciência humana, tem mantido multidões em situação de precária subsistência, promovido a exclusão e a formação de castas sociais, enfim, gerado um estado de sofrimento humano absolutamente desnecessário, em última instância.

A derrocada da proposta comunista simbolizada pela queda do Muro de Berlim em 9 de novembro de 1989, concretizada pelas suas próprias contradições e desvios perpetrados pelos grupos e indivíduos que a conduziram, deu aos crentes da proposta capitalista sua vitória de Pirro, reduzindo ainda mais o debate. Mais hábil para lidar com a oposição a sua lógica e com as contingências geradas por suas próprias contradições, o sistema capitalista se mostra mais adaptável aos

diferentes cenários que vem se formando ao longo do tempo e aos contextos sócio-políticos-econômicos apresentados; assim, se reinventa e sobrevive há mais tempo.

Individualmente, para as empresas que constituem a manifestação estrutural concreta do sistema capitalista, não interessa que seus negócios e finalidades sejam associados às mazelas do sistema. Assim, se empenham na construção e preservação de uma imagem institucional simpática aos seus consumidores e à sociedade em geral, tentam descolar seu *modus operandi* do modelo geral do capitalismo, pelo menos na aparência (GUREVITCH et al., 1992). Através da publicidade e comunicação para os públicos externo e interno, através de declarações de políticas nem sempre sinceras e, principalmente, através de um discurso metódico e repetitivo cunhado nos moldes do tipo de propaganda política que se desenvolveu nos intestinos de regimes totalitários de qualquer ideologia, muitas das empresas mais relevantes nas economias mundiais tentam se distanciar da sua parcela de responsabilidade pelo protagonismo na degradação ambiental e social. Termos como responsabilidade social e ambiental têm também servido para representar políticas e posturas legítimas, mas, em grande parte, para mascarar certas opções estratégicas, sistemas produtivos, práticas comerciais e falta de postura ética concretamente danosos ao planeta e à sociedade humana, pelo seu grau de ortodoxia ao preceito fundamental do sistema capitalista: a busca incessante por um lucro cada vez maior, independentemente dos meios para tal. E o camaleão sorri, por haver criado tal fantasia de dignidade.

### **1.3 A ECONOMIA E A SOCIEDADE EM TRANSFORMAÇÃO**

O sistema econômico capitalista é um sistema dinâmico (WEBER, 1999). Se a esta lógica acrescentarmos o fato deste sistema ser operado pela iniciativa, ou somatória das iniciativas, de indivíduos e coletivos – que ocupam os mais diferentes papéis e posições neste sistema – poderíamos denominá-lo ainda de orgânico. Os atributos e características mais relevantes e capazes de justificar tal denominação

seriam o seu grau de complexidade e comportamento de autopreservação. Analisemos estas características começando pela questão da complexidade. Podemos chamar de sistemas complexos aqueles em que múltiplas variáveis atuam e interagem de forma simultânea, gerando inúmeros e diferentes comportamentos a partir de diversas combinações destas variáveis.

Já a característica de autopreservação de um organismo diz respeito à sua propensão em buscar sobrevivência frente às ameaças que a ele se opõe. Estes movimentos de autopreservação podem ser premeditados ou instintivos. Harvey (2007) afirma que o sistema econômico capitalista, possuidor de contradições fundamentais e inerentes, apresenta fases periódicas de superacumulação – definida como uma condição em que concomitantemente podem existir capital ocioso e trabalho ocioso. As escolhas predominantes até a década de 80 do século XX para se combater o fenômeno da superacumulação e preservar o sistema, teriam sido três: a desvalorização da mercadoria, um maior controle macroeconômico e o que foi denominado como deslocamento temporal e espacial. O deslocamento temporal, ainda segundo Harvey (2007), pode ocorrer de duas formas. A primeira, viabilizada por altos níveis de investimentos, público ou privado, desloca recursos disponíveis e ociosos no presente para aplicação em ações de efeito futuro, como por exemplo, investimento em infraestrutura. A outra forma de deslocamento temporal relaciona-se ao esforço de aceleração do giro pelas empresas. O recurso da obsolescência programada é um artifício interessante para este propósito. Já o deslocamento espacial implica na expansão geográfica do capital e do trabalho excedentes, o que pode propiciar ainda redução nos custos com a força de trabalho. Se estes mecanismos já não respondem, o sistema busca nova configuração que permita sua sobrevivência. Harvey (2007) aponta a flexibilização como característica da configuração denominada acumulação flexível, uma recombinação simples das duas estratégias de lucro definidas por Marx (1985): mais-valia absoluta e mais-valia relativa. A primeira ocorrendo principalmente pela transferência dos sistemas padronizados de produção para países não desenvolvidos, com força de trabalho de baixa remuneração. Vide a migração da produção mundial para a China, Índia e Indonésia. A segunda, como fruto da

inovação tecnológica e de novos métodos administrativos, ocorrendo através de ganhos de eficiência e produtividade. As novas tecnologias gerando também excedentes da força de trabalho e tornando interessantes as estratégias de extração da mais-valia absoluta, via a super exploração da força de trabalho, mesmo em centros capitalistas avançados. Castells (2006) destaca bem a evolução da tecnologia, especialmente as tecnologias da informação e comunicação, quanto ao crescimento da sua velocidade de propagação e seus impactos sobre as estruturas sociais. Brynjolfsson e McAfee (2011) atualizam o debate a partir da intensificação da influência das tecnologias da informação e comunicação sobre o mundo do trabalho. Um ponto interessante a se debater no conceito de acumulação flexível é se está realmente ocorrendo um simples abandono dos mecanismos de combate à superacumulação vigentes até a década de 80, pelo esgotamento dos mesmos, como citado, ou se na verdade os mesmos continuam sendo utilizados de forma síncrona àqueles mecanismos tradicionais da mais-valia. A questão do ganho através da mais-valia é um pressuposto básico da lógica capitalista de acumulação (MARX, 1985) e, portanto, onipresente na operação do sistema. Se imaginarmos que estes mecanismos, a partir das características de inovação trazidas pelas tecnologias da informação e da comunicação, poderiam por si sustentar o sistema frente às suas contradições inerentes, poderíamos imaginar uma determinada normalização de alguns dos fatores utilizados para operar os mecanismos de combate à superacumulação. Um dos fatores a se observar seria o nível de endividamento e déficit público de economias centrais do regime capitalista, como os Estados Unidos e a Alemanha. As notícias sobre o panorama econômico desde o final de 2010 indicam que estes fatores vêm se depreciando de forma preocupante. Entre os elementos de uma estrutura financeira em falência, o grau de endividamento, em percentual do Produto Interno Bruto, é o que mais preocupa. Em 2005 o quadro era de 67% para os Estados Unidos, 63% para a União Europeia e 186% para o Japão. Em 2011, a situação agrava-se ainda mais com 106,6% para os Estados Unidos, 84,5% para a União Europeia e 236% para o Japão. Em 2017, a situação do grau de endividamento foi a seguinte: 150,4% para os Estados Unidos, 83,5 % para a Europa e 250% para o Japão (IMF, 2017c; TRADING

ECONOMICS, 2018a). A tabela 1 apresenta a evolução do endividamento dos Estados Unidos, União Europeia e Japão.

Tabela 1: Dívida pública em % do PIB.

	2005	2011	2017
Estados Unidos	67%	106,6%	150,4%
União Europeia	63%	84,5%	83,5%
Japão	186%	236%	250%

Fonte: IMF (2017c); Trading Economics (2018a).

Esses poucos elementos fragmentários - combinados com um desemprego em alta, uma estagnação dos salários e um consumo que se mantém com dificuldade - compõem um quadro que não estimula o otimismo. Este cenário de agravamento das condições econômicas dos países centrais do regime capitalista indica que a necessidade de intervenção estatal se mantém como condição para sustentação do sistema, porém, os *deficit* gerados e o montante da dívida pública acumulada põem em dúvida a capacidade destes Estados sustentarem estas condições no médio e longo prazo. O deslocamento temporal certamente não pode progredir infinitamente através do recurso da obsolescência programada, visto que mesmo para produtos típicos de consumo, como aparelhos celulares, por exemplo, há um limite razoável em termos de tempo para substituição a partir do qual poucos consumidores se dispõem a trocar seus produtos por versões renovadas. Apesar de algumas empresas cuja estratégia central é a inovação, como o caso da americana *Apple*, estimularem o mercado a partir do lançamento de produtos novos,

isto ainda parece insuficiente para manter toda a engrenagem capitalista funcionando de forma harmônica.

Outro mecanismo discutido foi o deslocamento espacial. A questão do deslocamento espacial atende a duas questões essenciais para sobrevivência do sistema: aumento da base de consumo e possibilidade de utilização de força de trabalho de menor custo. A República Popular da China é o país com o maior crescimento econômico dos últimos 25 anos. Entretanto, sua taxa média de crescimento do PIB que girava em torno de 10% ao ano, vem diminuindo como mostra o gráfico 4.

Gráfico 4: Taxa de crescimento econômico da China.



Fonte: Trading Economics (2018b).

A China retirou milhões de pessoas da pobreza absoluta, o que significa para o sistema capitalista mais consumidores no mercado mundial e possui o segundo maior PIB mundial: US\$ 11,2 trilhões em 2017 (TRADING ECONOMICS, 2018d). Com operários ganhando cerca de 200 dólares mensais e engenheiros com salários dez vezes menores do que seus colegas americanos, europeus ou japoneses, a China parece oferecer um alento ao sistema capitalista em termos de expansão do mercado consumidor mundial e da redução dos custos de produção. Soma-se a este baixo custo da mão-de-obra outras condições que reduzem o custo direto da produção, em comparação com outras economias, como a precariedade das instalações industriais e dos processos produtivos, que pode ser facilmente percebida pelas condições críticas de poluição em diversas regiões e distritos industriais chineses. Porém, mesmo esta situação está se modificando: os custos de mão de obra na China vêm subindo ano após ano, inclusive com eventos de tensão como greves de operários nas províncias. Também o desemprego gerado por fechamento de fábricas ameaça a estabilidade social (HERNANDÉZ, 2016). A situação ambiental vem se degradando de forma crítica, a ponto de provocar a interrupção da operação de empresas por ordem do governo central chinês (LE MONDE, 2014).

A busca desmedida por maiores margens de lucro pode ser percebida em situações onde uma empresa abre mão de suas tradicionais exigências junto a fornecedores nacionais e passa a negociar com empresas chinesas que não apresentam qualquer garantia em questões como segurança do trabalhador, responsabilidade social e ambiental, e mesmo confiabilidade do produto. A característica dinâmica do sistema capitalista o impele em busca destes benefícios de expansão de mercado e de ganhos de custos. Apesar destes mecanismos de sobrevivência – autopreservação – as contradições do sistema continuam atuando e parece haver indícios de um desequilíbrio desfavorável ao sistema, em favor do aprofundamento de suas crises e do agravamento de determinados impactos sociais. A competição, como já indicava Weber (1999), é mola propulsora do regime capitalista. Não é possível imaginar um sistema capitalista que não seja baseado na competição entre suas empresas. A competição é, ainda, elemento

regulatório do sistema dentro da lógica da Lei da Oferta e Procura – a mão invisível do mercado, como apontava Smith (1988). O deslocamento espacial, tomando-se a China e mesmo a Índia, como opções preferenciais neste momento da história, atenderá a questão de expansão por um determinado período. Porém, é razoável imaginar que os mercados domésticos chinês e indiano reproduzirão basicamente os mesmos fenômenos que foram observados em todos os países de economia capitalista em termos de crescimento da concorrência, aumento dos custos trabalhistas, saturação de mercados e crises.

Definindo saturação de um mercado como a situação na qual um determinado nicho de comercialização de produtos ou serviços de mesmo gênero, não mais apresenta lacunas de consumo, ou seja, a maioria dos consumidores já tem suas necessidades ou impulsos de consumo atendidos pelos competidores atuantes, podemos prever o cenário onde a expansão não mais contará com taxas elevadas de progressão, acirrando as disputas comerciais entre as empresas concorrentes, na tradicional luta de vida e morte por espaço no mercado. No Ocidente, especialmente, vários mercados atingiram há muito esta condição que pode ser facilmente percebida pela redução no número de empresas competidoras, suprimidas através de processos de aquisição ou fusão, extintas através de processos de falência, ou reduzidas a dimensões irrelevantes do ponto de vista de resultados empresariais. Alguns dos setores que recentemente têm sido sacudidos por movimentos agressivos de fusão e aquisição: siderurgia, bebidas, aviação comercial, financeiro. A contradição implícita reside no fato de que, para operar dentro de sua lógica, o regime capitalista precisa estar constituído dentro de um ambiente competitivo; porém, o mesmo dinamismo que o impulsiona para a competição pode reduzi-la à medida que empresas competidoras mais agressivas e poderosas eliminam, de uma forma ou de outra, seus concorrentes. A redução da concorrência pode trazer impactos nefastos em relação à proteção dos mercados consumidores e em relação à capacidade de articulação econômica, política e social. Apesar da existência de legislação, mais ou menos severa, contra a formação de monopólios na maior parte das economias estruturadas, é difícil acreditar que o aparato jurídico-legal dê conta deste fenômeno de forma

suficientemente segura. Ainda se tratando da China, vale a pena destacar uma característica de seu chamado “capitalismo de Estado”: a obrigatoriedade que as empresas estrangeiras de segmentos classificados como estratégicos pelo governo daquele país e que buscam estabelecer operações em território Chinês têm de constituir sócios chineses e assinar contratos com cláusulas que tornam obrigatória a transferência de tecnologia. Em alguns mercados, como o automobilístico, já é possível perceber os efeitos desta política de Estado: fabricantes chineses de automóveis aprenderam a produzir carros e já começam a exportá-los para países ocidentais a preços impossíveis de ser batidos pelos fabricantes americanos e europeus. Neste momento, ainda focam no chamado mercado popular, entre outras razões, pelo ainda incipiente desempenho em termos de qualidade e segurança. A melhoria da qualidade é ponto importante na competitividade (CAMPOS, 1990) e certamente as empresas chinesas tendem a seguir esta estratégia na sua busca por maiores resultados (DEMING, 1990).

Durante quase toda década de 80, era moda culpar a concorrência internacional e a mão-de-obra mais barata de outros países pela perda dos empregos no setor produtivo nos Estados Unidos. Em outros países, o fenômeno da globalização era usado como explicação para o desemprego (DINIZ, 2000). Embora o número de operários continue a declinar, a produtividade industrial está subindo aceleradamente com os avanços da automação informatizada e com a reestruturação produtiva (RIFKIN, 2004). Esta tendência parece indicar que a dinâmica que impulsiona o sistema econômico capitalista na busca de ganhos crescentes de eficiência e produtividade (FREEMAN; SOETEL, 2008), sustentada pelas inovações tecnológicas e pela reestruturação dos métodos administrativos (DAVEMPORT, 1994), que utiliza métodos como a reengenharia (HAMMER; CHAMPY, 1994), encontra na eliminação da força de trabalho um atrativo relevante para estes propósitos. Todo este cenário gera impactos negativos sobre o trabalhador (SENNETT, 1999) e mudanças na própria estrutura do emprego (KOVÁCS; CASTILLO, 2002), afetando toda a sociedade (LÉVY-LEBOYER, 1994). Alternativas diversas vêm sendo propostas, envolvendo desde a redução das

jornadas de trabalho (AZNAR, 1995; MASI, 2000 e 2001), até mudanças no padrão de competitividade da economia (SINGER, 2002).

#### **1.4 DESEMPREGO ESTRUTURAL**

O mundo atual tem vivenciado um importante e terrível fenômeno que afeta profundamente a base de suas economias e o equilíbrio social: o desemprego. Em maior ou menor grau, países ricos e pobres, economicamente desenvolvidos, em desenvolvimento e subdesenvolvidos tem no desemprego um desafio crítico para seu futuro. À despeito das crises econômicas conjunturais, que ceifam milhões de empregos pelo mundo de tempos em tempos, o fenômeno do desemprego estrutural, aquele gerado por determinadas inovações tecnológicas parece progredir de forma inexorável.

Segundo estudos da Organização Mundial para o Comércio (OMC), 80% das perdas de postos de trabalho nas economias avançadas são ligados à inovação tecnológica. Este fenômeno tende a ser ainda mais forte nos países em desenvolvimento, como o Brasil, provocando crises estruturais de desemprego (WORLD TRADE ORGANIZATION, 2017).

O emprego perdido durante as crises econômicas conjunturais é, em parte, reestabelecido nos períodos posteriores de crescimento econômico. É claro que este reestabelecimento, mesmo que parcial, ocorre de maneira descontrolada e aleatória: não há garantia que uma retomada do crescimento reverta determinado índice de desemprego que foi gerado sobre uma região, país ou indivíduos específicos. Este emprego, por conta da mobilidade do capital e do trabalho que caracteriza bem este nosso tempo, pode migrar de país ou continente, em função da busca por maior eficiência e vantagem econômica que as organizações produtivas continuamente exercem.

O desemprego estrutural, assim chamado pela sua característica de irreversibilidade, é fruto dos ganhos de produtividade obtidos pelas empresas a

partir, principalmente, da aplicação da tecnologia em seus processos produtivos, sejam aqueles geradores de bens físicos ou de serviços. Rifkin (2004) aponta para o fato de que, em todo o mundo e com raras exceções, a oferta de vagas tem ficado aquém do crescimento da PEA (População Economicamente Ativa). Ganhos de produtividade têm garantido certos níveis de crescimento econômico, porém, as taxas de crescimento do emprego não os acompanham.

O processo de influência da tecnologia sobre a produtividade e consequente substituição do emprego humano vem se acelerando com a evolução das chamadas tecnologias digitais. A inovação digital muda de maneira ainda mais radical a forma como o bolo econômico é distribuído e acentua a concentração de riqueza, ao mesmo tempo que destrói empregos de trabalhadores médios. Novos empregos gerados neste universo exigem competências mais sofisticadas e simplesmente são inacessíveis para a maior parte dos trabalhadores (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2011; OSBORNE; FREY, 2013). Desenvolver competências através de estratégias de capacitação, empreendidas por muitos governos, inclusive o brasileiro, não garante a inserção do trabalhador no mercado de trabalho, tanto pelo fato da necessidade menor de mão-de-obra nestas atividades - ou seja, a mesma tecnologia que age como substituta ao trabalho humano é, em si mesma, normalmente eficiente em termos da sua demanda própria por mão-de-obra - como pelo fato de que estes programas de capacitação frequentemente não conseguem desenvolver suficientemente as competências necessárias, gerando uma capacitação “aparente”, pelo seu caráter superficial.

O debate sobre as possibilidades de capacitação é rico e controverso. Lévy e Murnane (2004) apontam para as possibilidades de desenvolver habilidades para trabalhos que envolvam extensa resolução de problemas e comunicação pessoal, mas alertam sobre o risco existente para os trabalhos que podem ser expressos em regras programáveis. Isto inclui não apenas o o trabalhador em funções operacionais, mas também aquele que trabalha em funções administrativas e mesmo em funções gerenciais. O avanço da tecnologia digital sobre estas funções pode repetir o efeito que a automação, a mecanização e a robotização geraram – e ainda geram - sobre os empregos industriais.

## 1.5 O MAL-ESTAR E O TRABALHADOR

### 1.5.1 A Civilização e suas fontes de mal-estar

Em seu livro *Mal-Estar na Civilização*, Freud (2011) trata do confronto entre as exigências do instinto e as restrições impostas pela civilização. A mesma civilização necessária enquanto opção de resistência do homem às ameaças da natureza, exercerá sobre ele tremenda influência cultural e inibidora, agindo sobre os instintos dos indivíduos e reprimindo-os como requisito regulatório do convívio social. Este processo vai interferir de forma definitiva nas estruturas psicológicas dos homens e sobre o seu principal desígnio, qual seja o de buscar a felicidade, exercer o chamado princípio do prazer. A vida é árdua o suficiente para comprometer a consecução plena deste objetivo, sendo ela pródiga na apresentação de sofrimentos, decepções, e dificuldades as mais diversas. O sujeito, para ser feliz, faz uso de medidas paliativas, construções auxiliares: derivativos poderosos, satisfações substitutivas e até mesmo uso de substâncias tóxicas. A primeira pode ser exemplificada pelo exercício de atividades artísticas ou mesmo científicas, a segunda com a utilização de ilusões e da fantasia e a última com o uso de substâncias entorpecentes, drogas em geral. Os homens esforçam-se para obter a felicidade e nela permanecer. Tal empreita envolve dois aspectos correlatos: obter prazer e evitar o sofrimento. A busca da felicidade poderia ser definida pelo investimento constante nestes dois aspectos, de forma concomitante ou o empenho exclusivo em um ou outro. Assim, o princípio do prazer, a lógica primeira de funcionamento de todo o sistema psíquico é o mestre de toda ação humana. Aí reside a terrível contradição, já que este é impossível de ser plenamente realizado, pois a ele são contrárias forças mais do que determinantes. A própria realização do prazer já encontra a restrição natural de se manifestar apenas de forma episódica, ou seja, sujeita-se à existência de contrastes para que possa ser intensa. Se prolongar no tempo, terá em contrapartida sua intensidade reduzida e resultará em uma apenas tênue sensação de contentamento. Por outro lado, a infelicidade é pródiga em suas fontes e muito mais fácil de se experimentar: o próprio corpo

humano é sujeito às doenças e enfermidades diversas e já nasce condenado à decadência e à dissolução; o mundo externo se apresenta ameaçador com suas forças naturais poderosas; e ainda, os desafios dos nossos relacionamentos. Sob o peso destas possibilidades, o princípio do prazer se transforma no princípio da realidade: que um homem acredite ser feliz simplesmente por ter escapado à infelicidade ou sobrevivido ao sofrimento (FREUD, 2011).

### **1.5.2 Os caminhos para o exercício do princípio do prazer segundo Freud**

A forma mais tentadora de se conduzir a vida seria pela satisfação irrestrita de todas as nossas necessidades; porém, isto equivaleria colocar o gozo antes da cautela, o que traria a certeza do castigo. Os métodos que se concentram na fuga do desprazer se diferenciam de acordo com a prioridade que se elege, sendo alguns extremados, outros moderados. A defesa mais imediata contra o desprazer oriundo dos relacionamentos humanos é o isolamento voluntário e a felicidade que se pode conseguir neste caso é a da quietude. Contra o mundo externo, é possível se defender através de algum tipo de afastamento, caso o indivíduo opte em recorrer apenas a si mesmo. A outra opção é agrupar-se, adotar a vida em comunidade e utilizar os recursos da ciência como arma para combater os ataques da natureza. Esta opção, como já foi dito, trás em si uma contradição, pois a civilização que protege é a mesma que agride, à medida que é fonte geradora de desprazer pela exigência de restrição dos impulsos individuais nas relações sociais. Os métodos citados como mais interessantes são aqueles que buscam influenciar o próprio organismo, que agem sobre as sensações do indivíduo, já que o sofrimento nada mais é do que sensação. O deslocamento de libido é uma técnica para afastar o sofrimento que se baseia na tentativa de reorientar os objetivos instintivos de tal forma que possam compensar, ou iludir, as frustrações oriundas do mundo externo. Tal técnica utiliza a sublimação dos instintos como recurso fundamental para sua aplicação. O maior resultado é obtido quando se consegue intensificar a produção de prazer a partir das fontes do trabalho psíquico e intelectual. O seu ponto fraco

reside no fato de ser acessível a poucas pessoas, já que exige que o indivíduo seja dotado de determinados talentos, sejam artísticos ou intelectuais. A via da imaginação é um procedimento onde a satisfação é obtida através de ilusões. A fantasia gerada, por exemplo, pela apreciação de uma obra de arte pode ser fonte causadora de prazer. Também este método tem sua limitação, pois na verdade apenas é capaz de causar um afastamento temporário das pressões das necessidades instintivas, não sendo desta forma suficiente para aplacar as aflições reais. Outro processo é o de se considerar a realidade como única inimiga e fonte de todo o sofrimento, sendo impossível viver sem que se faça uma ruptura completa com ela. Mas é uma técnica condenada ao fracasso, já que a realidade será sempre mais poderosa do que a fantasia e o sujeito acabará classificado como louco ao tentar viver desta forma. A técnica da arte de viver é aquela onde a felicidade é baseada no relacionamento emocional do indivíduo com elementos pertencentes ao mundo externo. Busca-se a consecução completa da felicidade ao eleger o amor como centro de tudo: toda satisfação em amar e ser amado. Nenhum outro método se aproxima tanto da meta da completa consecução da felicidade como este. A fruição da beleza, seja ela representada pela beleza das formas, dos gestos humanos, dos objetos naturais e paisagens, das criações artísticas ou intelectuais é também um método utilizado. Nele, a felicidade da vida é buscada na estética (FREUD, 2011).

### **1.5.3 - O trabalho enquanto deslocamento da libido**

Entre as técnicas e métodos para os indivíduos alcançarem a felicidade e evitar o sofrimento, de acordo com o princípio do prazer, está a utilização do trabalho como forma de sublimação. A utilização do trabalho como forma de deslocamento da libido permite ao homem comum, assim chamado aquele que não é dotado de talentos especiais para a arte ou para a intelectualidade, sublimar seus impulsos instintivos através do exercício do trabalho profissional. Segundo Freud (2011), nenhuma outra técnica prende tão firmemente o indivíduo à realidade

quanto à ênfase aplicada ao trabalho, já que este proporciona um lugar seguro numa parte da realidade na comunidade humana. O trabalho é detentor, então, de uma dupla função para o indivíduo: suprir as suas necessidades e servir como receptor da libido, a energia instintiva, desta forma deslocada dos objetivos primários de seus impulsos. É claro que o esforço de se tornar feliz, imposto pelo princípio do prazer, a despeito de não poder ser realizado, não pode ser abandonado pelo indivíduo. A perda do trabalho e mesmo a ameaça da perda do trabalho, esta nuvem que assombra nossa civilização, é fonte de angústias por representar a perda da fonte de sustento, por um lado, e, por outro, a perda do porto seguro da felicidade para tantos, contribuindo para a sensação coletiva do que podemos chamar de mal-estar na pós-modernidade.

#### **1.5.4 Trabalho, exclusão e mal-estar**

A intensidade da perda do trabalho extrapola a questão mais evidente que é a perda da fonte de renda e comprometimento da capacidade de se prover o próprio sustento e de outros que lhe sejam associados. A sociedade capitalista criou um mecanismo de exclusão que é, ao mesmo tempo, econômico e social. A pessoa que perde seu trabalho e assim permanece por muito tempo, será alijado das condições de sustento - se esta for sua única fonte de renda - e do convívio social nos grupos de trabalho - o que costuma ser relevante na sociabilização dos indivíduos. Há também a questão da identidade do indivíduo, que acaba sendo em parte construída ou sustentada pela sua relação com o local de trabalho, fruto da excessiva valorização que o trabalho recebeu com o capitalismo (KAMPER, 1998; ARENDT, 2005). A primeira fase da dominação da economia sobre a vida social acarretou uma degradação do *ser* para o *ter* (DEBORD, 2017). Talvez, uma das poucas condições de reconhecimento social relacionadas com o ser e não com o ter seja a identidade profissional do indivíduo: qual o seu trabalho, onde trabalha. Pois é este o recurso último para o homem comum que não possui riqueza, algum

tipo de nobreza, dotes artísticos ou intelectuais destacados. E esta é a figura mais representativa da grande massa humana.

Outro processo de exclusão se dá pela perda da capacidade de consumo. Numa sociedade fortemente contaminada pela lógica do consumo e pela cultura consumista, reforçada a todo tempo pelas mensagens publicitárias massivas, os incapacitados para o consumo se tornam mercadoria indesejada, que precisa ser descartada para não incomodar os verdadeiros membros desta sociedade: os consumidores por excelência (BAUMAN, 2008). É a realidade de uma grande chantagem: a grande maioria dos homens, como trabalhadores assalariados, na busca infinita de seu esforço por simplesmente comer e morar, aprisionados na riqueza ilusória da sobrevivência ampliada, que é a base real da ilusão do consumo das mercadorias modernas (DEBORD, 2017).

Esta exclusão e discriminação é concretizada em diversas situações, desde o constrangimento que o indivíduo passa num espaço de comércio, como um *shopping*, restaurantes e outros tipos de estabelecimento. Uma das formas mais cruéis desta discriminação é a criminalização da pobreza. A pobreza é vista como um empecilho ao consumo e é enxergada como uma ameaça a esta sociedade (BAUMAN, 1998).

### **1.5.5 Reflexões sobre o mal-estar**

O mal-estar acompanha a civilização na sua trajetória. Cada época específica apresentou determinadas conjunturas e fenômenos que, de alguma forma, alimentaram este sentimento. O mal-estar continuará acompanhando a civilização. Nossa época mantém vários dos fenômenos que causaram e que vêm causando mal-estar em diversas civilizações de diversas épocas, como a presença de guerras, o surgimento de doenças ameaçadoras, o conflito entre etnias, raças e religiões. Também fenômenos econômicos desfavoráveis não são exclusividade de nossos tempos. Entretanto, o desemprego estrutural, aquele gerado pela mudança

tecnológica, pode ser considerado como novo fator de estímulo ao mal-estar de nossa civilização.

**As Novas Tecnologias e os Mecanismos de Impacto no Trabalho**

## **CAPÍTULO 2**

**Ciclos Econômicos: Crescimento,  
Crises e Inovação Tecnológica**

## Capítulo 2 Ciclos Econômicos: Crescimento, Crises e Inovação Tecnológica

*Numa cerimônia carregada de simbolismo e tristeza, a última mina de carvão da França, La Houve, na região de Lorraine, perto da fronteira com a Alemanha, foi fechada ontem, pondo fim à extração do combustível da Revolução Industrial e a toda uma era. Há 10 anos, o governo francês vem preparando o fechamento das minas, que já foi um dos setores que mais criavam empregos. Em 1946, a indústria de mineração francesa empregava 358 mil pessoas. Agora, os 4.265 mineiros ainda em atividade vão continuar trabalhando para desmontar as minas ou transformá-las em atrações turísticas.<sup>2</sup>*

O Estado de São Paulo, 24 de abril de 2004.

---

<sup>2</sup> O fim das minas foi assunto das manchetes dos jornais e bistrôs da França, pois a empatia francesa com os mineiros se tornou parte da consciência nacional depois que Emile Zola publicou, no final do século 19, o romance *Germinal*, no qual conta a história da solidariedade dos mineiros e de suas famílias nos tempos difíceis durante uma greve. Desde então, os gueles noires (cara pretas), como são chamados os mineiros, se tornaram ídolos na França.

## CAPÍTULO 2 CICLOS ECONÔMICOS: CRESCIMENTO, CRISES E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

---

### 2.1 ONDAS LONGAS E A TEORIA DOS CICLOS ECONÔMICOS

Os estudos sobre a teoria dos ciclos econômicos analisam a ocorrência – e a frequência – das crises mundiais que afetaram a economia mundial desde a Revolução Industrial e sua associação com períodos de expansão econômica. Uma das suas bases principais é de que um ciclo representa um padrão estruturado das economias capitalistas. A teoria austríaca do ciclo econômico explica os ciclos como consequência de um crescimento artificial da economia devido a políticas econômicas equivocadas que patrocinam excessiva concessão de crédito e taxas de juros incoerentes com o contexto econômico real (MAHONEY, 2001). Segundo Hayek (1993), os aportes monetários, ao diminuir a taxa de interesse abaixo da chamada “taxa natural”, distorcem a estrutura de produção e criam bolhas especulativas e uma poupança menor. Com base na *Theory of Money and Credit* de Mises (MISES, 1953), Hayek mostrou como as flutuações na produção e no emprego em toda a economia estão relacionados à estrutura de capital da economia (HAYEK, 1993).

A versão mais influente da teoria dos ciclos por propagação deve-se a Joseph Alois Schumpeter (1883-1950), que defende que a perturbação motivadora do início de um ciclo é dada por uma inovação. Segundo sua teoria, haveria uma periodicidade de ciclos longos, ou ondas longas, de cinquenta ou sessenta anos, da forma proposta por Kondratieff (LIMA, 2011). O cientista russo Nikolai Dmitriyevich Kondratieff (1892-1938) é considerado o fundador da teoria da onda longa, mas ele não foi a primeira pessoa a fazê-lo. Dois holandeses, Van Gelderen em 1913 e Wolff, em 1921, mostraram a existência de ondas longas antes dele. Durante a sua

pesquisa econômica entre 1919 e 1921, Kondratieff descobriu que, além de ciclos curtos de até três anos e ciclos de médio prazo de até onze anos de duração, também há ciclos de ondas longas que variam entre 45 e 60 anos (NEFIODOW, 2017). Kondratieff (1935) afirma a existência de ondas longas e nega que possam surgir de causas aleatórias, mas, sim, de causas inerentes às essências da economia capitalista. A partir daí, catalogou informações e dados de países como França, Inglaterra, Estados Unidos e Alemanha procurando demonstrar empiricamente que os mecanismos que explicam a existência e o comportamento das ondas longas são derivados do surgimento de modificações técnicas, guerras e revoluções, assimilação de novos países dentro da economia mundial. Do ponto de vista das modificações técnicas de produção, observa que estas têm, indubitavelmente, papel muito influente sobre o curso do desenvolvimento do capitalismo. As modificações técnicas de produção presumem que relevantes descobertas e invenções científicas foram feitas e que é economicamente viável utilizá-las. O desenvolvimento das técnicas, em si, é parte do ritmo das ondas longas (KONDRATIEFF, 1935). O quadro 1 apresenta os períodos de referência para os três longos ciclos, de forma aproximada, visto que o Kondratieff coloca em sua teoria referências temporais com alguma variabilidade, sendo que o período de encerramento do terceiro longo ciclo é uma estimativa do próprio autor.

Quadro 1: Longos ciclos de Kondratieff

Longos ciclos	Períodos
Primeira longa onda	Aproximadamente entre 1790 e 1844
Segunda longa onda	Aproximadamente entre 1844 e 1896
Terceira longa onda	Aproximadamente entre 1896 e 1920

Fonte: Kondratieff (1935). Elaborado pelo autor.

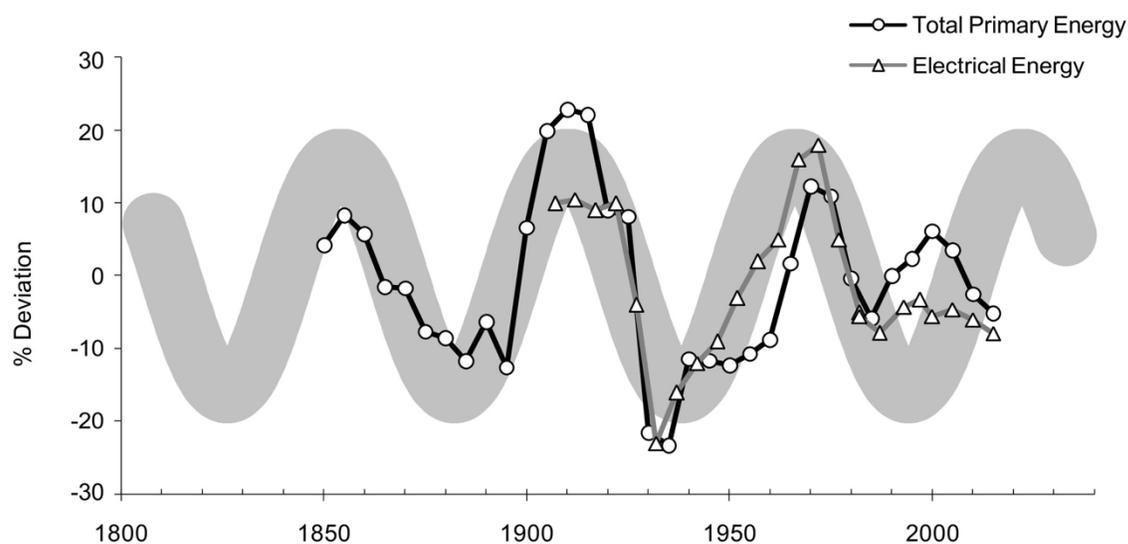
Alguns críticos questionam a teoria das ondas longas, especialmente seu princípio de regularidade e recorrência; entretanto, no geral, concordam que as inovações tecnológicas sejam fator determinante na criação de ciclos de econômicos, responsáveis por mudanças estruturais na dinâmica das economias capitalistas (FRISCHTAK; ROSEMBERG 1985).

John Maynard Keynes (1883-1946) reconhece a existência de ciclos econômicos, incluindo a regularidade de ocorrência e duração, justificando como sendo o mesmo o resultado de uma variação cíclica na eficiência marginal do capital, a qual depende da relação entre o preço de oferta de um ativo de capital e a sua renda esperada (LIMA, 2011). A eficiência marginal do capital (taxa de lucro) relaciona-se a expectativa de retorno que tem um investidor ao adquirir um determinado bem de capital (BRESSER-PEREIRA, 1973). Este retorno esperado será fruto de um fluxo de rendas futuras geradas pela venda dos produtos, enquanto durar o bem de capital, das quais serão subtraídos os custos necessários na confecção de tais produtos. Keynes ainda destacava o fenômeno da crise como uma característica típica do ciclo econômico, onde a inversão de uma fase ascendente para uma descendente costumava ocorrer de modo abrupto e violento – crise – ao passo que a passagem de uma fase descendente para uma ascendente costumava ocorrer de modo gradual e suave. Portanto, tanto Keynes, como Schumpeter acreditavam que a compreensão dos movimentos cíclicos da economia estava na flutuação do nível de investimento, associado a aquisição de equipamentos do setor produtor de bens de capital, ampliação da capacidade produtiva e, finalmente, expansão da produção corrente de bens de capital. Também Michal Kalecki (1899-1970) considerava o investimento como variável estratégica para estudo dos ciclos e acreditava ser o progresso técnico o principal determinante do investimento (LIMA, 2011).

Modis (2017), realizou uma série de experimentos estatísticos para evidenciar o ciclo de Kondratieff, testando desde situações naturais, como atividades de furacão no Oceano Atlântico e incidência de manchas solares, até

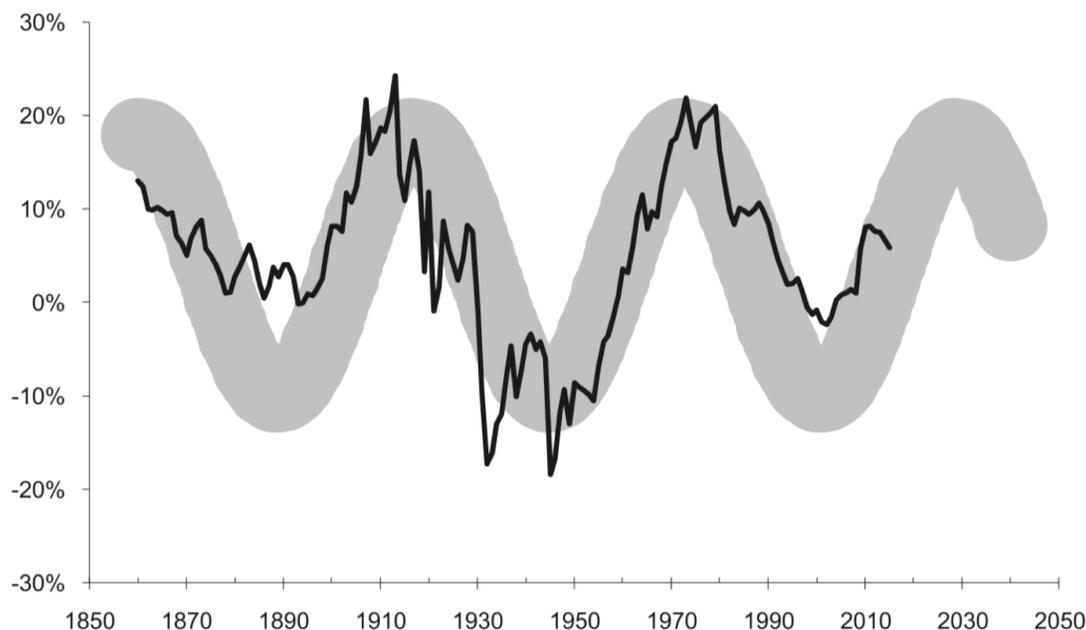
situações típicas da sociedade humana, como a incidência de falhas bancárias e a taxa de homicídios por cem mil habitantes nos Estados Unidos. Modis acredita que a controvérsia existente sobre a teoria dos ciclos longos se deve ao uso de dados ambíguos e imprecisos, no caso, indicadores monetários e financeiros. A inflação e as flutuações cambiais decorrentes de especulações ou circunstâncias político-econômicas podem ter um grande efeito imprevisível sobre os indicadores monetários. Variáveis “físicas” como o consumo de energia não estão sujeitas a especulações e interpretações pessoais do pesquisador; são inequivocamente definidas e medidas com precisão. Replicando e atualizando outros trabalhos existentes, Theodore Modis pesquisou a existência do ciclo de Kondratieff utilizando variáveis físicas, como a análise com dados sobre consumo de energia nos EUA. A figura 5 mostra os desvios de uma tendência de crescimento logístico para o consumo anual de energia nos EUA. Energia primária total (pequenos círculos); energia elétrica (pequenos triângulos). A ampla faixa cinza é uma onda senoidal com período de 56 anos.

Figura 5: Desvios de uma tendência de crescimento logístico para o consumo anual de energia nos EUA



Fonte: Modis (2017).

Figura 6: Variação do consumo mundial de energia per capita. Dados anuais para a energia total per capita consumida em todo o mundo (linha preta). A ampla faixa cinza é uma onda senoidal com período de 56 anos.



Fonte: Modis (2017).

A figura 6 indica uma oscilação evidente e bastante regular dos dados com um período de 56 anos e sugere que a energia é consumida mais vorazmente em alguns momentos do que em outros. Tanto se utilizando dados da sociedade americana quanto dados mundiais, o consumo de energia foi até 20% maior do que o esperado durante alguns períodos e até 20% menor do que esperávamos em outros períodos. O aumento do consumo de energia é evidentemente relacionado a um maior crescimento econômico e prosperidade, enquanto o consumo de energia diminuído reflete recessão econômica, estagnação ou depressão. Em outras palavras, os estudos produziram evidências independentes para um ciclo

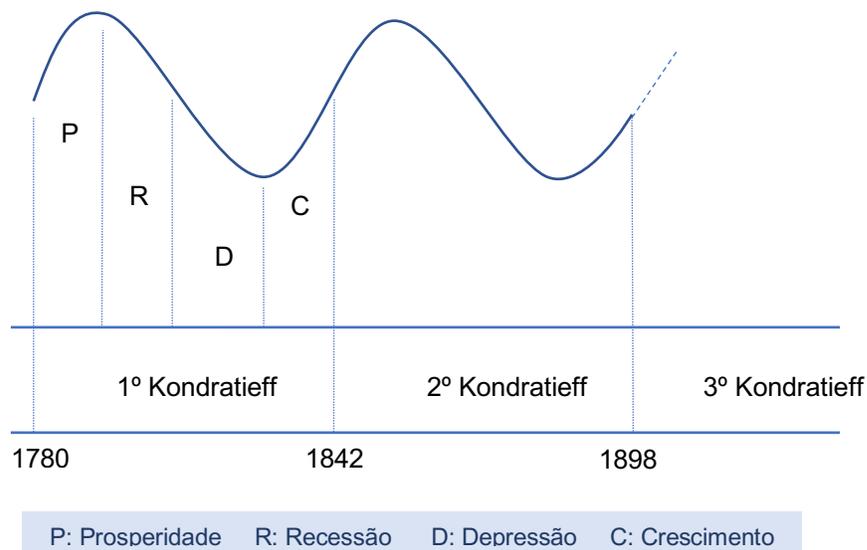
econômico com um período de 56 anos, também conhecido como o ciclo econômico de Kondratieff (MODIS, 2017).

## 2.2 OS CICLOS KONDRATIEFF SEGUNDO SCHUMPETER

Em seu trabalho *Business Cycles*, Schumpeter destacou a importância fundamental das inovações como fator determinante no desenvolvimento econômico. Ele também cunhou o termo "ciclo Kondratieff" e, assim, ligou o nome do economista russo ao fenômeno das ondas longas (NEFIODOW, 2017). Para Schumpeter, os períodos de expansão econômica estão relacionados ao fato de que o empresário inovador, ao criar novos produtos, rompe determinada inércia econômica ao estabelecer um novo paradigma tecnológico, o qual passa a ser seguido por outros empresários, que aplicam recursos para produzir bens semelhantes àquele criado pelo primeiro. Assim, uma onda de investimentos de capital alavanca a economia, gerando prosperidade e expansão dos níveis produção e de emprego. À medida que as inovações tecnológicas são absorvidas pelo mercado, a taxa de crescimento econômico arrefece e se inicia um processo recessivo derivado da redução dos investimentos e mesmo do consumo, afetando o nível de emprego. Um novo ciclo depende da ocorrência de outra inovação tecnológica. Esta descontinuidade, alternância entre prosperidade e recessão, é vista como parte do processo maior de desenvolvimento econômico. (SCHUMPETER, 1997). A partir do trabalho de Kondratieff, Schumpeter propôs na década de 1930 que algumas inovações importantes foram a raiz das fortes ondas econômicas que começaram aproximadamente em 1785, 1840 e 1895. Sua hipótese acabou levando a um trabalho influente em 1979 conduzido por Gerhard Mensch. No livro *Stalemate in Technology: Innovations Overcome the Depression* Mensch catalogou mais de cem inovações que fizeram contribuições significativas para a sociedade industrial entre 1750 e 1950. Quando ele plotou a frequência de importantes inovações contra o ano em que foram inventadas, descobriu que um

*cluster* de inovações surge uma vez a cada cinquenta ou sessenta anos, o mesmo período observado no trabalho de Kondratieff (POIRE, 2011). Segundo Schumpeter, o primeiro Kondratieff significa a revolução industrial, incluindo o prolongado processo de absorção dos seus resultados, e é datado pelo período entre os anos oitenta do século XVIII até 1842. O segundo cobre a chamada era da máquina a vapor e do aço e compreende o período entre 1842 e 1897. O terceiro Kondratieff é formado pelo surgimento da eletricidade, inovações na química e na produção dos motores e é datado de 1898 em diante (SCHUMPETER, 1939). A figura 7 representa os ciclos de Kondratieff.

Figura 7: Ciclos de Kondratieff, segundo Schumpeter.



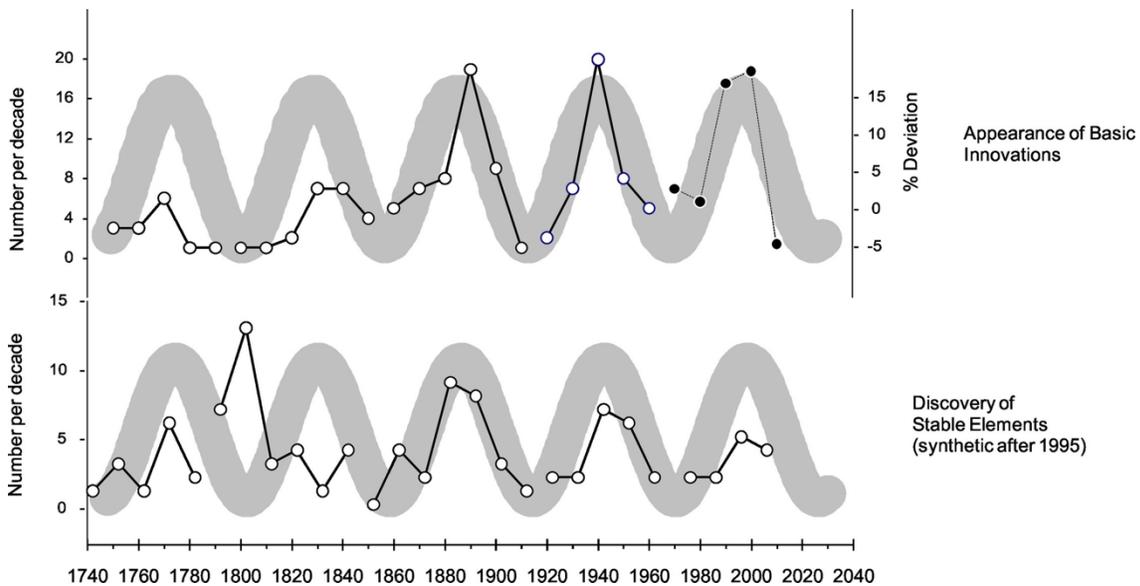
Fonte: Schumpeter (1939). Adaptado pelo autor.

## 2.3 O PROCESSO DA DESTRUIÇÃO CRIATIVA

Ao tratar do capitalismo, se trata também de um processo evolutivo, visto que este é, por natureza, uma forma ou método de transformação. As transformações sociais, como guerras e revoluções, e mesmo fenômenos como o crescimento demográfico orgânico, não constituem seu móvel principal. O impulso fundamental que põe e mantém em funcionamento a máquina capitalista advém dos novos bens de consumo, dos novos métodos de produção ou transporte, dos novos mercados, e das novas formas de organização produtiva criadas pela empresa capitalista. Trata-se de um processo de mutação empresarial que revoluciona incessantemente a estrutura econômica a partir de dentro, destruindo incessantemente o antigo e criando elementos novos. Essas revoluções não são permanentes no sentido estrito, pois ocorrem em explosões discretas, separadas por períodos de relativa calma. Entretanto, o processo, como um todo, jamais pára, visto que há sempre uma revolução ou a absorção dos resultados de uma revolução, formando o que é conhecido como ciclo econômico. É desse processo que se constitui o capitalismo e a ele deve se adaptar toda empresa capitalista para sobreviver. Existe, inerente ao sistema capitalista, uma tendência para a autodestruição (SCHUMPETER, 1961). A ideia de destruição criativa em Schumpeter destaca o caráter disruptivo, revolucionário, que caracteriza a interferência das inovações tecnológicas sobre as economias e seu papel como agente fundamental no processo de desenvolvimento econômico. A motivação deste fenômeno se explica pela visão do empresário sobre a possibilidade de auferir lucros com a inovação. Ao longo do tempo, a cada onda de investimento em tecnologia, uma onda de inovação é gerada (KON, 2017).

Theodore Modis (MODIS, 2017) realizou experimentos utilizando como variáveis o número de patentes em todo o mundo, entendendo que o número exato de inovações pode estar sujeito a debate e o viés pessoal não pode ser excluído em sua definição. A figura 8 utiliza dados sobre o número de patentes para invenções em todo o mundo, que foi tomada como referência concreta para a aparição de inovações para esse período. No eixo vertical da direita, vemos o desvio percentual de uma tendência de crescimento ajustada no número total de patentes.

Figura 8: Inovações básicas e elementos estáveis



Fonte: Modis (2017).

No topo, vemos o surgimento de inovações (círculos abertos) no eixo vertical esquerdo; também desvios em uma tendência para o aparecimento de patentes (pontos pretos) no eixo vertical direito. As bandas cinzas são ondas de seno idênticas com um período de 56 anos.

Com o se nota na figura 8, a variação ao longo do tempo tanto para o número de inovações como para os desvios da tendência das patentes parece bem sincronizada com um ciclo de 56 anos (faixa cinza). Pode-se supor que as inovações aumentam durante as dificuldades econômicas em função de uma reação natural das pessoas para tornar-se mais empreendedor quando economicamente oprimido. Mas esse raciocínio coincide com a explicação de Schumpeter quanto à existência do ciclo de Kondratieff, ou seja, uma nova onda é causada pelo agrupamento de inovações (MODIS, 2017).

## **2.4 AS ONDAS LONGAS E AS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS**

As inovações, evidentemente, vêm marcando a evolução das sociedades humanas desde seus primórdios e alguns períodos de revoluções tecnológicas iniciaram longas ondas econômicas: a revolução tecnológica indo-europeia (1900-1100 a.C.), a revolução tecnológica celta e grega (700 - 200 a.C.), a revolução tecnológica alemã e eslava (300 - 700 d.C.), a revolução tecnológica medieval (930 - 1200 d.C.) e a evolução tecnológica do Renascimento (1340 -1470 d.C.) (SHIMULA, 2009). Talvez pudesse ser ainda acrescentado a esta lista o período marcado pelo Império Romano com suas evoluções tecnológicas nos campos da tecnologia hidráulica, tecnologia da construção, tecnologia dos transportes terrestres, entre outros (ALARCÃO, 2004).

A partir da propagação da teoria das ondas longas por Schumpeter, nos anos 1920, vários autores vêm atualizando este modelo a partir das inovações surgidas na história e seus impactos sobre a economia e a sociedade (SAFFO, 1997; BURNAM-FINK, 2011). Existe certa aproximação entre os anos que são adotados para delimitar o período de cada onda longa. É também perceptível o fato de que determinadas inovações que potencialmente contribuíram para impulsionar um novo ciclo econômico, foram concebidas em algum momento do ciclo anterior. O que se discutirá mais adiante é o encurtamento destes períodos.

### **2.4.1 A primeira onda**

A primeira onda, na teoria adotada por Schumpeter, é marcada pela primeira fase da Revolução Industrial, que foi impulsionada por novas tecnologias como a invenção da máquina a vapor em 1712 por Thomas Newcomem (1664 a 1729) e seu aperfeiçoamento por James Watt (1736 a 1819). Watt, além de adicionar uma câmara de condensação separada que permitiu reduzir a perda de energia e assim gerar ganhos significativos de eficiência, posteriormente incorporou também outras modificações como um mecanismo derivado do sistema biela-manivela inventado por Matthew Wasbrough (1753 a 1781) e patenteado em 1780 que permitiu

transformar o movimento retilíneo alternado do êmbolo da máquina a vapor em um movimento rotativo, o que contribuiu para expansão da sua aplicação (HULSE, 2001; TAVARES, 2008). O uso da energia hidráulica se expandiu e a indústria têxtil foi um dos setores econômicos mais representativos deste período histórico (WRIGLEY, 2013).

#### **2.4.2 A segunda onda**

A segunda onda tem como tecnologias motivadoras e indústrias determinantes as modernas instalações de transporte e comunicação (destacando-se o sistema ferroviário, o telégrafo, o navio a vapor), o cimento Portland (LINSTONE; DEVEZAS, 2012). A descoberta de novos processos siderúrgicos como os processos Siemens Martin (1865), Bessemer (1870) e Thomas (1888), permitiram a obtenção do aço em escala industrial e deram impulso a uma nova era de desenvolvimento. À medida que a produtividade aumentava, os custos de produção e os preços caíam drasticamente. Entre 1882 e 1885 o custo médio de produção de um litro de querosene caiu cerca de 70%, o processo Bessemer de produção de aço reduziu o custo dos trilhos de aço em 88% desde início da década de 1870 até o final da década de 1890, assim como o preço do custo do alumínio foi reduzido em 96% pelo processo de refinação eletrolítica inventado na década de 1880 (JENSEN, 1993).

#### **2.4.3 A terceira onda**

A terceira onda, caracterizada entre o final do século XIX e primeira metade do século XX, foi uma revolução tecnológica que teve entre as principais inovações o desenvolvimento da eletricidade, do motor a combustão interna, de produtos químicos com base científica e das primeiras tecnologias de comunicação, como invenção do telefone e do rádio e a difusão do telégrafo. Um conjunto de macroinvenções preparou o terreno para o surgimento de microinvenções nos

campos da agropecuária, indústria e comunicações. Um aumento repentino e drástico de aplicações tecnológicas transformou os processos de produção e distribuição, criando uma enxurrada de novos produtos que mudou de maneira decisiva a localização das riquezas e o poder que passou a se concentrar nos EUA e Alemanha (CASTELLS, 2006).

#### 2.4.4 A quarta onda

A quarta onda, que tem como referência o início da segunda metade do século XX, é marcada pelo primeiro computador, o ENIAC, desenvolvido em 1946 por Mauchly e Eckert na Universidade da Pensilvânia, a invenção do transistor em 1947 pelos físicos Bardeen, Brattain e Shockley, da Bell Laboratories, pela invenção do circuito impresso em 1957 por Jack Kilby da Texas Instruments, do microprocessador em 1971 por Ted Hoff da Intel Corporation. Alterações significativas na velocidade das inovações já são notadas. A chamada Lei de Moore preconiza que o número de transistores num *chip* dobra a cada dezoito meses, mantendo o mesmo custo. A Lei de Moore serve como referência não só para *chips*, mas também para equipamentos que utilizam a microeletrônica como insumo principal (TIGRE; NORONHA, 2013). O preço dos semicondutores cai 85% em apenas três anos, entre 1959 e 1962, enquanto que o preço do tecido de algodão demorou setenta anos (de 1780 a 1850) para cair os mesmos 85%. A melhoria do *design* dos *chips*, com o auxílio de computadores e de dispositivos microeletrônicos, fez o preço médio dos circuitos impressos cair de US\$ 50 em 1962 para US\$ 1 em 1971 (CASTELLS, 2006).

O conjunto destas invenções abriu caminho para o surgimento dos computadores pessoais, como o Altair 8800 desenvolvido em 1975 por Ed Roberts, que inspirou o Apple 1 (1976) e Apple 2 (1977). Em seguida foi lançado o PC - *Personal Computer* pela IBM (1981). Em 1984 a Apple lança o Macintosh. O desenvolvimento da optoeletrônica (transmissão por fibra ótica e laser) e da tecnologia de transmissão por pacotes digitais promoveram surpreendente expansão da capacidade das linhas de transmissão. Esta tecnologia, combinada

com arquiteturas avançadas de comutação e roteamento, como ATM (modo de transmissão assíncrono) e TCP/IP (protocolo de controle de transmissão e protocolo de interconexão) formaram a base para o surgimento da internet. (CASTELLS, 2006). Outras inovações incluem o controle e desenvolvimento da energia nuclear, a expansão da aviação comercial, o desenvolvimento da produção de satélites e a corrida espacial. A robótica surge apoiada no desenvolvimento da microeletrônica e é aplicada na automação industrial, iniciando um novo ciclo de substituição do trabalho humano em indústrias como a automobilística.

#### **2.4.5 A quinta onda**

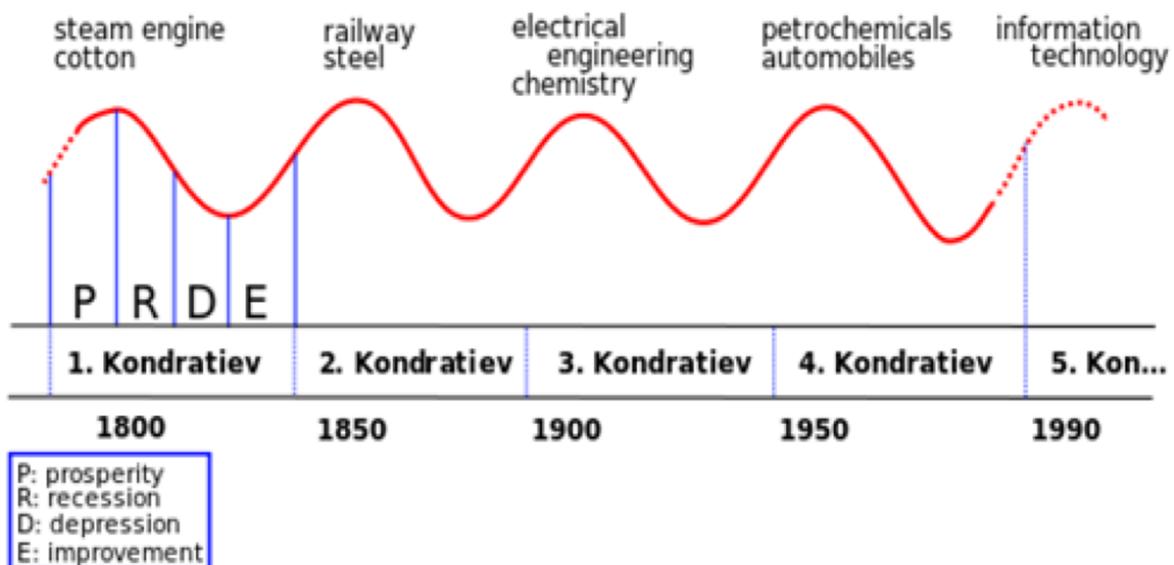
A quinta onda, com início na década de 90 do século XX, é fortemente baseada nas chamadas TIC – tecnologias da informação e comunicação, com a expansão da telefonia celular digital, a explosão das redes digitais, o crescimento da indústria de *software*, o desenvolvimento do UHF (*Ultra High Frequency*) RFID (*Radio Frequency Identification*) pela IBM, o desenvolvimento das tecnologias de geolocalização, como GPS (*Global Positioning System*), AGPS (*Assisted Global Positioning System*), GSM (*Global System for Mobile Communications*) e o surgimento das novas mídias sociais digitais. Este período foi chamado por Manuel Castells (2006) de a *Era da Informação*, caracterizada por uma economia informacional, global e em rede:

Chamo-a de informacional, global e em rede para identificar suas características fundamentais e diferenciadas e enfatizar sua interligação. É informacional porque a produtividade e a competitividade de unidades ou agentes nessa economia (sejam empresas, regiões ou nações) dependem basicamente de sua capacidade de gerar, processar e aplicar de forma eficiente à informação baseada em conhecimentos. É global porque as principais atividades produtivas, o consumo e a circulação, assim como seus componentes (capital, trabalho, matéria-prima, administração, informação, tecnologia e mercados) estão organizados em escala global, diretamente ou mediante uma rede de conexões entre agentes econômicos. É rede porque,

nas novas condições históricas, a produtividade é gerada, e a concorrência é feita em uma rede global de interação entre redes empresariais (CASTELLS, 2006, p. 119).

Uma característica importante associada às tecnologias da informação e comunicação e sua influência sobre a economia e as organizações produtivas, diz respeito ao caráter disruptivo de muitas inovações, que conferem maior instabilidade ao cenário empresarial. As inovações incrementais, embora amplamente utilizadas como estratégia de sobrevivência e crescimento das organizações parecem, no caso da chamada indústria da Tecnologia da Informação e Comunicação, não garantir efetiva sustentabilidade se adotadas de forma isolada, frente aos desafios impostos por novos entrantes que adotam tecnologias e modelos de negócio radicalmente novos e, por vezes, desenhados especificamente para explorar certas oportunidades tecnológicas (TIGRE, NORONHA, 2013). A figura 9 apresenta o conjunto das cinco ondas de inovação.

Figura 9: Representação das cinco ondas de inovação – Kondratievs



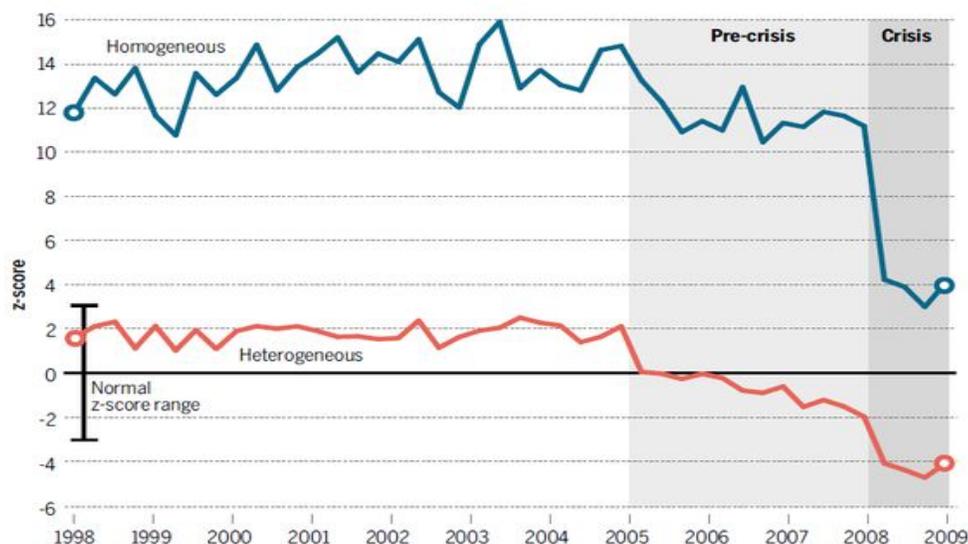
Fonte: Kondratieff Wave (2017).

Em sua obra *The Age of Discontinuity*, publicada em primeira edição em 1969, Peter Drucker alertava para o fenômeno da descontinuidade como uma mudança que se acentuava por conta do perfil das tecnologias que estavam surgindo, como o computador. Drucker apontava que as mudanças econômicas ocorridas nas duas décadas anteriores tinham sido em grande parte conduzidas por indústrias que já eram relevantes e baseadas em tecnologias do início do século XX, frutos de invenções da última metade do século XIX, uma época de continuidades. O autor vislumbrava uma mudança de cenário e indicava o conhecimento como recurso econômico central, em função de um novo tipo tecnologia, que se colocava como ofensora não somente de uma aceleração do ritmo das mudanças, mas, sim, de todo uma era de descontinuidade (DRUCKER, 1974). É sabido que a teoria econômica tradicional não pode prever os colapsos do sistema financeiro e seus efeitos normalmente duradouros sobre a economia global. A enorme crise de confiança que varreu o mundo em 2008, a partir da explosão da bolha imobiliária no mercado estadunidense, aumentou o interesse no uso dos conceitos relativos a teoria da complexidade como recurso para se tentar antecipar e gerenciar as futuras crises dos mercados econômicos e financeiros (BATTISTON, 2016). De acordo com a teoria do pensamento complexo, os fenômenos não são simples, eles são compostos por emaranhados de variáveis, onde cada sistema cria suas próprias determinações e as suas próprias finalidades sem perder a harmonia com os demais sistemas com os quais interage (MORIN, 2007).

Os mercados financeiros historicamente exibiram colapsos repentinos e em grande parte imprevisíveis, a uma escala sistêmica. A quebra da bolsa americana em 1929 é um exemplo sintomático deste comportamento. As análises de sistemas complexos revelam, entretanto, que antes de uma grande transição há muitas vezes uma perda de resiliência gradual e despercebida. Isso torna o sistema frágil: uma pequena interrupção pode desencadear um efeito tipo dominó que se propaga através do sistema e o impulsiona para um estado de crise. Um estudo sobre a rede interbancária holandesa mostrou que um modelo de rede mais realista e

heterogêneo poderia identificar um sinal de alerta precoce três anos antes da crise de 2008, como indicado no gráfico 5.

Gráfico 5: Sinais de aviso prévio de 2008 na rede interbancária holandesa



Fonte: Battiston (2016).

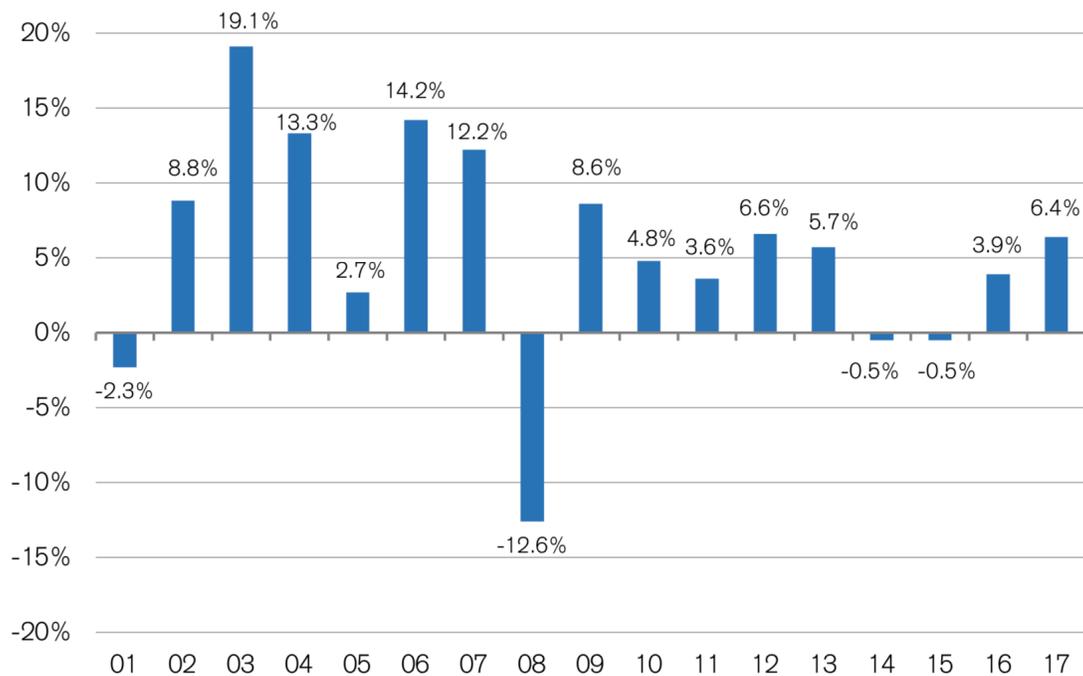
## 2.5 A SEXTA ONDA

Os ciclos longos foram descritos originalmente como possuidores de uma frequência entre 45 e 60 anos (NEFIODOW, 2017). O que alguns autores têm destacado, diferentemente dos conceitos originais de Schumpeter e Kondratieff, é uma aparente aceleração das ondas, devido à aceleração do progresso científico, com ciclos ocorrendo em períodos cada vez menores. Assim que uma inovação ou cadeia de inovações se torna disponível, torna-se mais eficiente investir na sua adoção, extensão e uso do que na criação de novas inovações (KONDRATIEFF WAVE, 2017). Este comportamento de aceleração do processo de desenvolvimento

de novas tecnologias e mesmo da velocidade de expansão de sua aplicação no mercado e adoção por um número maior de consumidores não depende apenas de uma suposição da continuação da Lei de Moore (que trata do encolhimento exponencial dos tamanhos de transistores que podem ser aplicados num circuito integrado e que pode ser entendida também como uma relação que trata da contínua redução de custos destes componentes e de equipamentos correlatos em relação ao tempo), mas em modelos que mostram que o ritmo das mudanças tecnológicas avança exponencialmente e não linearmente (KURZWEIL, 2001). Certa regularidade no encurtamento das ondas longas de inovação tecnológica pode se relacionar com a *sequência de Fibonacci* e a chamada razão de ouro ou *sectio aurea* - representada pelo número 1,618 - que poderia ser explicado pela sua relação com o crescimento da riqueza na sociedade ou na produtividade econômica (SHIMULA, 2009). A comparação entre os tempos dispendidos para se atingir 50 milhões de usuários, usada como uma referência para se avaliar a velocidade de propagação de uma nova tecnologia, serve como manifestação indicativa para a questão da aceleração. Comparativamente, enquanto o telefone precisou de setenta e quatro anos, o rádio trinta e oito anos e a televisão dezesseis anos para atingir cinquenta milhões de usuários, o celular precisou de cinco anos, a internet de quatro anos e o Skype de dois anos (PRETTO; SILVEIRA, 2008). A tecnologia *mobile* precisou de apenas 50 dias (DIGITALKS, 2016) e estima-se que novas tecnologias digitais precisem de apenas 35 dias para atingir cinquenta milhões de usuários (ERNEST&YOUNG, 2017).

A sexta Kondratiev já está começando. Toda onda de inovações dura aproximadamente até que os lucros gerados por ela aos setores produtivos caiam ao nível de outros setores mais antigos e mais tradicionais. É uma situação em que a tecnologia, tendo atingido seus limites em termos de estímulo econômico, precisa ser substituída por outra tecnologia nova para que esses limites sejam superados. Toda onda converge então, ao seu final, para uma crise econômica típica e estagnação. A crise em 2007-2010 é resultado do fim da onda da revolução das tecnologias da informação e das telecomunicações. O fim da quinta onda. O gráfico 6 mostra a queda na evolução da riqueza mundial a partir da crise de 2008.

Gráfico 6: Variação anual percentual na riqueza total global, 2000-2017



Fonte: Credit Suisse (2017).

O relatório “*Surfing the sixth wave: Exploring the next 40 years of global change*” considera que os níveis permanentemente altos dos preços das commodities, assim como o agravamento das tensões ambientais, são indicativos do surgimento de uma nova onda de Kondratiev, que é permanentemente impulsionada pelo esforço para melhorar a eficiência dos recursos. A produtividade dos recursos é o principal motor de mudanças tecnológicas, econômicas e sociais. Parte das tecnologias que compõem este novo *cluster* que impactará sobre a economia e sociedade é conhecido. A sexta onda pode ter como tecnologias condutoras a biomedicina, o motor a hidrogênio e os robôs, sendo atuante num

período aproximado entre 2015 e 2035. Como em todos os ciclos longos, no período de recessão de uma onda nascem as sementes da próxima (SHIMULA, 2009). Cada onda é iniciada por uma revolução tecnológica específica, como representado no quadro 2:

Quadro 2: Períodos de referência e respectivas revoluções tecnológicas

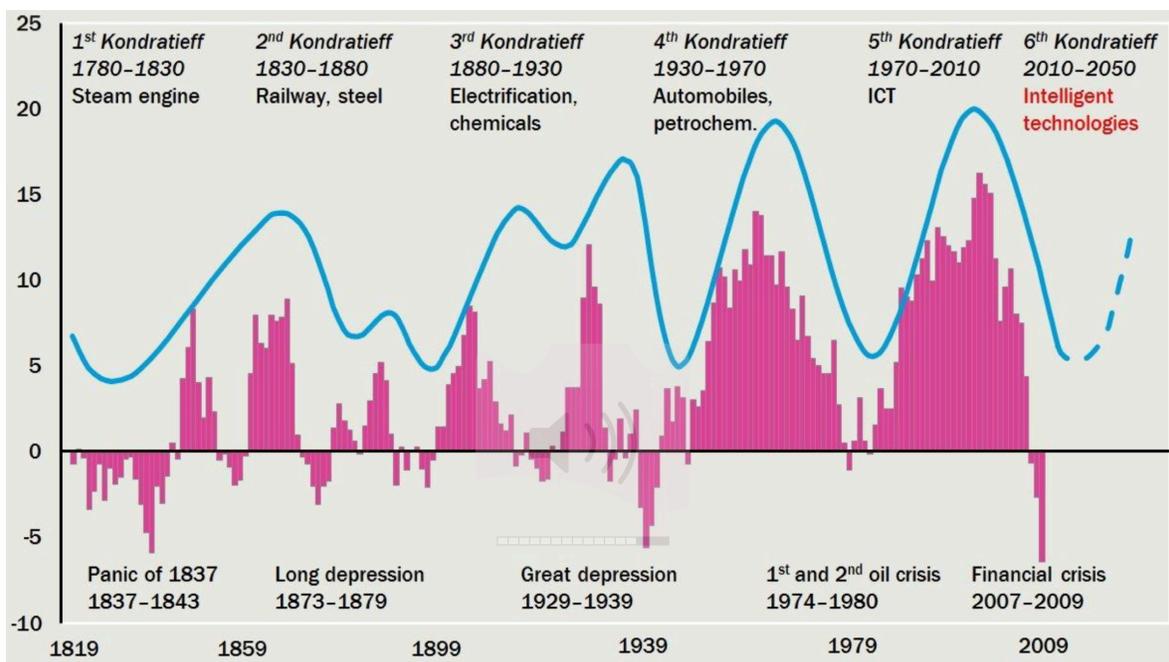
Período de referência	Revoluções tecnológicas
1600 – 1780	A onda da revolução financeiro-agrícola
1780 – 1880	A onda da revolução industrial
1880 – 1940	A onda da revolução técnica
1940 – 1985	A onda da revolução científico-técnica
1985 – 2015	A onda da revolução da informação e das telecomunicações
2015 - 2035 (?)	A onda da revolução da biomedicina, motores a hidrogênio e robôs

Fonte: Shimula (2009). Adaptado pelo autor.

Durante a próxima onda, as economias serão impulsionadas por tecnologias ambientais, biotecnologias, nanotecnologias e cuidados de saúde. Seus efeitos serão alavancados pela digitalização e pelo aumento exponencial do poder computacional, ambos legados da onda anterior, que criou circunstâncias favoráveis para o desenvolvimento de novos produtos e serviços. A digitalização trará possibilidades transformadoras no campo da realidade virtual, que estará presente em diversas situações corriqueiras da vida comum. Novos modelos de

negócio incrementarão o fluxo de comunicação e interligação entre diferentes grupos e proporcionarão o desenvolvimento de novas formas de colaboração, negócios e ecossistemas sociais, criando uma segunda economia chamada *nova economia*. Robôs serão capazes de fazer coisas triviais feitas por humanos, desde colher flores até produzir arte. As tecnologias da informação e comunicação continuarão a reduzir dramaticamente os custos de transação (WILENIUS; KURK, 2012). A figura 10 ilustra a relação entre crises econômicas, tecnologias e ondas de inovação.

Figura 10: Crises, tecnologias e ondas de inovação: projeção para a sexta onda.



Fonte: Wilenius e Kurk (2012).

### 2.5.1 Tecnologias verdes

Em termos do uso mais eficiente dos recursos, uma mudança de paradigma aponta no horizonte, sendo três os seus ofensores: as tendências para diminuição dos preços de várias matérias-primas, o nível de eficiência de utilização das matérias primas e fontes de energia que está se tornando cada vez mais crítico nas atuais condições de concorrência crescente, as alterações climáticas e as mudanças nas legislações ambientais estão pressionando as empresas no sentido de utilizarem menos substâncias perigosas ao meio ambiente em suas linhas de produção e atender seus consumidores com produtos que incorporem menos impactos ao meio-ambiente. Estas questões estimularão o desenvolvimento de tecnologias limpas ou sustentáveis. As mudanças demográficas em curso trarão mudanças sociais e econômicas significativas. A expectativa é que a população mundial atinja 9,2 bilhões de pessoas em 2050, sendo que mais de quatrocentos milhões de pessoas estarão com idade acima de oitenta anos. Este fenômeno gerará enormes impactos tanto nos serviços públicos de seguridade social, quanto nos serviços de cuidado com a saúde, estimulando fortemente o crescimento econômico do setor de cuidados com a saúde (MARKKU, SOFI, 2012).

Em 2016, níveis recordes de energia renovável foram acrescentados na matriz mundial, mas por um investimento 23% menor do que o realizado em 2015. Este setor atualmente emprega mais de oito milhões de pessoas, gerando mais empregos na China e Estados Unidos do que o setor de petróleo e gás. Assim, o uso de políticas e estruturas financeiras para fazer crescer mercados tecnológicos verdes pode ajudar a combater as mudanças climáticas, reduzir os níveis de poluição no planeta e criar uma sociedade mais sustentável, a partir da adoção de soluções inovadoras. (UNEP, 2017). É necessária uma transformação radical do sistema energético global nas próximas décadas, para que seja possível estabilizar as concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa. Segundo o Fundo Monetário Internacional, os instrumentos fiscais são as políticas mais eficazes para refletir os custos ambientais nos preços da energia e promover o desenvolvimento de tecnologias mais limpas, ao mesmo tempo que fornecem uma valiosa fonte de

receita. Os baixos preços de energia, as pressões fiscais e a pressão mundial para implantação dos compromissos assumidos no Acordo de Paris criam um momento oportuno para a mudança e estímulo ao desenvolvimento sustentável (IMF, 2017a).

A crise climática se tornou tão aguda que todos os países têm que se envolver na busca de soluções e não há espaço para que as emissões nos países em desenvolvimento alcancem os altos níveis que foram típicos dos países ricos. Os países mais pobres podem desenvolver suas economias sem depender inteiramente de combustíveis fósseis, com novas tecnologias como energia renovável e carros elétricos, abrindo a possibilidade de uma melhoria generalizada do sistema energético mundial. Se entenderem que sua produção de bens pode realmente ser realizada com energia limpa, essa pode ser a oportunidade econômica do século XXI. Cada vez mais, países como a China e a Índia parecem ver as coisas desse jeito (NEW YORK TIMES, 2017).

## **2.5.2 Envelhecimento da população e gastos com serviços de saúde**

Nos Estados Unidos, a força de trabalho continua envelhecendo, fenômeno que também se observa na Europa, no Brasil e em outras partes do mundo. A questão demográfica trará mudanças importantes nas economias e sociedades. A idade média da força de trabalho nos EUA foi de 37,7 anos em 1994, 40,3 anos em 2004, 41,9 anos em 2014, e deverá ser de 42,4 anos em 2024. Com o aumento da proporção da população em grupos etários mais velhos, mais pessoas na força de trabalho estão entrando na idade de aposentadoria primária. Dentro do PIB estadunidense, os serviços médicos continuarão a crescer como parte das despesas de consumo pessoal. Esta categoria deverá representar 18% do consumo em 2024 - maior do que sua participação de 16,7% em 2014 e participação de 15% em 2004 (BLS, 2017). As ocupações e indústrias do setor de saúde devem ter a maior taxa de crescimento em termos de números de emprego e adicionar a maioria dos empregos entre 2014 e 2024, uma estimativa de 3,8 milhões de empregos adicionados ao setor de assistência médica e assistência social naquele país. O

setor de assistência médica e assistência social deverá se tornar o maior empregador no Estados Unidos na próxima década, ultrapassando o setor público e o setor de serviços profissionais e de negócios. O setor de assistência médica e assistência social deve aumentar sua participação no emprego de 12% em 2014 para 13,6% em 2024 (BLS, 2017). Na Alemanha, os gastos com produtos e serviços relacionados à saúde foram de 420 bilhões de euros e este montante representou 19% das despesas gerais de consumo em 2015. O setor de saúde será responsável por cerca de 16% de todos os empregos na Alemanha nos próximos anos (NEFIODOW, 2017).

Um conjunto ou *cluster* de inovações tecnológicas se forma para dar início as ondas de inovação. Diversas novas tecnologias e inovações estão envolvidas na formação da sexta onda, muitas já formadas durante a quinta onda. As biotecnologias ou tecnologias genéticas, as nanotecnologias, entre outras, compõem este *cluster*. Entretanto, não se deve subestimar o que está acontecendo com a tecnologia da informação e comunicação, que vai muito além da utilização dos computadores, mídias sociais e comércio eletrônico da forma como conhecemos.

## **As Novas Tecnologias e os Mecanismos de Impacto no Trabalho**

### **CAPÍTULO 3**

## **Novas Tecnologias e Inovações**

## **Disruptivas**

## CAPÍTULO 3 NOVAS TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES DISRUPTIVAS

*“Nunca houve um momento melhor para ser um trabalhador com habilidades especiais ou educação adequada, porque essas pessoas podem usar tecnologia para criar e capturar valor. No entanto, nunca houve pior tempo de ser um trabalhador com apenas habilidades comuns para oferecer, porque computadores, robôs e outras tecnologias digitais estão adquirindo essas habilidades a uma taxa extraordinária”.*

*Carl Benedikt Frey e Michael Osborne<sup>3</sup>*

---

<sup>3</sup> Osborne, Frey (2013)

## **CAPÍTULO 3           NOVAS TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES DISRUPTIVAS**

---

### **3.1 UMA NOVA ERA DE MUDANÇAS**

Vivemos uma época de mudanças severas. O início do século XXI, que um dia foi imaginado como uma aquarela suave e um tempo de harmonia e realizações tecnológicas, configura-se num ambiente de profundas incertezas e transformações sociais (BAUMAN, 2001).

A convergência de quatro forças econômicas fundamentais - urbanização, tecnologia, demografia e globalização - está produzindo mudanças monumentais. A concorrência global e as mudanças tecnológicas aceleraram o processo de destruição criativa e ultrapassaram a capacidade dos mercados de trabalho de se adaptarem. A criação de emprego é um desafio para a maioria dos decisores políticos, mesmo que as empresas se queixem de lacunas de habilidades críticas. As populações excluídas ou em situação de precariedade social estão buscando as redes de segurança social e, para as sociedades endividadas, o desafio se torna mais urgente à medida que o custo do capital começa a aumentar. O necessário aumento da eficiência continua distante do setor público. A desigualdade de renda está aumentando e atingindo, em alguns casos, as próprias interconexões de comércio, finanças e pessoas que alimentaram o crescimento da renda nas últimas três décadas. Em países dos quatro continentes é comum ver grandes grupos de cidadãos tomando as ruas, impacientes pela mudança (DOBBS et al., 2015).

As inovações tecnológicas, especialmente aquelas relacionadas à transmissão de informações e conexão de sistemas, acentuam a velocidade do fenômeno da globalização (CASTELLS, 2006). Nossa época ainda assiste ao debate entre aqueles que vislumbram somente seus efeitos positivos e outros que

apontam as mazelas causadas por esta transformação social de grande magnitude (HARVEY, 2007).

O trabalho, dentro deste contexto histórico, sobretudo, vem passando por mudanças importantes (LAZZARESCHI, 2009). Sociedades como a brasileira apresentaram a partir da década de 50 do século XX um acelerado processo de mudança no perfil do trabalho dominante. No caso do Brasil, uma sociedade que era predominantemente agrícola - tanto que cerca de dois terços de sua população viviam no campo - transformou-se em uma sociedade industrial, que migrou para os grandes centros urbanos, num êxodo descontrolado à procura do trabalho que surgia nas fábricas (CANO, 2007). Impactos desta mudança podem ser notados sem grande esforço: alterações no comportamento das pessoas (DAVIS; NEWSTROM, 2003), nas relações de trabalho (COCCO, 2000), na paisagem urbana e nos indicadores sociais. Aspectos críticos como a degradação ambiental e a concentração demográfica em grandes centros são subprodutos (XAVIER, 2009).

A formatação do modo de vida dos indivíduos, fortemente influenciada pelos elementos característicos da sociedade capitalista, coloca desafios que vêm se intensificando com a evolução tecnológica (OLIVEIRA, 2002). O indivíduo sem trabalho é um pária, um excluído, um fracassado nesta sociedade. O lazer é admitido em momentos pré-determinados e nas doses permitidas. Prevalece o mecanicismo industrial, seja nas escolas ou na gestão das empresas, mesmo naquelas do setor de serviços (MASI, 1999), resquício de um modelo e de uma cultura cunhada a partir da revolução industrial (TAYLOR, 1990).

A economia se alimenta, e depende fortemente, de um alto nível de consumo dos indivíduos, que consumindo estimulam o desenvolvimento econômico, como se fosse um moto-contínuo (MARX, 1985).

A busca pela inovação (TAIVONEN, 2010), eficiência e ganhos de produtividade estimula o desenvolvimento tecnológico (CASTELLACCI, 2008) e é por ele transformada e acentuada (MALERBA, 2002). Esta interação impacta de maneira relevante o mercado de trabalho, tanto em sua forma, quanto em sua disponibilidade e qualidade (RIFKIN, 2001). Diversos setores investem em

modernização e tecnologia, em busca de crescimento ou simplesmente por questão de sobrevivência. A busca pela eficiência passa pela redução dos postos de trabalho, excluindo pessoas do mercado de consumo (MORAES, 1996).

A criação da internet pode ser vista como uma grande inovação, que não teve apenas um efeito simplesmente substitutivo; portanto, não caberia classificá-la como disruptiva (BOWER; CHRISTENSEN, 1995; CHRISTENSEN, 2006), mas revolucionária. Um exemplo de inovação disruptiva é a fotografia digital, que tornou obsoleta – em termos de escala comercial – a fotografia convencional com seu processo químico de revelação. Esta terminologia tem sido trabalhada por autores como Clayton M. Christensen (1997). Os efeitos da criação da internet ainda reverberam na sociedade atual, modificando a economia, a cultura, os arranjos produtivos, os sistemas educacionais, as formas de organização da sociedade.

Manuel Castells (2006) apresenta na sua obra *Sociedade em Rede* um interessante estudo sobre a questão. Mas a internet não é uma inovação isolada. Novas tecnologias com potencial semelhante vêm evoluindo. Parece que há uma convergência temporal, à medida que estão atingindo um certo grau de maturidade de forma relativamente simultânea. Algumas derivam da própria internet, ou pelo menos se viabilizam a partir dela, enquanto outras não guardam esta relação. Esta convergência acentua a possibilidade de grandes impactos. Ao mesmo tempo, dificulta a construção de cenários futuros, por conta de uma composição mais complexa de interação, aplicações e efeitos.

### **3.2 ENSAIO SOBRE A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL**

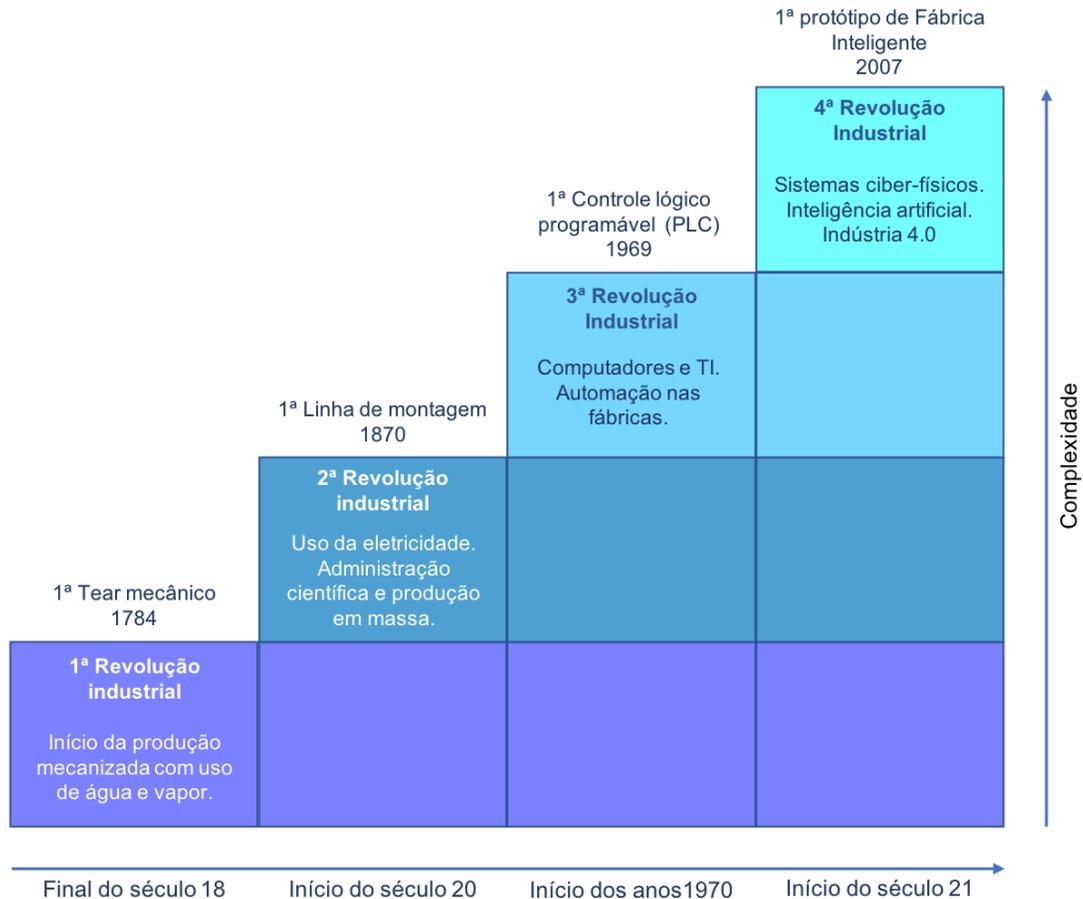
Tem sido comum alguns autores e especialistas nomearem a transformação tecnológica que se apresenta como sendo a “quarta revolução industrial” (KAGERMANN et al. 2013; SCHWAB, 2016). Nesta lógica, a primeira revolução industrial é a própria registrada na história e representada pela adoção da máquina a vapor, como força motriz para a fabricação mecânica. Sua referência temporal, o ano de 1784. A segunda, fruto das inovações geradas pela descoberta da

eletricidade e do início da fabricação em série, embalada pelos princípios da Administração Científica, bastante representada por Frederick Taylor (1856-1915) e Henry Ford (1863-1947). A terceira revolução industrial é referenciada pelo desenvolvimento do computador, pela tecnologia da informação e mesmo pelo crescimento da automação nas fábricas. Esta construção cronológica diverge daquela que é baseada no conceito das ondas de inovação, a partir da teoria aperfeiçoada por Schumpeter (1997). Nesta concepção, estaríamos vivenciando a sexta onda de inovação (SHIMULA, 2009; NEFIADOW, 2017). Já Tofler (2007), faz sua própria leitura, dividindo os períodos de transformação como frutos de uma primeira onda, instalada com a revolução agrícola, uma segunda onda caracterizada pela revolução industrial e a terceira onda conhecida como a *Era da Informação*. Numa visão cheia de esperança, considera que o mundo já vive a quarta onda, que será marcada pela retomada dos valores éticos, pelo respeito ao meio ambiente e pelo retorno aos valores e convívio familiar (TOFLER, 2007). Desta forma, esta discussão sobre a denominação mais adequada: uma sexta onda *versus* a quarta revolução industrial, não é uma questão assim tão determinante. É claro que a denominação tem sua importância ao identificar simbolicamente um fenômeno relevante como o que está sendo discutido. Neste sentido, a expressão “Quarta revolução industrial” tem se propagado e é possível encontrá-la em livros, textos acadêmicos, de empresas e mesmo governos (KAGERMANN et al. 2013; WEF, 2017; PERFIL DA ALEMANHA, 2018). A questão principal neste debate, na verdade, não é a ordem sequencial (se quarta ou sexta) do fenômeno. Merece mais reflexão o uso que se está fazendo do termo “industrial”. Esta nova onda, ou nova revolução, se a visualizarmos pela sua abrangência e complexidade, não deveria ser denominada como industrial. Por algumas razões: do ponto de vista da relevância econômica e de geração de empregos, a indústria há décadas vem perdendo participação na geração de riqueza e na composição do produto interno bruto das nações de economia desenvolvida e em desenvolvimento (EUROPEAN PARLIAMENT, 2015; BLS, 2017; IBGE, 2018). Diferentemente da primeira revolução industrial e daquela gerada pela descoberta da energia elétrica e produção em massa de automóveis, o eixo da transformação deslocou-se do

produto (bem físico) e da indústria para o software, para as tecnologias da informação e comunicação e para o setor de serviços, que é responsável pela grande parcela de geração de riqueza, e mesmo empregos, na esmagadora maioria das economias desenvolvidas e em desenvolvimento. Castells, já falava sobre uma *era informacional* (CASTELLS, 2006) e mesmo de um *capitalismo informacional* (CASTELLS, 2007). Dowbor (2017) avança na discussão sobre a hegemonia conquistada por grandes corporações financeiras que parecem ser as verdadeiras vencedoras e representantes de um novo modelo capitalista. Já do ponto de vista tecnológico, não é possível explicar a complexidade do fenômeno atual considerando-se apenas aquelas tecnologias envolvidas diretamente com as indústrias e seus efeitos. Na verdade, nenhuma segmentação a partir de setores econômicos pode representar de forma ampla o fenômeno tecnológico, econômico e social que está se desdobrando. As próprias tecnologias estão sendo aplicadas indiscriminadamente em todos os setores da economia, se combinando, atingindo e transformando fábricas, bancos, fazendas, construtoras, escolas e governos. Assim, uma denominação que não seja sectária, é mais adequada, como “nova onda de inovação” ou “nova revolução tecnológica”. A expressão “onda de digitalização” também poderia sintetizar este movimento, pelo fato de que o ambiente e o modo de operação que envolve as novas tecnologias e suas aplicações ocorre predominantemente através do meio digital. Na Alemanha têm-se utilizado o termo “quarta revolução industrial” como um sinônimo de “Indústria 4.0” (que será tratada no próximo capítulo desta pesquisa). O termo “quarta revolução industrial” remete, de forma inalienável, ao cenário da “primeira” revolução industrial. Assim, carrega um vício que é o de sugerir que as amplas transformações econômicas e sociais que prosperam neste início do século XXI virão, mais uma vez, da indústria. Como está sendo discutido, o impacto gerado pela aplicação da indústria será proporcional ao peso relativo que o setor exerce sobre a economia e sociedade, o qual é bastante diferente daquele exercido entre o final do século XVIII e início do século XX. A terminologia “Indústria 4.0” parece mais adequada para identificar a transformação que já está ocorrendo nas fábricas e no setor industrial. As diferentes representações destas revoluções industriais, na

linha do tempo, se utilizam de um produto ou de um evento como símbolo de um período e revolução específicos. O tear mecânico ou a máquina a vapor são frequentemente utilizados como símbolos da primeira revolução industrial, assim como o PLC (controle lógico programável) ou o computador para representar a revolução mais recente. Como símbolo desta quarta revolução industrial, frequentemente os sistemas ciberfísicos são utilizados como símbolo ou referência (KAGERMANN et al. 2013; MGI, 2015). Os sistemas ciberfísicos têm a função de conectar o mundo virtual com o mundo físico por serem mecanismos que associam a tecnologia da informação e comunicação, sensores, controladores, robôs etc. Não há dúvida que, do ponto de vista técnico, são parte importantíssima da constituição e viabilização da Indústria 4.0. Mas, numa perspectiva mais sociológica, sua função é discreta, pois trata-se apenas de um dispositivo tecnológico entre tantas inovações e modelos disruptivos. Para a Indústria 4.0, mais simbólico seria representá-la pelas fábricas inteligentes, ou *smart factories*. A figura 11, estruturada na visão de quatro revoluções industriais foi adaptada para representar os estágios evolutivos da manufatura incluindo o protótipo da primeira fábrica inteligente como um símbolo do último estágio, em substituição aos sistemas ciberfísicos.

Figura 11: Evolução das revoluções tecnológicas



Fonte: Kagermann et al. (2013). Adaptado pelo autor.<sup>4</sup>

Nesta nova revolução tecnológica, ou onde de inovação, a difusão da tecnologia digital vem sendo impulsionada principalmente por dois fatores: o ritmo

<sup>4</sup> Manteve-se aqui esta estrutura de quatro revoluções apenas para ilustrar a lógica desta forma de se ver as transformações tecnológicas.

extraordinário do progresso técnico, expresso na chamada *Lei de Moore*, e a convergência do custo marginal de disseminação de informação para zero. Estes fatores reduziram os preços de *hardware* num grau extraordinário.

O co-fundador da Intel, Gordon Moore, previu em 1965 que o número de circuitos integrados dobraria anualmente em relação ao custo dos microprocessadores durante a década seguinte (MOORE, 1998). Esta previsão, como princípio, mostrou-se acertada. O desempenho de supercomputadores dobrou todos os anos entre 1990 e 2012, a eficiência do disco aumentou 67% ao ano e o número de transistores nos *microchips* aumentou 47% ao ano (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2011; MGI, 2017a; MGI, 2017c).

Enquanto a Lei de Moore prevê a duplicação anual da capacidade de memória em *chips* eletrônicos em relação ao seu custo e, portanto, corte rápido de custo de *hardware*, a hipótese de custo marginal zero aponta para o custo cada vez menor de insumos e serviços relacionados a informação (RIFKIN, 2016).

Mesmo que estas não sejam leis em sentido estrito, elas descrevem as principais vantagens da tecnologia digital em relação a analógica: não só é melhor, mais rápida e mais barata, como também continuará se tornando melhor, mais rápida e mais barata no futuro. Isso explica as altas taxas de crescimento da economia digital e a onipresença da tecnologia digital. De uma perspectiva econômica, o mundo da informação difere em alguns aspectos importantes do mundo "analógico" das mercadorias:

- Fortes economias de escala que são reforçadas por efeitos de rede, à medida que ocorrem nas plataformas de informação.
- A queda dos preços de *hardware*, *software* e, especialmente, a abordagem dos custos marginais de obtenção de informação próximos a zero, está fazendo a demanda por bens de informação crescer a taxas exorbitantes, enquanto a tecnologia digital substitui mais e mais o modo tradicional da produção (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016).

Na nova revolução, o arranjo tecnológico abre a possibilidade de expansão econômica, mas exacerba um dos aspectos fundamentais do capitalismo: a produtividade dará certamente um salto quântico a partir da integração das

potencialidades tecnológicas, como Indústria 4.0, internet das coisas, inteligência artificial, internet ubíqua etc. (MGI, 2017c).

Este ganho de produtividade será obtido a partir da ação simultânea sobre os dois componentes que a definem. A produtividade, como conceito, é a relação entre valor produzido e valor consumido para uma determinada produção. Tomando como exemplo as fábricas inteligentes: por um lado, são capazes de produzir em grandes volumes e maior velocidade por utilizarem um nível superior de integração entre sistemas, máquinas inteligentes e inteligência artificial. Por outro, os mesmos sistemas, máquinas e novas tecnologias gerarão enorme redução do trabalho humano que é atualmente necessário para a produção (SHIPP et al., 2012; KAGERMANN et al., 2013).

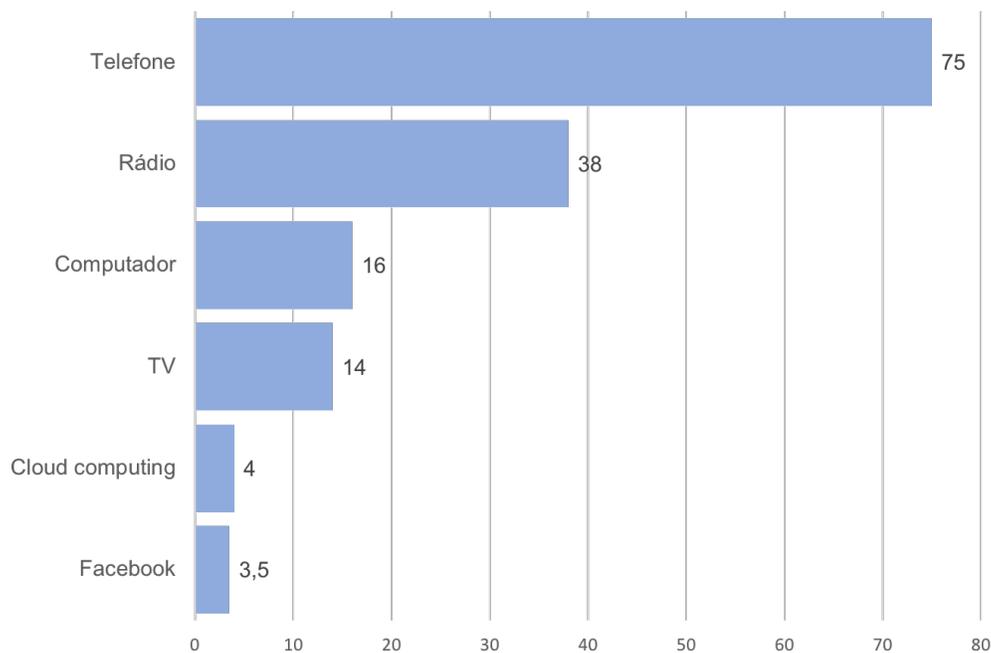
Os efeitos são diversos. Pode-se supor, inclusive, que esta combinação que aumentará enormemente a produtividade e acentuará os lucros financeiros de muitos produtores e investidores, ao mesmo tempo destruirá as empresas e os fabricantes que não tiverem, por falta de capital para investimento ou qualquer outra razão, acesso à nova tecnologia. Isto aprofundará o fenômeno da dominação dos mercados por poucas e gigantescas corporações. Afetará a questão da concorrência e, conseqüentemente, causará desvios na regulação de preços, como já ocorre em alguns setores. Inevitavelmente, se não houver alguma mudança no sistema tributário e nas políticas de distribuição de renda, haverá também maior aprofundamento do fenômeno histórico de concentração de renda e desigualdade social. Além disso, outro componente significativo do intrincado algoritmo capitalista será afetado: o emprego.

A recuperação dos empregos, que vinha ocorrendo através do processo de destruição criativa (SCHUMPETER, 1961), ainda alimenta a esperança de alguns e a crença de outros no surgimento de novos postos de trabalhos. Entretanto, não deve funcionar como nos ciclos anteriores. Uma das razões é de ordem demográfica: as revoluções industriais anteriores ocorreram em momentos de acentuado crescimento populacional; ou seja, a curva da demanda tinha crescimento positivo tanto pelo aumento das populações, quanto pela inserção de parcelas gigantescas de pessoas no chamado mercado consumidor. Fenômeno

que atualmente ainda se observa na China, uma das últimas fronteiras deste "estoque" de demanda (TREVISAN, 2006).

Outra razão tem a ver com a velocidade de consolidação das novas tecnologias e com o próprio ritmo no qual as novas tecnologias vêm surgindo. O tempo anterior de maturação e expansão das tecnologias tinha um padrão diferente da velocidade dos processos atuais. Ora, esta questão pode ser comparada, metaforicamente, a uma situação em que um volume de chuvas traz benefícios ao incidir sobre uma região ao longo de meses; porém, quando incide de forma abrupta e intensa num período curto, traz prejuízos. Assim, a velocidade acelerada e simultânea de introdução das novas tecnologias, com seu ciclo reduzido de expansão, gera impactos maiores. O gráfico 7 mostra o tempo que algumas inovações demoraram para atingir cinquenta milhões de usuários.

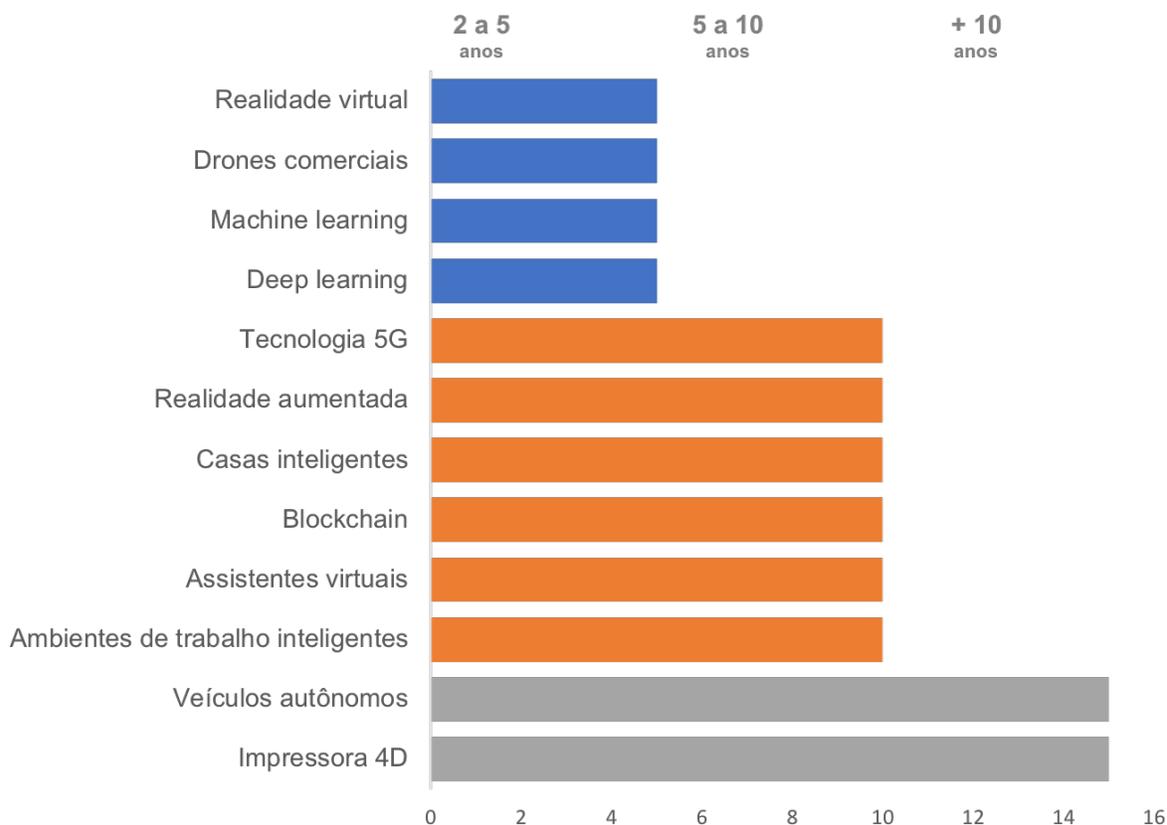
Gráfico 7: Tempo até atingir cinquenta milhões de usuários - em anos.



Fonte: Dagostim (2017). Adaptado pelo autor.

Desta vez, não se trata de uma única grande inovação tecnológica que surge suavemente, como ocorreu com a descoberta da eletricidade e mesmo do computador. Trata-se de um volume expressivo de novas tecnologias que estão surgindo numa mesma janela temporal, se combinando, convergindo e gerando outras inovações. Do ponto de vista social e macroeconômico, caberia ao Estado, com seu poder regulatório e político, lidar com este fenômeno. Entretanto, governos são, via de regra, organismos lentos e contraditórios. Tendem a ser atropelados pela rapidez da transformação que, por sua vez, também é impulsionada pela avidez das empresas na busca por ganhos maiores. O gráfico 8 mostra o tempo estimado de propagação de novas tecnologias.

Gráfico 8 Tempo estimado de propagação de novas tecnologias



Fonte: TD (2017). Adaptado pelo autor.

Além da questão demográfica e da maior velocidade de propagação das novas tecnologias, há outra diferença importante que certamente contribuirá para que o padrão da nova onda de inovação seja diferente do anterior: o potencial de substituição do trabalho humano que as novas tecnologias trazem. No século XX, a mecanização afetou o trabalho manual e repetitivo, deflagrando um ciclo de substituição do trabalho humano nas fábricas ao redor do mundo. Em contrapartida, colaborou para o desenvolvimento econômico e abriu espaço para o crescimento do setor de serviços, o qual expandiu a ponto de atualmente representar a maior parcela do produto interno bruto das principais nações desenvolvidas e mesmo daquelas em desenvolvimento ou emergentes (BLS, 2017; IBGE, 2018; DW, 2018). O setor de serviços, desta forma, tornou-se grande gerador de postos de trabalho e renda para as populações destes países. Entretanto, mesmo os serviços de natureza intelectual, ligados ao conhecimento, como os realizados por engenheiros, professores, pesquisadores e os serviços prestados por empresas dos ramos de entretenimento, mídia e turismo, tendem a ser afetados por novas tecnologias emergentes, especialmente no que tange a substituição do trabalho humano por sistemas e softwares (OSBORNE; FREY, 2013). As possibilidades de migração de trabalhadores dos setores industrial e agropecuário para setores de maior conhecimento agregado, não parecem tão possíveis com a nova revolução tecnológica. Haverá, sem dúvida, a criação de novas funções, mas estas demandarão níveis impeditivos de competências para trabalhadores oriundos de funções de baixa complexidade. Além do mais, serão em número absolutamente insuficiente para acomodar a massa de trabalhadores afetados (MGI, 2013).

O surgimento de novos negócios também ocorrerá, porém com níveis de produtividade superiores, com menor necessidade de mão de obra humana (RANDER, 2016). O que está se destacando é que novos negócios demandarão uma menor relação entre a mão de obra necessária e a sua capacidade produtiva, seja de bens manufaturados ou de serviços. O crescimento das empresas que se automatizarem também ocorrerá com um padrão mais reduzido de geração de vagas de trabalho. A questão chave é que os custos com pessoal são normalmente significativos na maior parte das empresas. Desta forma, a redução de pessoal é

foco para ganhos de margem e aumento dos lucros. A nova revolução tecnológica traz possibilidades para que as empresas atinjam novos patamares de produtividade e não apenas das funções operacionais e repetitivas, mas de funções ligadas a análise de risco, de investimentos, atendimento de clientes etc. Seus efeitos também não se restringem ao trabalho feito em empresas manufatureiras e de serviços, mas também aquele que é gerado por escolas, universidades, hospitais, centros de pesquisa, governos e profissionais liberais. Alguns exemplos já estão disponíveis, como o Sistema Watson da IBM que é capaz de substituir etapas de diagnósticos médicos (IBM, 2017).

### **3.3 INOVAÇÕES COM POTENCIAL DISRUPTIVO**

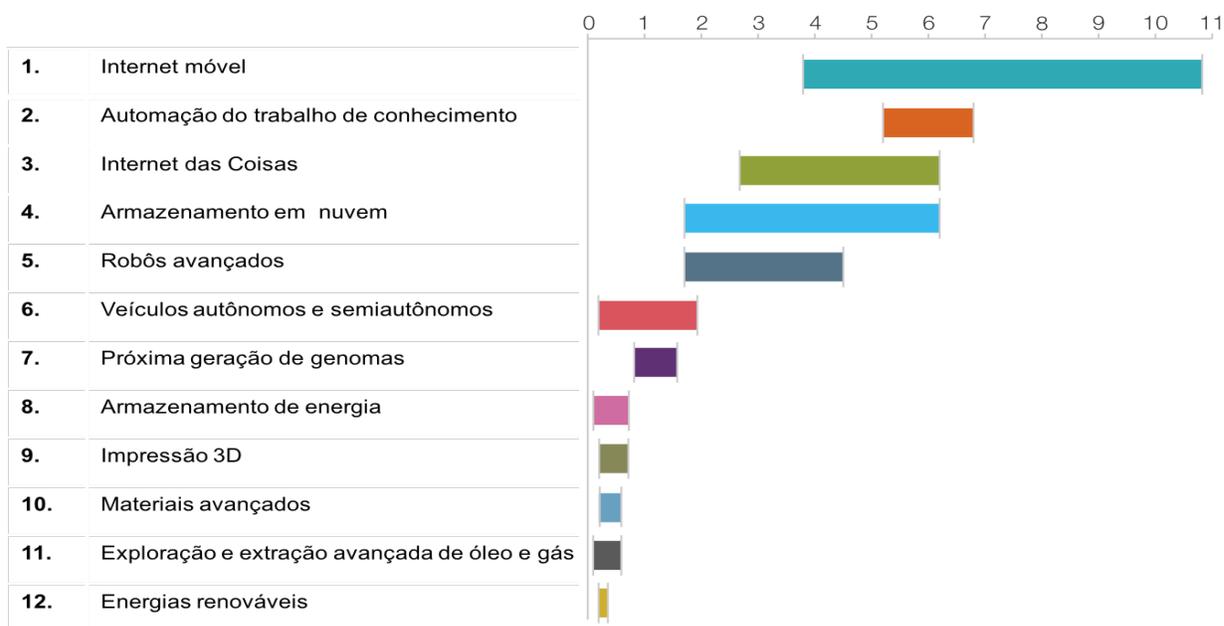
As tecnologias podem ser classificadas em duas categorias a partir dos seus impactos sobre as organizações produtivas: tecnologias sustentadoras, que geram melhorias marginais nos resultados, com um caráter de evolução e as tecnologias disruptivas, estas como sendo avanços tecnológicos radicais e inesperados que podem afetar, inclusive, a existência das organizações envolvidas ou por elas afetadas (ECONOMIST, 2009). Assim, tecnologia disruptiva ou inovação disruptiva é um termo que descreve uma inovação tecnológica, produto ou serviço, com potencial disruptivo, que tende a superar ou substituir uma tecnologia existente e dominante no mercado. Christensen (2011) substituiu em seu discurso o termo tecnologia disruptiva por inovação disruptiva, argumentando que raramente a tecnologia é, por si, sustentadora ou perturbadora, mas o uso que as organizações fazem dela é que determina sua condição. Inovação disruptiva é o processo pelo qual um produto ou serviço inovador é aplicado a um determinado nicho de mercado e, a partir da sua nucleação, expande-se vertiginosamente, abalando, de forma perturbadora, outros produtos ou serviços estabelecidos. Nesta visão, a inovação disruptiva é também aquela capaz de aumentar a acessibilidade do produto ou

serviço para consumidores que antes não tinham condições financeiras para tal (CHRISTENSEN, 2017).

O adjetivo “disruptivo” pode ser aplicável no sentido do que causa problemas, do que impede que algo continue como de costume (DICIONÁRIO Cambridge, 2017), ou ainda, rompedor, que rompe ou produz ruptura (DICIONÁRIO Michaelis, 2017). O termo disruptivo é utilizado há mais tempo no campo das engenharias. Na engenharia de materiais é sinônimo de despedaçador, dilacerador (DISRUPTIVE, 1981). Uma tecnologia ou inovação com potencial disruptivo seria aquela capaz de viabilizar diferentes aplicações e oportunidades de interação ou convergência com outras tecnologias existentes, de gerar novas formas de negócio e substituir outras, impactar a sociedade e a economia, modificar a relação homem-tecnologia, a acessibilidade de usuários, as relações de consumo, de trabalho, os custos envolvidos nas cadeias produtivas, os parâmetros de desempenho e a eficiência dos sistemas e equipamentos envolvidos.

A empresa de consultoria McKinsey (2017b) realizou uma pesquisa e identificou doze tecnologias emergentes - incluindo a Internet móvel, veículos autônomos e genômica avançada – que têm potencial para realmente remodelar o mundo em que vivemos e trabalhamos. Governos, empresas e sociedade não só devem saber o que está no horizonte, mas também começar a se preparar para seus impactos. Nem todas as tecnologias emergentes impactam de forma violenta, mas algumas realmente têm o potencial de abalar as estruturas econômicas e sociais e a relação dos indivíduos com a vida e o cotidiano. O gráfico 9 apresenta o impacto potencial na economia mundial de doze tecnologias disruptivas que, de forma conjunta, é estimado entre US\$ 14 trilhões a US\$ 33 trilhões em 2025.

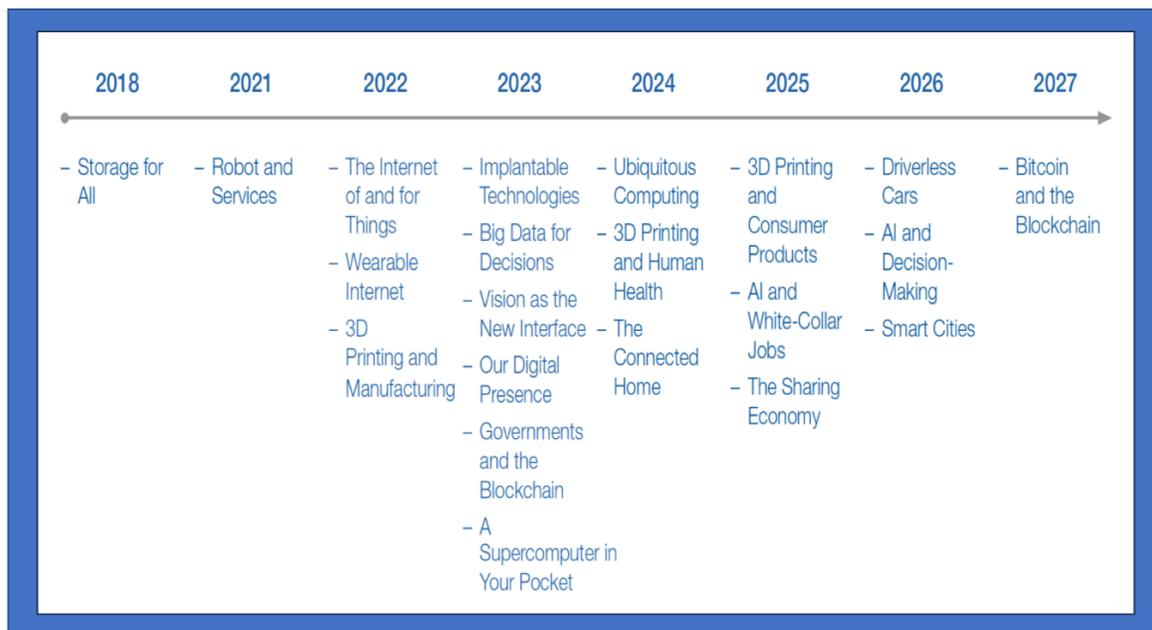
Gráfico 9: Variação estimada do impacto econômico potencial de tecnologias disruptivas em 2025. Valores em trilhões de US\$ (anual).



Fonte: MGI (2017b). Adaptado pelo autor.

O relatório *Deep Shift - Technology Tipping Points and Societal Impact* (WORLD ECONOMIC FORUM, 2015), lista vinte e uma mudanças tecnológicas com potencial disruptivo e apresenta uma pesquisa realizada pelo Conselho da Agenda Global do Fórum Econômico Mundial junto a oitocentos líderes empresariais, avaliando suas expectativas sobre quando estas tecnologias atingirão seu ponto de inflexão (relacionado a determinado grau de propagação). O quadro 3 mostra novas tecnologias e o horizonte de tempo em que se espera seu ponto de inflexão.

Quadro 3: Tecnologias e expectativa de atingimento do ponto de inflexão.



Fonte: World Economic Forum (2015).

Dentre as vinte e uma mudanças tecnológicas identificadas, algumas podem ter efeitos negativos em termos de postos de trabalho. O quadro 4 apresenta as inovações tecnológicas que podem afetar negativamente o emprego.

Quadro 4: Inovações tecnológicas com possíveis efeitos negativos no emprego

Inovações tecnológicas com possíveis impactos no emprego
Internet das coisas
Big data
Carros autônomos
Inteligência artificial
Robótica
Economia compartilhada
Impressão 3D

Fonte: World Economic Forum (2015). Adaptado pelo autor.

### 3.4 INTERNET DAS COISAS

O termo “Internet das Coisas” (IoT na sigla em inglês) teria sido cunhado pelo especialista britânico Kevin Ashton (ASHTON, 2009), numa apresentação para executivos da Procter & Gamble em 1999, quando falava sobre a ideia de etiquetar eletronicamente os produtos da empresa através de identificadores de rádio frequência (RFID na sigla em inglês) para facilitar a logística da cadeia de produção (FINEP, 2015). Com as etiquetas de RFID é possível rastrear eletronicamente produtos e veículos obtendo-se informações sobre sua geolocalização. A IoT começa a ser viabilizada em escala com a IPv6 (versão 6 do protocolo de internet), o qual permite a combinação quase ilimitada de códigos (ou protocolos) viabilizando a identificação de uma quantidade massiva de objetos, equipamentos, máquinas e outros dispositivos. Assim, tecnicamente é possível identificar e rastrear todo eletrodoméstico, automóvel, computador, telefone e outro produto existente. Além das funções de identificação e rastreamento, estes *chips* associados aos sistemas de computação permitem conectar dispositivos que ainda não sejam inteligentes com outros dispositivos e sistemas, de forma que possam interagir autonomamente entre si. Automóveis, casas, escritórios, edifícios e semáforos podem ser conectados, o que gera inúmeras possibilidades de serviços, benefícios e informações. A geração de dados é um aspecto crítico da internet das coisas. Volumes gigantescos de dados ficam disponíveis, o que permite analisar comportamentos, frequências, volumetrias, rotas, preferências de consumo, gastos de energia, entre tantas outras possibilidades, nos mais diferentes campos de aplicação: sociais, científicos, militares, comerciais etc. Associados a sensores, permitem o controle remoto de dispositivos e da sua atuação efetiva no mundo físico.

A Internet das Coisas se apoia no relacionamento inteligente entre sistemas e, para que esse relacionamento e interoperabilidade possa funcionar, é necessário certo grau de padronização nas linguagens que permita aos sistemas uma maior capacidade de interpretação das informações disponíveis nas suas mais diferentes configurações (THESEUS, 2018). Tecnologias semânticas estão sendo

desenvolvidas para que as formas de comunicação humana, múltiplas e complexas, que envolvem sons, palavras, imagens e metáforas possam ser compreendidas pelos sistemas e máquinas. A ideia de *web semântica* surgiu em 2001 a partir de um artigo de Tim Berners-Lee (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001). A figura 12 apresenta uma representação dos elementos que compõem a Internet das Coisas.

Figura 12: Representação dos elementos que compõem a Internet das Coisas.



Fonte: Mohammadi (2015). Adaptado pelo autor.

A partir da plataforma original que é a internet, a Internet das Coisas está viabilizando outros arranjos e inovações. *Smart grid* é a aplicação dos conceitos de Internet das Coisas para gerenciar sistemas de energia em busca de maior eficiência e confiabilidade. Envolve a instalação de sensores nas linhas de rede de energia elétrica que detectam dados sobre a operação e desempenho da rede e permitem interferência remota para ajuste ou mesmo auto regulação do sistema (MCLEAN; BULKELEY; CRANG, 2015). *Smart city*, é a aplicação dos conceitos de Internet das Coisas no âmbito das cidades, a ideia da “cidade inteligente”, onde casas, edifícios, rodovias, vias públicas, serviços municipais, empresas, escritórios,

veículos e pessoas estão conectados. As possibilidades de benefícios são inúmeras, desde a gestão mais racional do trânsito, a prestação mais eficiente de serviços públicos, o aumento da resiliência para catástrofes ambientais, o gerenciamento econômico de recursos, a preservação de monumentos e do patrimônio histórico da cidade (GRAGLIA, HUELSEN, 2016a). O modelo *smart city* é capaz de transformar também questões relacionadas ao processo de participação dos cidadãos na governança das cidades, pois permite acesso facilitado às informações sobre a implantação de decisões públicas, o monitoramento de iniciativas da administração municipal e mesmo maiores possibilidades de avaliação dos serviços públicos prestados (CASTELNOVO; MISURACA; SAVOLDELLI, 2015). O uso dos espaços públicos pode ser resgatado e potencializado, em oposição à privatização que domina muitos dos espaços de convívio nas grandes metrópoles. Nas cidades inteligentes pode-se estruturar as praças inteligentes, como espaços de convívio onde a tecnologia e a conectividade entre objetos, serviços e sistemas ajudam no resgate do uso do espaço público (GRAGLIA, HUELSEN, 2016b). O conceito de cidades inteligentes é discutido não somente do ponto de vista da tecnologia, mas também da reumanização das cidades e da utilização da escala humana no planejamento urbano das cidades (GEHL, 2015).

### **3.4.1 Internet dos Serviços – IoS**

O conceito de uma “Internet dos Serviços” se liga fortemente ao conceito de Internet das Coisas. Estudos sobre a digitalização da economia e da indústria na Alemanha já vinculam os dois conceitos através da sua fusão no termo “Internet das Coisas e dos Serviços” (KAGERMANN et al., 2013).

A visão da Internet dos Serviços é a de um ambiente digital composto por uma infraestrutura para serviços, prestadores de serviço, usuários, modelos de negócio e os próprios serviços. Os serviços são gerados e combinados em pacotes de valor agregado que são ofertados aos consumidores e acessados por eles através de vários canais. Uma plataforma de mercado em que serviços podem ser

comercializados com base em tecnologias semânticas e arquiteturas orientadas a serviços (BUXMANN; HESS; RUGGABER, 2009).

Enquanto os serviços disponíveis atualmente na *web* pesquisam compras *on-line*, ou disponibilidade de reservas de voos, por exemplo, no conceito da Internet dos Serviços estas ofertas podem ser agrupadas e vinculadas como um novo serviço. O usuário poderia simplesmente dizer “eu quero mudar de São Paulo para Belo Horizonte” e o serviço encontraria automaticamente listas adequadas para apartamentos, transportadoras e até mesmo poderia registrar a mudança de endereço nos *sites* do governo e informar sua lista de contatos (BMW, 2008).

Empresas tradicionais como a SAP, a Oracle ou a Google estão entre os fornecedores, mas um número crescente de serviços pode ser gerado por pequenas e médias empresas que não estejam ligadas às empresas tradicionais, como já se pode observar pelos serviços para o *iPhone* da Apple ou para plataformas como o Facebook (BUXMANN, HESS, RUGGABER, 2009).

A Indústria 4.0 abre novas formas de criar valor, por exemplo através de criação de serviços a jusante. Algoritmos inteligentes podem ser aplicados às enormes quantidades de dados diversos, que são gravados por dispositivos inteligentes, para fornecer serviços inovadores (KAGERMANN et al., 2013).

O Ministério da Economia e Tecnologia da Alemanha criou o programa de pesquisa *Theseus* em 2006 com o objetivo de desenvolver tecnologias semânticas capazes de contribuir para que os sistemas informatizados e programas de máquinas possam entender melhor o contexto em que dados foram armazenados. Assim, os computadores podem tirar conclusões lógicas do conteúdo, reconhecer e estabelecer relações independentes entre diferentes informações de múltiplas fontes. Com isso, o *Theseus* estabelece as bases para novos produtos, ferramentas, serviços e modelos de negócio para a Internet dos Serviços. O programa visou serviços e infraestruturas de conhecimento para a internet do futuro e desenvolveu tecnologias básicas inovadoras, como reconhecimento automático de conteúdos, relações e contextos semânticos, assim como cenários de aplicação em diversos segmentos do mercado industrial. Foram desenvolvidas sete tecnologias básicas, seis cenários de aplicação e doze projetos de pequenas e

médias empresas para aplicação (WHALSTER, 2014; THESEUS, 2018). Um centro de inovação foi criado para transferência de tecnologia e dos resultados do programa Theseus (CINIQ, 2018).

### **3.5 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

A inteligência artificial (IA) costuma ser associada a imagem de máquinas capazes de realizar funções cognitivas típicas da mente humana. A inteligência artificial teve uma série inicial de avanços teóricos nas décadas de 50 e 60. Entretanto, obstáculos técnicos refluíram seu impulso, frustrando as expectativas iniciais. Neste século XXI, os avanços na coleta e agregação de dados, o aumento do poder de processamento na computação e o desenvolvimento de novos algoritmos (especialmente para aprendizagem de máquina), permitiram avanços tecnológicos revolucionários (MGI, 2017d).

A adoção está crescendo rapidamente em setores como finanças, cuidados de saúde e manufatura. O financiamento global de capital de risco em inteligência artificial cresceu de US\$ 589 milhões em 2012 para mais de US\$ 5 bilhões em 2016. Estima-se que o mercado total para aplicações de IA chegará a US\$ 127 bilhões em 2025 (MGI, 2017d).

#### **3.5.1 A diferença entre sistemas de inteligência artificial e sistemas convencionais**

Os sistemas ou programas de *software* convencionais são codificados com instruções específicas para executar tarefas rigidamente definidas (BARTON, 2017). Os sistemas de inteligência artificial são capazes de uma abordagem muito diferente. Eles podem analisar enormes conjuntos de "grandes dados" para encontrar padrões, associações e indicações. Como utilizam uma sistemática

genérica de aprendizagem, podem se adaptar a novas entradas de dados sem a necessidade de reprogramação.

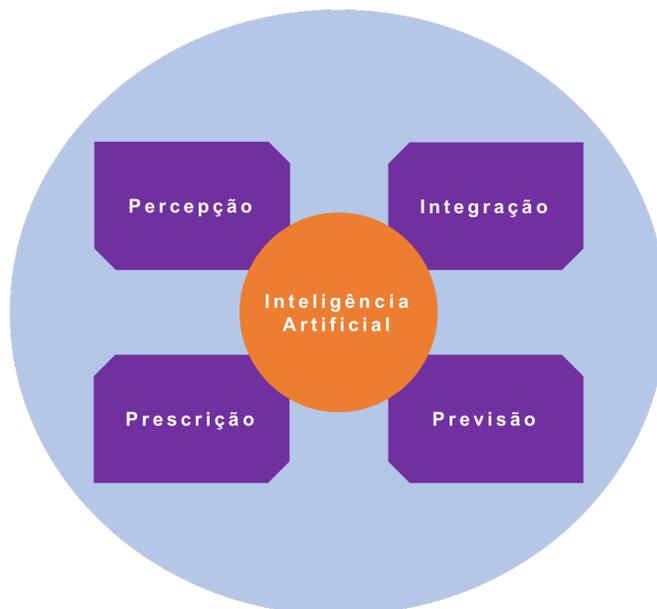
### **3.5.2 Aprendizagem de máquina**

A aprendizagem de máquina possibilita que computadores detectem padrões em dados que passam despercebidos para os seres humanos. Isto lhes permite aprender com os erros cometidos. Essa tecnologia de aprendizagem de máquina pode ser usada para muitas coisas, como projetar o comportamento dos consumidores ou prevenir fraudes. No caso de empresas de investimentos, é possível substituir analistas financeiros na escolha de investimentos (BARTON, 2017). Os sistemas que utilizam a aprendizagem de máquina têm capacidades de indução e tomada de decisão. Esses sistemas podem aprender, descobrir e aplicar regras por si só.

### **3.5.3 Características dos sistemas de inteligência artificial**

Os sistemas de inteligência artificial possuem certas características que os distinguem: percepção, prescrição, previsão e integração. A figura 13 apresenta o modelo das principais características dos sistemas de inteligência artificial.

Figura 13: Características principais dos sistemas de inteligência artificial



Fonte: MGI (2017d). Elaborado pelo autor.

A percepção envolve a coleta e interpretação de informações para compreender a situação e descrevê-la. Esses recursos incluem processamento de linguagem natural, visão por computador e processamento de áudio. A previsão envolve o uso da lógica para antecipar comportamentos e resultados. Tais tecnologias são usadas, por exemplo, para desenvolver publicidade direcionada com precisão para clientes específicos. A prescrição é principalmente utilizada para fornecer comandos para se atingir um objetivo. Possui uma variedade de casos de uso, incluindo planejamento de rotas, descoberta de medicamentos e definição dinâmica de preços. A integração diz respeito a capacidade dos sistemas de inteligência artificial de se combinarem com tecnologias que lhe são complementares, como a robótica e automação, para fornecer soluções integradas. Casos de uso incluem condução autônoma de veículos, cirurgia robótica, robôs domésticos que respondem a estímulos, automação de processos decisórios de negócio (MGI, 2017d).

### 3.5.4 Potencialidades da Inteligência Artificial

A inteligência artificial permite que as máquinas reajam e se adaptem para otimizar os resultados. Juntamente com tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) e a robótica, ela pode criar um mundo cibernético integrado (MGI, 2017d).

Nos cuidados de saúde, a IA aumentará grandemente nossa capacidade de analisar o genoma humano e desenvolver tratamentos personalizados e mais eficazes para cada paciente. Pode acelerar radicalmente os esforços para cura do câncer, doença de Alzheimer e outras doenças. O governo holandês está usando Inteligência artificial para identificar os tratamentos mais eficazes para determinadas populações de pacientes e reduzir os erros médicos através da análise de registros de saúde digitalizados. Nos Estados Unidos, o Departamento de Saúde de Las Vegas está usando esta tecnologia para monitoramento da saúde pública, usando o rastreamento das redes sociais para identificar as origens de surtos de doenças. Os sistemas de IA podem melhorar a segurança e a eficiência dos sistemas de transporte público e tráfego. A evidência já mostra que os carros autônomos habilitados para IA podem reduzir acidentes de trânsito. A empresa Alibaba colaborou com o governo de Hangzhou para tornar o transporte urbano mais inteligente controlando os semáforos e reduzindo o congestionamento e acelerando o tráfego em 11% em áreas específicas da cidade (MGI, 2017d). A empresa aplica inteligência artificial nos seus processos e operações. Graças ao uso de inteligência artificial aplicada ao marketing customizado, obteve taxas de conversão 20% maiores no seu *e-commerce*. O uso da tecnologia de IA para prever o tamanho mais adequado das caixas que devem ser usadas para embalar pacotes reduziu o uso de materiais de embalagem em mais de 10% (ERICKSON, WANG, 2017).

### 3.5.5 Watson

Lançado pela IBM em 2011, o Watson é uma plataforma de serviços cognitivos, uma solução de inteligência artificial que já demonstra algumas das inúmeras possibilidades de aplicação dessa tecnologia, desde o atendimento a clientes até aplicações em medicina, saúde, educação, agricultura entre outras (IBM, 2018). Suas aplicações na saúde indicam o potencial que a inteligência artificial pode exercer junto a sociedade. A plataforma Watson Health pode analisar todo o histórico médico de um paciente portador de câncer e indicar possíveis tratamentos em 2 minutos. A análise das informações do sequenciamento genômico pode ser realizado em 10 minutos, enquanto um cientista consome três semanas (IBM, 2017). Pesquisadores do Beth Israel Deaconess Medical Center e da Harvard Medical School, nos EUA, desenvolveram uma forma de treinar computadores para que eles consigam identificar tumores malignos a partir de imagens digitalizadas. Em um teste, o sistema fez o diagnóstico correto em 92% dos casos, aproximando-se à precisão de um patologista, de 96%. O índice de acerto subiu para 99,5% quando a análise foi feita em conjunto pelo computador e por um médico. O Hospital Nossa Senhora das Graças, de Curitiba, reduziu em 63% os casos de septicemia com o uso de uma tecnologia de inteligência artificial chamada Robô Laura, capaz de aprender quais são os indícios de septicemia e identificar precocemente os pacientes em maior risco (CONEXÃO, 2017).

A IBM criou um fundo de cem milhões de dólares para impulsionar a inovação tendo como base a plataforma do supercomputador Watson, que ficou disponível para a criação de novos aplicativos e novos negócios. O acesso à plataforma do Watson começou com *startups* que submeteram à IBM projetos de aplicativos focados em diferentes setores (IBM, 2017).

### 3.5.6 Ética para a Inteligência Artificial

A expansão do uso de sistemas de inteligência artificial tem suscitado debates no campo da ética. As leis da robótica de Asimov, colocadas na sua obra *I, Robot* são adotadas como princípios (ASIMOV, 1950). As máquinas e os *softwares* que atuam em nome dos seres humanos obtêm cada vez maior autonomia e estão cada vez menos sob o controle de operadores ou usuários humanos. Os sistemas sócio técnicos reúnem o mundo social e físico onde as pessoas, as coisas e os serviços interagem completamente. Com o desenvolvimento da inteligência artificial, esses sistemas estão incorporando cada vez mais processos cognitivos automatizados, que são delegados a serviços autônomos e máquinas que atuam em nome dos seres humanos. O escopo crescente da atividade desses sistemas levanta muitos problemas desafiadores, entre os quais a ética aparece como crucial e é fortemente discutida. (ETHICAA, 2014). Um novo arranjo se constitui com as novas tecnologias:

Se as máquinas motrizes constituíram a segunda idade da máquina técnica, as máquinas da cibernética e da informática formam uma terceira idade que recompõe um regime de servidão generalizado: "sistemas homens-máquinas", reversíveis e recorrentes, substituem as antigas relações de sujeição não reversíveis e não recorrentes entre os dois elementos; a relação do homem e da máquina se faz em termos de comunicação mútua interior e não mais de uso ou de ação<sup>5</sup> (DELLEUZE; GUATTARI, 2012, p. 169).

Num mundo de sensores onipresentes e sistemas de inteligência artificial, as empresas estão constantemente coletando dados sobre indivíduos - não só como eles usam dispositivos digitais, mas como eles se movem através de espaços públicos e pessoais, preferências de consumo, interesses de leitura, entre outros. Em algumas situações, como hospitais, por exemplo, a informação pessoal é altamente sensível. Isso levanta questões sobre a propriedade dos dados pessoais,

---

<sup>5</sup> Segundo Deleuze e Guattari, a ergonomia distingue os sistemas "homem-máquina" (ou postos de trabalho) e os sistemas "homens-máquinas" (conjuntos comunicantes de elementos humanos e não humanos).

como eles podem ser compartilhados e como devem ser protegidos do risco crescente de violações da segurança cibernética. Outra questão sensível, é que sistemas de inteligência artificial podem adotar comportamentos discriminatórios na tomada de decisão. O racismo, a discriminação e o favorecimento, de muitas maneiras, podem alimentar e contaminar os algoritmos. Quando os algoritmos de aprendizado de máquina aprendem com dados de treinamento tendenciosos, eles internalizam os preconceitos. Suas conclusões podem até levar ao tratamento injusto de certos grupos de pessoas. Além das preocupações éticas, a introdução da inteligência artificial na sociedade também tem muitas implicações legais: questões como responsabilidade em caso de acidentes, direitos de propriedade intelectual para trabalhos criados por sistemas de IA, direitos e obrigações legais de desenvolvedores de IA (MGI, 2017d). As muitas questões éticas, legais e de segurança associadas à introdução de sistemas autônomos com inteligência avançada precisarão ser abordadas não só a nível nacional, mas também através da cooperação internacional (IEEE, 2017).

### **3.5.7 Arte e tecnologia**

Nem mesmo a arte escapa incólume do avanço da nova onda de digitalização. O projeto *The Next Rembrandt* foi desenvolvido em parceria entre a Microsoft, o ING Bank, a agência de publicidade J. Walter Thompson Amsterdam, pesquisadores da Delf University of Technology, The Mauritshuis e Museum Het Rembrandthuis (MICROSOFT, 2017). Neste projeto, utilizando-se inteligência artificial associada a tecnologias de reconhecimento facial, digitalização e impressão 3D, foi criado e impresso um quadro “inédito” de Rembrandt (1606-1669). Na verdade, o quadro foi produzido através de um processo altamente detalhado e complexo que levou mais de dezoito meses e usou 150 gigabytes de gráficos digitalmente renderizados (THE NEXT REMBRANDT, 2016).

A primeira etapa foi a análise de trezentas e quarenta e seis pinturas de Rembrandt através de varreduras 3D de alta resolução e digitalização. Nesta etapa

utilizou-se sistemas de aprendizagem de máquinas. Em seguida, uma tecnologia de identificação facial gerou um algoritmo capaz de detectar mais de sessenta pontos em uma pintura e determinar a distância entre eles no rosto do sujeito, captando assim os padrões geométricos mais comuns utilizados por Rembrandt. Foi possível gerar características típicas do sujeito preferido do artista holandês: retrato de um homem caucasiano com barba, na faixa dos trinta ou quarenta anos de idade, com roupas escuras, gola, usando um chapéu e olhando para a direita. A pintura final foi feita com uma impressora 3D, que reproduziu o mapa de calor, a textura e a espessura das camadas que um autêntico Rembrandt teria. Ao todo, 168.263 fragmentos de pinturas foram analisados para preservar ao máximo as proporções e ângulos do artista (THE NEXT REMBRANDT WEBSITE, 2016).

### **3.5.8 Tendências**

Além de 2025, os avanços no uso da inteligência artificial e a aprendizagem profunda de máquinas atingirão níveis críticos e a inteligência artificial assumirá funções mais cognitivas, como a supervisão de trabalhadores humanos e autômatos, levando a cabo mesmo funções de gerenciamento de pessoas em ambientes de trabalho. O uso maior da inteligência artificial e da robótica avançada resultará na eliminação significativamente maior de postos de trabalho humanos. Os primeiros programas de teste nos quais os computadores servem como gerentes, realizando a alocação de horários de trabalho e configuração de equipes, já estão em andamento e foram surpreendentemente bem recebidos pelas equipes de trabalhadores participantes. Como a inteligência artificial se apoia numa base de conhecimento mais ampla e detalhada do que qualquer humano poderia possuir, existem grandes oportunidades para aplicar essa tecnologia em papéis industriais. Quando os robôs puderem adotar os padrões de pensamento do cérebro humano, eles poderão assumir plenamente o papel, por exemplo, de um operador de máquina - ou mesmo de um coordenador de robôs. LORENZ et al., 2015)

### **3.6 O FIM DA ERA DO CONHECIMENTO E O INÍCIO DA ERA DOS DADOS**

Na era digital não existe conhecimento, apenas dados. O fator determinante da vantagem competitiva no futuro é o dado. Cerca de 200 bilhões de dispositivos serão conectados em 2020 através da Internet das Coisas. Ao criar mais de 507 trilhões de gigabytes de dados por ano, a digitalização pode potencializar a nossa capacidade de derivar o significado e o valor dessa massa de dados. No entanto, as empresas devem aprender a gerenciá-la. Na era digital, os dados estão se tornando o fundamento crítico para a tomada de decisões, até eliminando o conhecimento pessoal como um diferencial competitivo primário. Esta necessidade de dados, combinada com a hiperconectividade, nos leva a uma nova era, onde o "trabalhador do conhecimento" de Peter Drucker, que substituiu os trabalhadores manuais, computadorizados em massa (DRUCKER, 2001, 2011), está dando lugar ao "trabalhador digital". A premissa tradicional do trabalhador do conhecimento que reúne, processa e manipula dados e gasta um tempo valioso criando relatórios, está terminando claramente, à medida que o poder de computação e velocidade de análise de dados aumentam e forçam as empresas a se moverem para a tomada de decisões preditivas e baseadas em cenários. O trabalhador digital é definido pela capacidade de disponibilizar dados acionáveis em tempo real, disponíveis a qualquer momento e em qualquer lugar, o que permite reações e decisões também em tempo real (RANDER, 2016).

## **As Novas Tecnologias e os Mecanismos de Impacto no Trabalho**

### **CAPÍTULO 4**

### **Indústria 4.0**

## CAPÍTULO 4 INDÚSTRIA 4.0

*Indústria*

*O homem bate-se contra o mundo.*

*Cada força viva é um inimigo.*

*À parte a luta das paixões, trava-se na sociedade a batalha perene das indústrias.*

*Combate-se contra o tempo que atrasa e contra a distância que afasta.*

*A locomotiva atravessa as planícies como um turbilhão de ferro; a rede nervosa da telegrafia cria a simultaneidade e a solidariedade na face do globo; o steamer suprime o oceano; o milagre de Guttemberg precipita em tempestade as ideias, reduzindo o esforço cerebral; exacerbam-se os ímpetos produtores do solo, com a energia vertiginosa das máquinas.*

*Vibram as cidades ao rumor homérico das caldeiras.*

*Cada dia, o combate ganha uma nova feição e o ventre fecundo, o ventre inexaurível das forjas, para as novas pugnas, produz novas armas.*

*Bendita febre industrial!*

*Bendito o operário, mártir das indústrias!*

*Estenda-se por todo o firmamento o fumo que paira sobre as cidades, vele aos nossos olhos os abismos da amplidão e os signos impenetráveis das esferas.*

Raul Pompeia<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Pompeia, R. (2013).

## CAPÍTULO 4 INDÚSTRIA 4.0

---

### 4.1 DEFINIÇÃO E CONCEITOS

O termo *Indústria 4.0* começou a ser disseminado na Alemanha a partir da Hannover Messe de 2012, uma das principais feiras de tecnologia industrial do mundo (HANNOVER MESSE, 2017). O termo é um trocadilho que consiste em três partes. O termo "indústria" ilustra o foco claro na indústria. A parte ".0" é usada para estabelecer a associação com a tecnologia da Internet, com base em termos como Web 1.0, Web 2.0, Web 3.0. Finalmente, o "4" representa a quarta revolução industrial que, após o desenvolvimento do poder de vapor e água, eletricidade e tecnologia da informação para apoiar a força de trabalho humana, agora descreve o uso dos chamados sistemas ciberfísicos (DIK, 2017). Angela Merkel, chanceler alemã, definiu a Indústria 4.0 como sendo a “transformação abrangente de toda a esfera da produção industrial através da fusão da tecnologia digital e da internet com a indústria convencional” (EUROPEAN PARLIAMENT, 2015). Outras terminologias são utilizadas para definir este novo estágio da manufatura. A empresa General Electric adota o nome *Internet Industrial* (MAPI FOUNDATION, 2015), definida como sendo uma internet das coisas, máquinas, computadores e pessoas, que permite operações industriais inteligentes, usando análise avançada de dados para se obter resultados comerciais transformadores (INDUSTRIAL INTERNET CONSORTIUM, 2013). Alguns países de língua inglesa adotam o termo *Smart Manufacturing* (WIESMÜLLER, 2014; REX, 2017). O governo americano adotou o termo *Advanced Manufacturing* para definir sua visão sobre o padrão de manufatura emergente (HOLDREN; LANDER, 2011).

A Indústria 4.0 é uma nova configuração do sistema manufatureiro, fortemente baseada na tecnologia e na interligação entre as dimensões física e virtual, o chamado ciberespaço. Esta interligação, ou fusão, é tornada possível pelo uso de sistemas ciberfísicos (KAGERMANN et al., 2013). Sistemas ciberfísicos ou CPS (*cyber-physical systems*) são sistemas compostos por partes físicas e de engenharia e por elementos computacionais colaborativos que monitoram e controlam as partes físicas. Permitem que as capacidades de computação e comunicação sejam incorporadas em todos os tipos de objetos e estruturas no ambiente físico (RAJKUMAR et al., 2010). Esta funcionalidade foi viabilizada com o desenvolvimento e aplicação da versão 6 do IP (*Internet Protocol*) a partir de 2012. O IPv6 permite a criação de uma quantidade excepcional de endereços eletrônicos (SIDDIQUI, 2018). Assim, possibilita a identificação eletrônica em larga escala de produtos, equipamentos, máquinas, sensores, instrumentos etc., que se pretenda monitorar, rastrear e mesmo controlar e, ainda, a formação de uma rede de recursos, informações, objetos e pessoas conectadas através da internet. Este avanço tecnológico, junto com a computação em nuvem, é a base sobre a qual se apoia a internet das coisas e serviços (IOT6, 2014).

As tecnologias da informação e comunicação (TICs) estão fortemente incorporadas à manufatura. As TICs são essenciais aos sistemas de automação e controle das máquinas e equipamentos, aos instrumentos de sensoriamento e medição, aos sistemas de projeto e de produção, aos sistemas de gerenciamento de energia, aos sistemas de informação gerencial da produção e da empresa como um todo. A incorporação da tecnologia digital ao universo da manufatura proporciona ganhos na qualidade dos produtos finais e na produtividade da fábrica. Além disso, numa visão mais horizontal, o uso das TICs impacta a configuração e gestão das cadeias de suprimento e também o gerenciamento do ciclo de vida dos produtos. Sistemas informatizados de gestão do ciclo de vida de produtos (*Product Lifecycle Management - PLM*) têm a função de suportar o controle sobre toda a vida do produto, da concepção ao uso, pós-venda e mesmo o descarte ou disposição final (SHIPP et al., 2012). Outras tecnologias e técnicas envolvidas já vêm sendo

utilizadas há alguns anos, como robôs, sensores e automação de processos. Entretanto, também contribuem para este contexto de transformação em função dos seus novos patamares de desenvolvimento. É o caso dos robôs industriais produzidos com dois braços de atuação sincronizada, capacidade ótica de visualização e certo grau de autonomia, o que lhes confere maior flexibilidade funcional e mesmo a possibilidade de operar de forma colaborativa (ABB, 2018). Sistemas para simulações associados a ambientes de realidade virtual e realidade aumentada e, ainda, impressão aditiva (ou impressão 3D) também compõem este novo cenário da manufatura. É crescente o uso de modelagem e simulação computacionais nas várias fases do ciclo de vida dos produtos, nos processos de fabricação, na produção e na cadeia de suprimentos. Com o uso da modelagem e simulação é possível: reduzir os tempos de lançamento de novos produtos, o tempo de implantação de fábricas ou linhas de produção, minimizar a incidência de falhas de montagem, evitar gargalos nos processos produtivos e dimensionar a capacidade da operação, assim como definir o melhor arranjo físico possível. A própria aplicação de robôs nas linhas de montagem pode ser estudada com o uso destes recursos. Todas estas possibilidades colaboram para reduções significativas nos custos de operação (SHIPP et al., 2012). Esta nova configuração envolve tanto a transformação de uma unidade fabril, num nível micro, quanto das cadeias produtivas ou cadeias de fornecimento como um todo, no nível macro. No nível micro, a questão é a integração vertical de todos os elementos que compõem o processo produtivo, como máquinas, sensores, controladores, estoques e sistemas gerenciais – a fábrica inteligente. No nível macro, a integração horizontal das cadeias de fornecimento, de uma forma nunca vista, reunirá fornecedores, produtores, operadores logísticos, distribuidores, varejo e consumidores altamente conectados, aumentando a sinergia, eficiência e agilidade das cadeias produtivas (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015).

No relatório final do grupo de trabalho *Industrie 4.0*, contendo recomendações para o governo alemão, para adoção da Indústria 4.0, Kagermann et al. descrevem sua visão da Indústria 4.0:

No futuro, as empresas estabelecerão redes globais que incorporarão suas máquinas, sistemas de armazenagem e instalações de produção na forma de sistemas ciberfísicos (CPS). No ambiente de fabricação, esses sistemas ciberfísicos compreendem máquinas inteligentes, sistemas de armazenamento e instalações de produção capazes de troca autônoma de informações, desencadeando ações e controle de um para o outro de forma independente. Isso facilita melhorias fundamentais para o setor industrial em termos dos processos envolvidos na fabricação, engenharia, uso e fornecimento de materiais, gerenciamento da cadeia de valor e ciclo de vida. As fábricas inteligentes que já estão começando a surgir empregam uma abordagem nova para a produção. Produtos inteligentes são exclusivamente identificáveis, podem ser localizados em todos os momentos e conhecer sua própria situação e rotas alternativas para atingir seu estado-alvo. Os sistemas de fabricação embutidos estão em rede verticalmente com os processos de negócios dentro de fábricas e empresas e conectados horizontalmente a redes de valores dispersos e podem ser gerenciados em tempo real a partir do momento em que uma ordem é colocada corretamente através da logística de saída. Além disso, ambos permitem e exigem engenharia de ponta a ponta em toda a cadeia de valor (KAGERMAN, 2013, p.5).

## **4.2 PRINCÍPIOS E CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA 4.0**

### **4.2.1 Princípios da Indústria 4.0**

Kagermann et al. (2013) e Hermann (2015) propõe os princípios que caracterizam e que devem ser considerados na implantação de estratégias de implantação da Indústria 4.0:

- Interoperabilidade

A interoperabilidade é um facilitador muito importante para viabilização da Indústria 4.0. Nas empresas, dentro deste novo cenário, CPS e humanos estão conectados a IoT (Internet das Coisas) e a IoS (Internet dos Serviços). Os padrões serão um fator chave de sucesso para a comunicação entre CPS de vários fabricantes e isto exigirá cooperação entre fabricantes de máquinas, setores de engenharia e *software*, sendo o primeiro passo a adoção de uma terminologia básica comum (KAGERMANN et al., 2013). Na Europa, organizações como a Associação Alemã de Fabricantes de Máquinas e Instalações Industriais (*Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau – VDMA*), maior associação europeia do gênero, participa do esforço de normatização para a Indústria 4.0 (GOERICKE, 2017; VDMA, 2018).

- Virtualização

A virtualização significa que os CPS são capazes de monitorar processos físicos. As informações estão ligadas a modelos de plantas virtuais e modelos de simulação. Assim, uma cópia virtual do mundo físico é criada. Na planta SmartFactoryKL, o modelo virtual inclui a ligação entre todos os CPS disponíveis, o que permite que em caso de alguma falha no processo, uma pessoa possa ser notificada, assim como também são disponíveis informações sobre próximas etapas de trabalho ou sobre os arranjos de segurança de um processo (SMARTFACTORYKL, 2018).

- Descentralização

A crescente demanda por produtos individuais torna cada vez mais difícil controlar sistemas de forma centralizada. Os computadores incorporados permitem que a CPS tome decisões por conta própria. Somente em casos de tarefas de falha são delegadas em um nível superior. No entanto, para garantir a qualidade e rastreabilidade, é necessário acompanhar todo o sistema a qualquer momento. No contexto da descentralização da planta SmartFactoryKL, as etiquetas RFID (*Radio-frequency Identification*) definem as etapas de trabalho necessárias. Portanto, o

planejamento central e o controle não são mais necessários (INDUSTRIE 4.0, 2015).

- Capacidade em tempo real

Para tarefas organizacionais, é necessário que os dados sejam coletados e analisados em tempo real. No SmartFactoryKL, o status da planta é permanentemente rastreado e analisado. Assim, a planta pode reagir à falha de uma máquina e redirecionar produtos para outra máquina (SNIDERMAN; MATHO; COTTELEER, 2016).

- Orientação a serviços

A internet dos serviços (IoS) consolida os serviços. Eles podem ser oferecidos internamente e através das fronteiras da empresa (BUXMANN, HESS, RUGGABER, 2009). A planta SmartFactoryKL baseia-se em uma arquitetura orientada para serviços. Todos os CPS oferecem suas funcionalidades como um serviço web encapsulado. Como resultado, a operação do processo específico do produto pode ser composta com base nos requisitos específicos do cliente fornecidos pela etiqueta RFID (SMARTFACTORYKL, 2018).

- Modularidade

Os sistemas modulares são capazes de adaptar-se de forma flexível à mudança de requisitos, substituindo ou expandindo módulos individuais. Portanto, os sistemas modulares podem ser facilmente ajustados em caso de flutuações sazonais ou alterações das características do produto. Na planta SmartFactoryKL, novos módulos podem ser adicionados usando o princípio *plug & play*. Com base em interfaces de *software* e *hardware* padronizadas, os novos módulos são identificados automaticamente e podem ser utilizados imediatamente através da IoS (INDUSTRIE 4.0, 2015; SMARTFACTORYKL, 2016, 2018).

#### 4.2.2 Características da Indústria 4.0

São características da Indústria 4.0:

- Redes verticais de sistemas inteligentes de produção, em fábricas inteligentes, produzindo produtos inteligentes (capazes inclusive de fornecer informações sobre seu estágio de fabricação ao próprio sistema produtivo), associadas a redes de logística inteligente, marketing e serviços inteligentes, atuando para atender de maneira mais individualizada e customizada as necessidades dos clientes.
- Integração horizontal das cadeias de suprimentos por meio de uma nova geração de redes globais de criação de valor e novos modelos comerciais e de cooperação em países e continentes (BAUER, 2015).
- Gerenciamento de todo o ciclo de vida do produto.

A impressão em 3D, a tecnologia de sensores, a inteligência artificial, a robótica colaborativa e autônoma, os drones e a nanotecnologia são apenas alguns exemplos de tecnologias exponencialmente crescentes que afetarão os processos industriais, acelerando-os e tornando-os mais flexíveis (KOCH; MERKOFER; SCHLAEPTE, 2015). A figura 14 apresenta as quatro características da Indústria 4.0.

Figura 14: As quatro características da Indústria 4.0



Fonte: Deloitte (2015). Adaptado pelo autor.

### 4.3 POTENCIALIDADES DA INDÚSTRIA 4.0

São ganhos esperados com a adoção da Indústria 4.0: aumento das receitas, melhores padrões de qualidade, maior agilidade, aumento significativo da produtividade industrial e redução dos custos de fornecimento. As reduções de custos podem se dar de várias formas. No nível micro, principalmente pelo aumento das taxas de ocupação de capacidade, redução de tempos ociosos, tempos de troca de máquinas (*setup*), uso da manutenção preditiva, redução de falhas e aumento da produtividade através da automação de operações e processos (CURRENCYCLOUD, 2014; BITTNER, SHACKLADY, 2015). Reduções no consumo de energia são outra fonte de redução de custos. Em aplicações de linhas

de montagem de veículos a redução pode chegar a 12% do consumo total (KAGERMANN et al., 2013).

No nível macro, os ganhos de custos são aqueles associados aos ganhos inerentes à prática do gerenciamento da cadeia de suprimentos, derivados do sistema ECR (*Efficient Consumer Response*). O ganho principal deriva da possibilidade de conectar sistemas de informação de empresas participantes de determinada cadeia de suprimentos (ou cadeia de valor), que são, entre si, clientes e fornecedores. A troca de informações sobre consumo, vendas e produção em tempo real permite que as empresas ajustem seus níveis de produção e compra à demanda que se realiza, otimizando seus custos pela redução dos estoques necessários. Esta redução de custos pode contribuir para o aumento das margens de lucro e mesmo para redução dos preços finais dos produtos, o que, hipoteticamente, ainda pode estimular o consumo e as vendas (GHISI, SILVA, 2006).

#### **4.3.1 A Indústria 4.0 traz potencialidades**

A Indústria 4.0 pode trazer inúmeros benefícios e potencialidades para as empresas que adotarem seu modelo, envolvendo aspectos como customização e produção em pequenos lotes, maior assertividade de decisões, produtividade, entre outros que justificam sua adoção. As principais potencialidades estão listadas a seguir:

- Produção customizada e específica.

Atendimento a requisitos individuais e específicos dos clientes, tanto a nível de projeto, configuração, pedidos, permitindo ainda que mudanças de última hora possam ser processadas. A Indústria 4.0 viabilizará financeiramente a produção de lotes pequenos, ou mesmo individuais.

- Flexibilidade.

A rede fabril baseada em CPS permite a configuração dinâmica de diferentes aspectos dos processos, como qualidade, tempo, volume. Isto permite mais agilidade para mudanças e maior resiliência a eventos inesperados.

- Tomada de decisão otimizada.

A Indústria 4.0 permite maior assertividade na tomada de decisões estratégicas à medida que trabalha com maior controle sobre as variáveis dos processos de negócio e monitoramento em tempo real de ponta a ponta. Assim, é possível desde avaliações prematuras ainda na fase de design dos produtos, até respostas mais precisas para interrupções e otimização global do conjunto de *sites* de uma companhia na esfera da produção.

- Produtividade e eficiência de recursos.

O objetivo tradicional da manufatura, de se obter a maior saída possível de produtos a uma determinada quantidade de recursos (produtividade de recursos) ou utilizar a menor quantidade possível de recursos para entregar um determinado produto (eficiência), continua válido na Indústria 4.0. O uso de redes de CPS permite que os processos produtivos sejam otimizados caso a caso em toda a cadeia de valor. Além disto, os sistemas podem ser continuamente otimizados durante a produção em termos de consumo de recursos e energia ou redução das emissões.

- Criando oportunidades de valor através de novos serviços

A Indústria 4.0 abre novas possibilidades de criação de valor a partir de formas inovadoras de serviços, dentro de um ambiente de Internet dos Serviços (IoS) (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015).

- Respondendo à mudança demográfica no ambiente de trabalho.

Para os países que sofrem com a redução da força de trabalho, os ganhos de produtividade serão um atenuante. As novas formas colaborativas entre humanos e máquinas permitirão o prolongamento da carreira profissional e a possibilidade de as pessoas permanecerem produtivas por mais tempo.

- Equilíbrio entre vida e trabalho

Modelos de organização de trabalho mais flexíveis, por conta do uso de sistemas ciberfísicos e automação, permitirá mais trabalho feito de forma remota e liberará as pessoas de tarefas desgastantes e repetitivas, exigindo também menos tempo de dedicação a atividades laborais.

- Competitividade para economias caracterizadas por mão de obra de alto salário.

O nível avançado de automação reduzirá a relevância do uso de mão de obra barata na produção, viabilizando a produção em países que tinham sua posição produtiva ameaçada por outros detentores de vantagem nos custos da mão-de-obra, caso adotem com sucesso as estratégias necessárias para implantação da Indústria 4.0.

Parte das potencialidades da Indústria 4.0 são favoráveis a países como a Alemanha, que enfrenta mudanças demográficas importantes ao mesmo tempo que possui grande capacidade produtiva industrial, força de trabalho capacitada e posicionamento estratégico direcionado a adoção da Indústria 4.0 (KAGERMANN et al., 2013).

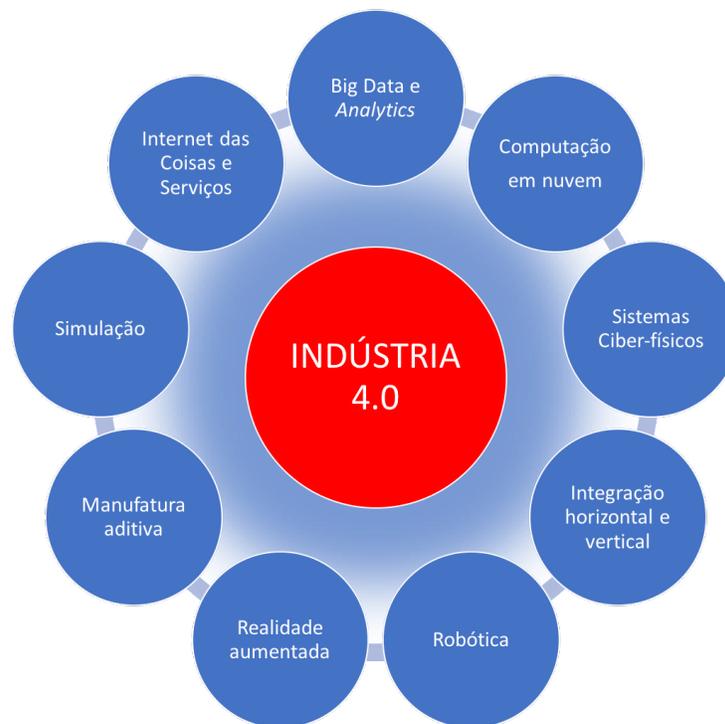
#### **4.3.2 O ambiente tecnológico da Indústria 4.0**

A Indústria 4.0 é composta, num primeiro nível, pela fábrica inteligente (*smart factory*). A fábrica inteligente pode ser definida como uma fábrica onde a CPS (sistema ciber-físico) se comunica com a Internet das Coisas (IoT) e a Internet dos Serviços (IoS) e auxilia pessoas e máquinas na execução de suas tarefas (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015).

Na fábrica inteligente tanto os CPS, como robôs, equipamentos, sistemas de movimentação e armazenagem, sistemas gerenciais, máquinas, produtos e pessoas interagem num sistema produtivo altamente automatizado e em rede

(KIRADJIEV, 2017). A fábrica inteligente estará, por sua vez, conectada a sua cadeia de valor, interagindo com outras empresas, sejam clientes, fornecedores ou parceiros de negócio (BAUER, 2015). Todo este arranjo deverá manter interfaces com outros componentes inteligentes, configurando o ambiente tecnológico da Indústria 4.0. (KOCH; MERKOFER; SCHLAEPER, 2015). Neste contexto de mobilidade generalizada, computação em nuvem e dispositivos inteligentes conectados, onde todas as transações e todas as interações são sustentadas por uma vasta infraestrutura global, a segurança da informação se tornará ainda mais crítica frente as ameaças do *ciber crime* (GROBMAN, CERRA, 2016). A figura 15 mostra o ambiente tecnológico em que a Indústria 4.0 está inserida.

Figura 15: O ambiente tecnológico da Indústria 4.0



Fonte: Carbone (2017). Adaptado pelo autor.

Na Alemanha, foi criado um ambiente de trabalho configurado nos padrões de uma fábrica inteligente, a *SmartFactoryKL*, que funciona como um grande laboratório colaborativo. A *SmartFactoryKL* envolve centros de pesquisa, universidades e empresas que colaboram com o objetivo de desenvolver padrões de trabalho e de conectividade e soluções que possam suportar as novas demandas trazidas pela Indústria 4.0 (SMARTFACTORYKL, 2016, 2018; KIRADJIEV, 2017).

### 4.3.3 Tecnologias Habilitadoras

As tecnologias da informação e comunicação têm penetrado maciçamente no ambiente das empresas manufatureiras e nas próprias operações fabris. Outras tecnologias estão contribuindo para o desenvolvimento da manufatura avançada e das próximas gerações de processos e produtos. São chamadas de *enabling technologies* (ou tecnologias habilitadoras) as tecnologias capazes de impulsionar mudanças radicais nas capacidades de um usuário ou cultura, permitindo a criação de produtos ou serviços radicalmente novos ou processos inovadores e mais eficientes. As tecnologias habilitadoras são caracterizadas pelo rápido desenvolvimento de tecnologias e aplicações derivadas, muitas vezes em uma ampla gama de áreas (DIISRTE, 2012). A Comissão Europeia estabeleceu entre os objetivos do seu plano estratégico Europa 2020 o direcionamento para a construção de uma indústria competitiva de classe mundial e o investimento nas principais tecnologias habilitadoras: fotônica, nanotecnologia, biotecnologia, tecnologias avançadas de fabricação, nano e microeletrônica e materiais avançados. A Comissão define como tecnologias habilitadoras aquelas intensivas em conhecimento e associadas à alta intensidade de P&D (pesquisa e desenvolvimento), ciclos rápidos de inovação, altas despesas de capital e emprego altamente qualificado. Permitem a inovação de processos, bens e serviços em toda a economia e tem relevância sistêmica. São multidisciplinares, atravessando muitas áreas de tecnologia com tendência para convergência e integração (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

O número de pedidos de patentes atribuídos às tecnologias habilitadoras está aumentando. O Japão domina o crescimento nos últimos dez anos a partir da parcela de pedidos de patentes relacionados às seguintes tecnologias habilitadoras: fotônica, nanotecnologia, biotecnologia, tecnologias avançadas de fabricação, nano e microeletrônica, materiais avançados. A União Europeia (UE), Estados Unidos (EUA) e Japão representam mais de 80% dos pedidos do Tratado de Cooperação de Patentes. A participação do Japão nos pedidos de patentes é significativa, com uma participação de 22% em 2011. No Japão, o número de pedidos de patente no âmbito do Tratado de Cooperação de Patentes aumentou significativamente e mais que dobrou entre 2011 e 2012. O número de pedidos de patentes da UE e dos EUA aumentou cerca de 20% durante o período, o que é um pouco menor que o aumento mundial das aplicações do Tratado de Cooperação de Patentes. A participação dos pedidos de patentes na maioria das tecnologias habilitadoras em seu número total é significativamente maior no Japão do que na UE e nos EUA, neste período. Com a exceção da nanotecnologia e da biotecnologia industrial, a participação das aplicações japonesas nas tecnologias habilitadoras é mais do que o dobro do que os pedidos de patentes dos estados-membros da UE (KUČERA; VONDRÁK, 2015). Entretanto, a União Europeia ainda é a líder mundial no desenvolvimento de tecnologias habilitadoras. Com base nos dados de patentes, o Relatório da Competitividade Europeia de 2010 confirma que a UE possui uma forte vantagem competitiva: é a única região a dominar as seis tecnologias habilitadoras. A ilustração seguinte mostra a evolução comparativa do número total de patentes no âmbito das tecnologias habilitadoras entre 2003 e 2012. A pesquisa do *Institute for Defense Analyses* dos EUA, selecionou quatro áreas tecnológicas como representativas do cenário de mudanças futura na manufatura: semicondutores, materiais avançados e engenharia de materiais computacionais, manufatura aditiva e biomanufatura com foco em biologia sintética (SHIPP et al., 2012). O quadro 5 apresenta as tecnologias definidas como críticas na estratégia do governo estadunidense para a manufatura avançada.

Quadro 5: Relação de tecnologias habilitadoras prioritárias para a manufatura avançada nos E.U.A.

<b>Tecnologias habilitadoras para manufatura avançada</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Detecção, medição e controle avançado de processos</li><li>• Projeto, síntese e processamento de materiais avançados</li><li>• Tecnologias de visualização e fabricação digital</li><li>• Produção sustentável</li><li>• Nanomanufatura</li><li>• Fabricação de eletrônicos flexíveis</li><li>• Biomanufatura</li><li>• Manufatura aditiva</li><li>• Equipamentos avançados de fabricação e teste</li><li>• Robótica industrial</li><li>• Tecnologias avançadas de colagem e adesão</li></ul>

Fonte: Kagermann; Wahlster; Helbrig (2013). Adaptado pelo autor.

Segundo Holdren e Lander (2014), as tecnologias habilitadoras para o programa de manufatura avançada nos E.U.A. são os seguintes:

- Detecção, medição e controle avançado de processos.

Incluindo os sistemas ciberfísicos (CPS), este conjunto de tecnologias é aplicável em quase todos os domínios da indústria e crítico para desenvolvimento da Indústria 4.0, tanto nas aplicações de gerenciamento interno de processos quanto na gestão de produtos e informações na cadeia de suprimentos. Também são importantes para gestão do uso de energia e uso eficiente de recursos. Tecnologias emergentes com a nanotecnologia aplicada à manufatura e a

biotecnologia dependem do uso de sensores especializados e módulos de controle (NIST, 2017).

- Projeto, Síntese e Processamento de Materiais Avançados.

Tecnologias que incluem o desenvolvimento e síntese de nano materiais, revestimentos, componentes integrados (por exemplo, dispositivos fotovoltaicos). Envolvem modelagem computacional e análise de pesquisas avançadas para novas fontes de energia e desenvolvimento de materiais alternativos, como materiais compostos avançados, que podem envolver a produção de polímeros reforçados com fibras, que têm a capacidade de ser facilmente manipulados em várias formas e configurações quando são aquecidos a temperaturas elevadas de ativação. A partir de processamento a alta pressão, adquirem níveis elevados de resistência mecânica e rigidez a partir da temperatura ambiente. São ideais para aplicações como estruturas leves, rígidas e desdobráveis, fabricação rápida e como reforço dinâmico. (IACMI, 2018). Materiais classificados como *lightweighting* (materiais leves ou de baixo peso) são outra frente importante de desenvolvimento tecnológico avançado. O magnésio, por exemplo, é um dos materiais de interesse por apresentar a menor densidade entre todos os metais estruturais. As ligas de magnésio têm o potencial de reduzir o peso dos componentes metálicos em até em 70 por cento. Materiais compostos à base de magnésio combinam alta resistência e baixo peso. Também os aços avançados de alta resistência ou *Advanced High Strength Steel* (AHSS) permitem maior desempenho, em termos de resistência mecânica e rigidez, associado a menor peso, quando comparados com as ligas de aço convencionais (DIETER, 1981). Esses materiais são de grande aplicação em diversos setores, como produção de aeronaves, veículos militares e automóveis, permitindo dramáticas reduções no peso e conseqüente redução no consumo de combustíveis e energia. Novos veículos elétricos e híbridos devem ser construídos utilizando materiais destes tipos (LIFT, 2018).

Em outra linha, avanços recentes em materiais de fibra e processos de fabricação em breve permitirão projetar e usar tecidos que vejam, ouçam, sintam, se comunicam, armazenam e convertam energia, regulam a temperatura,

monitoram a saúde e mudam de cor. Fibras, fios e tecidos tradicionais serão transformados em produtos e sistemas altamente sofisticados, integrados e em rede (AFFOA, 2018).

- Tecnologias de visualização e fabricação digital.

Implica tecnologia de modelagem, simulação e visualização que podem otimizar produtos e sua fabricação no espaço virtual antes da produção física real ser iniciada. Exemplos dessas tecnologias incluem tecnologias de fabricação inteligente de nível corporativo integrado que permite mover-se diretamente do design computacional / digital para o planejamento, produção, compra e entrega de produtos. Sua utilização implica em tempos de ciclo reduzidos, incluindo tempo para lançamento de novos produtos, menores taxas de falha, maior rendimento de processos, maior eficiência energética, etc. Permite gerenciamento complexo de múltiplas etapas da cadeia de valor e trabalhos colaborativos envolvendo múltiplas empresas (FRIGO, SILVA, 2016; DMDII, 2018).

- Produção Sustentável: Envolve esforços para otimizar a utilização de matérias-primas, energia e recursos, incluindo áreas tão diversas como catálise de alto desempenho, novas separações e novos sistemas de gerenciamento de resíduos e reatores. Áreas como remanufatura (ou seja, uso de componentes reciclados) precisam ser pesquisadas (THE REMADE INSTITUTE, 2018; CESMII, 2018). A produção ou manufatura sustentável baseia-se na utilização de processos industriais não poluentes, que conservam ou utilizam de forma racional a energia e os recursos naturais e que, ainda, são seguros e econômicos para os produtores, funcionários, consumidores e comunidade. Este conceito abrangente é motivado por diversos fatores, como os custos crescentes de energia e matérias-primas, o risco de escassez futura de água e algumas matérias-primas e mesmo razões ligadas a preservação da imagem empresarial e valor da marca (SHIPP et al., 2012).

- Nanomanufatura: A nanotecnologia compreende as tecnologias que lidam com a matéria em níveis moleculares, cujas dimensões são da ordem de 1 a 100

nanômetros (1 nanômetro = 1 bilionésimo de metro,  $10^{-9}$  m). Compreende o estudo e a manipulação da estrutura e das propriedades de materiais e dispositivos físicos, químicos e biológicos nessa escala de tamanho. Já tem um impacto perceptível na indústria e deverá ter mais ainda no futuro próximo pois envolve pesquisa de nano materiais para dispositivos eletrônicos e de computação de próxima geração e dispositivos baseados em microestruturas, que desempenharão um papel fundamental na Indústria 4.0 e nos produtos da próxima geração. As possibilidades são ilimitadas, mas os processos e os sistemas de controle de qualidade ainda precisam ser desenvolvidos para se atingir todo o potencial da nanomanufatura (CAVALCANTI; SOARES, 2013; PEDERSEN, 2017).

- Fabricação de eletrônicos flexíveis: Essenciais para a produção da próxima geração de dispositivos de consumo e computação. Espera-se que alguns desses dispositivos estejam entre as categorias de produtos de crescimento mais rápido na próxima década. Permitirá a fabricação de produtos inteligentes leves, de baixo custo, flexíveis, conformáveis, esticáveis e altamente eficientes, com inúmeros usos para aplicações de consumidores, comerciais e militares (NEXTFLEX, 2017). Os fabricantes de semicondutores e as empresas que utilizam semicondutores de energia em seus produtos estão trabalhando em conjunto para acelerar a adoção da eletrônica de potência de carboneto de silício (SiC) e de nitreto de gálio (GaN) para produzirem os semicondutores *wide bandgap* ou semicondutor de banda larga (WBG) da próxima geração, que permitirão aplicação na indústria optoeletrônica e na tecnologia de dispositivos eletrônicos, reduzindo custos de produção, diminuindo o tamanho e a massa dos dispositivos, aumentando a eficiência, além de diminuir o impacto ambiental (POWER AMERICA, 2018). Por quase cinquenta anos, *chips* de silício têm sido a base da eletrônica de potência. No entanto, à medida que as tecnologias de energia limpa e a indústria eletrônica avançaram, os chips de silício estão atingindo seus limites na conversão de energia - resultando em calor desperdiçado e maior consumo de energia. Eletrônica de potência que usa semicondutores WBG tem o potencial de mudar tudo isso. Os semicondutores WBG operam a altas temperaturas, frequências e tensões - tudo ajudando a eliminar até

90 por cento das perdas de energia na conversão de eletricidade em comparação com a tecnologia atual. Isso, por sua vez, significa que os dispositivos e circuitos de eletrônica podem ser menores porque eles precisam de menos chips de semicondutores. Assim, as tecnologias que dependem de eletrônicos de potência - como carregadores de veículos elétricos, eletrodomésticos de consumo e LEDs - serão melhores, serão mais eficientes e custarão menos (MONIZ, 2014). Um outro campo de desenvolvimento avançado que envolve a fabricação de eletrônicos é a fotônica. Fotônica é a ciência de usar e controlar fótons, a menor partícula de luz. A fotônica permite uma transferência mais rápida de dados do que os circuitos eletrônicos tradicionais. A fotônica integrada permite que projetistas e fabricantes coloquem milhares de componentes fotônicos (como lasers, detectores, guias de ondas, moduladores, controles eletrônicos e interconexões ópticas) em um único *chip*, permitindo recursos que não eram anteriormente possíveis. A fotônica é usada em uma ampla gama de aplicações, incluindo: telecomunicações, radar a laser, transferência de dados e muitos outros. A fotônica integrada oferece redução significativa de tamanho, peso e energia, ao mesmo tempo em que melhora dramaticamente o desempenho e a confiabilidade de componentes, circuitos e sistemas. Assim, o desempenho dos produtos cresce exponencialmente enquanto o consumo de energia diminui significativamente. Como resultado, veículos autônomos, robótica e realidade aumentada darão o próximo salto, quando a tecnologia fotônica estiver integrada nessas plataformas (AIM PHOTONICS, 2018).

- **Biomanufatura:** Envolve o desenvolvimento de tecnologias disruptivas de células e tecidos manipulados, biomateriais e biomoléculas, para uso em medicamentos, processamento de alimentos e aplicações industriais, incluindo fabricação de plásticos (BIOFABUSA, 2018). Está relacionada a grandes projetos científicos básicos, como a mapeamento do genoma humano e aplicações imediatas na agroindústria (emprego de espécies geneticamente modificadas) e biomédicas, com o desenvolvimento de terapias genéticas, células-tronco e fármacos para diversas aplicações, como a prevenção e tratamento de doenças

como HIV/AIDS, câncer, diabetes, artrite reumática e esclerose múltipla. É certamente uma área de grande impacto econômico e estratégico (NIIMBL, 2018).

- **Manufatura aditiva:** Uma aplicação crescente da manufatura aditiva é a produção de produtos altamente customizados e personalizados. A manufatura aditiva (impressão tridimensional ou 3D) é uma tecnologia chave e possui várias características que permitem capacidades e recursos únicos. Por exemplo, vários materiais podem ser processados, permitindo a fabricação de componentes inteligentes com sensores incorporados e circuitos. Os recursos internos podem ser significativamente aprimorados e, portanto, diferenciar produtos (por exemplo, canais de resfriamento internos otimizados para desempenho térmico que não são possíveis com as técnicas de fabricação atuais). Assim, os materiais podem ser processados de forma eficiente com pouco desperdício, aumentando a sustentabilidade das organizações que adotam tecnologias de fabricação aditiva (AMERICAMAKES, 2018).

- **Equipamentos avançados de fabricação e teste:** Para suportar a Indústria 4.0 é essencial o desenvolvimento de ferramentas e processos de *design* aprimorados, capazes de integrar dados ao longo do ciclo de vida de fabricação e permitir o planejamento automatizado de fabricação. A fábrica do futuro envolve integração e controle digital no ambiente de fabricação e utiliza ferramentas para aumentar a flexibilidade ao longo do ciclo de produção (INDUSTRIE 4.0, 2015; SMARTFACTORYKL, 2018; DMDII, 2018).

Além das questões relacionadas diretamente a configuração das fábricas inteligentes, existe um campo extenso para desenvolvimento de novos equipamentos e processo produtivos. Por exemplo, o consumo de energia pode influenciar significativamente a operação de processos e plantas químicas, que são os principais componentes da maioria das indústrias, incluindo química e petróleo, celulose e papel e indústrias de energia, porque o consumo de combustível, os custos operacionais e as emissões de dióxido de carbono dependem fortemente da

quantidade de energia consumida para uma operação específica (RAPID, 2018). O setor industrial de maior consumo de energia é geralmente o setor químico e petrolífero. A necessidade de aumento de produção e eficiência nas plantas petroquímicas tem levado a um aumento da temperatura e pressão de trabalho dos seus fornos (GRAGLIA, 1998). Entre 2006 e 2011, cerca de 30% da energia utilizada na indústria foi atribuída às indústrias química e petrolífera. Este consumo representou cerca de 10% da demanda global de energia e a emissão de aproximadamente 7% das emissões globais de dióxido de carbono. Novos equipamentos de intensificação de processos químicos modulares podem reduzir o consumo de energia e os custos de capital em até 80% (KIM, Y. et al., 2017).

- Robótica industrial: Redes de robôs estão se conectando à nuvem e contribuindo com grandes quantidades de dados extremamente úteis. Fabricantes estão usando essas informações para simplificar o gerenciamento e manutenção de ativos, maximizar a eficiência do equipamento e dos processos e melhorar a qualidade do produto. Entre o potencial de vantagens, empresas podem capitalizar seus robôs conectados para não apenas evitar o tempo de inatividade, mas prever falhas antes de ocorrerem. Nos EUA, a General Motors está colocando a Internet das Coisas e os blocos de construção da Indústria 4.0 para funcionar numa base sólida de fabricação inteligente. GM, FANUC e o gigante de rede Cisco juntos desenvolveram a solução Zero Down Time (ZDT). O ZDT usa uma plataforma de *software* baseada em nuvem para analisar os dados coletados de robôs nas fábricas da GM, a fim de detectar potenciais problemas que podem levar ao tempo de inatividade da produção. Na fabricação de automóveis, onde um novo chassi de carro desce a linha de montagem a cada sessenta ou noventa segundos, o tempo de inatividade pode custar mais de US\$ 20.000 por minuto. Uma única parada de produção poderia facilmente acarretar milhões em perdas. Quando as linhas de montagem travam, podem afetar toda a cadeia de suprimentos, agravando ainda mais as perdas. Os atrasos também trazem impactos para os clientes, concessionárias automotivas, usuários de frotas e para o público comprador de carros. Dos aproximadamente 35.000 robôs que a GM implantou em todo o mundo,

cerca de 8.500 robôs já estão conectados à plataforma ZDT da FANUC. A GM conseguiu evitar mais de cem interrupções significativas não programadas desde o início do programa. Isso evita entre seis e oito horas de tempo de inatividade não programado, dependendo do tipo de falha (ANANDAN, 2017; ARM INSTITUTE, 2018).

- Tecnologias avançadas de colagem e adesão: A tecnologia de adesivo avançou muito rapidamente nos últimos anos e as técnicas para produzir em massa estes materiais estão agora em desenvolvimento. O uso de nano materiais está sendo investigado amplamente e pesquisas recentes sugerem que os adesivos com propriedades mecânicas, térmicas e elétricas melhoradas surgirão. Os adesivos inteligentes, como os tipos comutáveis que podem ser desencadeados para ligação e desvinculação em resposta a estímulos físicos ou químicos, estão em desenvolvimento e alguns já estão disponíveis comercialmente. Isso contribuirá para a desmontagem e reciclagem de produtos.

As fortes ligações formadas por adesivos avançados melhoram a construção de máquinas-ferramenta, melhoram a montagem de peças e tornam as estruturas mais resistentes, sendo alternativas atraentes para o uso de soldas, rebites, parafusos, juntas e outras técnicas de ligação. Esses agentes de ligação podem absorver o estresse e deformação resultantes de efeitos como transferência de carga, impacto, vibração ou expansão por diferencial térmico (BOGUE, 2011).

Essas tecnologias não atuam de forma isolada. O progresso da grande maioria das tecnologias habilitadoras relacionadas influencia ou é influenciado pelo avanço de alguma outra tecnologia habilitadora. Duas tecnologias, em particular, são destaque em termos de resultado da combinação de outras: a fotônica, como interseção da tecnologia de materiais com a nanotecnologia; e a manufatura aditiva, como interseção das tecnologias da informação e comunicação (TICs) com a tecnologia de materiais. A razão dessa representação é mais de intensidade da relação de interdependência do que propriamente da natureza em si dessas tecnologias. No caso da fotônica, a maioria dos componentes ópticos e dos efeitos

que se utilizam nas aplicações práticas depende das propriedades dos materiais. Ou seja, é frequente a situação em que o material ou propriedade precede a necessidade de aplicação. É um campo em que a inovação tecnológica ainda predomina. Além disso, cada vez mais, técnicas de micro e nano fabricação são utilizadas para produzir ou processar esses materiais. No caso da manufatura aditiva, todo o processo que vai da concepção do produto até as instruções para deposição do material depende do avanço das TICs. Por sua vez, o progresso na tecnologia de síntese e processamento de materiais é crucial para a materialização dos projetos digitais.

#### **4.3.4 Desenvolvimento da Indústria 4.0 na Alemanha.**

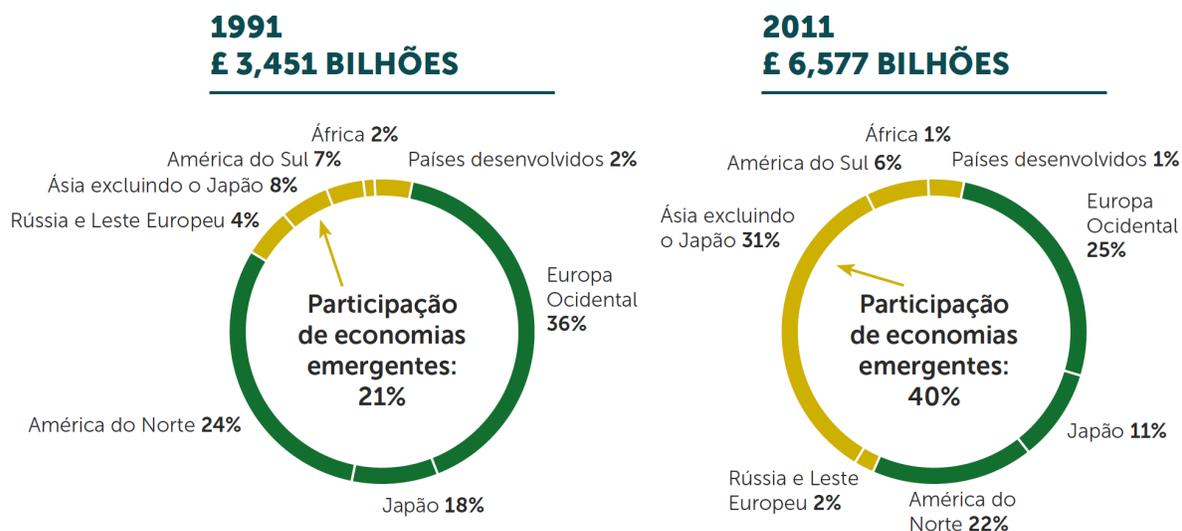
A Alemanha vem se beneficiando das tecnologias da informação principalmente como usuária. Entretanto, na fabricação o crescimento e o emprego diminuiram. Desenvolvimentos positivos apenas ocorreram em serviços de TI. Em vista das grandes vantagens competitivas das empresas chinesas, especialmente, há poucas perspectivas de um renascimento do setor de *hardware* na Alemanha. O mesmo se aplica ao desenvolvimento de tecnologia e *software* de ponta, que está em grande parte nas mãos das empresas dos Estados Unidos. Os EUA, que reuniram as empresas mais importantes no setor de TI no Vale do Silício, estão na vanguarda. Juntamente com inúmeras *startups*, esta região representa o centro global da indústria digital. A Europa e a Alemanha não têm nada de comparável neste aspecto e, em muitas áreas, seguem a liderança tecnológica dos EUA. A vantagem europeia reside mais na implementação bem-sucedida de técnicas digitais, o que também resulta em efeitos econômicos positivos significativos para a indústria e os serviços. Impulsos significativos de crescimento e emprego são, portanto, apenas esperados se a Alemanha se tornar um dos principais fornecedores globais de produção industrial em rede: Indústria 4.0. A adoção de uma estratégia de digitalização acelerada da economia alemã pode aumentar a

produtividade e propiciar desenvolvimento econômico numa posição competitiva favorável (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016).

Nesta perspectiva, o governo alemão envolveu todos os seus ministérios federais, universidades e centros de pesquisa, além de representantes de algumas das suas principais empresas, no desenvolvimento de estudos e recomendações para um cenário e projeto que nomeou como *Industrie 4.0*. Este projeto é uma das iniciativas estratégicas que compõem o *High-Tech Strategy Action Plan 2020*. Para desenvolver o projeto, o Ministério Federal da Educação e Pesquisa (BMBF) instituiu o *Working Group Industrie 4.0*, com o objetivo de analisar os requisitos para o sucesso na quarta era industrial. As recomendações formuladas pelo *Working Group Industrie 4.0*, sob coordenação da Academia Nacional de Ciências e Engenharia da Alemanha, foram apresentadas à chanceler Merkel em 2013 na Hannover Messe (KAGERMANN et al., 2013). Desde então, a plataforma *Industrie 4.0*, suportada pelas organizações Bitkom, VDMA e ZVEI, continuou as tarefas do grupo de trabalho. Essas tarefas incluem o desenvolvimento de um mercado líder alemão, a integração dos processos de planejamento, desenvolvimento e produção de produtos e processos logísticos, bem como soluções para convergência dos mundos físico e virtual. O grupo de trabalho está avançando com a padronização e estruturação, apoiando o desenvolvimento de uma arquitetura comum e de integração suportada por *software* – um dos requisitos básicos e importante desafio para a consolidação da proposta, acompanhando o intercâmbio tecnológico, as iniciativas colaborativas e coordenando o desenvolvimento de novos modelos de negócio e organização (HEYNITZ, 2016).

As razões que justificam a importância estratégica do tema podem ser explicadas a partir do contexto do processo de desindustrialização que vem afetando boa parte dos países da Europa nas últimas décadas, em função da migração da produção industrial para países asiáticos, destacadamente a China (THINK ACT, 2015). A figura 16 apresenta a evolução da participação das economias emergentes no valor agregado industrial global.

Figura 16: Valor agregado industrial global: crescimento de economias emergentes como protagonistas industriais



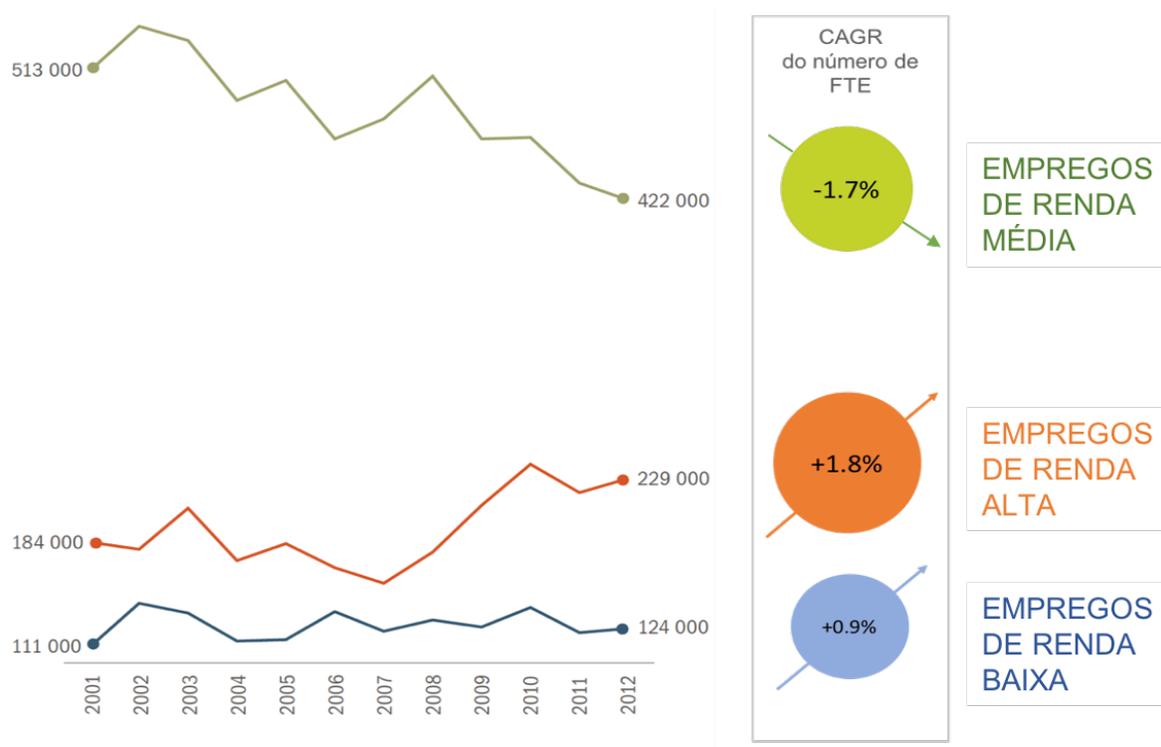
Fonte: Firjan (2016a).

O setor industrial é um importante impulsionador do crescimento econômico e do emprego na Europa, responsável por 80% da exportação e 80% das pesquisas e inovações privadas. Embora apenas aproximadamente 10% das empresas europeias sejam classificadas como fabricantes, o setor agrega cerca de 2 milhões de empresas e é responsável por 33 milhões de empregos; além do mais, cada emprego gerado na manufatura é capaz de gerar até dois empregos em outros setores. Entretanto, a contribuição relativa da indústria na economia europeia está em declínio, ao ponto da Europa ter perdido cerca de um terço de sua base industrial nos últimos quarenta anos. O valor agregado pela manufatura para a economia europeia foi de 15,3% do total do valor adicionado no terceiro *quarter* de 2014, o que representou uma queda de 1,2% em relação ao mesmo período de 2008. Em 2012, como resposta ao declínio da importância relativa do setor industrial na economia, a Comissão Europeia estabeleceu como meta que a manufatura deve

representar 20% do valor total agregado na Europa em 2020 (EUROPEAN PARLIAMENT, 2015).

O fenômeno da desindustrialização, por sua vez, não ocorre da mesma forma entre os seus países membros. Alemanha, Áustria e Suécia adotaram estratégias de diferenciação e vêm tendo bom resultados com a preservação dos seus níveis de emprego e incremento da produtividade, enquanto que Itália, França, Reino Unido e Bélgica apresentaram um comportamento de desindustrialização e consequente perda de competitividade e degradação de sua balança comercial e decréscimo de volumes. O crescimento da participação do setor de serviços na economia europeia poderia compensar, à princípio, o fenômeno da desindustrialização. Entretanto, uma mudança para uma economia ainda mais altamente baseada em serviços traria desafios importantes. A manufatura gera um alto número de empregos de média especialização e de maior qualidade, como operadores de máquinas, técnicos especialistas, engenheiros e gestores. Já os empregos gerados pelo setor de serviços tendem a se dividir entre os de baixa renda e de alta renda, ou baixa e alta especialização. Isto é ilustrado pela alta correlação entre desindustrialização e perda de empregos de renda média, fenômeno muitas vezes apelidado de “declínio da classe média”, como percebido no período de declínio da industrialização na Bélgica entre os anos de 2001 e 2012, evidenciado pela redução de 16% nos empregos industriais neste período. O gráfico 10 apresenta a queda no número de empregos de renda média na Bélgica (THINK ACT, 2015). Esta situação pode contribuir para uma polarização da sociedade, entre os indivíduos que detêm alta renda e baixa renda. Além disso, a indústria é grande estimuladora do próprio setor de serviços, sendo muitos dos tipos de serviços derivados diretamente da atividade industrial, como logística, armazenamento, manutenção, entre outros. Serviços bancários, seguros, publicidade, por exemplo, são também parcialmente estimulados pela atividade industrial. Nesta perspectiva, como exemplo, apenas 26% do valor agregado da economia belga não está ligado à indústria. Por conta disto, para muitos países europeus, a desindustrialização representa uma ameaça geopolítica significativa (THINK ACT, 2015).

Gráfico 10: Evolução do número de FTE<sup>7</sup> para o nível de renda na Bélgica entre 2001 e 2012.



Fonte: Think Act (2015). Adaptado pelo autor.

A adoção da Indústria 4.0 é, portanto, a principal estratégia para que a Europa possa reverter o quadro de desindustrialização que atinge alguns dos seus países membros e manter a posição de liderança de outros poucos países. A Alemanha, espera para a próxima década ganhos anuais de 1% do PIB através do aumento da demanda interna decorrente das possibilidades de customização de produtos. Projeta a criação de cerca de 390.000 empregos qualificados (aumento

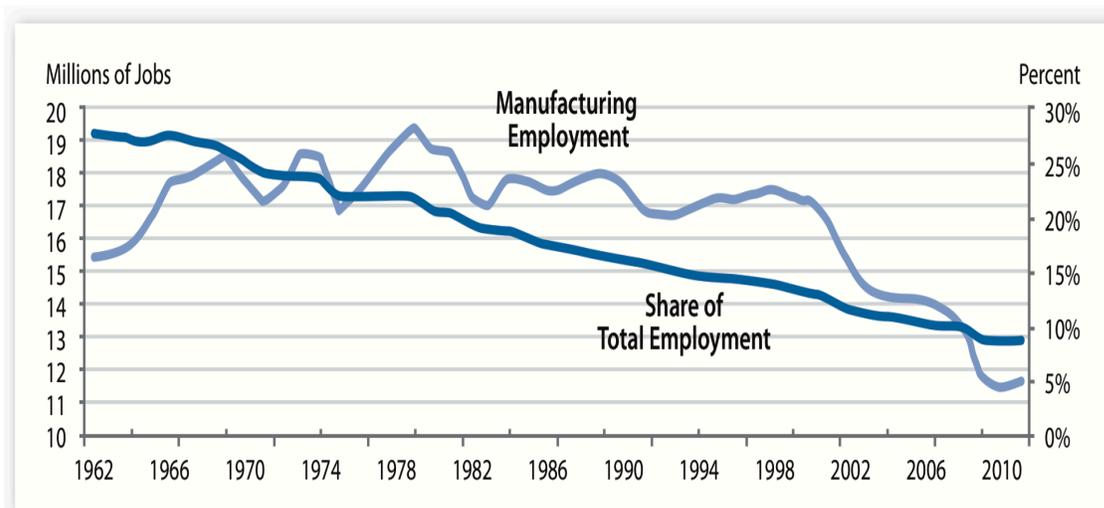
<sup>7</sup> FTE – Equivalente em tempo integral. CAGR – Taxa composta de crescimento anual.

de 6% no emprego industrial), especialmente no setor de engenharia mecânica, mecatrônica, desenvolvimento de *softwares* e tecnologia da informação e investimentos de € 250 bilhões para adaptar processos de produção (cerca de 1 a 1,5 por cento das receitas dos fabricantes). São estimados ganhos de produtividade nos custos de transformação (que exclui os custos de materiais) entre 15% e 25%. Para os materiais, espera-se ganhos de custos entre 5% e 8%, conforme a indústria. Os fabricantes de componentes industriais podem alcançar algumas das maiores melhorias de produtividade, entre 20% e 30%, e as empresas automotivas podem esperar aumento de produtividade de 10 a 20% (GERBERT et al., 2015).

#### **4.3.5 Desenvolvimento da Indústria 4.0 nos EUA**

Assim como a Europa, os Estados Unidos enfrentam desafios para manter sua posição no cenário da produção industrial. Os EUA prosperaram como resultado da sua capacidade de fabricar bens e vendê-los para os mercados globais. A manufatura impulsiona a produção e inovação do conhecimento nos Estados Unidos, envolvendo dois terços da pesquisa e desenvolvimento do setor privado e a grande maioria das patentes, além de ser responsável por um grande número de empregos. A partir dos anos 2000, a manufatura estadunidense vem enfrentando reveses, com grandes quedas nas taxas de emprego e fechamento de fábricas, atingidas por uma concorrência nova e crescente no exterior (GAYLE, 2015). O gráfico 11 indica a tendência do emprego no setor industrial dos EUA.

Gráfico 11: Tendência do emprego no setor industrial estadunidense entre 1962 e 2010.



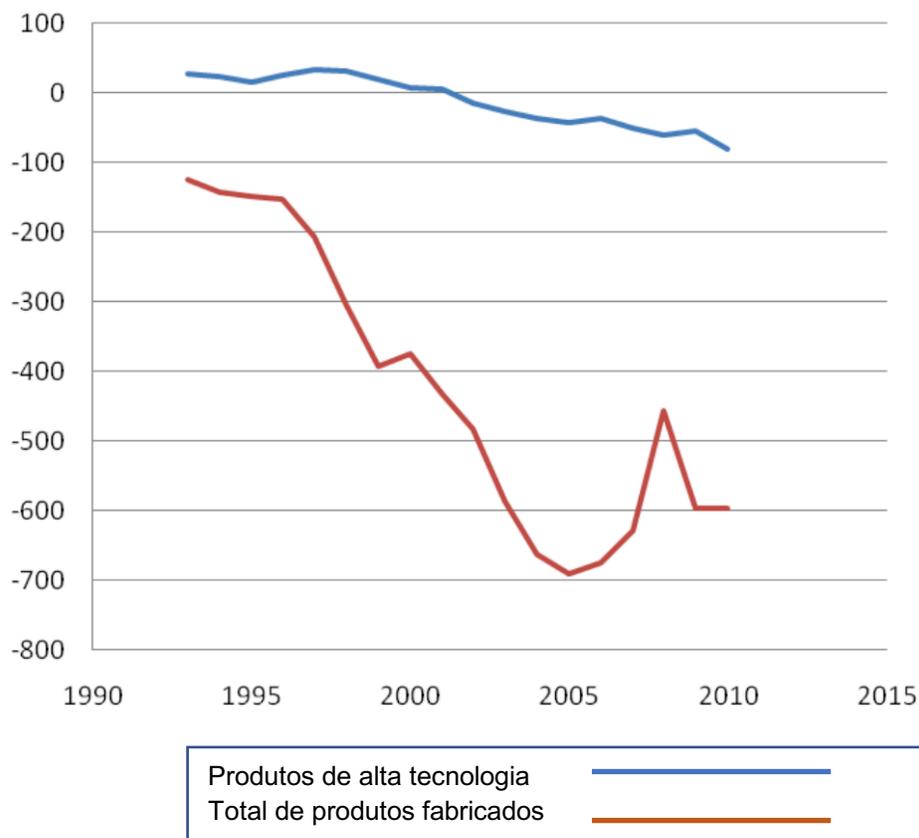
Fonte: Holdren e Lander (2012).

A partir de 2011, iniciaram-se as discussões envolvendo o setor público e privado sobre a questão da manufatura avançada. Em junho de 2011, o Conselho de Assessoria em Ciência e Tecnologia do Presidente (PCAST) e o Comitê Consultivo de Inovação e Tecnologia do Presidente (PITAC) emitiram o documento *“Report to the President Accelerating U.S. Advanced Manufacturing”* (HOLDREN; LANDER, 2011). O relatório apresenta um diagnóstico sobre a situação da manufatura nos E.U.A. e propões estratégias para revitalizar a liderança do país em fabricação avançada. O diagnóstico apresenta como conclusões-chave:

- Os Estados Unidos estão perdendo liderança na fabricação - não apenas em indústrias de baixa tecnologia e não apenas devido a baixos salários no exterior. Há uma perda de participação na produção de produtos de alta tecnologia. O gráfico

12 mostra a mudança de padrão da balança comercial dos EUA para produtos tecnológicos avançados.

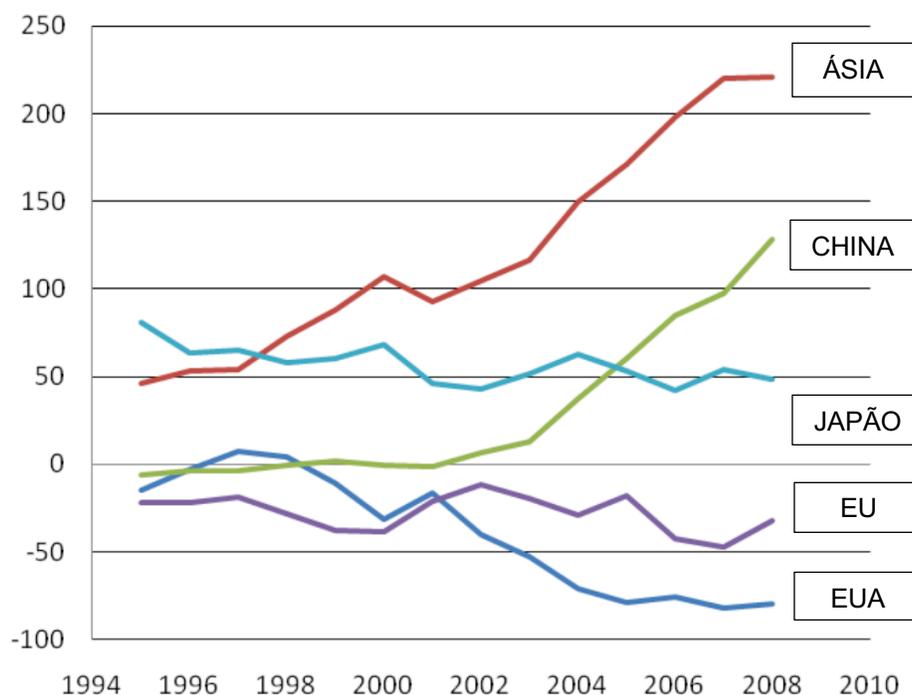
Gráfico 12: Balança comercial estadunidense para produtos de alta tecnologia e outros produtos fabricados nos E.U.A. (em bilhões de dólares).



Fonte: Holdren; Lander (2011). Adaptado pelo autor.

Outras nações estão investindo pesadamente no avanço de sua liderança de fabricação, sistemas de inovação e P&D. O gráfico 13 apresenta a comparação entre os EUA e outros países/regiões na fabricação de produtos de alta tecnologia.

Gráfico 13: Evolução comparativa entre os EUA e outros países/regiões na fabricação de produtos de alta tecnologia entre 1994 e 2010. Em bilhões de dólares.



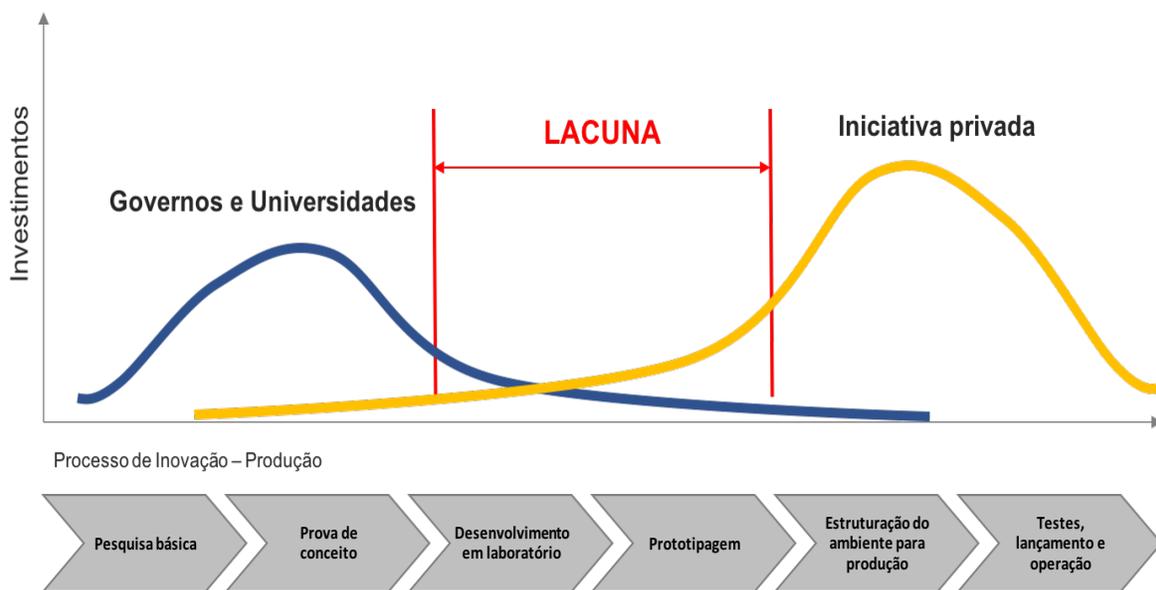
Fonte: Holdren; Lander (2011). Adaptado pelo autor.

A fabricação avançada tem potencial para criar e manter empregos de alta qualidade nos Estados Unidos. A queda na produção de produtos de alta tecnologia prejudicará a capacidade de inventar, inovar e competir nos mercados globais. Os Estados Unidos estão atrás dos concorrentes no ambiente de negócios e na disponibilidade de mão-de-obra qualificada para a fabricação avançada.

Os investimentos federais em novas tecnologias, infraestrutura compartilhada e ferramentas de design tornaram-se cruciais para o nascimento e o

crescimento de novas indústrias importantes. As empresas, individualmente, são incapazes de prover o investimento necessário para desenvolver completamente novas tecnologias importantes ou para criar a infraestrutura completa para suportar a fabricação avançada. O investimento privado deve ser complementado pelo investimento público. A figura 17 identifica a lacuna sistêmica de investimento no processo de inovação da manufatura estadunidense.

Figura 17: Lacuna de investimento no processo inovação - produção nos EUA.



Fonte: Holdren; Lander (2011). Adaptado pelo autor.

Com base nesse relatório, o presidente Obama lançou em 2011 a *Advanced Manufacturing Partnership* (AMP), um esforço nacional para reunir indústrias, universidades, agências do governo federal, centros de pesquisa e outras partes interessadas na questão da competitividade global do país. O Comitê Diretivo da AMP sugeriu três pilares para garantir um ecossistema para a liderança dos EUA

na fabricação avançada: habilitar a inovação, garantir o talento, e melhorar o clima de negócios (HOLDREN; LANDER, 2011).

O *Report to the President on Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing*, publicado em 2012, propõe a criação da Rede Nacional de Institutos de Inovação da Manufatura. Esta rede, constituída a partir de parcerias público-privadas, tem como missão criar as condições de liderança no desenvolvimento e aplicação de tecnologias emergentes e criação de modelos de alto impacto para desenvolvimento colaborativo de tecnologia, fornecer infraestrutura de suporte à inovação e condições de desenvolvimento da força de trabalho. A figura 18 indica o modelo de relacionamento dos institutos para inovação da manufatura nos E.U.A.

Figura 18: Modelo colaborativo dos Institutos de Inovação e Fabricação dos EUA



Fonte: Holdren; Lander (2011). Adaptado pelo autor.

Em 2013, o Conselho de Assessoria em Ciência e Tecnologia do Presidente (PCAST) definiu a necessidade de recomendações mais específicas, direcionadas e objetivas com base naquelas apresentadas no relatório de 2012. O relatório *“The President’s Council of Advisors on Science and Technology Accelerating U.S. Advanced Manufacturing”* foi apresentado em outubro de 2014 pelo *Advanced Manufacturing Partnership 2.0 – AMP 2.0*. Além do detalhamento solicitado, incluiu uma série de recomendações adicionais para inovação em tecnologias emergentes de fabricação. O AMP 2.0 pilotou o processo para o desenvolvimento de uma estratégia nacional para tecnologias definidas como críticas (HOLDREN, LANDER; 2012). Essas tecnologias servem para defesa, autossuficiência e eficiência energética, segurança alimentar, segurança interna e para cuidados de saúde. São entendidas como fundamentais para permitir competitividade de fabricação, tanto nos termos de entrega quanto na comercialização de bens. O esforço para apoiar a pesquisa, o desenvolvimento e a implantação dessas tecnologias de fabricação e desenvolver a cadeia de talentos para a indústria envolvem universidades, laboratórios, instituições de nível técnico, institutos de pesquisa independentes e faculdades comunitárias, além da indústria (HOLDREN; LANDER, 2014).

Para o orçamento de 2013, foi proposta a criação da Rede Nacional de Inovação de Manufatura (NNMI), um programa do governo federal dos EUA para coordenar investimentos públicos e privados para melhorar a competitividade e a produtividade da fabricação através da criação de uma rede robusta de quinze institutos de inovação de fabricação, cada um focado em uma área de tecnologia de fabricação avançada específica e promissora. Cada instituto seria administrado de forma independente por uma organização sem fins lucrativos e formaria uma parceria público-privada projetada para alavancar os recursos existentes e promover a colaboração e o investimento patrocinado pelas indústrias envolvidas, as universidades e as agências governamentais. O objetivo dos institutos é desenvolver, lançar e comercializar novos produtos e processos para a produção nacional, bem como treinar uma força de trabalho de fabricação em todos os níveis de habilidades para melhorar as capacidades de fabricação doméstica. Atualmente, a rede é operada pelo Escritório do Programa Nacional de Manufatura Avançada

(AMNPO). O escritório é composto por representantes de agências federais com missões relacionadas à fabricação, bem como empresas de fabricação e universidades, e atua em parceria com o Departamento de Defesa, o Departamento de Energia, a NASA, a National Science Foundation e os departamentos de Educação, Agricultura e Trabalho. Em setembro de 2016, a NNMI adotou a marca *Manufacturing USA* (MANUFACTURING USA, 2018). O quadro 6 apresenta a lista dos institutos de inovação e as tecnologias envolvidas.

Quadro 6: Institutos de Inovação em Manufatura nos EUA

<b>Institutos de Inovação em Manufatura</b>	<b>Tecnologia envolvida</b>
<b>LIFT</b> Lightweight Innovations for Tomorrow <i>Detroit, Michigan</i>	Fabricação de metais leves.
<b>AIM Photonics</b> American Institute for Manufacturing Integrated Photonics <i>Rochester, New York</i>	Manufatura fotônica integrada.
<b>CESMII</b> Clean Energy Smart Manufacturing Innovation Institute <i>Los Angeles, California</i>	Manufatura inteligente.
<b>America Makes</b> The National Additive Manufacturing Innovation Institute <i>Youngstown, Ohio</i>	Manufatura aditiva.
<b>REMADE</b> Reducing Embodied-energy and Decreasing Emissions <i>Rochester, New York</i>	Produção sustentável, energia limpa, redução de emissão de carbono.
<b>DMDII</b> Digital Manufacturing and Design Innovation Institute <i>Chicago, Illinois</i>	Projeto e manufatura digital.
<b>IACMI</b> Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation <i>Knoxville, Tennessee</i>	Materiais compostos de polímeros reforçados com fibra.

<p><b>BioFabUSA</b> Advanced Regenerative Manufacturing Institute <i>Manchester, New Hampshire</i></p>	Manufatura de materiais biofabricados.
<p><b>ARM</b> Advanced Robotics for Manufacturing Institute <i>Pittsburgh, Pennsylvania</i></p>	Manufatura de robôs.
<p><b>PowerAmerica</b> The Next Generation Power Electronics Manufacturing Innovation Institute <i>Raleigh, North Carolina</i></p>	Fabricação de eletrônicos de potência de banda larga (WBG).
<p><b>NextFlex</b> America's Flexible Hybrid Electronics Manufacturing Institute <i>San Jose, California</i></p>	Fabricação de dispositivos eletrônicos flexíveis e sensores flexíveis.
<p><b>NIIMBL</b> The National Institute for Innovation in Manufacturing Biopharmaceuticals <i>Newark, Delaware</i></p>	Fabricação de biofarmaceuticos.
<p><b>RAPID</b> Rapid Advancement in Process Intensification Deployment Institute <i>New York, New York</i></p>	Intensificação de processo químico modular para fabricação limpa.
<p><b>AFFOA</b> Advanced Functional Fabrics of America Institute <i>Cambridge, Massachusetts</i></p>	Materiais e processos de fabricação de fibras.

Fonte: Manufacturing USA (2018). Adaptado pelo autor.

## **As Novas Tecnologias e os Mecanismos de Impacto no Trabalho**

### **CAPÍTULO 5**

## **Transformações no Mundo do Trabalho**

## CAPÍTULO 5 TRANSFORMAÇÕES NO MUNDO DO TRABALHO

*Sejam realistas, peçam o impossível.*

*"Não fazemos outra coisa,  
o impossível é o pão em cada boca,  
uma justiça de olhos lúcidos,  
uma terra sem lobos, um encontro  
com cada fonte ao final do dia.  
Somos realistas, companheiro, vamos  
de mãos dadas do sonho à vigília."*

*Julio Cortázar<sup>8</sup>*

---

<sup>8</sup> Cortázar, J. (2008).

## CAPÍTULO 5 TRANSFORMAÇÕES NO MUNDO DO TRABALHO

---

### 5.1 CONTEXTOS E PERSPECTIVAS

O desenvolvimento da tecnologia ao longo da história da humanidade é normalmente reconhecido como o responsável por grandes e significativos avanços em campos tão críticos quanto diversos, como a alimentação, o transporte, a saúde e a qualidade de vida. Os benefícios propiciados pela tecnologia são absolutamente tangíveis, relevantes e intrinsecamente relacionados com o próprio desenvolvimento científico e civilizatório (CASTELLS, 2006).

No campo do trabalho humano, é histórico o temor pelos efeitos potencialmente destruidores da tecnologia sobre os postos de trabalho, simbolicamente representado pelo movimento ludista ocorrido na Inglaterra no início do século XIX. O ludismo foi um movimento de trabalhadores que utilizou a destruição de máquinas - prática que era comum entre os mineiros ingleses - como forma de pressionar os empregadores contra as condições precárias a que eram submetidos: jornadas exaustivas, ambientes de trabalho insalubres e baixos salários. O cenário se agravava com a introdução de máquinas que causavam demissões e substituição de funções mais qualificadas por outras de pouca exigência técnica e pior remuneradas. O momento histórico era de turbulência econômica e desemprego em massa, com inúmeras famílias sendo assoladas pela fome. Questões de competição entre pequenos produtores também se faziam presentes (ROBSBAWM, 1952).

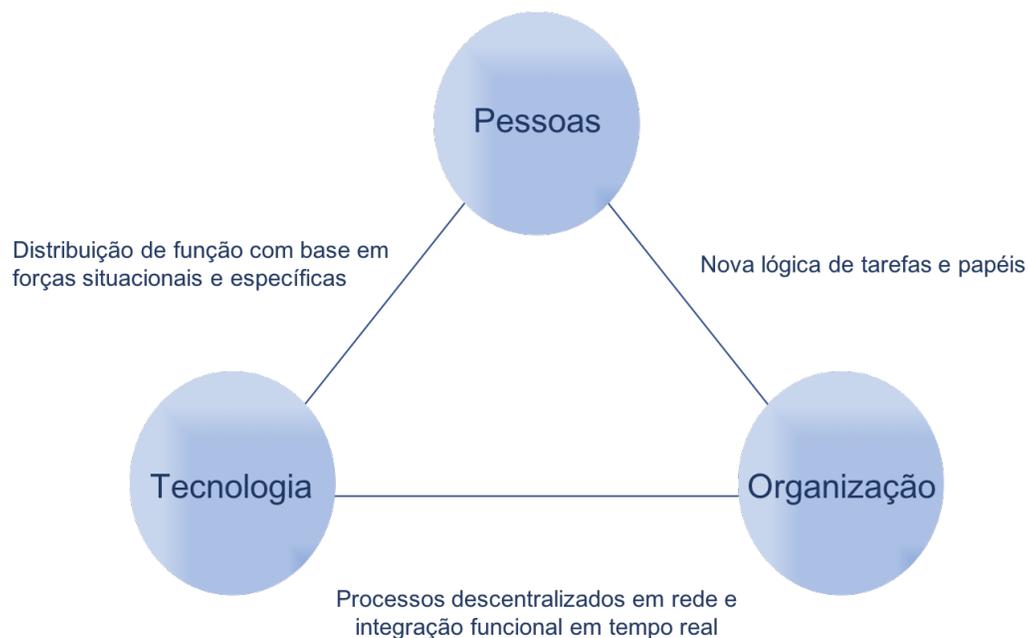
Novamente, a emergência de uma nova revolução tecnológica reacende a polêmica com debates entre visões diametralmente opostas: a daqueles que vislumbram um futuro brilhante, onde a tecnologia liberta a humanidade da obrigação do trabalho ou ao menos do trabalho duro, repetitivo, desestimulante, ao mesmo tempo que elimina doenças, promove a longevidade, o conforto e o deleite

com novas possibilidades lúdicas e sensoriais trazidas por novos e tecnológicos dispositivos, sistemas e ambientes digitais. Em posição antagônica, aqueles que temem as consequências potencialmente nefastas da proliferação da tecnologia de forma intensa por tantos campos sensíveis, como o trabalho, a medicina genética, o controle sobre as informações, sobre os veículos e mesmo sua aplicação no campo militar, criando novos e terríveis cães de guerra. Soma-se ainda o risco da desumanização das relações e da própria consciência humana, num cenário de pós-humanismo cibernético (FUKUYAMA, 2002). O que alimenta estes temores? Embora a informatização tenha sido historicamente confinada a tarefas rotineiras envolvendo atividades baseadas em regras explícitas, a inteligência artificial e os algoritmos para *big data* agora estão entrando rapidamente em domínios dependentes de reconhecimento de padrões e podem substituir prontamente o trabalho em uma ampla gama de tarefas cognitivas não rotineiras. Somando-se a isso, robôs avançados estão ganhando sentidos aprimorados e destreza, que lhes permite executar uma ampla variedade de tarefas manuais. Isso provavelmente mudará a natureza do trabalho em empresas e profissões (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2011). Algumas mudanças já são percebidas. Os avanços nas interfaces de usuário, por exemplo, já permitem que computadores respondam com mais eficiência aos pedidos de clientes, reduzindo a necessidade de intervenção humana em algumas atividades de atendimento e serviços. Com a expansão da capacidade dos computadores, tarefas que já foram consideradas muito complexas para serem codificadas estão sendo convertidas em problemas bem definidos tratáveis através de soluções digitais (OSBORNE; FREY, 2014). Novas aplicações de alto desempenho no reconhecimento de fala e processamento de texto permitem interpretação simultânea, criação automática de textos padrão complexos, bem como a análise de grandes volumes de texto para fins legais. Em medicina, o *software* inteligente de reconhecimento de imagem pode melhorar significativamente o diagnóstico de muitas doenças e gerar aumento da capacidade produtiva para os médicos e afetar a classe dos clínicos gerais. Na área de cuidados de saúde, estão sendo testados sistemas interativos que podem promover o bem-

estar psicológico e emocional de idosos, substituindo em parte o trabalho de assistentes e cuidadores.

Em suma, seja em relação ao trabalho industrial, de serviço ou de conhecimento, a digitalização está mudando todo o sistema sociotécnico de pessoas, organização e tecnologia. Em seus efeitos há aspectos claramente positivos e outros que inspiram maior reflexão. A figura 19 ilustra a mudança no sistema sociotécnico do trabalho.

Figura 19: Mudança no sistema sociotécnico como resultado da digitalização



Fonte BMAS (2017).

Na interface entre as pessoas e a tecnologia, as novas tarefas serão distribuídas com base nas respectivas forças situacionais e específicas, onde a tecnologia pode ajustar as prioridades e customizar a tarefa para a aplicação específica. Na interface entre organização e tecnologia, os sub processos hierarquicamente separados, fragmentados, que até então foram executados um após o outro de forma sequencial, são substituídos por procedimentos integrados, simultâneos e descentralizados. Na interface entre homem e organização, surge a questão de adaptar tarefas e distribuir papéis. A mudança na interação homem-máquina abre, assim, novas oportunidades para o redesenho do trabalho e dos processos de produção. Surgem possibilidades para alívio do trabalho rotineiro e repetitivo, para o desenvolvimento das habilidades dos funcionários e, mesmo, para a reconciliação da vida privada e trabalho, à medida que este possa ser tornado mais eficiente, com menor demanda de tempo de dedicação e menos dependência de ciclos de máquinas e equipamentos. O aumento da flexibilização e a organização dos processos em rede abre oportunidades mais interessantes de interação pessoas-máquinas, permitindo o trabalho mais remoto e alterando em parte a necessidade da presença física constante das pessoas nas instalações das empresas. Esta lógica adveio com a revolução industrial, que deslocou o espaço-tempo de trabalho obrigando os indivíduos a agruparem-se em fábricas, em locais fisicamente determinados e em horários pré-estabelecidos (BMAS, 2017).

Um desenho mais apropriado para a era da interação homem-máquina pode contribuir para uma base mais adequada para as operações. Atividades ergonomicamente desfavoráveis podem ser substituídas, aliviando as pessoas da execução de tarefas fisicamente difíceis ou mentalmente estressantes. Desta forma, o estresse físico e mental pode ser reduzido. Mais oportunidades de inclusão no mercado de trabalho surgirão, pois, as restrições devido a limitações físicas ou sensoriais podem ser compensadas com a ajuda de sistemas de assistência. As pessoas portadoras de necessidades especiais podem fazer um trabalho mais abrangente. Os trabalhadores mais velhos podem trabalhar mais e de forma mais saudável, o que é uma possibilidade estratégica no atual contexto demográfico, onde vários países estão enfrentando redução de sua força de trabalho por conta

do envelhecimento, o que gera efeitos deletérios sobre suas economias (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016).

O aprimoramento de capacidade produtiva também se aplica à área cognitiva: a disponibilidade constante de informações preparadas com precisão contribui para melhor suporte ao processo de tomada de decisão ao mesmo tempo que possibilita a expansão e maior abrangência das análises e atuações decisórias, se forem suportadas por sistemas de assistência inteligentes. Sistemas de tutoria inteligentes poderiam permitir um nível muito maior de aprendizagem no processo de trabalho. As tarefas de trabalho podem ser projetadas e distribuídas de forma que considerem e promovam sistematicamente a capacidade física e mental de cada indivíduo que trabalha com o sistema autônomo. Essas novas potencialidades estão moldando o mundo do trabalho de amanhã e envolvem a digitalização, novas bases tecnológicas e oportunidades de colaboração, produção, organização dos negócios e distribuição de bens e serviços. Vislumbra-se novas possibilidades para um novo tipo de trabalho no futuro: mais produtivo, mais flexível, mais em rede, com possibilidade maior de conectividade internacional. Ao mesmo tempo, criam pressão para a mudança, a necessidade de adaptação e a premência da inovação. Quanto mais percebemos o novo, quanto mais ele se mostra ou pode ser imaginado, mais decisivamente é possível moldá-lo de acordo com os valores e necessidades da nossa sociedade (BMAS, 2017).

### **5.1.1 Campos de tensão**

A interação com sistemas complexos e cada vez mais autônomos também apresenta desafios para os trabalhadores. A adoção de sistemas e equipamentos tecnológicos avançados modifica a natureza do trabalho humano nas organizações e interfere em várias dimensões do ambiente de trabalho. A amplitude do trabalho pode ter sua complexidade enxugada até o ponto em que o humano se torna assistente da máquina e passa a realizar apenas tarefas complementares onde ela ainda seja improdutiva. Tal condição restringiria aos indivíduos a capacidade de

desenvolver visão sistêmica e reduziria o significado do trabalho e o seu propósito, empobrecendo o processo de aprendizagem à medida que habilidades específicas não seriam mais desenvolvidas pelas pessoas, gerando perda de conhecimento prático. Uma forma de opressão digital poderia se instituir, dadas as imensas possibilidades de monitoramento e controle do desempenho dos trabalhadores. Numa alegoria literária, tal qual descrito no romance distópico “Mil novecentos e oitenta e quatro”, publicado em 1949 pelo inglês George Orwell (ORWELL, 2002).

O risco de substituição permanente do trabalho humano pelas máquinas e sistemas, interfere na questão da motivação dos trabalhadores, pois abala as suposições de estabilidade no emprego e, conseqüentemente, a garantia da renda e do sustento. Maslow, em sua teoria sobre as necessidades humanas e a motivação dos indivíduos, coloca a questão da segurança como sendo um dos requisitos básicos para satisfação das necessidades humanas (SENGUPTA, 2011). A figura 20 indica as áreas de tensão que surgem a partir do contexto da digitalização e automação intensa dos processos de trabalho e operações.

Figura 20: Campos de tensão para o trabalhador diante do avanço da digitalização do ambiente de trabalho.



Fonte: o autor.

## Empobrecimento do trabalho

A interação pessoas-máquina pode tanto enriquecer as atividades para os funcionários, tornando-as mais integradas e significativas, como depreciá-las, conforme o modelo que seja adotado. O desenho do trabalho pode definir o uso dos sistemas para fornecer assistência para o indivíduo lidar com as novas complexidades. Também pode partir do princípio da simplificação e normalização exaustiva dos processos, tornando reduzida a possibilidade de aplicação do conhecimento e da experiência pelas equipes de trabalho (BMAS, 2017). Situações em que o funcionário segue apenas sinais ou comandos emitidos pelo próprio sistema tornariam o trabalho enfadonho e pouco significativo. Processos desenhados com automação excessiva, que buscam eficiência extrema, podem acabar por delegar apenas atividades residuais e monótonas aos trabalhadores, retirando o sentido do trabalho e destruindo a motivação de fazê-lo. Seria uma espécie de *taylorismo* digital, uma volta às origens da administração científica, cujos princípios fundamentais são a especialização, a padronização das tarefas, a divisão do trabalho em tarefas simples e capazes de uma execução que não demande qualificação profissional sofisticada, entre outras (TAYLOR, 1990).

## Perda do conhecimento tácito

Um segundo campo de tensão diz respeito à importância do conhecimento baseado na experiência. À medida que o papel dos humanos é cada vez mais reduzido para mera supervisão dos processos automatizados, dificilmente os funcionários desenvolverão competência para operá-lo, analisá-lo criticamente e mesmo melhorá-lo. O chamado conhecimento tácito, aquele que é fruto da experiência, adquirido pelo exercício da prática recorrente, termina por não se desenvolver nas equipes de trabalho, o que tanto gera dependência excessiva dos sistemas automatizados quanto esvaziamento da capacidade destas equipes de

otimizar seus processos. O quadro 7 apresenta uma experiência desenvolvida na Toyota no Japão em que pessoas são reintroduzidas no trabalho de linhas de montagens para que possam identificar oportunidades de melhoria nos processos produtivos (TRUDELL; HAGIWARA; JIE, 2014). Experiência similar foi desenvolvida numa fábrica da Mercedes, onde a empresa entendeu que algumas atividades que haviam sido automatizadas deveriam novamente ser feitas por pessoas, inclusive para que a empresa não perdesse seu *know how* e pudesse ter certa flexibilidade em situações de falha de equipamentos (GIBBS, 2016).

Quadro 7: Experiência na linha de montagem da Toyota.

**O caso da Toyota**

Os fabricantes de automóveis adotam a automação e substituem humanos por robôs em suas linhas de montagens há muitos anos. Mas a Toyota, maior fabricante mundial de veículos, está literalmente dando um passo para trás e substituindo máquinas automatizadas em algumas fábricas no Japão e criando linhas de produção com razoável participação manual de pessoas.

É uma escolha não convencional para uma empresa japonesa. O Japão concentra, de longe, o maior número de robôs industriais do mundo: mais de trezentos mil. A noção de colocar pessoas de volta ao comando das linhas de montagem é contra-intuitiva porque os robôs se tornaram muito eficientes em fazer as tarefas repetitivas com precisão absoluta e estão presentes na maior parte das atuais linhas de montagens automatizadas.

Entretanto, em oposição à velocidade, precisão, baixo custo de produção e repetibilidade que os caracterizam, os robôs industriais não conseguem sugerir e encontrar formas de melhoria. Na visão dos gerentes da Toyota, a única maneira de melhorar os processos e promover mais reflexão sobre sua eficiência é colocar as pessoas de volta e fazê-las vivenciar o prática do *kaizen*, componente essencial do modelo de gestão da Toyota, chamado Sistema Toyota de Produção, que prescreve a abordagem de melhoria contínua a partir do acompanhamento intenso, observação e realização das tarefas, como subsídio para que as equipes possam redesenhar os processos em busca de ganhos de qualidade e eficiência. O chefe deste projeto, Mitsuru Kawai, afirma que as pessoas que retomaram o trabalho realizado por robôs em mais de cem espaços de trabalho reduziram o desperdício na produção em 10% e ajudaram a encurtar o tempo de processo.

## Opressão digital

Os mesmos dados que inicialmente são gerados para controle dos processos, equipamentos e máquinas podem ser utilizados para controle do desempenho das pessoas e mesmo controle comportamental. À medida que pessoas e máquinas trabalham mais conectadas e em rede, é mais possível controlar e documentar informações sobre localização, desempenho e comportamento das pessoas. Em aplicações específicas, os robôs devem reagir ao comportamento de um trabalhador, movendo-se, por exemplo, para evitar choques e lesões. Isto requer, além de sensores apropriados, dados sobre os movimentos e a localização do trabalhador. Armazéns automatizados devem saber quanto tempo os trabalhadores despendem para retirar itens de seus locais de armazenamento. As luvas inteligentes somente podem ser úteis se determinados dados estiverem disponíveis sobre o funcionário e a ordem de trabalho. O que se tornará realidade em termos de configuração do trabalho no futuro dependerá não somente de aspectos de viabilidade técnica e rentabilidade financeira, mas também de negociação e estruturação social (BMAS, 2017).

Numa escala menor, dependerá das políticas e opções de arranjo que cada organização decidir estabelecer. A tipologia provável deve se resumir em duas configurações. Na empresa do tipo “arranjo centrado na tecnologia”, a participação humana seria reduzida a atividades que não fossem passíveis de automação por razões técnicas, econômicas ou éticas, como por exemplo algumas atividades de cuidado com a saúde. Nestas empresas, haveria uma distinção bem marcante entre um pequeno contingente de pessoas simples, porém bem qualificadas para as funções operacionais e de apoio aos processos e uma elite profissional fortemente focada em planejamento e controle com qualificação profissional num nível bem superior ao primeiro grupo. Na empresa do tipo “arranjo centrado na colaboração”, as pessoas exerceriam sua autoridade criativa, decisória e experimental, trabalhando em rede, divididos em equipes tecnicamente niveladas, menos distintas entre si, onde a separação entre o planejamento e controle e a execução ocorreria de maneira suave e quase superada, com todos atuando de forma sinérgica e

complementar, apoiados por ferramentas inteligentes e sistemas avançados de assistência e mesmo redes de robôs colaborativos. O quadro 8 indica a tipologia possível num ambiente de uso intenso de tecnologia.

Quadro 8: Tipologia de organizações que fazem uso intensivo da tecnologia digital em seus processos de trabalho.

Tipo de empresa	Foco determinante	Distribuição de funções	Perfil da equipe
Arranjo centrado na tecnologia	Tecnologia	Divisão clara entre planejamento e controle e execução	Hierárquico, desigual, com alto grau de divisão de classes
Arranjo centrado na colaboração	Colaboração	Funções compreendem planejamento, controle e execução	Homogêneo, com atuação complementar, colaborativa e em rede

Fonte: O autor.

A opção por um dos tipos determinará as escolhas essenciais que a organização fará em termos do desenho da sua operação, incluindo a forma de estruturação conceitual e desenho dos seus processos, o tipo de equipamento, maquinário, robôs e sistemas que serão adquiridos, o arranjo físico e mesmo o tipo de mobiliário, as políticas de remuneração, a estrutura organizacional, a estrutura de cargos e salários, o estilo de liderança e o perfil da sua força de trabalho.

### Risco de substituição

Existe uma crescente polarização das oportunidades no mercado de trabalho entre empregos de alta e baixa habilidade e remuneração, desemprego e subemprego, estagnação dos rendimentos de uma grande proporção de famílias e

desigualdade de renda (ANTUNES, 2006; PIKETTY, 2015; MGI, 2016). O desenvolvimento da automação habilitada por tecnologias como a robótica e a inteligência artificial traz a promessa de maior produtividade, crescimento econômico, eficiência, segurança e conveniência. Entretanto, essas tecnologias levantam questões difíceis sobre o impacto da automação nos empregos, nos salários, nas habilidades requeridas e na própria natureza do trabalho em si. Muitas atividades que são realizadas atualmente têm potencial para serem automatizadas (MGI, 2017a). Os trabalhos de menor qualificação, incluindo os serviços administrativos, possuem alto risco de substituição pela tecnologia.

### **5.1.2 Transformações nas organizações**

As empresas e outras organizações estão também sendo afetadas pelas mudanças nas condições da economia e do trabalho geradas pela transformação digital: mudanças tecnológicas, inovação acelerada, alterações nas cadeias de fornecimento, mudança na arquitetura dos processos produtivos, surgimento de serviços baseados em grandes dados, entre tantas. Novas possibilidades e rumos no atendimento dos desejos dos clientes estão transformando processos de criação de valor e colocando demandas inteiramente novas para a organização mais flexível do trabalho humano e sua interação com sistemas e máquinas. Empresas e organizações são os espaços onde todas essas mudanças se amalgamam e se concretizam. A típica estrutura organizacional: vertical, hierárquica, preparada para produzir baseada em padronização, com portfólio rigidamente definido e busca permanente por maior escala já vinha mudando ao longo dos anos ao adotar novos modelos e práticas de gestão como o *lean manufacturing*, a gestão da qualidade total, a gestão por processos, entre outros sistemas e técnicas de gestão (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; CORRÊA, H.; CORRÊA, C., 2017, CAMPOS, 1990). Diferentes modelos e possibilidades para conduzir a organização com sucesso aos seus propósitos podem ser aplicáveis. Sua escolha depende das suas características intrínsecas, contextos, porte, ramo de atuação, estilo e opções

estratégicas. Algumas prezam pela estruturação rígida de processos, controles e planejamento, enquanto outras apoiam-se no trabalho de grupos criativos e mais informais, ou mesmo na condução inspiradora de líderes diferenciados (MASI, 2000).

O momento atual sugere transformações radicais em termos organizacionais, com a possível utilização de estruturas e ambientes colaborativos, intensidade de interfaces pessoas-máquinas, uso intenso da virtualização como recurso de desenvolvimento e análise de produtos, serviços e processos, atuação interna e externa em redes, foco mais acentuado na geração de valor aos clientes e usuários. No campo da manufatura, o modelo das fábricas inteligentes é bem representativo das novas configurações possíveis.

### **5.1.3 Transformações nos mercados de trabalho e nas sociedades**

A discussão sobre o impacto dos robôs e da automação ganhou novas proporções quando os pesquisadores Carl Benedikt Frey e Michael Osborne da Universidade de Oxford publicaram um trabalho científico em 2013 que envolveu a análise de mais de setecentas ocupações de trabalho no Reino Unido e a probabilidade de serem automatizadas nos próximos vinte anos, ou seja, quais as chances dos trabalhadores que atuam nestas profissões serem substituídos por máquinas inteligentes. O estudo apontou que 35% dos trabalhadores do Reino Unido estão em risco de serem substituídos por máquinas nos próximos vinte anos. Com base neste mesmo estudo, há previsões de que metade dos empregos da União Europeia esteja ameaçada (OSBORNE; FREY, 2013).

Para classificar o grau de risco de automatização das ocupações, os pesquisadores consideraram algumas habilidades críticas que dificilmente podem ser incorporadas por máquinas e sistemas de inteligência artificial no atual estágio de evolução:

- Habilidade de percepção: entendimento de um contexto complexo, mesmo que subjetivo.
- Manipulação: especialmente de objetos irregulares.
- Criatividade: envolve a capacidade de inovação, a criação estética e artística, a criação de soluções para desafios não programados.
- Inteligência social: envolve a combinação de habilidades de negociação, persuasão, empatia e cuidado com o outro (OSBORNE; FREY, 2013).

As estimativas para os EUA sugerem que 47% da força de trabalho estejam em risco. Entre os aspectos já nítidos está a mudança da demanda em termos do nível de qualificação do profissional e as diferentes probabilidades de substituição tecnológica a que as atuais profissões estão sujeitas. Os avanços na tecnologia estão tornando uma ampla gama de tarefas não rotineiras automatizáveis, permitindo principalmente a substituição de trabalhadores de baixa renda e baixa habilidade nas próximas décadas. A função de operador de telemarketing tem 99% de chance de desaparecer. Já a de assistente social tem apenas 0,3% de probabilidade de substituição (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2011). A figura 21 mostra a probabilidade de automação de algumas funções.

Figura 21: Probabilidade de automação para doze diferentes ocupações nas maiores economias. Em milhões de trabalhadores.

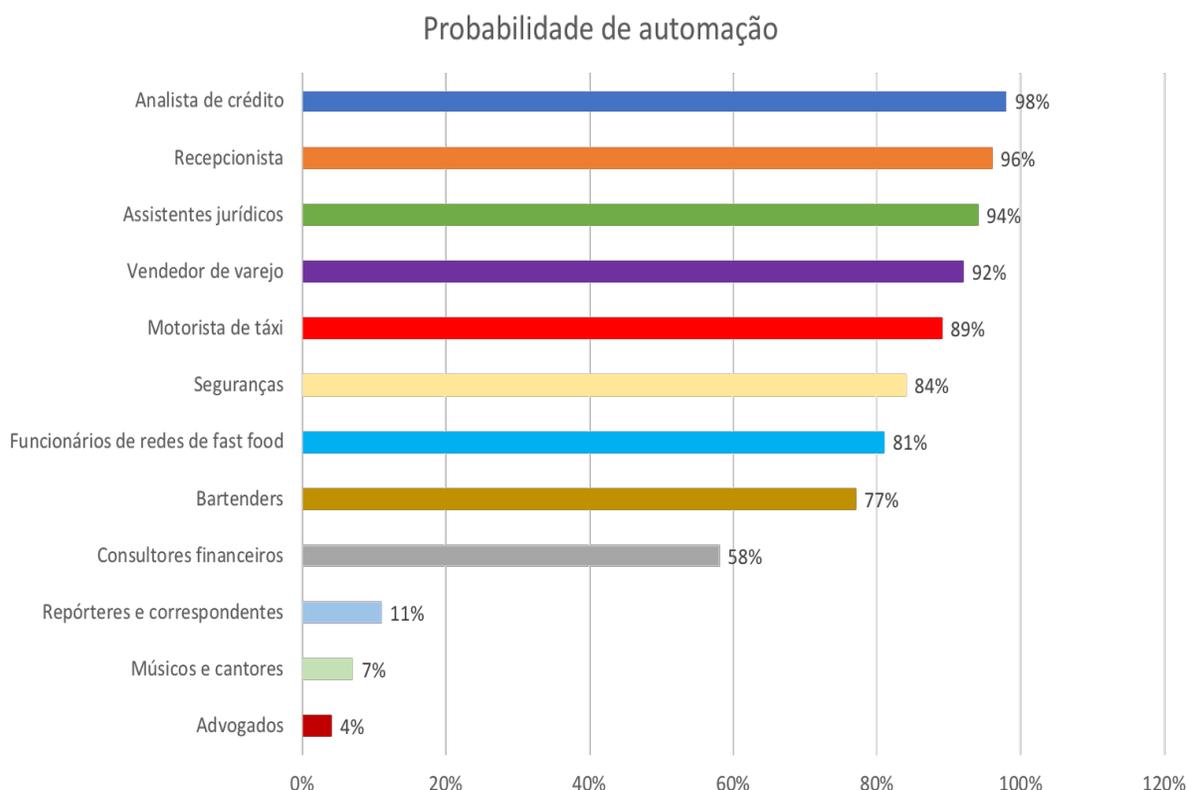


Fonte: WEF (2016).

Baixa qualificação, alto risco.

Diferentemente de outros movimentos históricos semelhantes, a nova revolução digital impactará fortemente as ocupações de baixa renda e menor qualificação, em função das suas características tecnológicas. Pesquisa realizada em Londres aponta que um em cada três empregos corre risco de ser redundante pela tecnologia nos próximos 10 ou 20 anos. Em relação aos empregos de baixa remuneração, 63% estão classificados na categoria de alto risco de substituição (OSBORNE, FREY, 2013). O gráfico 14 indica o risco de substituição para algumas ocupações.

Gráfico 14: Probabilidade de automação para algumas ocupações



Fonte: WEF (2015). Elaborado pelo autor.

Por outro lado, ocupações que envolvem maior qualificação apresentam menor risco de substituição, sendo que algumas terão forte expansão da sua demanda. O Department of Labor do governo dos Estados Unidos afirma que 11 das 15 ocupações com previsão de maior expansão em número de postos de trabalho até o ano de 2024 tem como requisito de entrada nível superior de educação (BLS, 2017). Na Alemanha, os estudos que preveem expansão do PIB e crescimento do número de postos de trabalho com a implantação da Indústria 4.0 no país, consideram que a oferta de mão de obra do cenário básico não será suficiente para cobrir a demanda por mais 530 mil profissionais qualificados com nível de educação superior até 2030. Neste número incluem-se 170 mil bacharéis

em direito, economia e sociologia, 140 mil engenheiros, 90 mil matemáticos e cientistas, assim como 70 mil cientistas sociais e bacharéis em letras, além de 30 mil historiadores e graduados no estudo das artes. O desafio será enfrentar a redução dos postos de trabalho ocupados por trabalhadores de baixa escolaridade e qualificação. Em 2014 havia um total de 7,8 milhões de pessoas com este perfil profissional na Alemanha. Acredita-se que 2 milhões de trabalhadores serão redundantes com a tecnologia até 2030 (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016).

Diferença entre setores econômicos.

A estratégia de digitalização acelerada vai estimular um crescimento mais forte em alguns setores específicos da economia alemã. O setor de tecnologia de informação precisará de 120.000 adicionais até 2030, um crescimento de 17% em relação a 2014. Também profissões ligadas as áreas de vendas, engenharia mecânica, propaganda e marketing, mídia, compras, serviços financeiros, construção civil e serviços públicos se beneficiam. Por outro lado, o setor de varejo, setor gráfico e de fabricação de papel e administração pública terão queda no número de postos de trabalho. Um total de 27 setores da economia alemã terá diminuição da sua força de trabalho, com uma perda estimada de 750 mil empregados. As maiores perdas relativas acontecerão na indústria têxtil, no setor de vestuário e couro, mineração, telecomunicações, setor gráfico e fabricação de papel (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016).

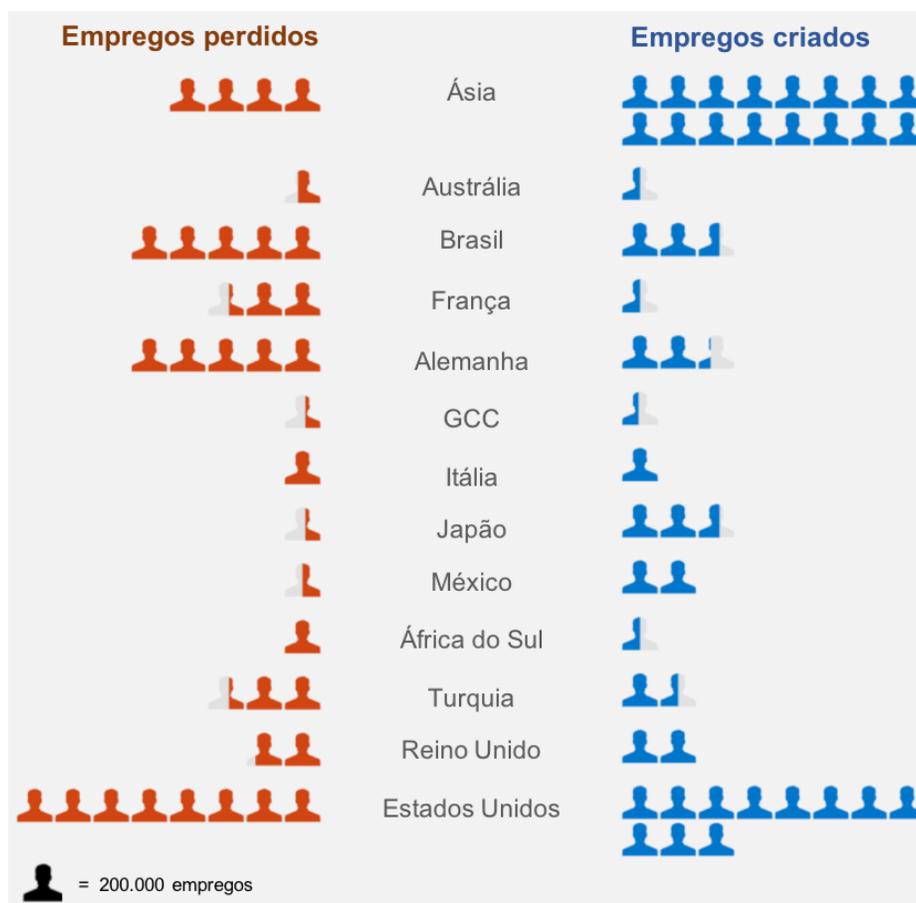
Impactos diferentes nos países.

O impacto da digitalização sobre a economia e sobre o mercado de trabalho será diferente para cada país. Uma pesquisa feita pela Universidade de Oxford em parceria com o Citibank em janeiro de 2016 aponta a China, Índia e Tailândia como sendo os potencialmente mais afetados em termos do risco de substituição do trabalho humano por conta da automação (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2011).

A automação orientada pela inteligência artificial pode ampliar a divisão global, aumentando a defasagem econômica das nações mais pobres e tecnicamente atrasadas. Países que esperam um crescimento rápido da sua população e têm contado com um modelo de desenvolvimento econômico intensivo em mão de obra podem enfrentar novas ondas de agitação sociais, pois grandes segmentos da população perdem seus empregos para as máquinas (MGI, 2017d).

O mapa do impacto da tecnologia sobre os empregos não terá uma configuração baseada na geografia ou na tradicional divisão entre países de economia desenvolvida e em desenvolvimento – países emergentes. Ele se baseará num conjunto e combinação de fatores, que incluem: o potencial industrial de cada um, o perfil de participação de cada setor da economia no PIB (agrícola, industrial e serviços), o nível educacional da força de trabalho, a capacidade de requalificar sua força de trabalho para os requisitos do ambiente digital e da Indústria 4.0, a estrutura demográfica do país, seu grau de desenvolvimento tecnológico e de inovação, a disponibilidade dos recursos necessários para adequar sua infraestrutura e garantir os investimentos necessários para a transformação, assim como a capacidade de organizar e gerenciar o processo de mudança (EUROPEAN COMMISSION, 2012; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBRIG, 2013; WEF, 2016; RANDER, 2016). A figura 22 indica os impactos previstos na força de trabalho de alguns países.

Figura 22: Disrupturas no mercado de trabalho.



Fonte: WEF (2016). Adaptado pelo autor.

### Impactos diferentes em cidades.

A cidade é a divisão administrativa e o espaço de viver onde a realidade se coloca de forma concreta aos indivíduos. No âmbito dos estados e da própria federação, a dimensão dos fenômenos é composta ora por um somatório, ora por uma média. É claro que as políticas e as decisões tomadas nestas esferas definem o contexto e certas condições determinantes; entretanto, é no espaço local que a

realidade se tangibiliza de forma única. De acordo com seu perfil técnico-econômico e cultural, cada cidade sofrerá seu próprio impacto com a revolução tecnológica que se desdobra. Por exemplo, o risco geral de substituição de empregos nos EUA nos próximos vinte anos é de 47%. As cidades com maior risco são Las Vegas e Fresno na Califórnia, esta com 54%. Já a suscetibilidade à automação das cidades de Washington, New York e Boston é de 38% (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2011).

As divisões podem acontecer mesmo entre regiões costeiras mais prósperas e regiões interiores menos desenvolvidas, assim como entre áreas urbanas e rurais. Considerar essas possibilidades será uma parte vital do planejamento para um futuro que inclua um papel importante para as tecnologias de inteligência artificial (MGI, 2017d).

No Reino Unido, a estimativa geral é que 35% das ocupações apresenta alto risco de substituição pela tecnologia. O risco para Londres é 30%, sendo que 19% dos empregos apresenta risco médio e 51% dos empregos apresenta risco baixo de extinção. A grande proporção de empregos de Londres na categoria de baixo risco reflete a especialização da cidade em habilidades sociais e criativas. Com alta densidade populacional num ambiente de forte interação social e de intercâmbio de ideias, Londres já é um centro para empregos mais qualificados do que outras cidades líderes em todo o mundo e possui o maior número de pessoas que trabalham em indústrias baseadas no conhecimento (OSBORNE; FREY, 2014). A figura 23 apresenta uma comparação do número de empregos de alta qualificação em algumas das principais cidades do mundo.

Figura 23: Número de empregos altamente qualificados nas principais cidades do mundo, 2013 \*



Fonte: Deloitte (2015).

O ritmo da automação e seus impactos nos trabalhadores variará em diferentes atividades, ocupações e níveis de salário e habilidades. Alguns países sofrerão impactos maiores do que outros, assim como no âmbito das cidades, os efeitos da transformação serão diferentes. Esta desproporção dos efeitos certamente desencadeará desafios para as cidades e países em termos de novos fluxos migratórios e imigratórios, desequilíbrios regionais, pressão sobre os serviços públicos e sobre os sistemas de proteção social.

Os fatores que determinarão o ritmo e a extensão da automação incluem o desenvolvimento contínuo das capacidades tecnológicas, o custo da tecnologia, a concorrência e qualificação da mão de obra disponível, a dinâmica da oferta e da demanda, os custos trabalhistas, as restrições regulatórias, condicionantes legais e a própria aceitação social e capacidade de liderança e condução da mudança. Os cenários sugerem que metade das atividades de trabalho de hoje poderia ser automatizada até 2055, com um intervalo de tolerância de mais ou menos 20 anos (MGI, 2017b).

A divergência nas taxas de adoção de novas tecnologias explica, em parte, a diferença de padrão de renda entre países ditos ricos e pobres, desde a Revolução Industrial (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2011). Os efeitos da automação podem ser lentos em um nível macro, em setores ou mesmo em economias inteiras, mas bastante rápidos em nível micro, para as pessoas cujas atividades são automatizadas ou para empresas cujas operações são interrompidas por concorrentes que adotem a automação avançada mais rapidamente (MGI, 2017b).

## 5.2 O FUTURO BRILHANTE

Em termos dos efeitos sobre o emprego, a tecnologia, nos últimos 150 anos, por mão das suas revoluções, levou a criação de postos de trabalho e expansão da economia (STEWART; COLE, 2015). A automação e o progresso tecnológico não tornaram o trabalho humano obsoleto: a relação emprego-população aumentou durante no século XX e embora a taxa de desemprego flutue ciclicamente, não há tendência aparente a longo prazo (OSBORNE; FREY, 2013).

O futuro ainda está sendo construído. Importantes economias mundiais, como Alemanha, Inglaterra, Estados Unidos, desenvolveram estudos e planos para se prepararem para as transformações desta revolução tecnológica. Bélgica, Suécia e Áustria também desenvolvem planos e ações de adequação de sua indústria. O sucesso de suas iniciativas definirá o impacto das mudanças sobre suas respectivas economias e mercados de trabalho (EUROPEAN COMMISSION, 2012; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBRIG, 2013; HOLDREN; LANDER, 2014; THINK ACT, 2015).

Na Alemanha, alguns críticos da pesquisa conduzida por Carl Benedikt Frey e Michael Osborne da Universidade de Oxford alegam que o seu prognóstico para eliminação de postos de trabalho por conta da automação é controverso, pois implica que tudo o que teoricamente pode ser automatizado será automatizado. Na sua crítica, alegam que somente é possível automatizar determinadas tarefas ou

processos e não necessariamente profissões inteiras. Assim, segundo seu próprio modelo de previsão, a porcentagem de funcionários que trabalham hoje em empregos altamente vulneráveis na Alemanha seria de 12% e não 42% como sugere Osborne e Frey. Em suas projeções, a força de trabalho na Alemanha em 2030 será aproximadamente a mesma de 2014, em termos quantitativos. Tal fato se relaciona com a questão demográfica (envelhecimento da população e aposentadoria) e também com a questão migratória. Estes dois fenômenos interferem significativamente na variação do PIB e da força de trabalho da Alemanha (BMAS, 2017). Considerando que a Alemanha tenha sucesso nos esforços de integração e qualificação dos imigrantes, enquanto força de trabalho capaz de contribuir para atenuação dos efeitos da redução da população, assim como nas iniciativas já em vigor para preparar a indústria e a economia alemã para a Indústria 4.0, a digitalização acelerada poderia proporcionar aumento da produtividade e crescimento do PIB. O crescimento anual da produtividade no cenário de adoção acelerada da digitalização é de 0,8 a 1,4% (MGI, 2017b).

Em termos de emprego, num cenário de adoção acelerada da digitalização, a perda de 750 mil empregos por conta da substituição tecnológica seria compensada com a criação de um milhão de empregos até 2030 nos setores que serão favorecidos pela transformação econômica gerada pelos investimentos e adoção da Indústria 4.0 (BMAS, 2017).

Esta abordagem considera não apenas os riscos potenciais colocados pela digitalização, mas leva em conta os efeitos positivos da demanda que será gerada pela inovação de produtos, redução dos custos e preços. O produto interno bruto alemão em 2030 é estimado 4% maior do que seria sem a estratégia de adoção acelerada da digitalização conduzida pela iniciativa *Industrie 4.0*. O desemprego cairá em 20% e os rendimentos *per capita* serão 4% maiores. A implantação da digitalização acelerada, por sua vez, implicará num declínio maior do emprego no período entre 2025 e 2030, quando 100.000 postos adicionais serão eliminados na Alemanha por conta da racionalização, se comparado ao cenário de crescimento orgânico da digitalização da economia. Entretanto, considerando a queda no estoque de mão de obra (por questões demográficas), os efeitos da racionalização

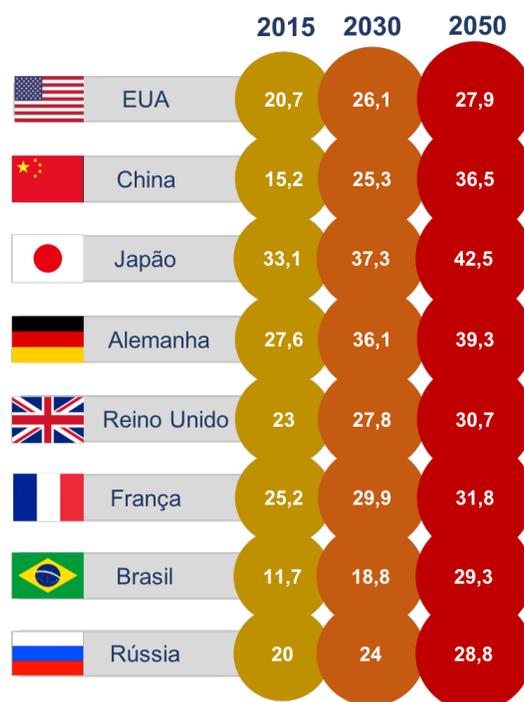
servirão para aliviar a escassez, garantindo que haja alto crescimento econômico apesar da redução quantitativa da força de trabalho. Os cálculos do modelo mostram que o uso estratégico e ativo da tecnologia digital será capaz de gerar notáveis efeitos positivos no crescimento econômico e no emprego. Os receios de que seja outra onda de desemprego tecnológico são infundados. Portanto, não é apenas uma ameaça para os empregos existentes, mas uma base para criação de novos (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016).

Várias tendências podem potencializar a demanda por mão de obra e gerar milhões de empregos até 2030. Estas tendências incluem a necessidade de serviços para cuidar de pessoas nas sociedades em envelhecimento, o desenvolvimento de produtos e infraestrutura ligados às energias renováveis e ao aumento da eficiência energética (por conta dos desafios climáticos), a expansão do consumo nos países em desenvolvimento e também aos investimentos em tecnologia, em infraestrutura e construção civil necessários em todos os países (MGI, 2017f).

Com o aumento da proporção da população mundial nas faixas etárias mais elevadas, mais pessoas estão se aposentando em diversos países. Como resultado, prevê-se que a taxa de participação da força de trabalho na economia diminua. No Japão, por exemplo, população de 128,6 milhões de 2010 deverá cair para menos de 86,74 milhões até 2060 (HELPAGE, 2015; BLS, 2017).

Nos EUA, a desaceleração do crescimento da força de trabalho é esperada e deve refletir numa taxa de crescimento do produto interno de 2,2% ao ano ao longo da década. Esse crescimento econômico é projetado para gerar 9,8 milhões de novos empregos - um aumento de 6,5% entre 2014 e 2024. As projeções são baseadas em premissas, incluindo uma taxa de desemprego de 5,2% em 2024 e crescimento da produtividade laboral de 1,8% ao ano em relação ao período projetado (BLS, 2017). A figura 24 mostra a evolução do número de pessoas com mais de 60 anos em algumas das maiores economias do mundo (IMF, 2017b; HELPAGE, 2015).

Figura 24: Comparação entre países: proporção de pessoas com mais de 60 anos de idade (%).



Fonte: IMF (2017b) e Helpage (2015). Elaborado pelo autor.

Com a redução evidente da população economicamente ativa nas principais economias do mundo, a tendência de queda nos produtos internos brutos pode ser aliviada por um aumento da produtividade. A digitalização da economia pode trazer este benefício se empreendida com sucesso. Para países como a Alemanha, por si só o ganho de produtividade esperado com a digitalização não é suficiente para compensar a queda no PIB. A integração dos imigrantes à força de trabalho é o segundo elemento decisivo para que a economia alemã possa continuar a crescer.

No período de 2000 a 2014, a migração proporcionou cerca de 40% do crescimento da força de trabalho no Canadá, Espanha, Reino Unido e Estados Unidos. Os migrantes tiveram uma contribuição para a produção global de cerca de US\$ 6,7 trilhões, ou 9,4% do PIB global em 2015. No entanto, os trabalhadores migrantes, em média, ganham salários que são entre 20 a 30% inferiores aos dos

trabalhadores nativos. Abordagens de integração mais eficazes poderiam lançar as bases para ganhos econômicos de até US\$ 1 trilhão a nível mundial, beneficiando economias e indivíduos. (MGI, 2017a).

### 5.2.1 Novos empregos surgirão.

Cerca de um terço dos empregos criados nos Estados Unidos nos últimos vinte e cinco anos não existiam, ou eram pouco expressivos em áreas como desenvolvimento de tecnologia da informação, fabricação de *hardware*, desenvolvimento de aplicativos, gerenciamento de sistemas de TI, segurança da informação, *web design*, SEO (*search engine optimization*), desenvolvimento de *games* etc. O impacto das tecnologias emergentes pode ser fortemente positivo para os empregos MGI, 2017a). Além de 2025, novas indústrias e funções de trabalho serão criadas, mas são difíceis de prever; como no passado, era difícil prever *smartphones* e redes sociais como temos atualmente. A automação tem impulsionado a produtividade e os retornos do capital e do trabalho há 200 anos (TRUDELL, HAGIWARA, JIE, 2014).

A Internet foi responsável por 21% do crescimento do PIB nos últimos cinco anos nos países desenvolvidos. Entre as 4,8 mil pequenas e médias empresas pesquisadas, a internet criou 2,6 postos de trabalho para cada emprego perdido devido a eficiências relacionadas com a tecnologia. (MGI, 2011). Na França, a Internet contribuiu para que 500 mil empregos fossem destruídos entre 1985 e 2000. No mesmo período, por outro lado, ajudou a criar 1,2 milhões de outros, uma relação de 2,4 empregos criados para cada emprego destruído. O crescente papel do *big data* na economia e nos negócios criará a necessidade de aporte significativo de estatísticos e analistas de dados, estimado em 250.000 cientistas, apenas nos Estados Unidos na próxima década. A tecnologia digital também estimulará novas formas de atividade empresarial. Empreendedores e trabalhadores em pequenas empresas e profissões autônomas podem se beneficiar de maiores oportunidades de trabalho e renda (MGI, 2017a).

### 5.2.2 Robôs podem trabalhar de forma colaborativa.

À despeito dos temores pela intensificação do uso de robôs nas fábricas inteligentes, as empresas estão explorando as opções de uso dos *cobots* ou robôs colaborativos. Esta nova geração de robôs possui dois braços que atuam de forma sincronizada, o que lhes confere novas possibilidades de manuseio e movimento de pequenas partes ou peças. Incorpora a capacidade de “enxergar” - através de câmeras acopladas - e localizar seus objetos de interesse ajustando a amplitude dos seus movimentos. São equipados com sensores de toque e aproximação que evitam que se choquem com os humanos com os quais trabalham de forma colaborativa em células de produção. A ideia é somar e combinar as habilidades mais fortes de humanos e robôs de forma a melhorar a eficiência da operação e mesmo libertar os indivíduos de parte de movimentos desgastantes ou repetitivos (ABB, 2018). Robôs são consistentes, confiáveis e não se cansam, mas não improvisam bem. As mudanças nas linhas de montagem exigem uma reprogramação minuciosa pelos humanos. A solução, é conciliar inteligência artificial para orquestrar os processos produtivos programando robôs e distribuindo tarefas aos humanos que trabalham ao lado deles (McDERMOTT, 2018).

Numa fábrica da Mercedes-Benz, alguns dos seus robôs foram trocados por pessoas mais capazes em suas linhas de montagem. Os robôs não conseguem lidar com o ritmo das mudanças e com a complexidade das principais opções de personalização de alguns produtos comercializados pela empresa. Nestes casos, é possível reduzir os custos empregando pessoas no lugar de robôs. A indústria automotiva é a maior usuária de robôs industriais, responsável por cerca de 100.000 das unidades embarcadas em 2014. Na busca por um padrão de produtividade que permita gastar 30 horas para produzir um veículo (em 2005 a empresa gastava 61 horas), a Mercedes-Benz está utilizando uma configuração de trabalho que denominou de "agricultura robótica": pessoas trabalhando assessoradas por uma variedade de máquinas menores e mais leves e robôs colaborativos. A Mercedes, segundo maior fabricante mundial de carros de luxo, não está sozinha nesta mudança para sistemas mais flexíveis. Os concorrentes alemães BMW e Audi

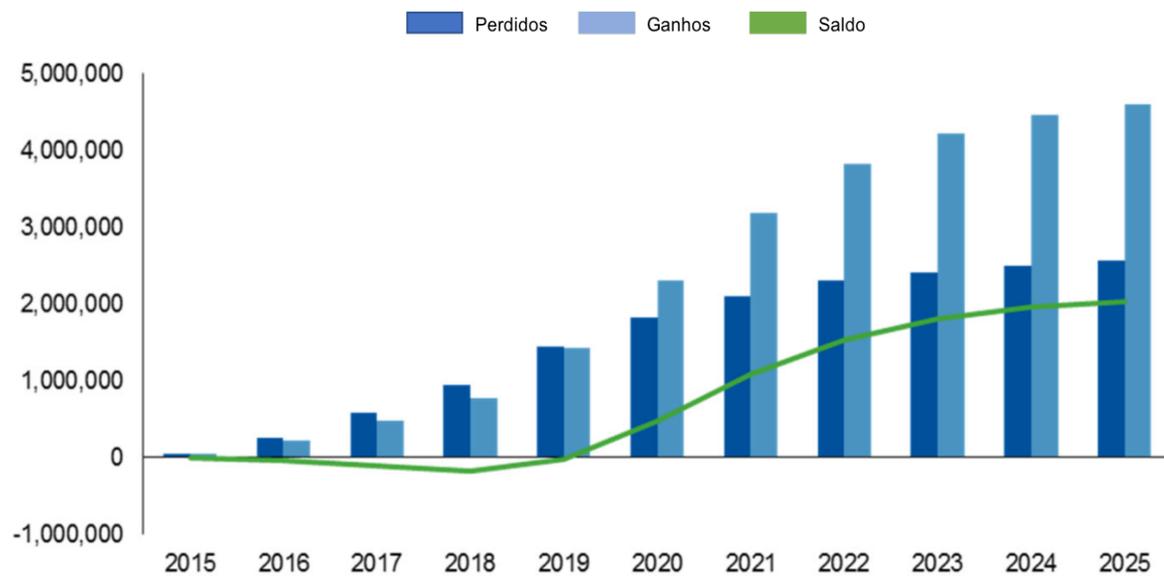
também estão testando robôs equipados com sensores e inteligência que são seguros o suficiente para trabalhar junto com seres humanos (GIBBS, 2016).

### **5.2.3 A Inteligência Artificial trará grandes oportunidades e criará mais empregos do que eliminará.**

Segundo a empresa de consultoria Gartner (2017a), a Inteligência Artificial criará 2,3 milhões de empregos até 2020, enquanto eliminará 1,8 milhão. Muitas inovações significativas no passado foram caracterizadas por um período de transição, que gerava perdas de empregos por certo tempo, ao qual se seguia uma fase de recuperação e de transformação nos negócios e mais prosperidade.

A IA pode melhorar a produtividade de muitas organizações, eliminando milhões de posições de médio e baixo nível, mas também criando milhões de posições de nível médio e alto nível (GARTNER, 2017a). O gráfico 15 indica a evolução dos postos de empregos que serão gerados pela aplicação das tecnologias de Inteligência Artificial.

Gráfico 15: Impacto das tecnologias de Inteligência Artificial nos empregos do mundo até 2025 (em milhões).



Fonte: Gartner, 2017b. Adaptado pelo autor.

Pode-se esperar que a utilização da IA continuará crescendo de forma constante a partir de 2020. Em 2021, o aumento de IA gerará US\$ 2,9 trilhões em valor comercial e recuperará 6,2 bilhões de horas de produtividade do trabalhador. A longo prazo, a IA reduzirá o custo da mão-de-obra como uma porcentagem da receita, mas uma parte dessa receita continuará se traduzindo em novos empregos, embora empregos diferentes, de maior qualificação, com remuneração superior aqueles que foram tornados obsoletos (TRUDELL; HAGIWARA; JIE, 2014). As indústrias experimentarão diferentes níveis de economia de tempo e esforço. Apenas algumas indústrias sofrerão perda geral de emprego, outras terão perda de emprego por pouco anos. A maioria das indústrias sequer experimentará perda líquida de emprego. Atualmente, um grande número de empresas iniciou projetos e

iniciativas de IA e os investimentos de capital estão levando a proliferação de *startups* de IA. A inteligência artificial já demonstrou resultados comprovados em diversas aplicações como detecção de anomalias, cibersegurança, negociação de valores mobiliários, diagnósticos médicos, satisfação do cliente, classificação de sequências de DNA e muitos outros casos. Apesar da imensa possibilidade de ganhos com o uso da IA, ainda persistem temores com sua utilização, em parte por se confundir seus efeitos sobre os empregos com aqueles gerados pela automação (TRUDELL; HAGIWARA; JIE, 2014).

### 5.3 O TRABALHO SEM FUTURO

*“Há mentes inteligentes em todos os lados desta questão. Alguns, como o professor Stephen Hawking, acreditam que o aumento de IA representa uma ameaça existencial. Ele disse a uma audiência de rádio da BBC: “Eu acho que o desenvolvimento de inteligência artificial completa poderia significar o fim da raça humana” (BBC, 2014; MCDERMOTT, 2018).*

Stephen Hawking, Elon Musk, Bill Gates, e outros pesquisadores, cientistas e especialistas em inteligência artificial estão alertando sobre os perigos potenciais da inteligência artificial que pode avançar além do controle humano à medida que se torna capaz de reescrever autonomamente seu próprio código de programação com base em interação, implementá-lo em escala, modificar seus objetivos a partir de análises de contextos e superar o intelecto humano em termos de capacidade de processamento. A ideia de que em algum momento futuro a inteligência artificial superaria a humana recebeu o termo de “singularidade tecnológica”, a partir do texto do cientista e escritor Vernor Vinge (VINGE, 1993).

A despeito dos temores a respeito destas possibilidades, o que já é certo é que a Inteligência Artificial e outras tecnologias como: biologia sintética, ciência computacional, nanotecnologia, computação quântica, impressão 3D, Internet das Coisas, veículos autônomos e robótica terão impactos fundamentais sobre a

natureza do trabalho, da economia e da cultura até 2050. Se os sistemas socioeconômicos não se adequarem para um cenário de aceleração tecnológica, integração e globalização digitalizada, então metade do mundo pode estar desempregado em 2050 (GLENN; FLORESCU, 2015).

Um dos pontos que vale a pena destacar nesta discussão sobre inteligência artificial é a urgência de uma gigantesca e profunda reestruturação a nível mundial envolvendo diversos sistemas, mecanismos, políticas, investimentos, processos de produção e distribuição, sistemas educacionais, entre tantos outros, para suportar as transformações que estas novas tecnologias já estão provocando e que, em poucos anos, atingirão novos patamares de complexidade e potência – o que é consenso entre otimistas e pessimistas. Tal reestruturação depende, ainda, de um excepcional esforço colaborativo e de enorme capacidade de articulação política para envolver inúmeros atores, em muitos casos, com interesses distintos e contraditórios. Soma-se a isto o desafio de gerenciar uma iniciativa que, em termos de complexidade, se assemelha a uma gigantesca operação de guerra, como o plano de retomada da Europa na Segunda Guerra Mundial, que culminou com o desembarque das tropas aliadas nas praias da Normandia, na França, em 6 de junho de 1944, após mais de um ano de planejamento e preparação. Em outras palavras, todos os ganhos em termos de preservação dos empregos e até mesmo seu crescimento, como destacado em algumas previsões (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016; GARTNER, 2017a; BMAS, 2017), é supostamente viável desde que todas as premissas sejam atendidas e que diversas restrições sejam superadas.

Mesmo países estruturalmente bem preparados e organizados para o enfrentamento desta transformação, como a Alemanha, dependem de uma combinação de fatores complexos para obter sucesso. Com sua população economicamente ativa diminuindo por conta da curva demográfica, a Alemanha apoia sua estratégia em dois pilares: a integração dos imigrantes como força de trabalho e o aumento da produtividade necessário para compensar o risco de contração econômica. O primeiro pilar traz o desafio da inserção social associado a um bem-sucedido programa de educação e qualificação desta mão de obra. O

segundo depende do sucesso na implantação acelerada da Indústria 4.0 – para o qual o país já está se movimentando de forma surpreendente. A Alemanha estabeleceu uma dupla estratégia em relação a Indústria 4.0: obter os ganhos de eficiência e produtividade na sua própria indústria de forma que possa produzir com menos recursos humanos e, ainda, se tornar uma fornecedora mundial de equipamentos, sistemas e soluções de manufatura avançada para outros países que buscarão adequar seus próprios parques e configurá-los para o ambiente de digitalização. Para sua estratégia lograr sucesso, além dos próprios desafios e condicionantes internos, precisa, por um lado, se impor como fornecedora competitiva enfrentando a competição de outros países. Por outro, depende do ambiente econômico externo. A OECD – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, aponta perspectivas frustrantes para na economia mundial até 2060, com uma taxa de crescimento do PIB para os países que compõem a OCDE e do G-20 estimada em 2,7% ao ano. No período compreendido entre 1996 e 2010 o crescimento anual do PIB foi de 3,4% (OECD, 2012).

Esta análise dos desafios da Alemanha, dentro de uma bem elaborada estratégia de digitalização, serve para ilustrar quão desiguais e incertos serão os impactos da digitalização avançada entre os países. Também sugere uma visão mais cautelosa sobre os impactos que as novas tecnologias combinadas em inovações disruptivas podem trazer para o trabalho, o emprego e a sociedade como um todo. Enfim, há consenso sobre os efeitos deletérios, mas não há sobre a possibilidade concreta de se obter os benefícios possíveis e na intensidade prevista em algumas projeções. Também já é evidente que, mesmo num cenário positivo, haverá perdedores. Tanto em termos de nações, cidades, empresas e indivíduos. Não existe, neste caso, um “ganho médio”. A afirmação meramente quantitativa de que, por exemplo, a criação de um milhão de novas vagas compensará a extinção de 750 mil, não é verdadeira do ponto de vista micro, do ponto de vista do indivíduo ou de grupos de indivíduos. O trabalhador de baixa qualificação dispensado por sua função ter se tornado redundante com a tecnologia não conseguirá ocupar uma das novas vagas que exigem um mais alto padrão de formação. Neste caso, também há consenso de que a maior parte dos atingidos pelos efeitos da automação e

digitalização serão as pessoas que exercem as funções que não exigem qualificação sofisticada e que percebem baixa remuneração em termos de salário. A consultoria McKinsey estima que as necessidades de transição de carreira serão enormes, considerando onde ela é viável, e envolverão pelo menos 375 milhões de trabalhadores que precisarão desenvolver novas habilidades, no caso de sucesso na adoção rápida da digitalização pelos países. Se a transição for lenta, o desemprego aumentará e ainda provocará depreciação dos valores dos salários (MGI, 2017f).

Segundo Osborne e Frey (2013), 47% dos empregos se enquadram na categoria de alto risco, ou seja, empregos que podem ser automatizados em período relativamente curto, na próxima década ou duas décadas. Destes, pela primeira vez na história, estarão ameaçados os empregos em inúmeras atividades do setor de serviços, incluindo serviços administrativos e o chamado trabalho do conhecimento.

### **5.3.1 O desemprego estrutural atinge finalmente o setor de serviços.**

Dois aspectos merecem destaque quando se avalia o fenômeno da ameaça de desemprego estrutural no setor de serviços: em primeiro lugar, o setor de serviços é o maior responsável pela geração de riqueza na maioria dos países de economia desenvolvida e países emergentes, respondendo pela parcela principal do seu PIB. Na Alemanha, o setor de serviços responde por cerca de 70% do PIB e nos Brasil por cerca de 75%. Também é responsável pela maior parte dos empregos. Na Alemanha compreende 72% dos empregos e nos Estados Unidos 80,1% (BLS, 2017; IBGE, 2018; DW, 2018).

A adoção da automação de processos, tecnologias de reconhecimento de documentos eletrônicos e inteligência artificial abrem inúmeras possibilidades de otimização (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016). Diversas ocupações do setor de serviços serão impactadas, afetando a maioria dos trabalhadores em atividades de transporte e logística, trabalhadores de escritórios e de apoio administrativo, como analistas. Também os trabalhadores administrativos das

fábricas serão afetados (OSBORNE; FREY, 2013). A digitalização do setor de serviços atingirá de forma importante o serviço público. As previsões de redução já estão consolidadas em alguns países, como Alemanha e Estados Unidos, onde se espera redução de 15% das ocupações somente nos serviços públicos federais até 2024 (BLS, 2017).

Automatizando as funções do trabalhador do conhecimento.

A nova fronteira para a diferenciação competitiva nas empresas não é mais a automação de transações e manutenção de registros, trata-se agora de permitir experiências de transações com clientes e fornecedores, bem como entre as mais diversas funções dentro da própria organização. Envolve gerenciar processos, interfaces e vínculos entre diferentes sistemas, lidar com exceções a transações, conformidade, prevenção e mitigação de riscos, reação a fraudes, definição de contingências e tratativas de emergências. Em suma, a vantagem estratégica vem da integração de informações e aplicativos para automatizar as funções do trabalhador do conhecimento (DAVIS, 2006).

O desafio da automatização do trabalho do conhecimento e da potencialização deste trabalho envolve mais do que tornar os sistemas e as informações interoperáveis. Trata-se de computação com conhecimento, que envolve o domínio sobre a teoria e as informações necessárias para realizar uma tarefa. Os sistemas de informação se concentravam em trazer informações para o trabalho, isto é, a consciência da situação. O conhecimento necessário para fazer um trabalho é algo que depende do humano, que um funcionário deve trazer consigo através de educação e experiência prévias ou adquirir através da aprendizagem (no próprio trabalho ou por treinamento formal). Esta educação é dispendiosa para ser adquirida e provisionada, assim como o é o processo de aprendizagem, que, normalmente, ainda demanda tempos significativos para se concretizar. Existe, ainda, o risco da perda do conhecimento, que em parte se vai com as pessoas que se desligam da organização, gerando determinado retrocesso

que tornará necessária nova fase de experimentação e assimilação, com a inevitável repetição de falhas. A automação do trabalho de conhecimento está sendo feita a partir de uma nova abordagem, visto que não basta que se ofereça apenas a informação, mas também toda a teoria e os modos de raciocínio necessários para realização de um trabalho ou uma tarefa (DAVIS, 2006). As soluções que estão surgindo lidam com bases de conhecimento de grande escala, formas complexas de avaliação da situação, modos sofisticados de raciocínio baseados em valores e comportamentos de sistemas autônomos. Chamadas de tecnologias *semânticas*, lidam com os desafios da infraestrutura centrada na rede, automação do trabalho do conhecimento e sistemas de construção que sabem o que estão fazendo, pois aprendem e se fundamentam como os humanos. As *tecnologias semânticas* são capacidades funcionais que permitem aos computadores criar, descobrir, representar, organizar, processar, gerir, fundamentar, apresentar, compartilhar e utilizar significados e conhecimentos para atingir fins comerciais, pessoais e sociais (BUXMANN; HESS; RUGGABER, 2009; THESEUS, 2018).

Serviços de assessoria jurídica e serviços financeiros já estão começando a ver os benefícios da automação do trabalhador do conhecimento. Os escritórios de advocacia, por exemplo, estão usando computadores que podem examinar milhares de esclarecimentos e precedentes legais para auxiliar no trabalho de pesquisa preliminar que podem envolver centenas ou milhares de horas de trabalho. O sistema *Clearwell* da Symantec usa análise de linguagem para identificar conceitos gerais em documentos e apresentar os resultados graficamente. Em um caso, esse software conseguiu analisar e classificar mais de 570.000 documentos em dois dias. Nos serviços financeiros, a inteligência artificial tem desempenhado um papel importante nas análises e nos processos de transações financeiras há algum tempo. Os bancos estão utilizando a aprendizagem de máquina para detectar fraudes e identificar situações como cobranças ou reclamações fora do comportamento normal de compra de uma pessoa. Mesmo serviços como o *Future Advisor* usam a inteligência artificial para oferecer conselhos financeiros personalizados de forma econômica e em escala. Estima-se que até 2025, ganhos

de produtividade de 45 a 55% possam ser alcançados para 25 milhões de trabalhadores do conhecimento deste setor, o que levaria ao impacto econômico de US\$ 600 a US\$ 800 bilhões por ano (MGI, 2013).

### Inteligência Artificial e a Morte do setor de TI da Índia.

Ao longo dos últimos 25 anos, a Índia emergiu como um importante destino para a tecnologia da informação - a contrapartida de serviços de baixo custo para o que a China faz em termos de fabricação de baixo custo. Mas o nicho de serviços de TI de baixo custo que a Índia ocupa é altamente vulnerável à automação pela inteligência artificial. Novas capacidades, como o código de auto reparação, reduzem a necessidade de implantação em grande escala de profissionais de TI baratos. Sistemas habilitados para voz e a personalização cada vez maior deverão diminuir, se não eliminar, a demanda para os centros de chamadas para os quais a Índia tornou-se famosa. Cerca de 69% dos empregos na Índia estão em risco de deslocamento devido à inteligência artificial e automação (SINGH, 2017).

Nas cinco principais empresas de serviços de TI da Índia, há queda no crescimento do emprego de até 40%. Em particular, a *Wipro* lançou uma plataforma de inteligência artificial conhecida como *Holmes* que usa ferramentas que realizam tarefas repetitivas e demitiu 12 mil funcionários. A Índia enfrenta enormes desafios colocados pela revolução tecnológica em curso. Se nada for feito, cerca de 69% dos trabalhos estarão perdidos para automação e a Índia testemunhará uma crise como nunca viu antes (SINGH, 2017).

### Tecnologia atinge setor de saúde e assistência social.

O setor de cuidados com saúde e assistência social é uma das promessas de expansão para o emprego. Nos EUA, sua participação foi de 12% em 2014 e as projeções indicam um aumento da participação para 13,6% da força total de

trabalho em 2024. Espera-se que sejam adicionados mais de 4 milhões de novos postos de trabalho (BLS, 2017). Entretanto, mesmo este setor em grande expansão por conta da curva demográfica, também apresenta oportunidades de racionalização. Robôs começam a ser usados para limpeza, testes laboratoriais, atendimentos e outros serviços. Os efeitos negativos sobre o emprego surgem também para profissionais de saúde médica, em especial profissões de laboratório e enfermagem (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016). A automação do trabalho de conhecimento pode ter efeitos importantes nos serviços de cuidados de saúde. Os oncologistas no *Memorial Sloan-Kettering Cancer Center* em Nova York estão usando o supercomputador Watson da IBM para fornecer diagnósticos de tratamento crônico e tratamento do câncer acessando o conhecimento de 600 mil relatórios de evidências médicas, dois milhões de páginas de texto de literatura científica de 42 revistas médicas e 1,5 milhão registros de pacientes e ensaios clínicos no campo da oncologia, além dos dados clínicos e genéticos do paciente. Com isto, o Watson compara os sintomas individuais de cada paciente, sinais vitais, histórico familiar, medicamentos utilizados, estrutura genética, dieta e rotina de exercícios para diagnosticar e recomendar um tratamento com maior probabilidade de sucesso (IBM, 2017). Já a empresa Wellpoint adotou a tecnologia do Watson para oferecer suporte a decisões e acelerar o processo de aprovação de requisições médicas, que antes levavam dias e agora são concluídas em alguns segundos. Isso só foi possível porque o sistema foi treinado com 25 mil casos históricos, aos quais são aplicadas técnicas de geração de hipóteses e aprendizado baseado em evidências, para gerar recomendações que auxiliam na tomada de decisão. A computação cognitiva na saúde também pode auxiliar na redução de custos e no aumento da eficiência das organizações, por meio do cruzamento de dados que permitem uma gestão mais eficiente (IBM, 2017).

Varejo: um gigantesco gerador de empregos.

Um setor também bastante relevante e intensivo em mão de obra é o varejo. O setor de varejo é o 4º maior gerador de empregos nos EUA, sendo responsável por cerca de 15 milhões e oitocentos e vinte mil empregos em 2016. A tabela 2 indica a participação dos quatro maiores setores geradores de emprego nos EUA (BLS, 2017).

Tabela 2: Participação dos maiores setores no total dos empregos nos EUA em 2016

<b>Setor</b>	<b>Participação no total de empregos</b>
Serviços profissionais e de negócios	12,9%
Governos estaduais e locais	12,4 %
Cuidados com saúde e assistência social	12,2 %
Varejo	10,1%

Fonte: BLS (2017). Elaborado pelo autor.

O varejo multicanal tem uma estrutura de custos complexa baseada em dois principais fatores: custo dos bens vendidos e custo da mão de obra. Os desafios competitivos e os investimentos necessários para melhorar a experiência dos clientes implicarão na automatização de tarefas e processos, que permaneceram inalterados por décadas. Com a aplicação de tecnologias como IA e robótica, os varejistas querem usar a automação de processos inteligentes para identificar, otimizar e automatizar atividades intensivas e repetitivas. Muitos varejistas já estão aplicando o processo de check-out automático em suas lojas (GARTNER, 2017a). O Walmart, maior empresa mundial de varejo, está atualmente testando um

processo de digitalização e varredura habilitado pelo dispositivo móvel do cliente. Alguns varejistas estão experimentando soluções robotizadas com assistentes virtuais para atendimento ao cliente. A iniciativa do Walmart na adoção da digitalização em suas operações de varejo, tem um significado importante. O Walmart é a empresa com a maior receita mundial (485.873 bilhões de dólares) e maior empregadora com 2,3 milhões de funcionários (FORTUNE, 2017). A gigantesca empresa fundada em 1962 nos EUA é a precursora histórica da implantação do conceito *quick response* em 1986, através de um projeto feito em parceria com a empresa Procter & Gamble. Este projeto aplicava conceitos derivados do sistema *Just in time* da Toyota ao varejo, propondo a utilização de tecnologia de sistemas para viabilizar a troca em tempo real de informações de venda, produção e entrega entre participantes da cadeia de fornecimentos, com o objetivo de otimizar a gestão de estoques, produção e entrega e, assim, reduzir os custos envolvidos através da redução da incerteza de fornecimento – que estimula a formação de estoques de segurança – e da sincronização da cadeia de fornecimento. Os conceitos utilizados neste projeto foram consolidados e difundidos no setor de varejo a partir criação em 1992 do movimento ECR – *Efficient Consumer Response*, que lançou as bases do sistema *supply chain management*, ou gerenciamento da cadeia de suprimentos, por outras indústrias (WOOD, 1993; CHOPRA; MEINDL, 2015).

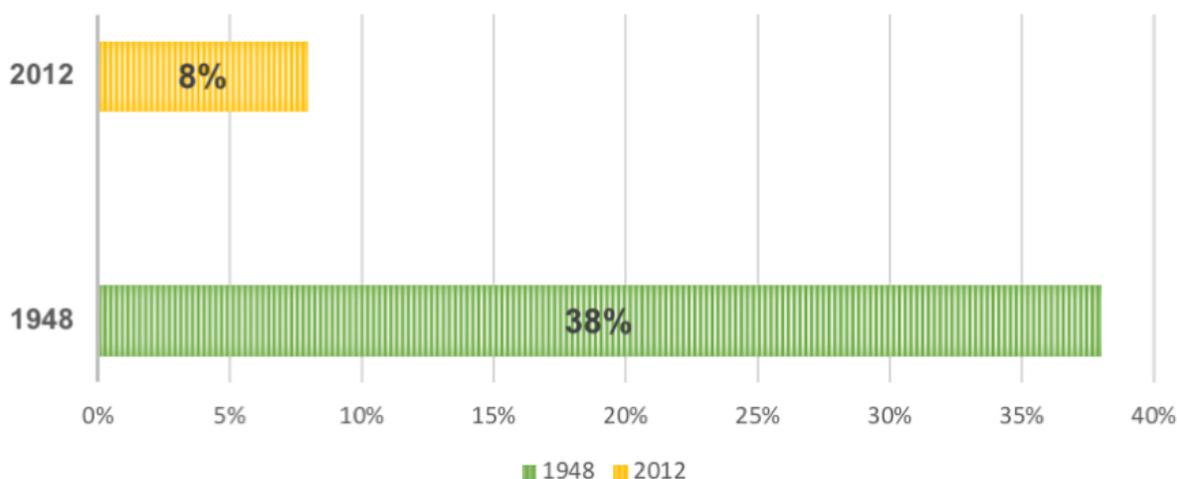
Em outras palavras, o Walmart, por sua importância no varejo mundial, seja pela influência que exerce numa enormidade de empresas relevantes que são suas fornecedoras ou sobre seus concorrentes, propiciará, sem dúvida, a disseminação em escala da digitalização pelo varejo mundial e também pela indústria de alimentos, vestuário, produtos de limpeza e higiene e outras que participam da cadeia de fornecimento do varejo. Outra questão relevante sobre seu envolvimento no uso das novas tecnologias de digitalização, é que o Walmart possui forte direcionamento para a eficiência, sendo referência mundial na adoção de princípios, na aplicação de técnicas e na adoção da tecnologia como instrumento para ganhos constantes de eficiência operacional. Isto sugere que a propagação da digitalização

sobre os processos e operações do varejo será intensa, assim como a busca por ganhos de eficiência.

O setor de varejo nos EUA já vem apresentando redução de seus postos de trabalho da ordem de 3%, como resultado da digitalização. (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016). Os cortes no setor são relativamente pequenos frente à economia do país como um todo. Entretanto, para os americanos buscando uma porta de entrada no mercado de trabalho, é um obstáculo. Contratos em lojas de comércio representam um terço dos primeiros trabalhos de jovens nos Estados Unidos. Em 2020 a tecnologia trará impactos maiores. Estima-se que os dez principais varejistas apliquem algoritmos avançados que permitirão corte de até um terço das equipes de *merchandising*. Pelo menos um grande varejista multicanal pilotará uma loja física totalmente automatizada e sem suporte humano. Aplicativos de conversação e atendimento digital processarão 50% dos pedidos de atendimento ao cliente (GARTNER, 2017b).

O segundo, mas não menos importante, aspecto que merece destaque quando se avalia o fenômeno da ameaça de desemprego estrutural no setor de serviços é que este setor – historicamente - absorveu parte da mão de obra que foi sendo eliminada do setor agrícola e industrial por conta dos seus próprios processos de automação e aumento de eficiência. Por abarcar variadas atividades que exigem baixa qualificação, o setor de serviços gerou oportunidades de trabalho e renda para egressos da indústria e do campo (OSBORNE; FREY, 2013). Estes setores vêm apresentando curvas típicas e decrescentes de absorção de mão de obra. O gráfico 16 mostra a redução da participação do emprego indústria no Reino Unido.

Gráfico 16: Taxa de emprego na manufatura no Reino Unido.



Fonte: Deloitte (2015). Adaptado pelo autor.

Em termos de migração da mão de obra, não haverá mais a possibilidade de um setor absorver grandes quantidades de trabalhadores de outros, visto que agora todos seguem a lógica da automação com ganhos de produtividade sendo obtidos através da substituição do trabalho humano.

### 5.3.2 A demanda por trabalhadores qualificados.

Parte da visão otimista com a construção de um futuro brilhante sustentado pela digitalização da economia se baseia na expectativa de criação de novos postos de trabalho mais qualificados e melhor remunerados (TRUDELL; HAGIWARA; JIE, 2014). Entretanto, a oferta de mão de obra no cenário básico pode não ser suficiente para cobrir os requisitos de qualificação de uma estratégia de digitalização acelerada, mesmo em países desenvolvidos como a Alemanha (VOGLER-

LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016). Os sistemas educacionais não acompanharam a mudança da natureza do trabalho, resultando em muitos empregadores dizendo que não conseguem encontrar trabalhadores suficientes com as habilidades que eles precisam. Em uma pesquisa da consultoria McKinsey com jovens e empregadores em nove países, 40% dos empregadores afirmaram que a falta de habilidades foi o principal motivo para as vagas de emprego não terem sido preenchidas. Sessenta por cento disseram que os novos diplomados não estavam adequadamente preparados para o mundo do trabalho. Houve lacunas em habilidades técnicas, mas também em habilidades básicas como comunicação e trabalho em equipe (MGI, 2017a).

### **5.3.3 O futuro pode não repetir o passado.**

Os impactos que as novas tecnologias podem gerar sobre a força de trabalho do século XXI não é sem precedentes. É de uma ordem de grandeza semelhante às mudanças ocorridas em outros momentos da história. Essas mudanças não resultaram em desemprego em massa a longo prazo, porque foram acompanhadas pela criação de novos tipos de trabalho (MGI, 2017b). Entretanto, não podemos dizer definitivamente se as coisas acontecerão da mesma forma desta vez.

Quando uma empresa desenvolve seu planejamento tendo como base exclusiva os seus resultados históricos e os recentes - por exemplo os resultados do ano fiscal anterior - e manipula estes dados matematicamente para identificar sazonalidades e captar eventuais tendências que na sequência são analisadas sob a luz de algumas informações externas - como a situação da economia, taxas de câmbio e situação dos concorrentes – diz-se que ela está tentando andar para frente olhando pelo retrovisor.

A nova revolução tecnológica traz características determinantes que a diferenciam estruturalmente das revoluções anteriores. A velocidade com a qual a transformação está ocorrendo, o ciclo reduzido de escalabilidade das novas tecnologias, a quantidade de tecnologias disruptivas surgindo ou amadurecendo

simultaneamente e a diferente demanda de qualificação para os trabalhadores - que privilegia algumas ocupações à medida que exclui outras, são algumas das diferenças em relação ao passado. Inovações tecnológicas como a chamada *nuvem humana* afetarão dramaticamente a estrutura e o mercado de trabalho. Imaginar as perspectivas do futuro do trabalho sem considerar estas diferenças, seria um equívoco. Pode-se considerar como características diferenciadoras da nova revolução tecnológica, em termos do impacto sobre o trabalho:

- Novas empresas que não geram empregos;
- Novas tecnologias que favorecem a substituição do trabalho humano;
- A compactação das cadeias produtivas;
- Corporações ainda maiores com menor número de concorrentes;
- Velocidade acelerada da transformação;
- Impacto nos três setores da economia;
- Novas oportunidades que não são inclusivas.

O quadro 9 relaciona algumas das características diferenciadoras da nova revolução tecnológica.

Quadro 9: Características diferenciadoras da nova revolução tecnológica

<b>Características diferenciadoras da nova revolução tecnológica</b>
<b>Novas empresas que não geram empregos</b>
Novas empresas são intensivas em tecnologia e não em mão de obra. Nasceram com o signo da digitalização e automação e geram menos postos de trabalho em comparação com as empresas do século XX. Produzem sob demanda, sem necessidade de estoques e de grandes equipes. Contratam boa parte do trabalho necessário na forma de prestação de serviços ou projetos, através da <i>nuvem humana</i> <sup>1</sup> .
<b>Novas tecnologias que favorecem a substituição</b>
Algumas das principais tecnologias envolvidas favorecem a substituição de pessoas: automação, robotização, inteligência artificial, realidade virtual e aumentada, aprendizagem de máquina, reconhecimento de voz e controles ciber físicos. Há grande diferença para os efeitos da internet, cujas possibilidades proporcionaram maior criação do que eliminação de empregos.
<b>Compactação das cadeias produtivas</b>
Inovações anteriores, principalmente em termos de produtos e bens propiciaram a criação das cadeias produtivas ou de fornecimento. A cadeia de fornecimento de óculos, por exemplo, envolve inúmeras empresas em diversas etapas desde a produção da matéria-prima passando pela fabricação do produto, distribuição, transporte e venda, gerando inúmeros empregos. Com a manufatura aditiva (impressão 3D) será possível aos consumidores imprimir em sua própria casa a armação dos óculos de sua preferência. Neste caso, quase toda a cadeia produtiva é eliminada.
<b>Corporações ainda maiores com menor número de concorrentes</b>
Grandes corporações incorporam rapidamente as novas tecnologias e inovações e reduzem extraordinariamente seus custos (inclusive com pessoas). Expansão dos níveis de produtividade e lucratividade. Empresas menores tem dificuldade de competir e são absorvidas ou extintas. Os processos de fusão e aquisição reduzem o número de empregos de cada setor.
<b>Velocidade acelerada da transformação</b>
O tempo gasto para uma nova tecnologia ser adotada em larga escala diminui rapidamente. Enorme quantidade de tecnologias disruptivas surge de forma quase simultânea. Enorme convergência e combinação entre as novas tecnologias. Empresas e governos não conseguem acompanhar o ritmo das inovações. Pessoas não conseguem se adaptar e se qualificar rapidamente para as mudanças no mercado de trabalho.
<b>Impacto nos três setores da economia</b>
Agricultura 4.0 aumenta ganhos de produtividade no campo e atinge principalmente países ainda com grandes contingentes de trabalhadores no campo. Indústria 4.0 amplia robotização e automação nas fábricas. As <i>smart factories</i> trabalham de forma quase autônoma, com pouquíssimos funcionários. As cadeias de suprimentos são otimizadas e a desintermediação reduz postos de trabalho. A inteligência artificial, <i>big data</i> e tecnologias associadas automatizam processos administrativos, atendimentos, análises, diagnósticos, processos de ensino e outras atividades do setor de serviços. Diminui a possibilidade de grandes quantidades de trabalhadores dispensados migrarem para outros setores da economia.
<b>Novas oportunidades não são inclusivas</b>
As novas oportunidades de trabalho demandarão maior qualificação. Boa parte dos trabalhadores com menor qualificação dos setores de produção, logística, varejo e escritórios não serão beneficiados com a digitalização da economia. Redução das vagas de média qualificação criarão uma polarização entre trabalhadores de altos e de baixos salários. Os empregos se concentrarão nas capitais e em poucas cidades que detenham profissionais mais qualificados. Alguns dos países mais ricos serão beneficiados, enquanto outros enfrentarão dificuldades. Países de economia em desenvolvimento sofrerão desindustrialização. As economias mais pobres não conseguirão evoluir para o estágio industrial.

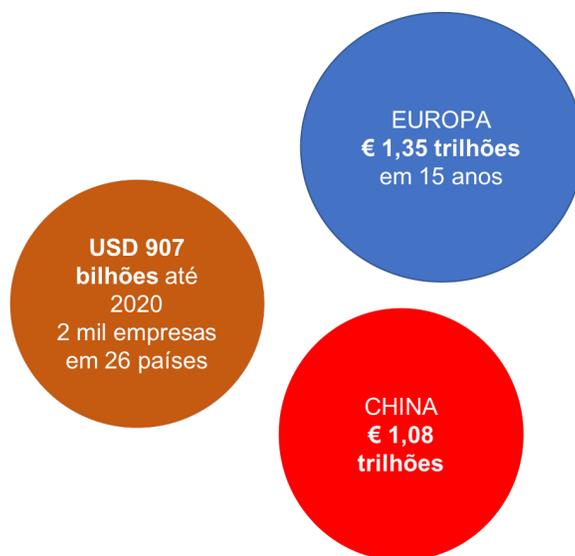
Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5.4 ENSAIO SOBRE A SEXTA ONDA DE INOVAÇÃO E O TRABALHO

Schumpeter (1961) tratou sobre o conceito de destruição criativa, destacando o caráter disruptivo e revolucionário que caracteriza a interferência das revoluções tecnológicas sobre a estrutura econômica: a partir de dentro, destruindo intensamente o antigo e criando as condições para o novo. À medida que inovações tecnológicas foram surgindo, de tempos em tempos, o investimento dos empresários, em ações empreendedoras, provocaram ondas de crescimento econômico (KON, 2017).

A sexta Kondratieff está começando e, como toda onda de inovações, vai durar aproximadamente até que os lucros da nova inovação caiam ao nível de outros setores mais antigos e mais tradicionais ao atingir seus limites em termos de estímulo econômico. Relatórios econômicos indicam a ressaca que antecede a nova onda e os sinais de sua formação (CREDIT SUISSE, 2017). A sexta onda, além da ação empreendedora de empresários, está também recebendo estímulos de governos, que vem realizando enormes investimentos para apoiar iniciativas que preparem a infraestrutura de suas indústrias e economias para a transformação digital que se aproxima, como vem ocorrendo nos EUA com a criação dos institutos de manufatura avançada (iniciativa *Manufacturing USA*) e na Alemanha com o programa *Industrie 4.0* (HOLDREN; LANDER, 2012; VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016; BMAS, 2017). A figura 25 apresenta a ordem de grandeza de alguns investimentos.

Figura 25: Investimentos para implantação da Indústria 4.0

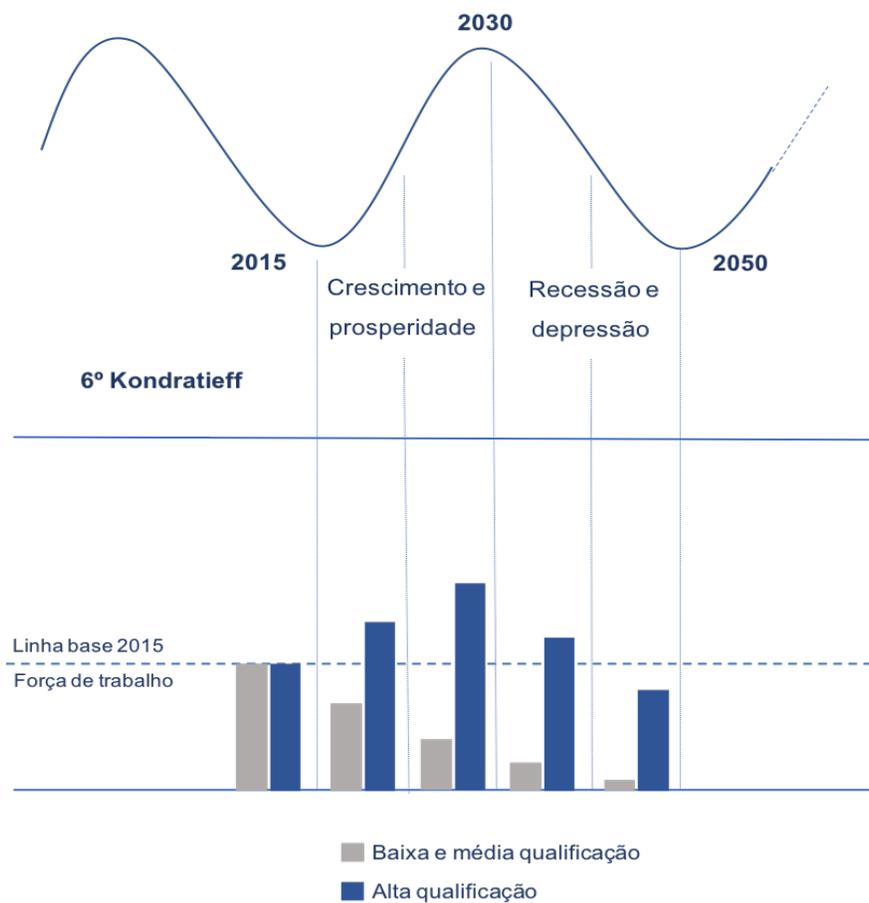


Fonte: Desenvolve SP (2018). Adaptado pelo autor.

Tipicamente, as ondas de inovação são compostas por quatro fases. A primeira fase é a do crescimento, quando se potencializam os investimentos e as inovações começam a impactar na economia e mercado de trabalho. A segunda fase é a de prosperidade, quando o grau de utilização das inovações traz ganhos de produtividade acentuados e provoca crescimento da riqueza. A terceira e quarta fases são movimentos de decadência econômica: a recessão e a depressão (SCHUMPETER, 1961). O comportamento do mercado de trabalho e emprego costuma acompanhar este ciclo, progredindo nas fases de crescimento e prosperidade e decaindo nas fases de recessão e depressão. Entretanto, a nova onda sugere um comportamento diferente dos anteriores. Nas fases iniciais o emprego crescerá, mas somente aquele baseado em maior qualificação e para determinadas ocupações. O emprego de média e baixa qualificação, em grande

parte, pode decair já na primeira fase. Mesmo os empregos de alta qualificação tendem a retroagir após o ápice - que é caracterizado pelo esgotamento dos efeitos dos altos níveis de investimento que impulsionaram a economia e pela adoção plena das inovações pelas empresas. A partir dos estudos e previsões disponíveis (SHIMULA, 2009; HOLDREN; LANDER, 2011; BLS 2017; BMAS, 2017) pode-se sugerir uma configuração temporal para a sexta onda de inovação e uma tendência em termos da evolução da força de trabalho. A figura 26 representa este ensaio e sugere uma configuração para a sexta onda de inovação.

Figura 26: A 6ª onda de inovação e a evolução da força de trabalho.

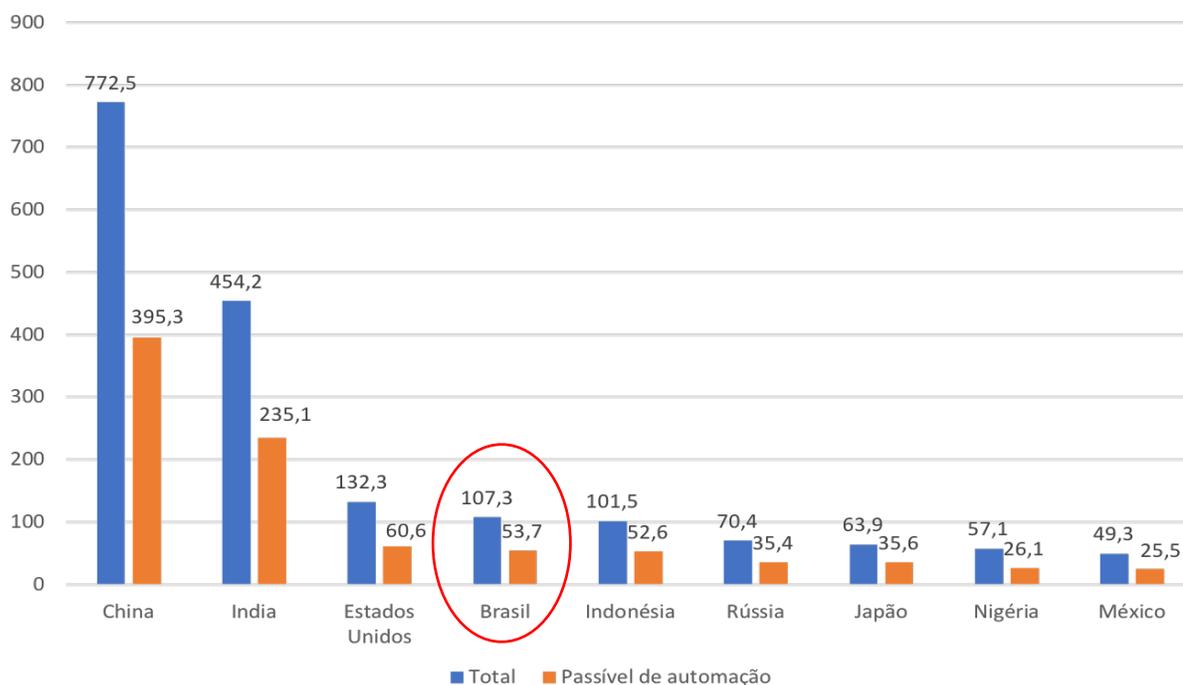


Fonte: Elaborado pelo autor. As datas são apenas referências. Os gráficos sugerem tendências.

## **5.5 OS IMPACTOS DA AUTOMAÇÃO NO BRASIL E O PANORAMA ATUAL**

O diretor-geral da Organização Mundial de Comércio (OMC), o diplomata brasileiro Roberto Azevedo, apresentou um diagnóstico do impacto da adoção de tecnologias no emprego. Segundo ele, 80% das perdas de postos de trabalho nas economias avançadas estão ligadas à inovação tecnológica. A avaliação é que este fenômeno tende a ser ainda mais forte nos países em desenvolvimento, como o Brasil, provocando crises estruturais de desemprego (VIEIRA, 2017). O Brasil é um dos países com maior potencial de automatização de mão de obra, atrás apenas de China, Índia e Estados Unidos na quantidade de trabalhadores que poderiam ser substituídos por máquinas. De acordo com estudo da consultoria McKinsey baseado em dados de 54 países, 50% dos atuais postos de trabalho no Brasil poderiam ser automatizados, ou 53,7 milhões de um total de 107,3 milhões (MGI, 2017c; PORTINARI, 2017). Como agravante, o país sequer consolidou o processo de inclusão digital (GATTI, 2005; CGI, 2010). O gráfico 17 apresenta a posição comparativa do Brasil em termos do potencial de automação dos postos de trabalho.

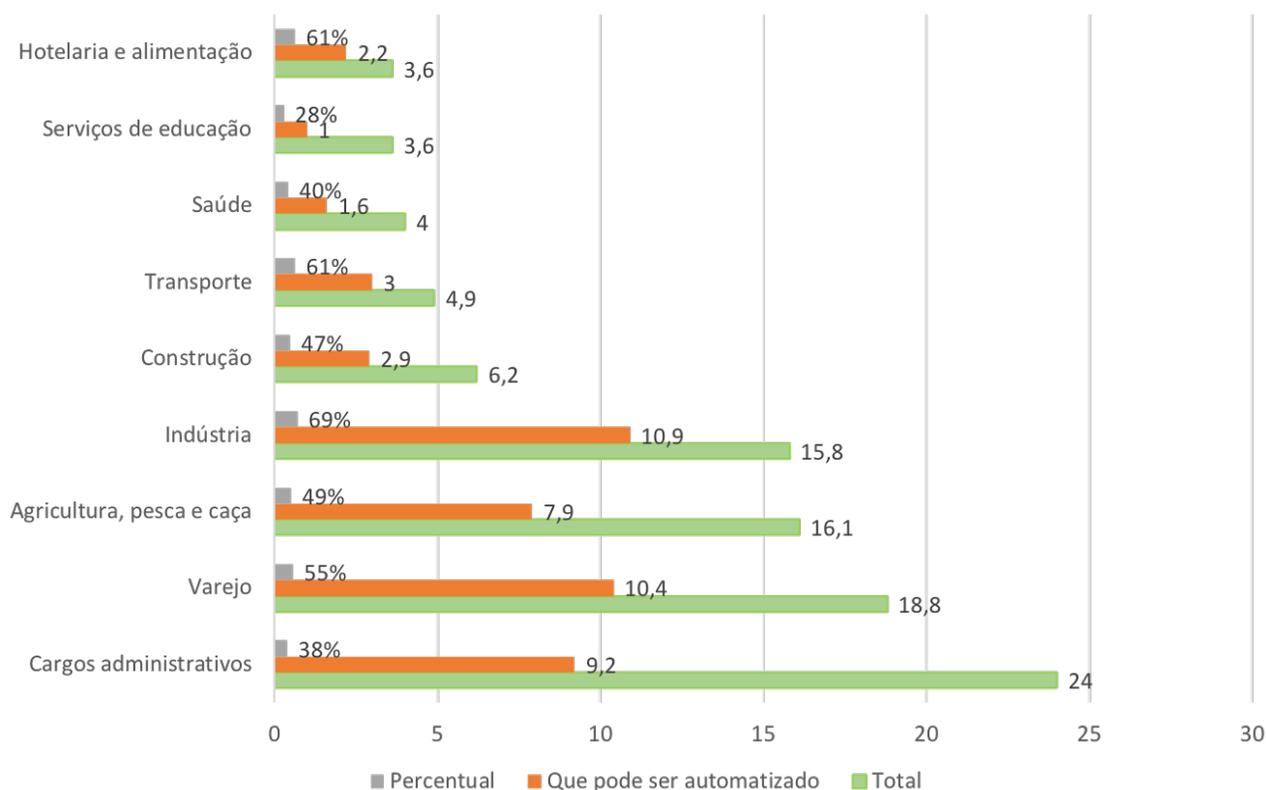
Gráfico 17: Postos de trabalho e risco de automação



Fonte: MGI (2017c). Elaborado pelo autor.

No Brasi, em números absolutos, os postos de trabalho industriais seriam os mais impactados pela substituição, seguidos pelos do varejo e pelos postos de trabalho administrativos. Em números relativos, o impacto também seria proporcionalmente maior nos postos de trabalho vinculados à indústria. Hotelaria e alimentação, transporte e varejo são setores que poderiam ter mais do que 50% dos seus postos de trabalho afetados (MGI, 2017c; PORTINARI, 2017). O gráfico 18 apresenta o risco de automação por setor no Brasil.

Gráfico 18: Risco de automação por setor no Brasil – em milhões

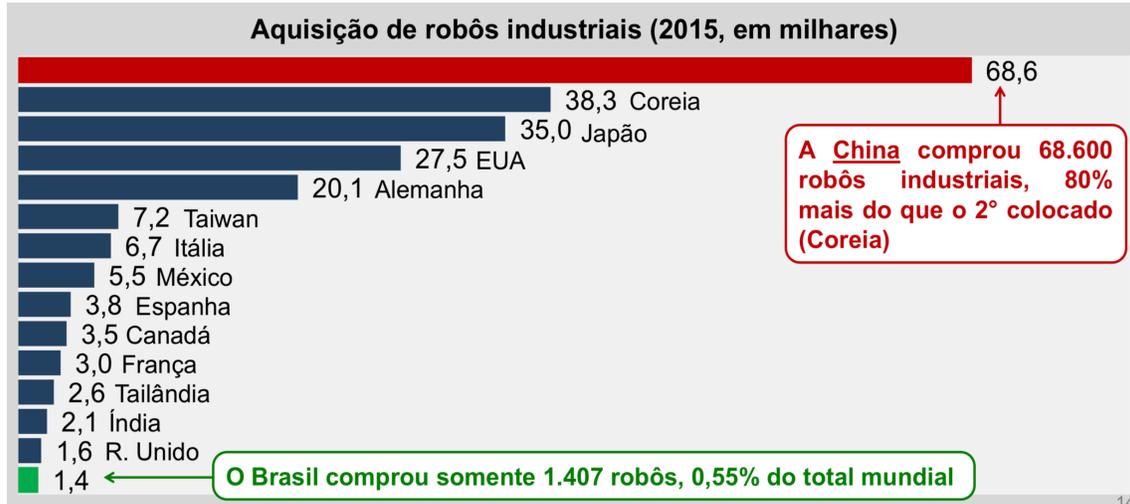


Fonte: MGI (2017c). Elaborado pelo autor.

### 5.5.1 Perda de competitividade

A indústria brasileira segue tendência de desindustrialização, sendo que sua participação no PIB vem se reduzindo de forma acentuada desde meados da década de 90 - o que coincide com a abertura comercial empreendida no Governo Collor (SANTOS, 2009). A competitividade tem caído e os investimentos em automação não são expressivos. O gráfico 19 apresenta uma comparação em termos de aquisição de robôs por indústrias do Brasil e de outros países.

Gráfico 19: Aquisição de robôs por empresas do Brasil em 2015.



Fonte: FIESP (2017).

Também é destaque a queda da participação da indústria brasileira na indústria mundial, que era de 3,47% em 1995 e atingiu 1,84% em 2016 (FIESP, 2017). O gráfico 20 apresenta a evolução da participação da indústria no PIB brasileiro.

Gráfico 20: Evolução da participação da indústria no PIB brasileiro no período entre 1947 e 2017 (1º semestre).



Fonte: FIESP (2017).

Em termos de mobilização para adoção dos princípios da Indústria 4.0, o país parece estar em estágio ainda inicial, onde os primeiros diagnósticos e encontros começam a ser realizados, especialmente por associações industriais (FIRJAN, 2016b; FIESP, 2017). As principais barreiras no Brasil para a construção de um planejamento estruturado para a transformação tecnológica e para a gestão desta mudança foram elencadas pelo Fórum Econômico Mundial (WEF, 2016). O quadro 10 apresenta as principais barreiras para a mobilização no Brasil.

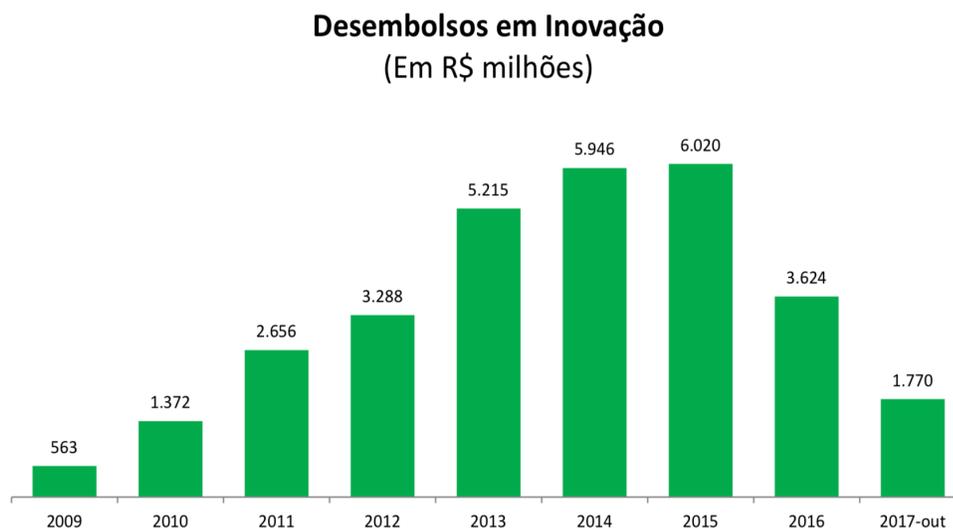
Quadro 10: Principais barreiras para mobilização no Brasil

<b>Barreiras para mobilização</b>	
Compreensão insuficiente sobre as mudanças disruptivas .....	55%
Estratégia da força de trabalho não alinhada à estratégia de inovação.....	48%
Pressão dos acionistas, rentabilidade a curto prazo .....	48%
Restrições de recursos .....	34%
Prioridade insuficiente pela alta administração .....	28%

Fonte: WEF (2016). Adaptado pelo autor.

Em termos dos investimentos em inovação pelo Governo Federal, a curva que vinha numa trajetória ascendente apresenta uma inflexão a partir de 2016, provavelmente por efeito da crise econômica que assola o país. O gráfico 21 aponta os desembolsos do Governo Federal brasileiro a partir de 2009.

Gráfico 21: Desembolsos em inovação do Governo Federal brasileiro entre 2009 e 2017 (parcial).



Fonte: Castro (2017).

### 5.5.2 Iniciativas críticas para uma estratégia 4.0 no Brasil

A preparação para os impactos da nova onda de inovação, que inclui a Indústria 4.0, envolve um conjunto de iniciativas e uma complexa articulação. Na Alemanha e nos EUA, os governos são protagonistas e exercem forte papel na coordenação de programas e projetos, criam e apoiam a criação de grupos de trabalho e envolvem outros atores relevantes, como empresas e associações empresariais, universidades, centros de pesquisa e *startups*. Também identificam gargalos e pontos fracos no seu ambiente de inovação e agem para combatê-los, inclusive com investimentos públicos. Os governos também são os responsáveis pela avaliação dos impactos sobre outros componentes da estrutura social e se

esforçam para adequar políticas de capacitação, de assistência social, educação, assim como serviços e programas sociais (BMAS, 2017).

O Brasil, para se preparar para a nova onda de inovação tecnológica, precisa definir iniciativas de ordem estruturante, com a finalidade de construir as condições para que suas empresas se modernizem e possam competir no novo cenário. Também precisa desenvolver novas iniciativas de proteção social focadas no combate aos efeitos da mudança, cujo propósito deve ser o de minimizar impactos e fornecer condições de proteção para os grupos mais vulneráveis.

Já estão disponíveis informações e experiências sobre medidas tomadas pelos países que estão na vanguarda da mobilização. Parte delas é aplicável à realidade brasileira. Outras, devem ser consideradas de acordo com as especificidades do país.

Evoluir os sistemas educacionais.

Mudanças no sistema educacional são críticas, pois o investimento em educação, treinamento e habilidades aumenta a competitividade da economia e a capacidade de inovação em uma sociedade em envelhecimento (MGI, 2017a).

Os sistemas educacionais e parte dos currículos precisam ser repensados para que possam atender os novos ambientes e demandas das empresas e organizações. Isso aconteceu com a revolução industrial, que conferiu um caráter mais especialista à estrutura das universidades e estimulou a formação de nível técnico e profissionalizante. A revolução da tecnologia da informação incluiu novas disciplinas de informática e contribuiu para o surgimento de diversos cursos relacionados à ciência da computação. O desenvolvimento de novas competências, como a capacidade de gerenciamento de projetos, foi incorporado aos currículos de vários cursos, adequando-os à novas demandas. A diferença em relação ao novo cenário, é que estas readequações vinham ocorrendo à medida da necessidade, de forma gradativa e espontânea por parte das instituições de ensino. A necessidade no atual contexto é de uma discussão ampliada entre Estado, redes de ensino e

capacitação e universidades para a elaboração de novas diretrizes e estratégias de implantação.

### O papel da Universidade

As universidades devem focar no desenvolvimento de um conjunto de habilidades mais amplas. A nova demanda inclui um perfil mais multidisciplinar, onde os profissionais precisarão também de conhecimentos sobre tecnologia da informação e tecnologias mais avançadas, como inteligência artificial, simulação e ambientes virtuais, entre outras. Para isto, as universidades devem aumentar o número de programas de estudo interdisciplinares que integrem tecnologia, artes e cultura, gestão e humanidades. Programas de estudo tradicionais, como matemática e física, devem incluir disciplinas adicionais de engenharia básica e os de engenharia básica requerem conceitos de administração e produção. Disciplinas de humanas precisam permear os cursos mais tecnológicos. As universidades também precisam promover habilidades que permitam aos novos profissionais trabalhar de forma colaborativa, multidisciplinar e inovadora. O pensamento crítico, a visão sistêmica, o empreendedorismo e a criatividade devem ser estimulados. A comunidade acadêmica deve explorar oportunidades para começar a desenvolver habilidades interdisciplinares para estudantes que ainda estão no ensino médio, criando mecanismos de aproximação e colaboração com a rede escolar, por exemplo através de cursos que instruem para construção e programação de sistemas conectados e empreendedorismo.

Há modelos de aprendizagem e educação cooperativa, em que a aprendizagem teórica e prática são combinados e podem ser utilizados como referência. Esses modelos híbridos são internacionalmente reconhecidos como abordagens superiores para formação e são ideais atender as novas demandas que se apresentam (LORENZ et al., 2015).

Investir em programas de capacitação e desenvolvimento de habilidades.

Alguns países - Áustria, Alemanha e Suíça, em particular – possuem modelos de educação profissional baseados na indústria. Os programas vocacionais visam mais de 200 ocupações diferentes e são destinados a assegurar uma correspondência entre oferta e demanda de profissionais técnicos. O governo suíço, por exemplo, supervisiona a certificação e os potenciais empregadores ajudam a definir as habilidades necessárias e moldar os currículos. (DOBBS et al., 2015).

No Brasil, o SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial é uma iniciativa de sucesso que poderia ser ampliada e envolvida no esforço de capacitação e desenvolvimento das novas habilidades requeridas pela Indústria 4.0. Poderiam ser criadas maiores articulações com a rede de ensino pública, de forma aproveitar a estrutura existente e fornecer certo grau de capacitação técnica para mais estudantes do ensino médio, através de oficinas, palestras, visitas e intercâmbios diversos. Esta infraestrutura também poderia ser aproveitada para sustentar programas gratuitos de requalificação de mão de obra e programas de qualificação de trabalhadores que tenham sido dispensados, coordenados pelo Ministério do Trabalho e agências federais. A rede de escolas técnicas federais e estaduais, que no Brasil se destacam pela boa qualidade de ensino, também poderiam compor uma rede articulada para requalificação da força de trabalho, especialmente aquela pertinente à indústria (SENAI, 2018; EBC, 2018).

Outra experiência interessante no Brasil e que poderia ser aproveitada como referência para novos programas é o PNQP - Plano Nacional de Qualificação Profissional - que qualifica, por meio de cursos gratuitos, profissionais nos estados onde há investimento na área de petróleo e gás. Além da gratuidade dos cursos, prevê o pagamento de bolsas-auxílio mensais para os alunos que estiverem desempregados. Os cursos são de nível básico, médio, técnico e superior. Distribuídos em 185 categorias profissionais ligadas às atividades do setor, são executados pelas principais instituições de ensino do país. De 2006 a 2015 foram qualificados cerca de 99 mil profissionais, com investimentos realizados de aproximadamente R\$ 304 milhões. Este plano de qualificação compõe o PROMINP

- Programa Nacional de Mobilização da Indústria de Petróleo e Gás Natural, que envolveu empresas, universidades e sindicatos para capacitar profissionais para o setor de petróleo e gás brasileiro (PROMINP, 2013).

Plataformas digitais com uso de MOOCs (cursos on-line abertos e massivos), são uma estratégia interessante para diminuir os custos, aumentar a abrangência e apoiar as iniciativas convencionais de capacitação e qualificação. Conteúdos específicos podem ser criados e disponibilizados através de mídias digitais nas escolas, cursos de formação profissional, em universidades, programas de reciclagem, capacitação e requalificação profissional. Nesta linha, a Alemanha lançou em 2012 a plataforma para educação em rede openHPI.de, que é utilizada por mais de 100 mil estudantes em 180 países (PERFIL DA ALEMANHA, 2018).

Aumentar esforços em pesquisa e desenvolvimento e criar uma rede articulada e colaborativa.

O Brasil possui uma rede considerável de institutos, laboratórios e centros de pesquisa implantados em nível federal e estadual, sendo que muitos deles estão focados em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia avançada. Os Institutos Federais de Pesquisa são ligados ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC, como por exemplo o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) que reúne quatro unidades de pesquisa de relevância no cenário nacional: Laboratório Nacional de Luz Síncroton (LNLS), Laboratório Nacional de Biociências (LNBio), Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE) e Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano). Outro destaque é a Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e que é referência mundial em pesquisa ligada ao campo (DWIH-SP, 2018).

Em 2008 o Governo Federal criou o programa INCT – Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia com o objetivo de impulsionar a pesquisa básica e fundamental, científica e tecnológica. O INCT atua em áreas estratégicas:

Biotecnologia, Nanotecnologia, Tecnologias da Informação e Comunicação, Saúde, Biocombustíveis, Energia Elétrica, Hidrogênio e Fontes Renováveis de Energia, Petróleo, Gás e Carvão Mineral, Agronegócio, Biodiversidade e Recursos Naturais, Amazônia, Semi-Árido, Mudanças Climáticas, Programa Espacial, Programa Nuclear, Defesa Nacional, Segurança Pública, Educação, Mar e Antártica e Inclusão Social (INCT, 2018).

Com a existência de toda uma rede estruturada de programas, institutos e centros de pesquisa, a questão fundamental é criar uma articulação entre todos os componentes desta rede e aproximá-los de forma intensa das universidades e, principalmente, das empresas. O modelo que foi adotado nos EUA e Israel é interessante, pois estabelece um ecossistema de inovação que envolve esferas de governo (federal, estadual e local), institutos de inovação e desenvolvimento de tecnologias avançadas, empresas de grande e médio porte, *startups* de tecnologia, universidades e centros de pesquisa, coordenado através de uma articulação central (HOLDREN; LANDER, 2012). Também é sugestiva a experiência com a criação de um espaço colaborativo na Alemanha - a *SmartFactoryKL* que funciona como um grande laboratório de desenvolvimento e aplicação prática dos conceitos da Indústria 4.0 (SMARTFACTORYKL, 2018).

Outra frente estratégica é o estabelecimento de políticas, infraestrutura e programas de atração para engenheiros e cientistas brasileiros que trabalham no exterior para que retornem ao país. O Governo da China criou um programa que visa atrair engenheiros e cientistas chineses que estão atuando em outros países através de bolsas de pesquisa, assistência para habitação e subsídios de educação isentos de impostos para os filhos de pesquisadores que aceitarem retornar a China por pelo menos três anos (DOBBS et al., 2015).

Um dos gargalos críticos que precisa ser eliminado se refere a questão de registro de marcas e patentes. O Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) precisa ser reestruturado para que tenha capacidade de dar agilidade ao andamento dos processos de registro de propriedade intelectual (ABSE, 2017).

Ampliar linhas de crédito e financiamento para investimento em tecnologia.

As empresas que estão adotando a digitalização precisam realizar investimentos importantes em tecnologia, incluindo instalações, equipamentos, maquinários, sistemas e capacitação de pessoal. Estes investimentos podem alcançar o equivalente a 5% das receitas (DESENVOLVE SP, 2018).

O Brasil perdeu três representantes na lista das mil empresas que mais investem em P&D em 2016. Agora conta apenas com Petrobras (224<sup>a</sup>), Vale (265<sup>a</sup>) e Embraer (562<sup>a</sup>). Deixaram o ranking Totvs, Weg e Natura. As três empresas brasileiras aplicaram US\$ 1,29 milhão em P&D em 2016, contra R\$ 1,43 milhão em 2015, uma queda de 9,4% (DWIH-SP, 2018).

Estimular o ecossistema empreendedor especialmente a nucleação e maturação de *startups* de tecnologia.

É necessário um programa agressivo de apoio ao empreendedorismo tecnológico que envolva maior apoio para fortalecimento do ecossistema empreendedor e da cultura empreendedora, expansão dos canais de financiamento e incentivos fiscais e maior acesso de *startups* às oportunidades junto a programas de governo, especialmente os relacionados a tecnologia e inovação. Entre outras iniciativas, os governos podem estimular o surgimento de empresas e projetos abrindo bases de dados e promovendo *hackathons*, que são maratonas de programação na qual “*hackers*” se reúnem por horas, dias ou até semanas, a fim de explorar dados abertos, discutir novas ideias e desenvolver projetos de software ou mesmo de *hardware*. Permitir o acesso de potenciais – e jovens – empreendedores e *startups* aos programas de pesquisa e desenvolvimento e também aproximá-los de indústrias e empresas de tecnologia são formas de estimular o desenvolvimento do ecossistema empreendedor. O estímulo à estruturação de centros de inovação e empreendedorismo nas redes de ensino estaduais e universidades públicas é outra iniciativa válida. Além dos EUA, outros

países, como Israel, investem no desenvolvimento de *startups* e utilizam o conceito de ecossistema. Em Israel, mais de seis mil *startups* trabalham num modelo que as mantém próximas de 300 centros multinacionais de pesquisa e desenvolvimento e cerca de 30 grandes empresas locais de alta tecnologia. Bancos e fundos de *venture capital* fornecem os recursos para financiar os investimentos. Complementam o ecossistema universidades, agências de governo e assessorias legais, contábeis e de negócios. As *startups* israelenses têm arrecadado mais de 1 bilhão de dólares a cada trimestre (RUBINSTEIN, 2017).

Investir em infraestrutura digital.

Uma questão central é a necessidade de infraestrutura de rede abrangente e capaz de suportar as demandas de um ambiente hiperconectado, especialmente acessos a internet banda larga. Na Alemanha, por exemplo, a meta do governo federal é criar até 2018 uma infraestrutura abrangente de banda larga com uma velocidade mínima de 50Mbit/s de *download*. A instalação de uma rede de fibra ótica com capacidade maior e acesso mais amplo deve acontecer até 2025. Atualmente, 87% dos domicílios contam com acesso de internet banda larga. Em 2020 a quinta geração de tecnologia móvel, 5G, deve substituir o atual padrão LTE (4G). O 5G possibilita a transmissão confiável de grandes volumes de dados quase que em tempo real e é a chave para a transformação digital (PERFIL DA ALEMANHA, 2018).

Investir na geração massiva de empregos e oportunidades.

Diante da perspectiva de que uma parcela significativa da força de trabalho possa ser afetada pela nova onda de inovação, é importante que os governos Federal, estaduais e municipais desenvolvam e ampliem políticas e programas sociais inclusivos, apoiando a geração de trabalho em setores caracterizados por

uso intensivo de mão de obra, como a construção civil. Setores cuja finalidade reverta para benefícios sociais, como habitação popular, devem ser priorizados, assim como programas que contribuam para a preservação e recuperação do meio ambiente. Também devem ser apoiados os trabalhos que sejam desenvolvidos por cooperativas, associações locais e oficinas que atuem na produção artesanal, cultura, esporte e turismo local. Os próprios governos podem empregar pessoas como agentes públicos em áreas prioritárias de saúde e assistência social. O quadro 11 apresenta setores e atividade que podem ser priorizados para geração de empregos e oportunidades.

Quadro 11: Setores e atividades prioritárias para geração de empregos e oportunidades

Setores prioritários	Atividades prioritárias
<ul style="list-style-type: none"><li>• Produção de alimentos</li><li>• Assistência social</li><li>• Saúde</li><li>• Cultura</li><li>• Turismo</li><li>• Esporte</li><li>• Construção civil</li><li>• Meio ambiente</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agropecuária familiar</li><li>• Produção de orgânicos</li><li>• Produção artesanal</li><li>• Construção de moradias populares</li><li>• Serviços de cuidado com idosos</li><li>• Promoção de saúde pública</li><li>• Recuperação e conservação de florestas, rios, mananciais e áreas de preservação ambiental</li></ul>

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Os programas de geração de emprego, renda e oportunidades devem prever:
- Apoio técnico, financeiro e linhas de crédito subsidiadas para implantação e funcionamento de cooperativas, oficinas e microempresas individuais, assim como assessoria legal, tributária e de gestão.
  - Programas estruturados e contínuos de inclusão, capacitação e aprimoramento e acompanhamento das pessoas.
  - Prioridade no fornecimento de serviços e produtos para órgãos públicos, que devem se integrar efetivamente na cadeia de fornecimento.
  - Programas que envolvam a contratação direta de agentes públicos para promoção de saúde, trabalhadores para frentes de trabalho temporário que envolvam construção de moradias populares e zeladoria de espaços públicos.

Ampliar mecanismos de seguridade social.

Uma das iniciativas de seguridade diz respeito ao suporte para transição e redes de segurança para trabalhadores afetados. Este serviço envolveria o preparo e apoio para busca de novas oportunidades, dialogando com os programas de requalificação profissional e os programas de seguro-desemprego. O Estado de São Paulo possui uma experiência interessante com os PATs – Postos de Atendimento ao Trabalhador. Os PATs dão apoio ao trabalhador desempregado através de busca de alternativas para inserção no mercado de trabalho, fornecendo informações e orientações ao trabalhador que busca recolocação profissional. Equipes dos PATs também fazem prospecção ativa e recebem oferta de vagas de emprego das empresas localizadas nas suas respectivas regiões, fazendo a ponte entre empregadores e profissionais. Entre outros serviços, os PATs auxiliam na habilitação ao seguro desemprego, emissão da carteira de trabalho e previdência social e também oferecem oficinas básicas de capacitação em atividades como corte e costura, estética e outras. Os atendentes entrevistam os interessados e tentam identificar algum perfil ou vocação compatível com as oficinas disponíveis para encaminhar o trabalhador para alguma atividade alternativa de geração de

renda. A rede é composta por 251 unidades no Estado de São Paulo e funciona a partir de convênios entre os governos municipais, estadual e federal (CIDADÃO.SP, 2018). Quando identifica potencial para o empreendedorismo, as equipes encaminham o trabalhador interessado para um agente do Banco do Povo Paulista, que é o Programa de Microcrédito Produtivo desenvolvido pelo Governo do Estado de São Paulo, por meio da Secretaria do Emprego e Relações do Trabalho. Este programa fornece crédito para pequenos tomadores que buscam começar ou ampliar atividade geradora de renda, sendo o limite de R\$5.000,00 para pessoas físicas e R\$25.000,00 para cooperativas produtivas ou de trabalho. O Banco do Povo está presente em 542 municípios do Estado de São Paulo (BANCO DO POVO PAULISTA, 2018). À medida que o desemprego evolui a taxas de mudança mais altas e também ocorrem fortes transformações nas habilidades profissionais exigidas, muitos trabalhadores precisarão de assistência para transição de emprego (MGI, 2017a). Além da expansão de modelos como os PATs do Estado de São Paulo, seria possível obter maior efetividade deste serviço público ao conectá-lo com outros programas de requalificação profissional e também incluir aconselhamento e encaminhamento do trabalhador para programas de educação continuada. (BMAS, 2017). Assim, toda a rede de proteção poderia trabalhar integrada e com uma única interface de atendimento e suporte ao trabalhador.

Outra medida que novamente está posta à mesa é a renda básica universal, ou *basic income* (MGI, 2017a). A discussão sobre o tema é antiga e está sendo retomada por conta da discussão sobre o futuro do trabalho (OSBORNE; FREY, 2013). Basicamente, se propõe que o Estado pague a todos os seus cidadãos, não importando sua condição socioeconômica, um benefício monetário. No Brasil, foi aprovada a LEI No 10.835, DE 8 DE JANEIRO DE 2004, de autoria do então senador Eduardo Suplicy, instituindo a Renda Básica de Cidadania, que ainda não teve efeito prático. A lei federal prevê autonomia do Poder Executivo para decidir pelo início da sua implantação, o que não correu até o momento (BRASIL, 2004). Os argumentos a favor deste tipo de mecanismo são: redução da desigualdade, garantia da dignidade mínima a todos os cidadãos, simplicidade (pois não exige

contrapartidas, fiscalização, estrutura de pessoal complexa para operação e burocracia), equidade (todos recebem) e ainda o fato de não desestimular a busca por emprego (a pessoa não deixa de receber se estiver empregada ou conseguir outra renda). O princípio fundamental é criar um mecanismo de distribuição de riqueza abrangente, partindo do pressuposto de que todos têm direito a compartilhar os ganhos que são gerados pelo progresso (SUPLICY, 2018).

**As Novas Tecnologias e os Mecanismos de Impacto no Trabalho**

## **CAPÍTULO 6**

### **Mecanismos de Impacto no Trabalho**

## CAPÍTULO 6 MECANISMOS DE IMPACTO NO TRABALHO

*Homem sem trabalho*

*Caminha, é noite escura nesta vida dura,  
as pedras que o destino pôs no seu caminho  
completam o seu viver.*

*Lágrimas esconde: angústia, essa amiga sua,  
flor com tanto espinho, se espalha na rua.  
Como faz viver?*

*Trabalhava noite e dia para arrimar família.  
Se a peleja é dura, desistia nunca.  
Isso era o seu viver.*

*Mas, lhe tomam o emprego agora, pobre criatura!  
Desespero aflora, termina na rua.  
O que vai dizer?*

*E se acaba a esperança, o sustento da família?  
Nesta linha dura, o pão de cada dia...  
O que vai fazer?*

*Marcelo Graglia<sup>9</sup>*

---

<sup>9</sup> Graglia, M. (2017).

## CAPÍTULO 6 MECANISMOS DE IMPACTO NO TRABALHO

---

Não há, certamente, por parte das organizações produtivas uma intencionalidade estruturada e articulada em larga escala cujo fim seja exterminar ou reduzir drasticamente a necessidade do trabalho humano remunerado. Esta intencionalidade ocorre numa escala menor, na dimensão individual das empresas, com seus esforços próprios de otimização e ganho permanente de produtividade, motivadas pela guerra concorrencial e pelo próprio instinto básico de sobrevivência organizacional ou pela busca regular e interminável de ganhos maiores. Acrescente-se a ambição de indivíduos que comandam ou controlam as organizações capitalistas. A intencionalidade ocorre, ainda, na dimensão associativa, onde alguns agrupamentos, sindicatos patronais e associações de empresas articulam conjuntamente a adoção de estratégias, *lobbies*, investimentos e outras iniciativas com tal finalidade. O que há é um ambiente e, até certo ponto, uma cultura favorável a isto, assim como um arranjo sistêmico que privilegia, estimula e exige esforços permanentes - e naturais - das organizações na direção das fronteiras da eficiência e da captura de lucros maiores. Esta é a principal contribuição do sistema econômico capitalista na direção da destruição dos empregos. A partir daí a tecnologia será, sempre que possível, utilizada e cooptada para este fim. Esta intencionalidade do uso da tecnologia como instrumento de aumento da eficiência, via o aumento da produtividade da mão de obra, é amplamente registrada pela história, pelo menos desde o século XIX.

Há, ainda, o fenômeno típico da substituição tecnológica, quando determinada inovação introduz um novo produto que, ao eliminar outro, destrói também todo o trabalho humano e um conjunto de profissões que lhe era associado, gerando desemprego estrutural. Esta modalidade de desemprego é assim classificada devido ao seu caráter de irreversibilidade. Mesmo que haja expansão

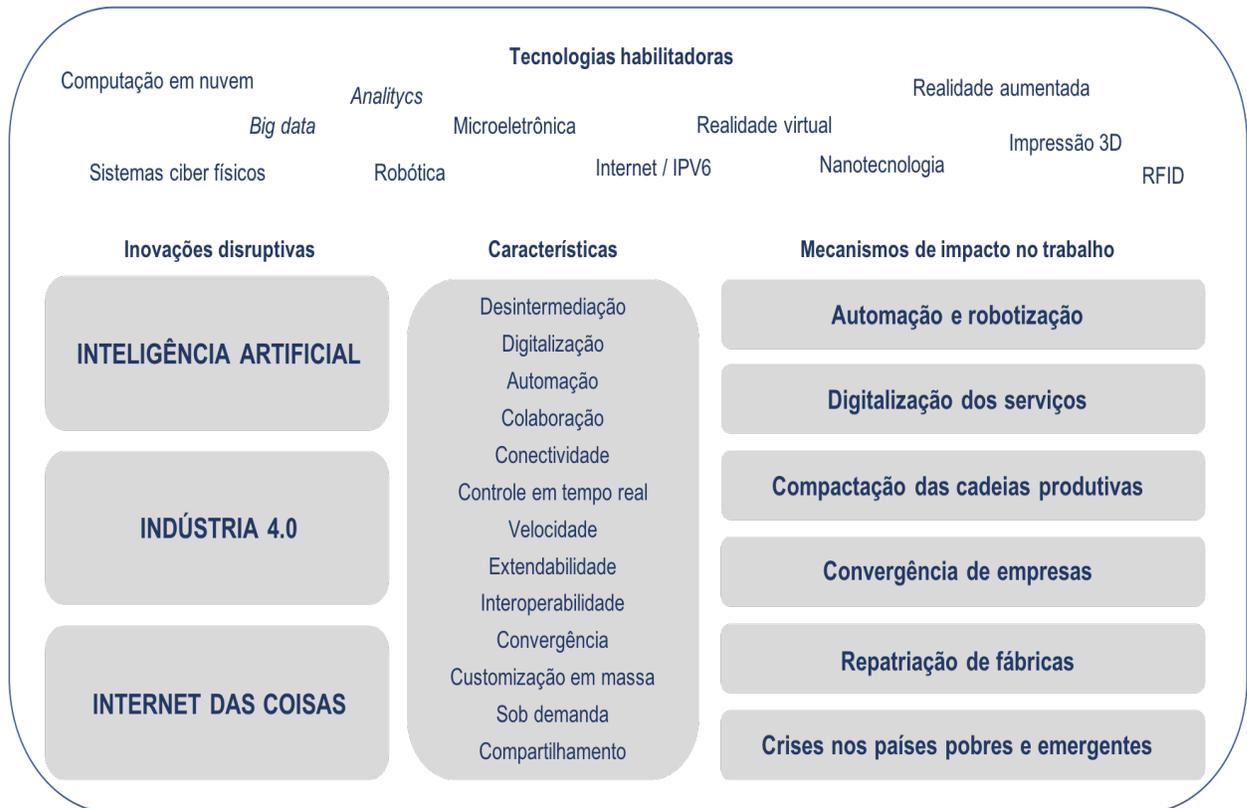
econômica, os antigos postos de trabalho associados às profissões impactadas não retornarão.

Outro tipo de situação em que a tecnologia se relaciona de forma antagônica a questão do emprego é quando sua aplicação, mais do que trazer melhoria incremental aos ganhos de produtividade, traz uma ruptura dramática ao padrão vigente, acrescenta benefícios e possibilidades que não são exequíveis a partir da execução humana. Determinados níveis de mudança nas condições de escala de produção, amplitude de alcance, velocidade de processamento, capacidade de armazenamento, potência de operação, entre outros, compõem benefícios típicos com os quais a tecnologia pode tornar economicamente impeditiva a utilização do trabalho humano como recurso transformador ou provedor de determinada atividade ou serviço. Neste caso, a substituição da pessoa pela máquina – *software* ou *hardware* – não é a finalidade, é mera consequência. O fator motivador é o ganho que poderá ser obtido a partir de benefícios inéditos que a tecnologia esteja trazendo. Há, ainda, a situação em que uma nova tecnologia é mais do que inovadora nos seus efeitos, é disruptiva. Assim, ela induz o desenvolvimento de produtos e serviços que rompem com toda a estrutura produtiva vigente, transformam os modelos de negócio, eliminam parte das ocupações de trabalho existentes até então e mudam o padrão entre a produção e a geração de riqueza e a necessidade de trabalho humano

Neste início do século XXI, três grandes fenômenos que estão irrompendo congregam tecnologias com potencial para impactar violentamente as estruturas do trabalho humano remunerado, tanto pela via do aumento exponencial da produtividade, como pela via do desemprego estrutural.

A figura 27 apresenta um modelo de relacionamento entre as novas tecnologias, as inovações disruptivas e os mecanismos de impacto no trabalho humano.

Figura 27: Modelo de relacionamento entre inovações disruptivas e mecanismos de impacto no trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.1 AUTOMAÇÃO E ROBOTIZAÇÃO

A automação e a robotização compõem o mecanismo mais aparente da substituição do trabalho humano. A automação impacta o mundo do trabalho desde a primeira revolução industrial. Todos os setores econômicos estão sujeitos a

automação: indústria, agropecuária e serviços. Seus efeitos sobre os empregos são conhecidos.

Neste século XXI, com as inovações disruptivas, uma nova onda de automação e robotização está se formando. Diferentemente das anteriores, afetará as atividades de baixa complexidade e também as de maior complexidade (MGI, 2017d). Atingirá os países desenvolvidos e os emergentes. Envolverá uma gama impressionante de tecnologias e inovações, como drones, veículos autônomos e robôs colaborativos. A automação e a robotização já estão atingindo motoristas de táxi, trabalhadores de fábricas, analistas financeiros, caixas de supermercado ou atendentes de bancos. O impacto nesses setores será significativo e afetará profundamente as pessoas que ocuparam esses empregos por muitos anos ou não estão em condições de atuar ou se reeducar, eles próprios, para novos desafios (RANDER, 2016).

No setor industrial, com a adoção dos conceitos da Indústria 4.0, haverá a substituição de 50% dos profissionais de fabricação por equipamentos automatizados até 2030. A participação das indústrias no emprego geral diminuirá. Os empregos adicionais que serão necessários em profissões de engenharia e gestão não devem atingir um quarto da quantidade de trabalhadores tornados redundantes em ocupações de fabricação, gerando significativa perda líquida de ocupações no setor industrial (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016).

O Sindicato dos Metalúrgicos do ABC, em São Paulo, afirma que com a robotização muitas vagas não voltarão e que talvez não sejam mais necessários montadores, mas sim profissionais para planejamento, programação e manutenção (SILVA, 2017a).

A China é a nação com maior potencial de automação do mundo, em números absolutos. Os trabalhos constituídos por atividades de rotina e tarefas programáveis e previsíveis são particularmente vulneráveis. Embora o impacto no mercado de trabalho provavelmente seja gradual no nível agregado, pode ser súbito e dramático ao nível de atividades de trabalho específicas, tornando os trabalhos obsoletos com bastante rapidez. De modo geral, o uso da inteligência artificial aumentará a demanda por habilidades digitais superiores, ao mesmo tempo em que

reduzirá a demanda por trabalhadores de média e baixa qualificação, exacerbando a desigualdade de renda (BARTON, 2017).

O mercado de robôs de serviço está crescendo (MGI, 2017a). O Japão é o fabricante de robôs industriais predominante: a capacidade de produção dos fornecedores japoneses atingiu 153 mil unidades em 2016 - o maior nível já registrado. Atualmente, os fabricantes japoneses fornecem 52% da oferta global (IFR, 2017). A diminuição gradual da vantagem comparativa do trabalho humano em tarefas envolvendo mobilidade e destreza (OSBORNE; FREY; HOLMES, 2016) e a redução gradativa dos custos de robôs justificam este crescimento (ROBOTIC INDUSTRIES ASSOCIATION, 2017).

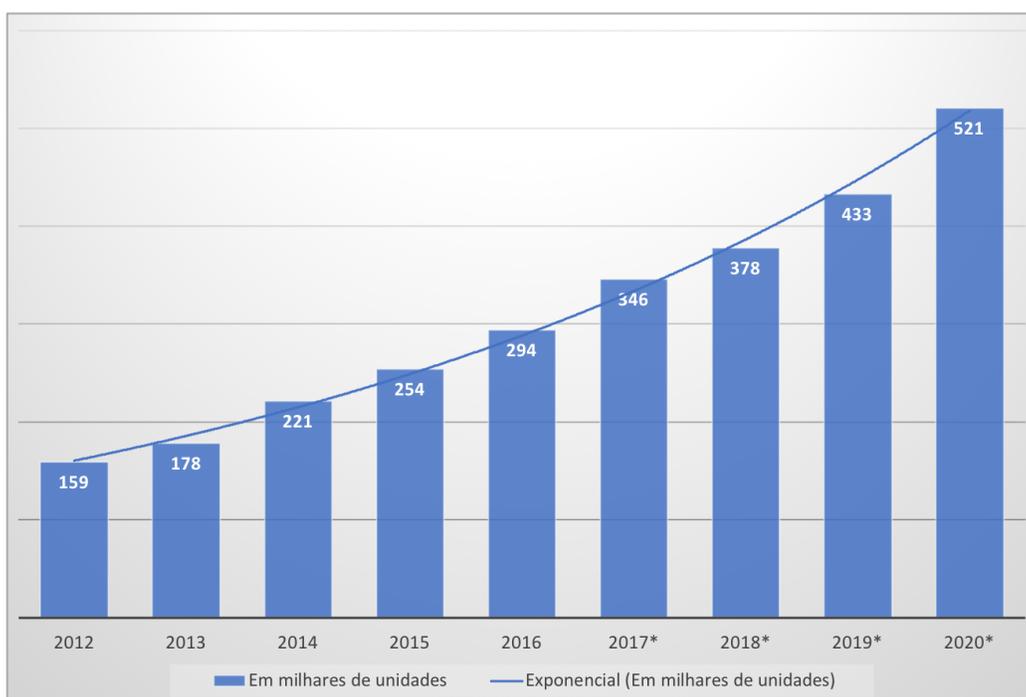
No caso dos robôs industriais, os modelos mais novos chegam a ser 40% mais rápidos do que as gerações anteriores e os custos vêm caindo cerca de 10% ao ano na última década. Máquinas de alta versatilidade que custam hoje 150.000 dólares deverão custar metade deste valor até 2025. As vendas de robôs têm batido recordes (IEEE, 2012; BAXTER, 2014). Os novos robôs industriais que estão sendo instalados são máquinas com tecnologia avançada, mais rápidas, menores, mais precisas e eficientes que as anteriores (SILVA, 2017b). Nas fábricas inteligentes, robôs como o modelo Baxter fabricado pela empresa Rethink Robotics, com dois braços e um sofisticado sistema de aprendizagem de máquina e alta capacidade de adaptação ao ambiente de trabalho, tem preço inicial de 22.000 dólares, o que o torna acessível também para empresas de menor porte (IEEE, 2012; BAXTER, 2014). Até recentemente, a robotização era uma estratégia adotada somente pelas grandes empresas multinacionais, mas começa a ser adotada também por médias e até pequenas empresas. É o segmento tecnológico que mais cresce (SILVA, 2017b). Embora liderado pela indústria automobilística, o processo de robotização se espalha por outros setores, com destaque para as indústrias de alimentos e bebidas, eletroeletrônica e química. O uso de robôs em diversas etapas da produção é um importante passo para estruturação das chamadas fábricas inteligentes, dentro do conceito de Indústria 4.0 (KIRADJIEV, 2017). Em 2016, o mercado estadunidense de robótica quebrou os registros históricos para pedidos e

remessas. Ao longo do ano foram encomendados 34.606 robôs, representando um crescimento de 10% em unidades em relação a 2015 (RIA, 2016).

### 6.1.1 A densidade de robôs aumenta globalmente e ameaça os empregos nas fábricas.

O nível de automação da produção está acelerando. O índice médio global que mede a densidade de robôs industriais atingiu 74 unidades por grupo de 10.000 funcionários nas indústrias de manufatura. Em 2015, o índice foi de 66 unidades. O gráfico 22 indica o crescimento acelerado na venda de robôs industriais.

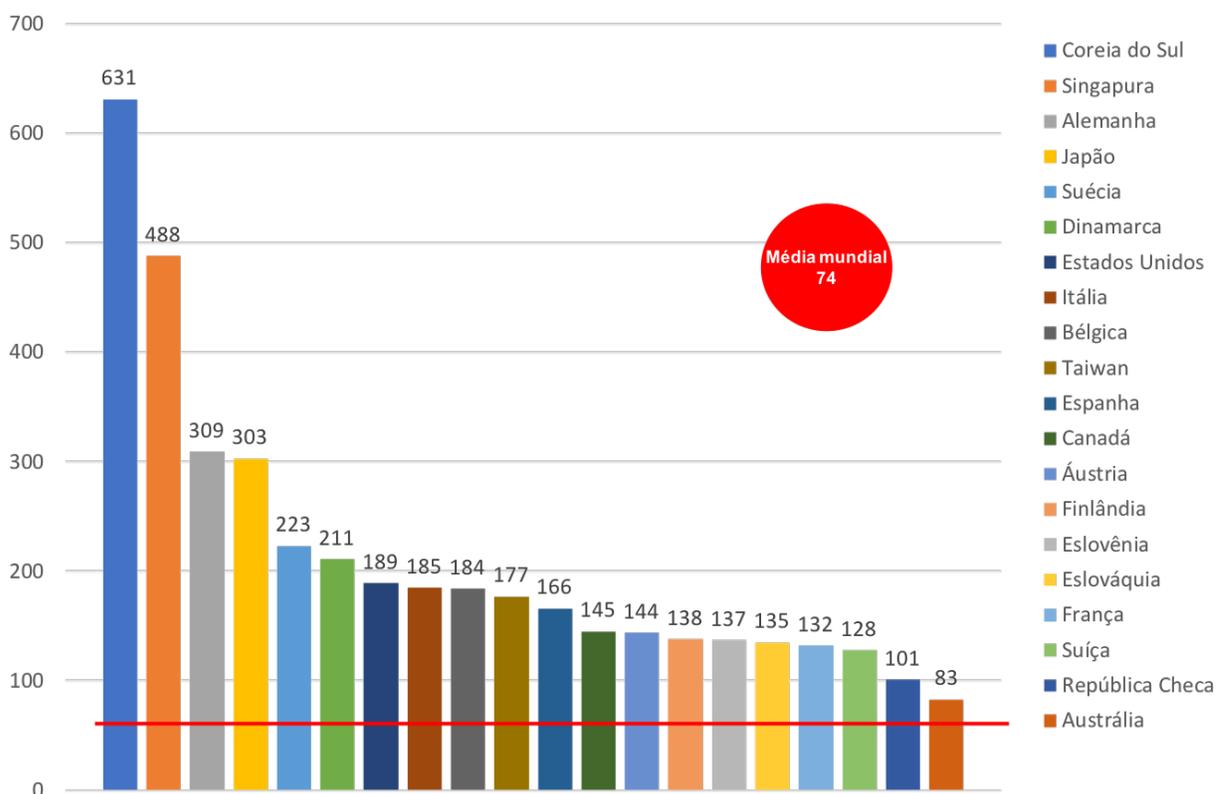
Gráfico 22: Crescimento anual da venda de robôs industriais – em milhares de unidade.



Fonte: IFR (2018). Elaborado pelo autor.

Os dez países mais industrialmente automatizados do mundo são: Coreia do Sul, Singapura, Alemanha, Japão, Suécia, Dinamarca, EUA, Itália, Bélgica e Taiwan. A Ásia possui a maior taxa de crescimento dos últimos anos, puxada pela China. Entre 2010 e 2016, a taxa média de crescimento anual da densidade de robô na Ásia foi de 9%, nas Américas 7% e na Europa 5% (IFR, 2017). O gráfico 23 mostra a densidade de robôs nos países que mais empregam robôs industriais, considerando a densidade média mundial de 74 robôs por grupo de 10.000 empregados na indústria.

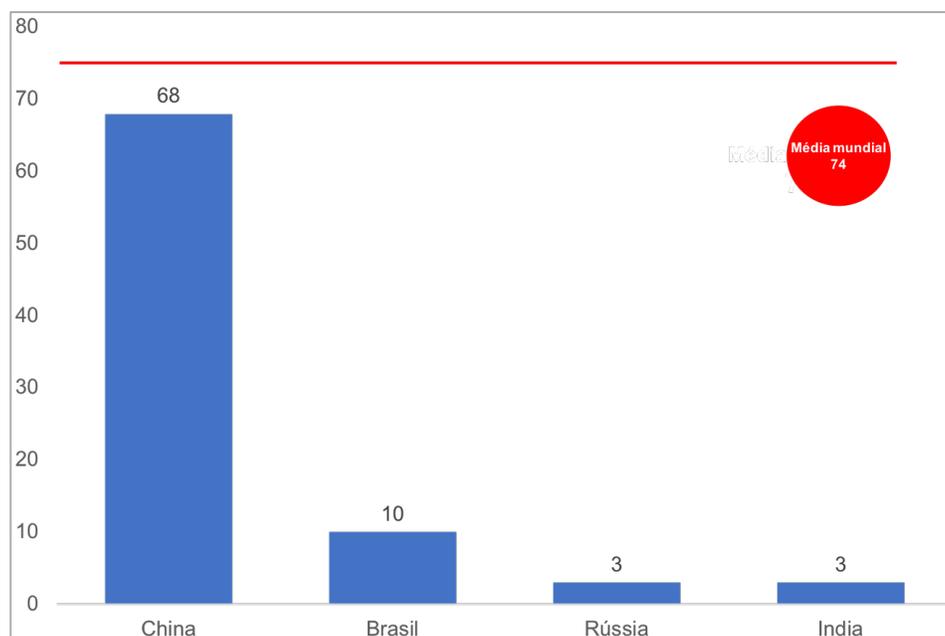
Gráfico 23: Países com maior densidade de robôs e índices acima da média mundial em 2016.



Fonte: IFR (2018). Elaborado pelo autor.

Os principais países de economias emergentes apresentam índices abaixo da média mundial. No caso da China, já existe um forte movimento de automação e robotização de suas fábricas na busca do aumento da competitividade através da adoção dos conceitos da Indústria 4.0. A China, que apresenta um índice de densidade de 49 robôs por grupo de 10.000 empregados, deve atingir um índice de 150 robôs por empregado já em 2020. No Brasil, empresários do setor de automação avaliam que há apenas 10 robôs para cada 10 mil trabalhadores na indústria (IFR, 2017). O gráfico 24 indica a densidade de robôs para as principais economias emergentes.

Gráfico 24: Índice de robôs para cada grupo de 10.000 empregados de China, Brasil, Rússia e Índia em 2016.



Fonte: IFR (2018). Elaborado pelo autor.

Há forte discrepância entre a importância econômica destes países, em termos da dimensão dos seus produtos internos brutos e a sua posição relativa em termos da densidade de robôs nos seus setores industriais. Brasil, Índia e Rússia, como já vem ocorrendo com a China, deverão aumentar a velocidade de implantação de robôs na tentativa de manter a competitividade de suas empresas, o que impactará nos empregos dos seus setores industriais. No Brasil, estão sendo instalados aproximadamente 1.500 robôs por ano (SILVA, 2017b). O quadro 12 apresenta a relação entre o PIB e o índice que mede a densidade de robôs por grupo de 10.000 empregados nos quatro principais países de economia emergente.

Quadro 12: Comparação entre a dimensão econômica de China, Brasil, Índia e Rússia e o grau de robotização de suas indústrias.

	Densidade de robôs para 10.000 funcionários	Posição relativa em <i>ranking</i> de 44 países	Posição da economia no PIB mundial
China	68	23 <sup>a</sup>	2 <sup>o</sup>
Brasil	10	39 <sup>a</sup>	9 <sup>o</sup>
Índia	3	42 <sup>a</sup>	7 <sup>o</sup>
Rússia	3	42 <sup>a</sup>	12 <sup>o</sup>

Fonte: IFR (2018) e IMF (2017). Elaborado pelo autor.

Na China, o fenômeno da robotização, com seus impactos sobre o emprego, já avança. Em Dongguan, a fábrica Changying Precision Technology Company automatizou as linhas de produção que agora usam braços robóticos para produzir peças para celulares. Esta região da China é conhecida como a "oficina mundial" devido ao alto número de fábricas presentes. Além dos robôs, a fábrica também possui equipamentos de usinagem automatizados, caminhões de transporte autônomos e outros equipamentos automatizados no armazém, que substituíram 90% das pessoas por robôs. Ainda há pessoas trabalhando na fábrica. Três trabalhadores verificam e monitoram cada linha de produção e existem outros funcionários que monitoram um sistema de controle computadorizado. Anteriormente, havia seiscentos e cinquenta funcionários na fábrica. Com os novos robôs, agora há apenas sessenta pessoas e o número de funcionários deve cair para vinte. Em março de 2015, o governo regional anunciou um plano de três anos para aumentar a automação na região ao subsidiar a compra de robôs (FORREST, 2015). De acordo com a Federação Internacional de Robótica, a produção eletrônica foi um dos maiores setores de crescimento para as vendas de robôs industriais. A China foi o maior mercado de robótica industrial em 2014, com quase sessenta mil robôs vendidos para o país (IFR, 2017). Numa das fábricas da Foxconn, em Kunshan, perto de Xangai, sessenta mil trabalhadores deste grande fornecedor da Apple foram substituídos por robôs em 2016. O número de funcionários foi reduzido de cento e dez mil para cinquenta mil graças a introdução de robôs. A Foxconn está sediada em Taiwan, mas tem doze fábricas na China, onde produz dispositivos populares como iPhone e iPad, juntamente com vários outros. A cidade de Kunshan possui 2,5 milhões de habitantes - a maioria dos quais são trabalhadores migrantes que se mudaram para a cidade para assumir empregos em suas inúmeras fábricas de eletrônicos (BOLTON, 2016). Mais empresas da região seguirão o exemplo da Foxconn (WAKEFIELD, 2016).

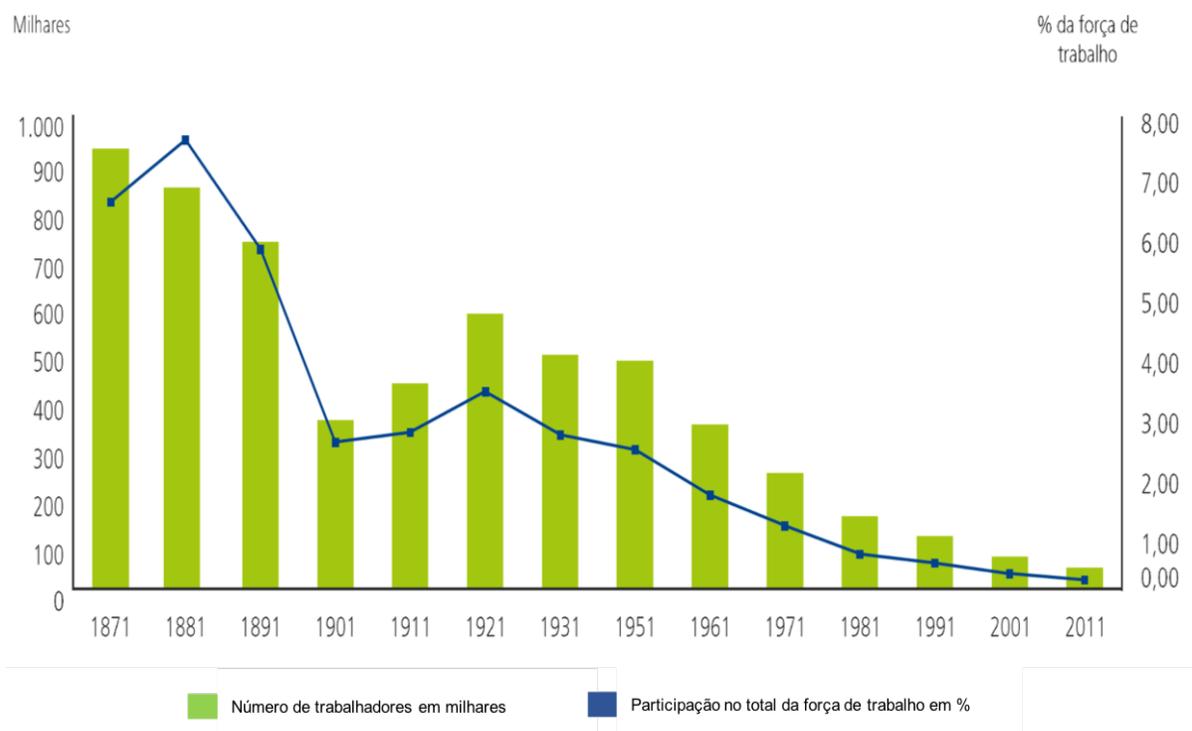
O governo chinês aprovou um plano estratégico de política industrial e abrirá linhas de financiamento de mais de 300 bilhões de yuans. Embora o objetivo seja modernizar a indústria em geral, o plano *Made in China 2025* indica setores prioritários, entre eles: novas tecnologias avançadas de informação, robótica e

máquinas automatizadas (US CHAMBER OF COMMERCE, 2017; THE STATE COUNCIL OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2017).

### **6.1.2 A automação cresce no campo.**

O setor agrícola ainda absorve grandes contingentes de trabalhadores em países emergentes e de economia não desenvolvida. No caso do Brasil, com forte atuação econômica no campo, a parcela de trabalhadores no campo chega a 20% do total (IBGE, 2018). Os Estados Unidos, que já possuem um alto grau de mecanização, empregam cerca de 1,4% da sua força de trabalho no campo (BLS, 2017). Como a mecanização tem avançado, é de se esperar que os países que ainda apresentam números expressivos de trabalhadores no campo enfrentem crescimento nos seus índices de desemprego. O gráfico 25 indica a evolução do número de trabalhadores agrícolas no Reino Unido e sua participação na força de trabalho total.

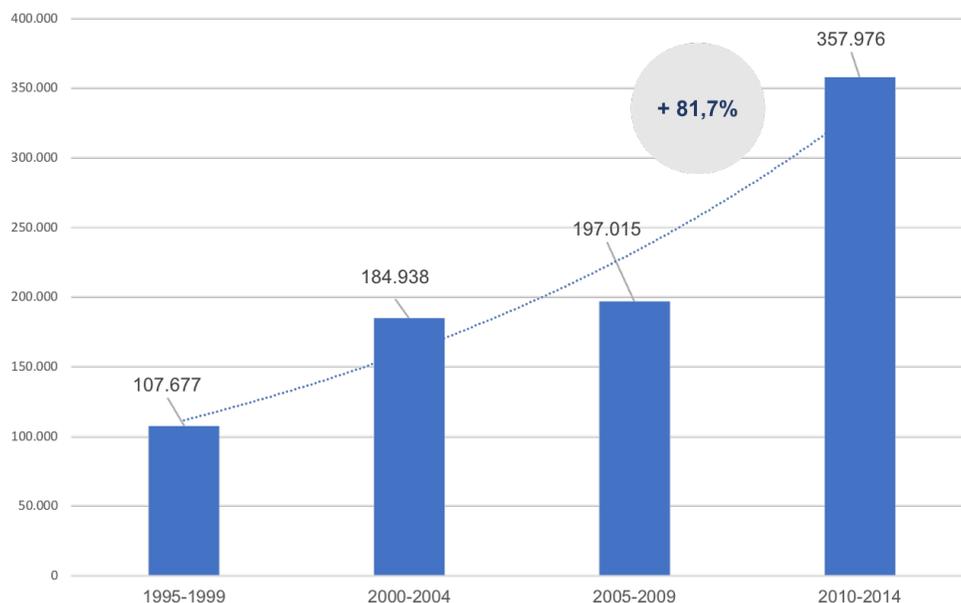
Gráfico 25: Evolução do número de trabalhadores agrícolas e sua participação no total da força de trabalho no Reino Unido entre 1871 e 2011.



Fonte: Deloitte (2015). Adaptado pelo autor.

As vendas de máquinas agrícolas têm aumentado desde 1995 no Brasil. Uma única máquina pode substituir cem ou mais trabalhadores. As grandes lavouras de grãos, como soja, milho e feijão, já estão 100% mecanizadas. Outras culturas, como a cana-de-açúcar e o café, avançam a passos rápidos em direção às máquinas, que criam escala e potencializam o lucro. Até mesmo a fruticultura já experimenta a colheita sem as mãos do homem. O gráfico 26 mostra a evolução das vendas totais de máquinas agrícolas no Brasil. A variação das vendas entre os períodos de 2005-2009 e 2010-2014 foi de 81,7%.

Gráfico 26: Vendas totais de máquinas agrícolas no Brasil – em unidades.

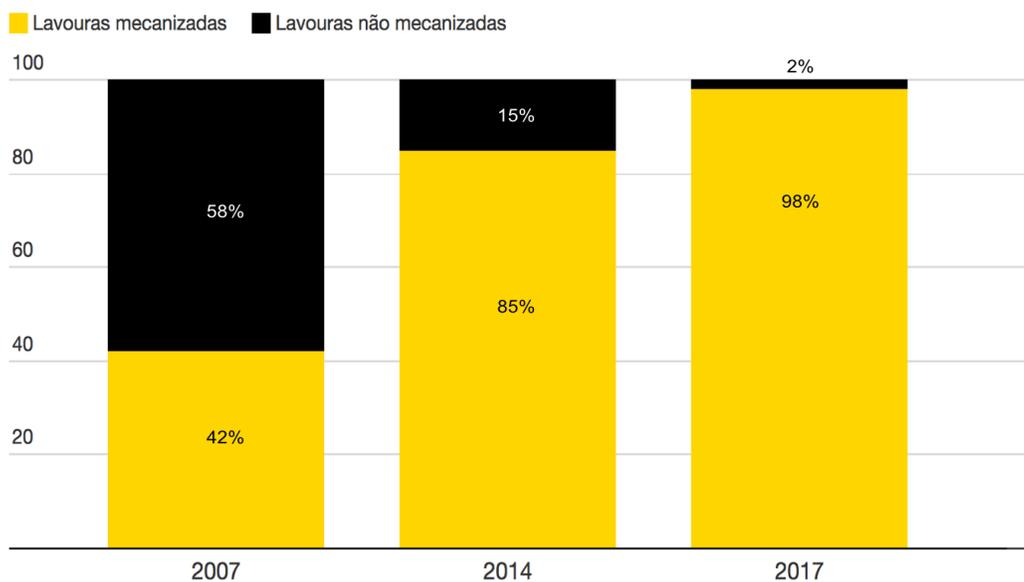


Fonte: ANFAVEA (2017). Elaborado pelo autor.

As usinas de açúcar e etanol são um dos mais fortes símbolos das mudanças no campo. Em oito anos, o plantio e a colheita, que eram 100% feitos a partir do trabalho dos cortadores de cana, já estão 80% mecanizados no Estado de Minas Gerais. Os semeadores e cortadores de cana que representavam 60% dos empregos gerados no setor, hoje estão reduzidos a cerca de 25% (CASTRO, 2013). No Estado de São Paulo, no ano de 2014, aproximadamente 5,5 milhões de hectares de cana de açúcar tiveram sua colheita realizada através de equipamentos mecanizados, o que representou 85% do total, bastante superior a 2007 quando o índice foi de 42% (IEA, 2018). Em 2017, a colheita de 98% da cana cultivada em São Paulo foi realizada com uso de equipamentos mecanizados. À despeito das duras condições deste tipo de trabalho, uma legião de ex-cortadores de cana

enfrenta desemprego em São Paulo e busca oportunidades de trabalho em outras lavouras, como a de café, laranja ou cebola, sem o mesmo rendimento. A renda de três meses no café quase equivale à de um mês na cana. Alguns retornam para suas cidades de origem, sem perspectiva de trabalho, e outros tentam migrar para onde a mecanização ainda não esteja tão avançada. O Estado do Maranhão é o último grande foco de migração para o interior. A situação é idêntica à do norte de Minas: os boias-frias enfrentam uma rotina de desemprego e falta de perspectivas (TOLEDO; SILVA, 2017). O gráfico 27 mostra o índice de mecanização nas lavouras de cana de açúcar no Estado de São Paulo.

Gráfico 27: Índice de mecanização das lavouras de cana de açúcar no Estado de São Paulo.



Fonte: Toledo; Silva (2017) e UNICA (2018). Adaptado pelo autor.

A revolução digital está alcançando o campo, alcunhada por “agricultura digital” ou “agricultura 4.0”. Assim como na indústria, se caracteriza pela adoção de novas tecnologias em termos de sistemas de gerenciamento, máquinas automáticas avançadas, *big data*, controles ciberfísicos (como na Indústria 4.0), drones, biotecnologia, entre outras tecnologias. Espera-se novo salto de produtividade no campo com a adoção da mecanização avançada (EMBRAPA, 2016).

No setor de serviços, a automação também impacta de forma importante. Nos Estados Unidos, entre 1983 e 1993, os bancos reduziram 40% da sua força de trabalho por conta da automação (RIFKIN, 2004). No Brasil, o número de trabalhadores do setor bancário, principalmente por conta da automação, despencou de um milhão de pessoas em 1986 para 392.800 pessoas em 2000, uma redução de 60,72% no número de trabalhadores (CORRÊA, 2012). Em todo o setor de serviços, a automação está ocorrendo de forma associada a um processo mais abrangente de digitalização, graças a tecnologias disruptivas como a inteligência artificial.

## **6.2 DIGITALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS**

Uma parcela substancial do emprego nas ocupações de serviços, onde o crescimento da maioria do mercado de trabalho ocorreu nas últimas décadas, é altamente suscetível a digitalização. Nos Estados Unidos, essas atividades representam quase US\$ 2,7 trilhões de salários. Não são apenas os trabalhos de baixa habilidade e de baixo salário que podem ser automatizados: ocupações de habilidade média e de alta remuneração e alta habilidade também possuem um certo potencial de automação. À medida que os processos são transformados pela automação, as pessoas realizarão atividades que complementam o trabalho que as máquinas e sistemas fazem e vice-versa. (MGI, 2017b).

A digitalização dos serviços ocorrerá pela associação da inteligência artificial com outras tecnologias como *analytics*, interfaces naturais de usuário como o reconhecimento de voz, realidade virtual e aumentada, *big data* e sistemas ciberfísicos, e substituirá serviços administrativos, operacionais, gerenciais e de conhecimento. É uma mudança de tecnologia voltada para o aumento da eficiência, com foco principal na redução de consumo de energia, materiais e trabalho humano (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016).

A digitalização dos serviços afetará o trabalho humano de duas formas: pela automatização de processos de trabalho e de negócios e pelo estímulo a superutilização e compartilhamento de bens e serviços.

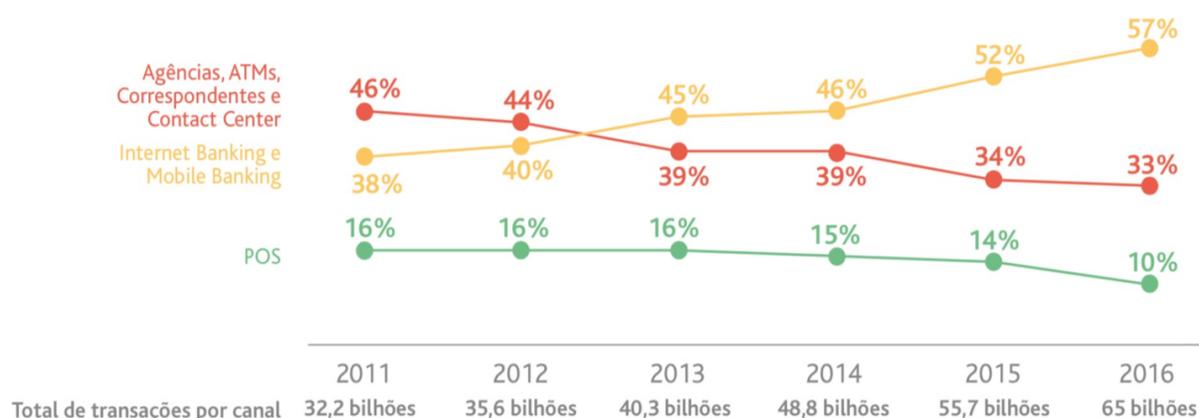
### **6.2.1 Automatização e digitalização dos processos de negócio.**

Cada vez mais os processos de negócio que já ocorreram através da interferência operacional de seres humanos estão ocorrendo num domínio “invisível”, estritamente digital, que silenciosamente está criando uma segunda economia, uma economia digital que funcionará como uma rede neural para a economia física. Esta nova economia está absorvendo cada vez mais processos da economia física e se integrando com outros processos eletrônicos, em uma relação envolvendo múltiplos servidores e nós semi-inteligentes, gerando processamentos, verificações, atualizações e, eventualmente, conectando-se de volta com processos e humanos na economia física. Esta segunda economia, que se consolidará como parte das transformações que serão trazidas pela sexta onda, pode ser descrita como vasta, silenciosa, conectada, invisível e autônoma, remotamente executável, global, ininterrupta, infinitamente configurável, concorrente, autoconfigurada, autoorganizada e autoreparável (MARKKU, SOFI, 2012).

A digitalização ora se associa à automação, ora até mesmo a substitui. No setor bancário, o uso do *mobile banking* como canal de transações bancárias evoluiu de cem milhões de acessos em 2011 para 21 bilhões de acessos em 2016, indicando o poder da digitalização neste setor (FEBRABAN, 2017). O gráfico 28

indica a evolução do índice de utilização dos canais de transação financeira no Brasil mostrando como o uso de processos digitalizados, através dos canais de *internet banking*, ultrapassou a soma do uso de processos de atendimento humano presencial e processos automatizados feitos através dos caixas eletrônicos ou ATMs (*Automatic Teller Machine*).

Gráfico 28: Evolução da participação das transações por grupos de canais no Brasil



Fonte: FEBRABAN (2017).

Desta forma, menos trabalhadores serão necessários, ampliando a pressão para redução dos empregos no setor de serviços, que, diferentemente do que ocorreu em outras revoluções tecnológicas, não serão compensados por empregos nos outros setores econômicos, já que estão todos - e continuarão sendo - atingidos por ondas de mecanização e automação.

A digitalização dos negócios e processos rotineiros substituirá um em cada três trabalhadores do conhecimento até 2020 (IIC, 2015; WURZER, 2017). Avanços

em *software*, especialmente técnicas de aprendizagem de máquinas, incluindo aprendizagem profunda, são facilitadores fundamentais da digitalização e automação do trabalho do conhecimento. Os avanços nas interfaces do usuário, como a tecnologia de reconhecimento de fala e gesto, proporcionam aos computadores a capacidade de responder diretamente aos comandos e pedidos humanos (MGI, 2013). Usando essas ferramentas emergentes será possível automatizar uma variedade crescente de tarefas do trabalhador do conhecimento. A força da automação já varreu o trabalho de fabricação e transação, com impacto profundo. Para colocar isso em perspectiva, em quarenta anos de automatização do trabalho de transações, em algumas ocupações de transações dos EUA mais de metade dos postos de trabalhos foi eliminada. Os caixas eletrônicos adquiriram o trabalho dos caixas bancários, os sistemas de autoreserva de hospedagem substituíram os agentes de viagens e os serviços manuais quase desapareceram. Os trabalhadores do conhecimento - advogados, gerentes, engenheiros, cientistas, professores, analistas e pessoal de apoio administrativo - representam algumas das formas de trabalho de maior remuneração e realizam o trabalho mais valioso em muitas organizações. Poucos desses trabalhadores se beneficiaram de ferramentas que podem aumentar os aspectos essenciais do seu trabalho envolvendo a tomada de decisões e o julgamento. O impacto econômico potencial das ferramentas de automação e digitalização em alguns dos trabalhos do conhecimento poderia atingir entre US\$ 5,2 trilhões e US\$ 6,7 trilhões por ano até 2025 devido ao aumento da produtividade. O aumento da automação poderia gerar produtividade adicional equivalente à produção de 75 milhões a 90 milhões de trabalhadores em tempo integral em economias avançadas e de 35 milhões a 50 milhões de trabalhadores em tempo integral em países em desenvolvimento (MGI, 2013).

Muitas funções comuns de negócios (por exemplo: vendas de *call center*, suporte administrativo e atendimento ao cliente) envolvem responder perguntas ou realizar tarefas para outros trabalhadores ou clientes. Os avanços nas interfaces naturais de usuário (incluindo *softwares* que podem entender e agir em questões usando a fala comum em vez de necessitar de formato e sintaxe rigorosos de linguagens de computador) podem tornar muitas dessas tarefas automatizáveis. É

possível que, até 2025, ganhos de produtividade de quarenta e cinquenta por cento possam ser atingidos para os 125 milhões de trabalhadores do conhecimento nesta categoria, o que levaria a um impacto econômico de US\$ 1,7 trilhão a US\$ 2,2 trilhões por ano. Efeito semelhante deve ocorrer com os empregos no setor de serviços sociais, como educação e cuidados de saúde com economia entre US\$ 1,1 trilhão e US\$ 1,4 trilhão. Para profissões técnicas e de gerenciamento, o impacto deve ser de aproximadamente US\$ 1 trilhão para cada um destes grupos (MGI, 2013).

Mesmo setores de serviços de tecnologia localizados em países em desenvolvimento, como a Índia, estão sendo afetados pela onda de digitalização. A inteligência artificial associada a tecnologias de reconhecimento de voz e de novas interfaces homem-máquina, por exemplo, deve impactar fortemente em serviços altamente intensivos em mão de obra em países em desenvolvimento, como serviços de TI e call center, causando a extinção de milhões de postos de trabalho. O impacto da automação e inteligência artificial no setor de serviços de TI da Índia já está sendo sentido. A taxa de crescimento do emprego está diminuindo. Entre 175.000 e 200.000 empregos de tecnologia serão perdidos no país a cada ano até 2020. Os jornais e mídia estão repletos de notícias sobre demissões em massa no setor de TI indiano (INDIA TODAY, 2017).

### **6.2.2 Superutilização e compartilhamento.**

A digitalização dos processos permite a disponibilização de novos serviços inovadores através de plataformas de tecnologia num ambiente que vem sendo chamado de Internet dos Serviços (BMW, 2008; KAGERMANN et al., 2013; WHALSTER, 2014). Estes serviços baseados em automação e apoiados por tecnologias de reconhecimento de voz e gesto, inteligência artificial, armazenamento em nuvem e aprendizagem de máquina são capazes de integrar serviços que antes eram fornecidos de forma segmentada e por diferentes provedores. Num mundo de internet ubíqua, estas plataformas são capazes de se

conectar a plataformas de outros provedores e mesmo plataformas de serviços públicos e apresentar um pacote de valor agregado aos seus consumidores, numa configuração de *serviços 4.0* (REHSE; HOFFMAN; KOSANKE, 2016).

A internet dos serviços irá potencializar a prática da superutilização de bens e serviços, modificando modelos de negócio - como o caso dos automóveis, onde parte significativa de consumidores de bens (automóveis) migrarão para o modelo de consumo de serviços (locação de automóveis compartilhados). Este modelo já existe em algumas cidades do mundo, tanto na forma de plataformas que comercializam serviços de locação de automóveis, especialmente com veículos híbridos e elétricos (AUTOLIB, 2018), como na forma de compartilhamento de carona (CARPOOLWORLD, 2018) ou imóveis, como a locação facilitada por plataformas como o Airbnb (AIRBNB, 2018).

A superutilização de bens, em termos práticos, tende a inibir a produção à medida que explora a subutilização ou ociosidade de determinados bens e incentiva a mudança do hábito de consumo e aquisição da propriedade pela locação, empréstimo ou troca (WANDERLEY, 2017).

Outra característica dos serviços 4.0 é que os mesmos poderão ser prestados, em grande parte, sob demanda; ou seja, ofertados de forma customizada mediante prospecção inteligente. Ao analisar dados sobre as preferências dos clientes ou reunir informações sobre os sensores implantados em suas redes, por exemplo, os provedores de serviços podem antecipar as necessidades dos clientes e responder de forma proativa (REHSE; HOFFMANN; KOSANKE, 2016). As empresas também se utilizarão de plataformas onde os trabalhadores ofertam seus serviços sob demanda na forma de tarefas ou projetos. Assim, não haverá custos fixos de mão de obra para o provedor. As empresas serão estimuladas a substituir suas equipes próprias por estes trabalhadores “em nuvem”. Neste caso, ocorre também uma forma de superutilização da mão de obra, pois para um mesmo volume de serviço serão utilizadas menos horas de trabalho, visto que a ociosidade natural dará lugar apenas ao uso intensivo de “horas úteis”. Menos trabalhadores serão necessários para uma mesma demanda. As empresas potencializarão sua produtividade da mão de obra conseguindo manter – ou aumentar – suas receitas

com custos menores de pessoal. Estes trabalhadores não são registrados e não possuem benefícios ou seguros e seu custo trabalhista é praticamente nulo. Além da precarização do trabalho, esta modalidade tende a forçar os valores de remuneração para baixo, gerando uma espécie de “leilão” de preço para a maior parte das modalidades de serviços ofertadas. Uma espécie de “comoditização” do trabalho destas pessoas.

A nuvem humana.

Uma massa de trabalhadores está se cadastrando em plataformas digitais em nuvem em busca de trabalho. Estas plataformas intermediam a demanda de empresas com a oferta de trabalho de pessoas espalhadas por uma "nuvem" virtual de trabalhadores disponíveis que podem estar em qualquer lugar do mundo, desde que tenham uma conexão com a internet (O'CONNOR, 2015).

Os trabalhos complexos são partidos em centenas de projetos ou tarefas discretas e ofertados nestas plataformas. Algumas dessas tarefas são tão simples como pesquisar números de telefone na web, digitar dados em uma planilha ou assistir a um vídeo ou páginas da web, enquanto uma *webcam* acompanha seus movimentos oculares para rastrear exatamente o que o trabalhador olha e o que ele ignora - informações úteis para anunciantes. Outros são tão complexos como escrever um código ou completar um projeto de consultoria de curto prazo. O que tem em comum é que estes não são empregos, mas tarefas ou projetos, realizados remotamente e sob demanda por pessoas que não são funcionários, mas trabalhadores independentes. Os empregadores gastaram entre US\$ 2,8 bilhões e US\$ 3,7 bilhões em 2014 em pagamentos a trabalhadores e a plataformas *on line* que atuam como intermediários na nuvem humana (O'CONNOR, 2015).

Um exemplo é o *Amazon Mechanical Turk*, uma plataforma administrada pela varejista *on-line* Amazon, onde os demandantes pagam pessoas para fazer micro tarefas simples que os seres humanos ainda são marginalmente melhores do que os computadores, como a transcrição de clipes de áudio, o preenchimento de

pesquisas ou a marcação de fotos com palavras-chave relevantes. O nome *Mechanical Turk* refere-se a uma falsa máquina de xadrez criada em 1770 e destruída pelo fogo em 1854. Exibida como um autômato, o mecanismo era de fato uma ilusão mecânica que permitia que um mestre de xadrez humano estivesse escondido para operar a máquina (MICHEL, 2012).

A Amazon - cujo *slogan* para a plataforma é "inteligência humana" - chama os serviços ofertados neste ambiente de "tarefas de inteligência humana" ou HITs (*human intelligence tasks*). Muitos destes serviços rendem apenas alguns centavos por hora (O'CONNOR, 2015). No site da plataforma, sua oferta: "*A Amazon Mechanical Turk opera um mercado para o trabalho que requer inteligência humana e permite que as empresas acessem esse mercado e uma força de trabalho diversificada e sob demanda. O MTurk visa tornar o acesso à inteligência humana simples, escalável e econômico.*" (AMAZON MECHANICAL TURK, 2018). O MTurk não está sozinho. Outra plataforma, a *Upwork*, é um dos gigantes da nuvem humana, já tendo processado cerca de US\$ 1 bilhão de pagamentos de empregadores para trabalhadores em nuvem (UPWORK, 2018).

Como em outros *sites* de serviços digitais como o eBay (2018) ou o Airbnb (2018), os empregadores e os trabalhadores se entregam a classificações de estrelas ao término de uma tarefa, permitindo a criação de um histórico. As reputações são importantes: as plataformas de nuvem humana sabem que precisam ligar os empregadores com bons trabalhadores para incentivar as visitas de retorno. Muitos começam a usar algoritmos de "grandes dados" para recomendar certos trabalhadores para determinados trabalhos (UPWORK, 2018).

### **6.3 COMPACTAÇÃO DAS CADEIAS PRODUTIVAS**

O modelo tradicional de cadeias produtivas ou de fornecimento está baseado numa lógica linear e sequencial. Envolve diferentes empresas, desde a produção da matéria prima necessária para um determinado produto, a fabricação de partes

ou componentes, o transporte, a montagem do produto, sua distribuição regional, distribuição local e venda ao consumidor ou cliente. Cada segmento de mercado acaba tendo sua própria cadeia produtiva. Em alguns casos há o compartilhamento de elos, como no grande varejo, onde uma diversidade de produtos de cadeias diferentes como alimentos, fármacos, móveis e eletrodomésticos convergem para a venda nos mesmos locais. Mas, via de regra, estas cadeias também possuem seus pontos de venda específicos: supermercados, farmácias, lojas de departamentos e redes de venda de eletrodomésticos. Cada elo destas cadeias é atendido por uma ou mais empresas concorrentes e, até chegar ao cliente final ou consumidor, os produtos percorrem os elos das cadeias onde seu valor vai sendo agregado (CHOPRA, MEINDL, 2015).

A compactação das cadeias produtivas se viabilizará pela combinação de possibilidades geradas por algumas das novas tecnologias, especialmente impressão 3D (ou manufatura aditiva), computação em nuvem, simulação, realidade virtual e aumentada e escaneamento digital. As tecnologias disruptivas estão transformando todas as etapas de ponta a ponta na produção e os modelos de negócios na maioria dos setores da economia. As cadeias de suprimentos globais estão sendo reformadas em um ritmo e grau sem precedentes (WEF, 2017).

### **6.3.1 A ruptura através da fabricação aditiva.**

Nos processos de fabricação tradicionais, a forma de um objeto sólido é tipicamente conferida a partir da subtração de material, através de processos como usinagem ou fresagem. Há também os processos que envolvem a aplicação de material sob pressão em moldes, como a fundição (CHIAVERINI, 1986).

Na chamada impressão 3D ou manufatura aditiva, como o próprio nome diz, os produtos ou peças são fabricadas a partir da adição de material até se atingir a forma desejada, através de equipamentos conhecidos como impressoras tridimensionais ou impressoras 3D e a impressão se dá por camadas, através de uma técnica conhecida por sinterização. A concepção e o desenho do produto são

feitos com o uso de programas computacionais do tipo CAD – *computer aided design* - e as máquinas, ou impressoras, podem ser controladas por sistemas tipo CAM – *computer aided manufacturing* - ou manufatura assistida por computador. A fabricação aditiva pode ser feita utilizando-se materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos e mesmo orgânicos (PORTAL BRASIL, 2014).

A grande ruptura que a manufatura aditiva traz é que, para determinados produtos e volumes, já é possível ao cliente ou usuário “imprimir” o produto desejado em seu próprio equipamento ou em alguma central de impressões, como ocorre atualmente na impressão de documentos ou fotos. Praticamente toda a estrutura convencional da cadeia produtiva relacionada ao produto em questão é tornada obsoleta, neste caso. À medida que novos materiais são viabilizados para impressão, a tendência é a disseminação deste modelo, já que os preços das impressoras 3D vêm caindo de forma acentuada (ABRADISTI, 2018).

A cultura de utilização desta tecnologia está se popularizando, especialmente entre as gerações mais novas. Na cidade de São Paulo, uma iniciativa da prefeitura municipal criou uma rede de laboratórios públicos chamada Fab Lab Livre SP. São espaços para desenvolvimento e construção de projetos a partir do uso de ferramentas de fabricação digital como impressoras 3D, cortadoras a laser, *plotter* de recorte, fresadoras CNC (comando numérico computadorizado), *softwares* CAD, equipamentos de robótica e outros convencionais. Também realizam oficinas, palestras e cursos com o intuito de disseminar o conhecimento desta tecnologia; são doze laboratórios espalhados em todas as regiões da cidade (FAB LAB LIVRE SP, 2018).

### **6.3.2 A compactação através das fábricas inteligentes.**

A fábrica inteligente, ou *smart factory*, é uma das bases da Indústria 4.0. Seu princípio de operação é baseado num alto grau de automação e robotização, com processos controlados e grande utilização dos sistemas ciberfísicos que se conectam com a Internet das Coisas e dos Serviços (HERMANN; PENTEK; OTTO;

2015). A fábrica inteligente também se conecta a sua cadeia de valor, interagindo com outras empresas, sejam clientes, fornecedores ou parceiros (BAUER, 2015). O modelo das fábricas inteligentes viabiliza unidades compactas e pouco dependentes de mão de obra, que podem ser instaladas próximas aos seus mercados consumidores e ser totalmente controladas de forma remota a partir de suas sedes, mesmo nos seus países de origem, como pretende a Adidas com sua *Speedfactory* (ADIDAS, 2018). A fábrica, instalada na cidade alemã de Ansbach, conta com apenas 120 pessoas e produziu o primeiro par de tênis esportivo *Futurecraft M.F.G.* no segundo semestre de 2016. A Adidas pretende implantar *speedfactories* em outros grandes centros urbanos do mundo, abandonando a produção em países como China, Indonésia e Vietnã (pelo menos para o produto em questão). Foi anunciada a cidade de Atlanta nos EUA, como a próxima a receber a unidade fabril. Deve empregar apenas 160 pessoas (WEINER, 2017). Em termos da cadeia de fornecimento, este modelo favorece maior verticalização da produção e deve reduzir o uso da estratégia de redes de fornecedores especializados em partes, além de reduzir também a cadeia logística envolvida.

### **6.3.3 Fabricação distribuída**

A fabricação distribuída é um modelo de produção em rede, que tem como princípios a proximidade de um produtor junto ao público consumidor e a integração do cliente no processo. Pode ser representado por uma rede descentralizada de impressoras 3D interligadas com os sistemas dos produtores através da computação em nuvem, com cadeias de suprimentos físicas substituídas por conexões eletrônicas de dados. Neste modelo, uma empresa pode projetar novas versões de um produto, como óculos ou relógios de pulso, por exemplo, envolvendo o cliente no *design* ao longo dos vários passos de personalização e adaptação. Além disso, pode produzir os produtos customizados localmente, mais perto dos consumidores. A empresa pode contratar *designers* e fábricas diferentes com ferramentas adequadas e capacidade suficiente para produzir os óculos ou relógios

numa quantidade reduzida, até mesmo em lotes de uma unidade. A fabricação distribuída pode levar a uma mudança de paradigma na fabricação. A produção em massa centralizada será gradualmente substituída por descentralizados, ou seja, a fabricação local de produtos personalizados (WEF, 2017).

A Adidas experimenta um modelo deste tipo de produção com uma loja-conceito dentro de um *shopping center* em Berlim. A boutique faz parte de um experimento corporativo chamado *Storefactory* e oferece um único produto: blusas de lã merino tricotadas à máquina e feitas sob encomenda no local. Os clientes se submetem a um processo de varredura corporal dentro do *showroom* e depois trabalham com um funcionário para desenhar seus próprios pulôveres personalizados. As blusas, que custam o equivalente a cerca de US\$ 250 cada, se materializam atrás de uma parede de vidro em questão de horas. A fábrica em miniatura atrás do vidro consiste basicamente de três máquinas industriais de tricô capazes de produzir apenas dez peças por dia (WEINER, 2017).

#### **6.3.4 Plataformas**

Neste modelo, uma plataforma de interação fornece as condições tecnológicas para conectar várias partes e coordenar suas interações. As plataformas podem atuar como um mercado que liga o fornecimento (operadores e proprietários) com a demanda (compradores). A visão é desenvolver uma rede de produção integrada onde as máquinas estão conectadas através da Internet e as ordens dos clientes são produzidas de forma eficiente (ROBERTSON, D., ULRICH, 1998). Este modelo é uma espécie de *cloud manufacturing* ou manufatura em nuvem; ou seja, um modelo para habilitar o acesso via uma rede ubíqua, sob demanda, a um conjunto de recursos de manufatura configuráveis (*softwares*, equipamentos etc.) e que podem se rapidamente provisionados e fornecidos com pouco esforço gerencial e pouca interação com o provedor de serviço. Envolve a noção de recursos distribuídos ao extremo, dissociando não apenas as etapas dentro de uma cadeia de fornecimento, mas utilizando uma estrutura em camadas,

típica das tecnologias da informação e comunicação. As diversas etapas do ciclo de vida de um produto, desde o *design*, projeto, fabricação de protótipo, testes, produção e transporte podem ser tratados como serviços disponíveis na nuvem, locais. Produção como um serviço, ou manufatura orientada a serviço.

Nas cadeias de abastecimento tradicionais, a informação viaja linearmente, com cada passo dependente do anterior. Nas plataformas, ou redes de suprimento digitais, as informações são integradas de diferentes fontes e locais para dirigir o ato físico de produção e distribuição (MUSSOMELI; GISH; LAAPER, 2016).

## 6.4 CONVERGÊNCIA DE EMPRESAS

As transformações tecnológicas que vem ocorrendo estão criando um desequilíbrio de forças entre as empresas mais e as menos envolvidas com as tecnologias avançadas. O impacto da revolução digital é contraditório de várias maneiras. A digitalização facilita a entrada de pequenas empresas no mercado, ao mesmo tempo que promove a formação de grandes empresas. Amplia a gama de informações de forma sem precedentes, mas às vezes direciona o interesse dos usuários para algumas ofertas específicas. Enfatiza a participação de muitos provedores de informações, mas fortalece as possibilidades de atuação de poucos operadores de plataformas de informação. No decurso de uma maior digitalização, isso levará a mudanças estruturais significativas na economia e no mercado de trabalho, especialmente entre os mercados analógicos e digitais (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016).

Há duas dimensões que precisam ser consideradas: a dos produtos ou serviços e a dos processos. Na primeira dimensão, as empresas que tiveram sucesso e protagonismo, especialmente em termos de produtos e serviços relacionados as tecnologias da informação e comunicação, se tornaram gigantes em número de clientes, receitas e lucros e domínio de informações e dados valiosos para os futuros modelos de negócio. Corporações como a Amazon e Google estão

entre as cinco mais valiosas do mundo e seus negócios se ramificam pelos mais diversos setores. É difícil imaginar a possibilidade de uma concorrência ampla e diversificada nos segmentos que escolheram para atuar; na verdade, acontece o oposto. Estas empresas têm adquirido outras e consolidado sua posição hegemônica em vários mercados. No caso da Google, houve uma tentativa liderada pela França para se criar um mecanismo europeu de busca concorrente. Batizado de projeto *Quaero*, o projeto era conduzido inicialmente por um consórcio entre França e Alemanha. Anunciado em 2005, recebeu um aporte inicial de 250 milhões de euros. Entretanto, em 2006 a Alemanha se retirou do projeto por considerar infrutífera a tentativa de antagonizar a Google e priorizou o desenvolvimento de tecnologias semânticas para a estruturação de uma Internet dos Serviços, através do seu programa Theseus (THESEUS, 2018; BMWI, 2018). O Governo da França continuou apoiando o *Quaero* até o fim de 2013 e poucos resultados relevantes surgiram desta iniciativa. Este fato ilustra o imenso poder conquistado e quão firme é a posição estabelecida por algumas das grandes empresas de tecnologia na atualidade. Assim, os setores em que elas se estabelecem tendem a concentração, ou mesmo monopólios. A vantagem competitiva conquistada é enorme e as barreiras de entrada para novas entrantes são aparentemente intransponíveis.

A segunda dimensão é a dos processos. A onda de digitalização está impondo uma busca das empresas pela automação dos seus processos de negócio, por conta dos ganhos possíveis de produtividade que a inteligência artificial e outras tecnologias podem oferecer (MARKKU; SOFI, 2012; REHSE; HOFFMANN; KOSANKE, 2016). O diferencial competitivo, especialmente em termos de custos e diferenciação dos serviços para os clientes, será tão significativo que poderá abalar profundamente ou mesmo inviabilizar as operações que não migrarem para o novo paradigma. Neste aspecto, dois recursos são fundamentais: capacidade financeira para bancar os altos custos da transformação digital e agilidade para fazê-la rapidamente e à frente dos concorrentes. Estas duas dimensões configuram o cenário de um certo *darwinismo* corporativo: apenas as corporações que conseguirem os recursos e a rapidez necessária para a mudança tecnológica conseguirão sobreviver. Como metáfora, se poderia pensar numa *grande extinção*

de empresas em segmentos tradicionais - ou “analógicas” - varridas pela onda de tecnologia. Esta extinção, na verdade, ocorrerá através da convergência de empresas, por meio de processos de fusão e aquisição e mesmo de falência. Ambos os mecanismos, da consolidação de grandes empresas de tecnologia e do aumento da convergência, impactarão profundamente o mercado de trabalho.

#### **6.4.1 Convergência de empresas em vários setores.**

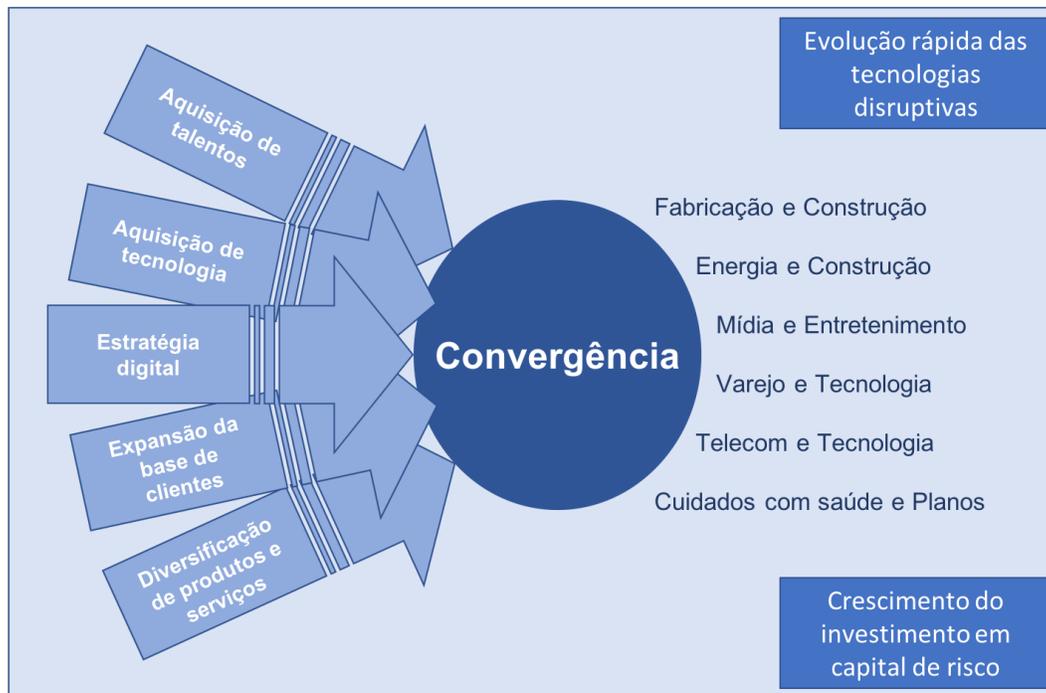
As previsões apontam para o crescimento da convergência. Setores como o imobiliário, seguro, bancos e serviços financeiros, serviços de cuidados com a saúde, tecnologia e telecom devem convergir. Os movimentos no setor de serviços financeiros são impulsionados pelos custos da tecnologia e pela conformidade. As empresas estão enviando fortes sinais de que pretendem buscar maiores metas de fusão e aquisição. Os vetores estratégicos que estão direcionando a convergência de empresas são: aquisição de tecnologia, expansão da base de clientes em mercados existentes, expansão ou diversificação de produtos ou serviços (estratégia de portfólio), estratégia digital e aquisição de talentos (THOMSON; DETTMAR; GARAY, 2017).

As empresas estão navegando através de um ciclo de mudanças implacáveis: desenvolvimentos transformacionais em tecnologia que estão impulsionando mudanças nos hábitos e preferências dos clientes, interrupção de modelos de negócios entrincheirados e o surgimento de concorrentes imprevistos. Essas mudanças estão levando a uma aceleração significativa na atividade de transações à medida que as empresas procuram obter (ou proteger) uma vantagem competitiva. Conforme a tecnologia digital disruptiva se torna onipresente e o avanço da tecnologia se acelera, os raciocínios que conduzem as abordagens de integração estão mudando. Os acordos de convergência atingiram massa crítica nos últimos anos e se tornaram um componente central da agenda de crescimento desenvolvida pelos executivos, com dois modelos predominantes:

- Convergência de crescimento futuro: aquisições de pequenas empresas, muitas vezes privadas, tipicamente *startups* em estágio inicial. O objetivo, neste caso, é posicionar estrategicamente os futuros mercados, antecipando cenários. As empresas-alvo normalmente possuem elementos tecnológicos estratégicos, modelos de negócios digitais potencialmente disruptivos, talentos raros ou alguma combinação dos três.
- Convergência de crescimento imediato: aquisições de maior escala para alcançar resultados de curto prazo através da segmentação de indústrias adjacentes, integração à montante ou à jusante. Os alvos geralmente são empresas que podem ampliar ou alavancar o negócio principal ou a infraestrutura do comprador, complementando o modelo de receita existente.

Dois fatores criaram o ambiente para o crescimento explosivo das ofertas de convergência. Primeiro, a rápida evolução das tecnologias disruptivas e as novas possibilidades de modelos de negócios que elas trazem. Envolve principalmente: Internet das Coisas, Inteligência artificial e *Big data* - cujo potencial só agora está começando a se concentrar simultaneamente em um amplo espectro de negócios. O segundo fator é o crescimento do investimento em capital de risco pela percepção das oportunidades que estão se formando. Ao longo dos últimos cinco anos, o investimento em risco cresceu de forma constante. No período entre 2012 e 2016 o montante chegou a US\$ 314 bilhões e alimentou o aumento do número de *startups* em todo o mundo para desenvolver novas tecnologias e fomentar novos modelos de negócios (EY, 2017). A figura 28 apresenta um modelo representativo do atual processo de convergência de empresas.

Figura 28: Modelo representativo do processo de convergência de empresas.



Fonte: Thomson; Dettmar; Garay (2017); EY (2017). Elaborado pelo autor.

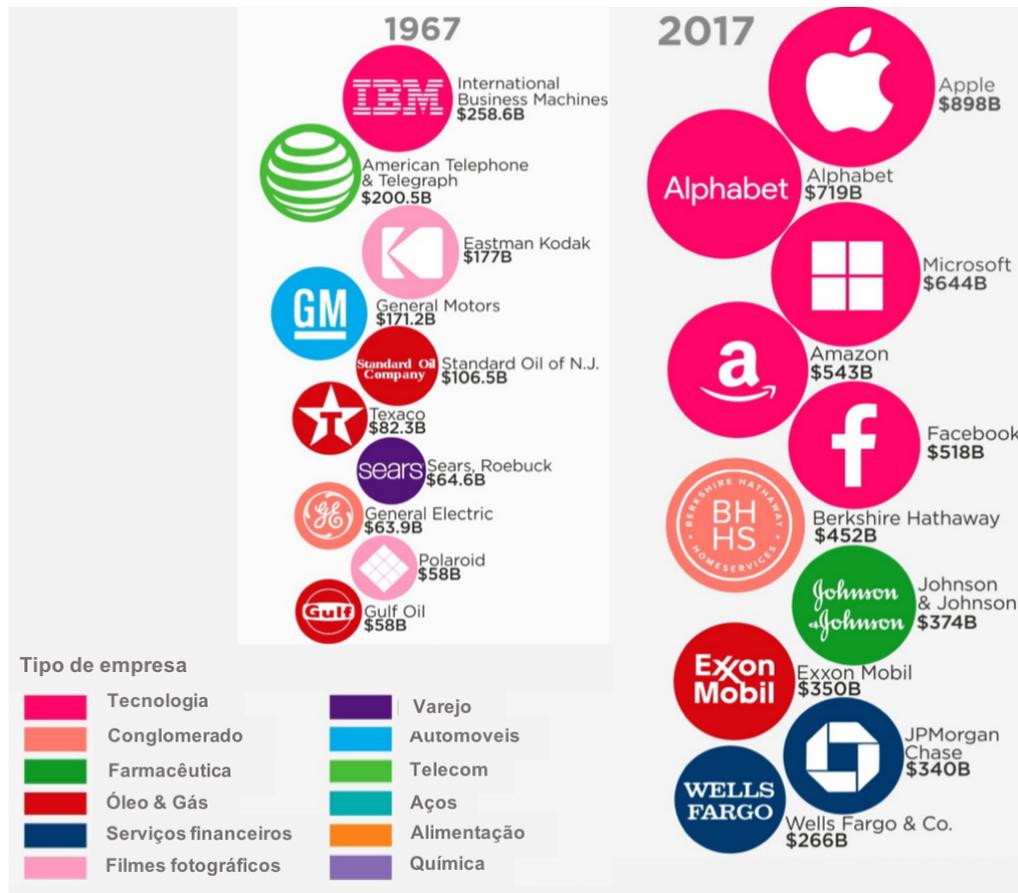
Um aspecto que não deve ser subestimado é o papel dos governos na corrida pela digitalização das suas economias. Na China, o governo central oferecerá empréstimos de grande monta e a juros baixos, subsidiados, originários de fundos estatais e bancos de desenvolvimento, para consolidação de empresas. Isto inclui assistência financeira para a aquisição de concorrentes estrangeiros. Além da política de subsídios domésticos, o programa *Made in China 2025* prevê também apoio para a internacionalização de empresas chinesas a partir de compras de ativos no exterior. Os fortes incentivos do governo de Pequim para as indústrias dos setores que forem privilegiados também deverão tornar inviável a concorrência de empresas estrangeiras, à medida que fortalecerá as empresas chinesas

subsidiadas no mercado global (US CHAMBER OF COMMERCE, 2017; THE STATE COUNCIL OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2017).

#### **6.4.2 Empresas de tecnologia concentram enorme poder financeiro e continuam se expandindo.**

Uma comparação entre as dez maiores empresas em valor de mercado nos EUA em 1967 e 2017 mostra a interessante mudança no perfil das empresas. Em 1967 apenas a IBM compunha a lista como empresa de tecnologia. Participavam da lista a AT&T do setor de telecom, a GM do setor automotivo, três empresas de óleo e gás, Kodak e Polaroid que se tornaram obsoletas e outras. Em 2017, as cinco maiores empresas são de tecnologia e seu valor somado é quase cinco vezes maior do que a soma do valor das dez empresas líderes em 1967. A internet concentrou o poder financeiro em apenas um punhado de empresas, como nunca antes. A figura 29 apresenta a comparação entre as dez maiores empresas dos EUA em 1967 e 2017 (HOWMUCH, 2018).

Figura 29: Comparação entre as dez maiores empresas dos EUA em 1967 e 2017



Fonte: Fortune (2017); Howmuch (2018). Adaptado pelo autor.

Há uma clara concentração de poder, especialmente no setor de tecnologia. Apple, Amazon, Google, Microsoft e Facebook, as cinco maiores empresas de tecnologia do mundo, faturaram juntas US\$ 667,5 bilhões em 2017, uma receita 19,7% superior a registrada um ano antes. Esse valor é superior ao PIB da Suíça em 2016 (VAZ, 2018). A receita anual da Amazon é maior do que o PIB de Portugal. Além disso, o Vale do Silício tem uma presença considerável nos novos negócios:

a Google abocanha 88% da fatia de mercado de publicidade *on-line*. O Facebook controla mais de 70% das redes sociais. A Amazon tem 70% da fatia do mercado de livros eletrônicos nos Estados Unidos e absorve 50% do dinheiro gasto em comércio eletrônico (GALINDO, 2017).

#### **6.4.3 Empresas de tecnologia avançam em setores convencionais.**

A Amazon não é apenas uma das empresas que mais cresceram nos últimos anos: também é uma das que mais se diversificaram. É líder em comércio eletrônico e uma das maiores plataformas logísticas e de marketing, fornece sistemas de armazenamento na nuvem, produz filmes e séries, comprou uma rede de supermercados e lançou sua própria linha de roupas (GALINDO, 2017).

Tesla e Google ameaçam a indústria automotiva tradicional.

A Tesla foi fundada em 2003, na Califórnia, nos EUA, para produzir veículos elétricos de alto desempenho e sistemas de energia baseados em energia solar. O plano estratégico proposto em 2006 por seus executivos envolvia a criação de um carro de luxo de baixo volume e alto preço que gerasse recursos para o desenvolvimento de um carro de volume médio e preço mais baixo que, por sua vez, viabilizaria a criação em alto volume de um carro de preço acessível, além do investimento em energia solar (MUSK, 2016). Entre 2008 e 2011, a empresa cumpriu a primeira etapa do seu plano e produziu o Tesla Roadster, um carro elétrico esportivo com autonomia de 350 km num único carregamento total de suas baterias. Em 2010 a empresa abriu capital na bolsa de valores. Em cinco anos as ações da Tesla cresceram dez vezes. Em 10 de abril de 2017, o valor de mercado da empresa atingiu US\$ 51,56 bilhões, contra US\$ 50,26 bilhões da GM, o maior fabricante dos EUA em termos de venda. A GM havia produzido dez milhões de carro e obtido uma receita superior a US\$ 166 bilhões. A Tesla produzira apenas 84

mil veículos e obteve uma receita de US\$ 7 bilhões. O que explica esta discrepância entre o volume de produção e de vendas e o valor da empresa é que o mercado aposta que os motores elétricos substituirão os de combustão movidos a combustível fóssil e que os veículos autônomos e os serviços de mobilidade serão o futuro do transporte urbano (RANDEWICH, 2017).

A questão chave é tecnologia. Os carros da Tesla estão incorporando algumas das novas tecnologias: baterias de alto desempenho, sistemas de direção autônoma, sensores e câmeras de detecção. Também estão se preparando para oferecer novos modelos de negócio: os proprietários poderão disponibilizar seus carros para que sejam compartilhados pela Tesla e, assim, obter remuneração financeira pela cessão do seu veículo nos períodos em que este ficar ocioso, o que pode eventualmente chegar a 95% do tempo em um dia comum (MUSK, 2016). A tecnologia também está presente na etapa de desenvolvimento dos produtos da Tesla e mesmo no projeto de suas fábricas e processos produtivos. A Tesla utiliza sistemas do tipo PLM – *Product Lifecycle Management*, que acompanha todo o ciclo de desenvolvimento do produto e dos processos produtivos e permite que sejam feitas simulações, estudos e dimensionamentos virtualmente, antes que os sistemas físicos sejam construídos ou instalados. O uso desta tecnologia reduz os tempos de desenvolvimento e de implantação, previne falhas e permite a otimização dos processos e operações (TECMES, 2017; DASSAULT SYSTEMES, 2018). No início de 2018 a Tesla anunciou o lançamento de um caminhão elétrico capaz de rodar até 800 quilômetros - sem a necessidade de recarregar sua bateria - e transportar 36 toneladas de carga. Também anunciou a nova geração do esportivo Roadster com lançamento em 2020. A empresa promete que o carro será o mais rápido do mundo, capaz de acelerar de zero a cem quilômetros por hora em 1,9 segundos e com autonomia de mil quilômetros: um desempenho muito superior aos carros convencionais (AMORIM; OLIVEIRA, 2017; TESLA, 2018).

A Google, inicialmente uma empresa de buscas na Internet, foi fundada na Califórnia por Larry Page e Sergey Brin, estudantes da Universidade de Stanford, em setembro de 1998. Em 2008 iniciaram as pesquisas para desenvolvimento de

carros autônomos. Em 2009 a empresa aplicou sua tecnologia de condução autônoma em um Toyota Prius para testar o sistema. Em 2011 a Google criou sua própria companhia automotiva, fabricante de veículos de passageiros. Em 2012 a empresa percorreu mais de 400 mil quilômetros com veículos adaptados com sistemas autônomos, sem acidentes. Em 2014 a Google divulgou que havia desenvolvido protótipos de carros completamente autônomos e que pretendia produzir e comercializar seus próprios veículos. Em 2015 realizou testes em vias públicas em Austin, Texas. A partir de 2015 a empresa alterou seu nome para Alphabet. Em 2016 a empresa ampliou os testes para Washington e Phoenix (WAYMO, 2016). Uma mudança na legislação dos EUA liberou a comercialização de veículos autônomos. A Waymo, empresa criada pela Alphabet, pretende se dedicar a criação de veículos completamente autônomos. Em 2017 a empresa começou a testar os carros com passageiros reais (URMSON, 2014; WAYMO, 2017). Estes veículos possuem muita tecnologia embarcada: sensores do tipo radar e sonar são responsáveis por visualizar e detectar obstáculos à distância. Outro dispositivo é o Lidar (*light detection and ranging*), que permanece constantemente girando num alcance de 360°, usando raios laser para gerar coordenadas de localização. Além destas, os carros autônomos incorporam o GPS, a internet para o geolocalização e a rota do veículo, além de sensores de temperatura, câmeras supersensíveis a movimento e inteligência artificial, com supercomputadores processando em algoritmos avançados milhares de informações (TICKET LOG, 2018).

Bancos temem substituição por grandes empresas de tecnologia.

Líderes do setor bancário europeu afirmam que o ingresso das grandes empresas de tecnologia no setor bancário ameaça a estabilidade financeira – ou os seus próprios negócios. Reivindicam que os maiores grupos de tecnologia dos EUA e China devam se sujeitar às mesmas regulamentações que os grandes bancos.

Numa declaração aos dirigentes do G-20 (grupo das vinte maiores economias do mundo), o presidente do conselho do banco espanhol BBVA alertou que empresas como Facebook e Amazon dos EUA e Alibaba e Tencent da China, substituirão os bancos, que estão em desvantagem diante da competição cada vez mais intensa das grandes empresas de tecnologia. Estas, após alguns anos experimentando o ramo de serviços financeiros, estão aprofundando suas atividades no setor. A Amazon está fornecendo serviços de pagamentos e empréstimos a comerciantes que usam sua plataforma e o Facebook recentemente obteve licença para operar com dinheiro eletrônico na Irlanda. Alibaba e Tencent, a quinta maior empresa de tecnologia do mundo, se tornaram as operadoras dominantes no setor de pagamentos eletrônicos na China, que movimenta US\$ 5,5 trilhões por ano. A Amazon, Google e Microsoft hospedam uma proporção cada vez maior dos dados financeiros mundiais em suas divisões de computação em nuvem. Ao mesmo tempo, os bancos querem automatizar suas operações usando inteligência artificial. Paradoxalmente, eles dependerão ainda mais das grandes empresas de tecnologia (FUSÕES & AQUISIÇÕES, 2018).

#### **6.4.4 Empresas de tecnologia geram poucos empregos.**

As grandes inovações envolvendo tecnologia da informação e comunicação geram grandes impactos na sociedade e criam riqueza para os acionistas das empresas envolvidas, mas não criam empregos na mesma proporção que a indústria (LINSTONE; DEVEZAS, 2012). Mesmo o número de empregados nas próprias empresas é, proporcionalmente, menor. O *Facebook*, por exemplo, tem cerca de 17.000 funcionários e a *Google* cerca de 72.000 funcionários. A *General Motors*, por outro lado, tem aproximadamente 216.000 funcionários e o *Walmart* tem dois milhões e trezentos mil funcionários (FORTUNE, 2017). O quadro 13 mostra a relação entre receitas, lucros e quantidade de funcionários do Walmart, Ford, Apple, Google e Facebook.

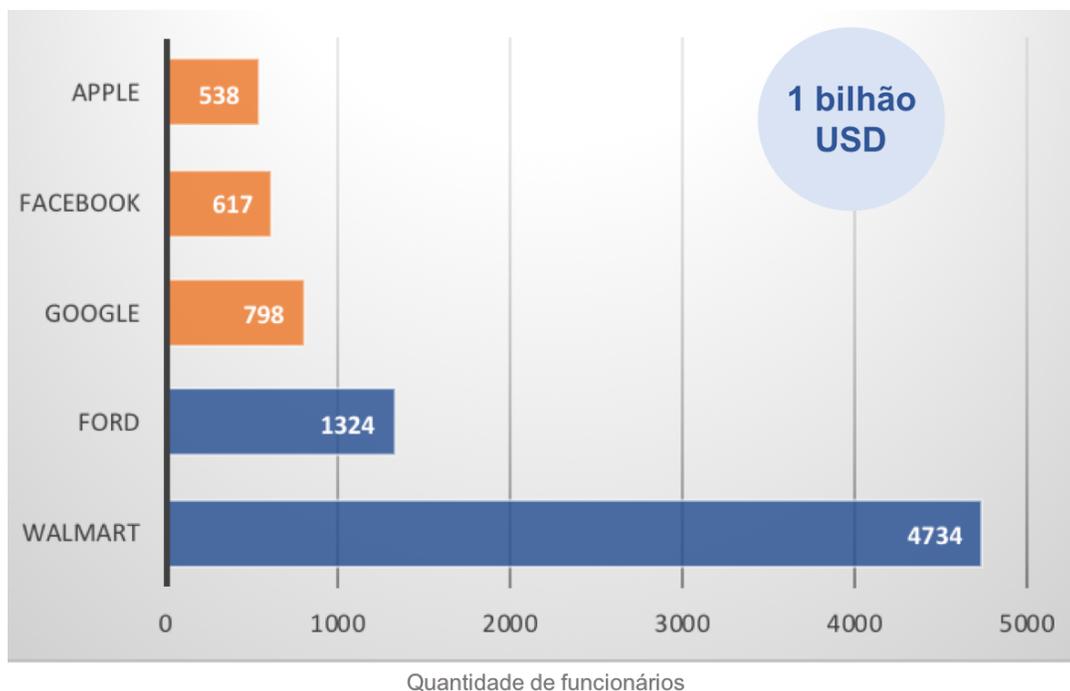
Quadro 13: Comparação entre receitas, lucros e quantidade de funcionários em 2017.

	Receitas (US\$ bilhões)	Lucro (US\$ bilhões)	Funcionários (Quantidade)
Walmart	485.873	13.643	2.300.000
Ford	151.800	4.596	201.000
Apple	215.639	45.687	116.000
Google	90.272	19.473	72.053
Facebook	27.638	10.217	17.048

Fonte: Fortune (2017). Elaborado pelo autor.

Estas relações envolvem o conceito de produtividade. A produtividade da mão de obra é medida através da relação entre as receitas geradas e a quantidade de funcionários no período. É um indicador básico, que compara o recurso gerado (no caso, a receita) pelo recurso consumido (no caso, a quantidade de funcionários). As empresas de tecnologia da informação e comunicação são capazes de gerar uma melhor relação em termos da produtividade da mão de obra, o que indica seu potencial de obter grandes resultados a partir de um número proporcionalmente pequeno de funcionários quando comparadas a outros setores como varejo, indústria automobilística e mesmo serviços financeiros. O gráfico 29 mostra uma comparação hipotética entre o número de funcionários que seria necessário para gerar uma receita de um bilhão de dólares. São dois grupos de empresas: Apple, Google e Facebook, por um lado, e Walmart e Ford por outro.

Gráfico 29: Comparação entre grupos de empresa em termos da quantidade hipoteticamente necessária para gerar receita de US\$ 1 bilhão.



Fonte: Fortune (2017). Elaborado pelo autor.

## 6.5 REPATRIAÇÃO DE FÁBRICAS

Nas últimas décadas a manufatura dos países desenvolvidos deslocou-se para economias emergentes em função de custos mais baixos de produção. A China tornou-se em 2010 o maior produtor industrial do mundo, superando os EUA que ocuparam o posto por 110 anos. A indústria representa cerca de 33% do seu PIB (SALEK, 2011). Nos últimos dez anos, especialmente após a crise de 2008, vem aumentando as pressões sobre os governos europeus e dos Estados Unidos para que as empresas nacionais voltem a produzir no seu país de origem.

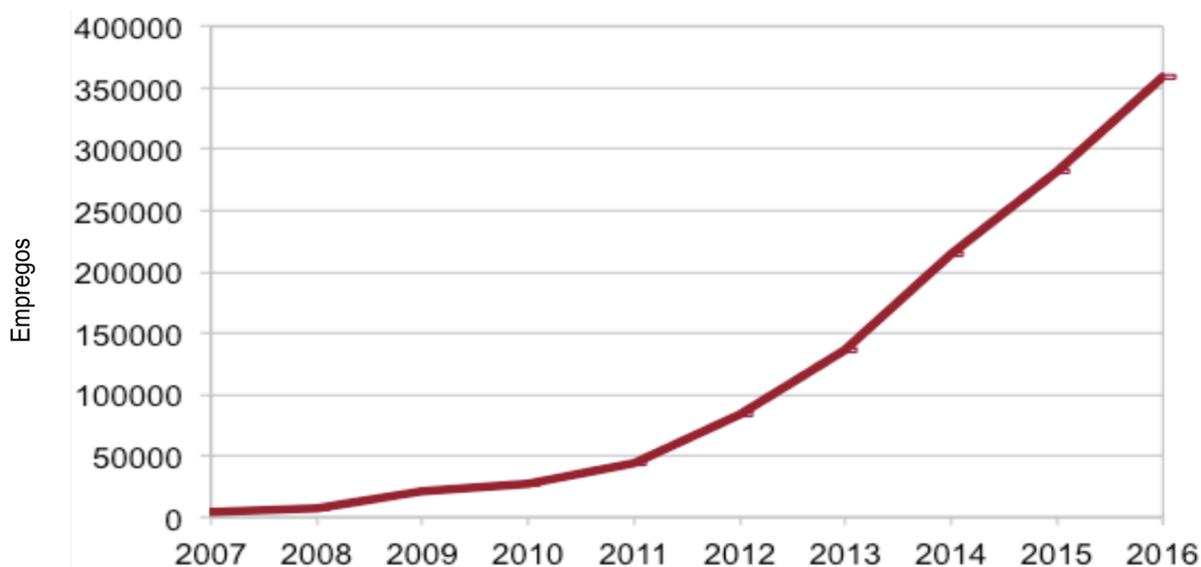
O termo em inglês que vem sendo utilizado é *reshoring*, que poderia ser traduzido livremente para *retomada*. Trata-se de uma operação de negócios que, tendo sido transferida para o exterior, é trazida de volta para o país do qual fora originalmente transferida (SCARCELLI, 2017).

O *reshoring* industrial é um fenômeno observado de maneira consistente a partir do segundo semestre de 2000. As empresas estão trazendo de volta as fábricas que haviam sido levadas ao Leste Europeu e Sudeste Asiático, especialmente China e Índia. Os países líderes deste movimento são os Estados Unidos e a Itália. O Reino Unido, cuja economia é fortemente baseada no setor financeiro e orientada aos serviços, está entre os mais favoráveis ao *reshoring*: após viver o problema do desmantelamento da sua indústria, também está investindo em políticas industriais e na formação de mão de obra (RESHORING INITIATIVE, 2018). À despeito da iniciativa própria das suas empresas, os governos dos EUA, Alemanha e outros países europeus incluíram a digitalização como estratégia nacional para geração de empregos. Isto confere a sustentação do movimento com o poder dos investimentos dos estados nacionais. A Comissão Europeia (EC) declarou a importância estratégica da indústria e sua transformação digital como sendo um dos motores para impulsão da economia da Europa. Além dos empregos diretos em fábricas, cerca de 40% dos empregos do setor industrial europeu estão relacionados a serviços (EUROPEAN COMMISSION, 2015a; ALLEN, 2016). A Comissão Europeia vem realizando comunicações aos seus países membros como contribuição ao debate do Conselho Europeu sobre a política industrial para o crescimento econômico e dos postos de trabalho. Elegeu algumas prioridades para condução de sua estratégia, como a integração das iniciativas para aumento da competitividade industrial com outras áreas políticas, a maximização do potencial do mercado interno, a implementação de instrumentos de desenvolvimento regional em apoio à inovação, ao desenvolvimento de habilidades e empreendedorismo e a promoção de acesso a insumos críticos para incentivar o investimento e ações para facilitar a integração das empresas europeias nas cadeias de valor globais (EUROPEAN COMMISSION, 2015b). Estas iniciativas pretendem modificar a realidade de transferência da produção global das

economias maduras para as emergentes (WALL, 2016; VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016).

Nos EUA, em 2014 e 2015, foi alcançado o equilíbrio entre o deslocamento de empregos para outros países e o retorno de empregos que haviam se deslocado, indicando que a perda líquida de empregos de fabricação para o exterior foi estancada. Em 2016, pela primeira vez desde a década de 70, houve um ganho líquido nos empregos nos EUA. Foram adicionados trinta mil empregos, contra uma média de 220 mil empregos perdidos por ano na década anterior. Considerando-se o déficit comercial de cerca de US \$ 500 bilhões, ainda haveria de três a quatro milhões de empregos que poderiam retornar aos EUA. A renovação das vagas de emprego é quase toda proveniente de países de baixos salários e parece estar nos estágios iniciais de uma tendência de longo prazo (RESHORING INITIATIVE, 2018). O gráfico 30 indica a evolução do número de empregos que estão retornando para os EUA.

Gráfico 30: Evolução do número de empregos gerados nos EUA por *reshoring* e investimento direto estrangeiro entre 2007 e 2016.



Fonte: Reshoring Initiative (2018); National Science Foundation (2018).

À medida que a produção se torna mais intensiva em capital, as vantagens de custo de mão de obra diminuirão, tornando-se atraente para os fabricantes trazerem os empregos anteriormente deslocados para casa. (LORENZ et al., 2015)

O custo da mão de obra, único critério adotado no momento da transferência na maioria dos casos, vem crescendo também em países como a China, cujo índice de aumento dos salários chega até 15% ao ano. A economia com a mão de obra começa a não compensar os custos de logística e alfândega. Além disso, os consumidores tornaram-se mais exigentes com a questão da qualidade. A automação quase sempre permite o retorno das fábricas aos seus países de origem. O *reshoring* do processo de manufatura permite a geração de empregos, a recuperação do *know-how*, o crescimento do PIB e o incremento da balança comercial dos países desenvolvidos. Efeito contrário ocorre nos países em desenvolvimento, que perdem com o retorno das fábricas para os seus países de origem (THE ECONOMIST, 2013; SCARCELLI, 2017; SWI, 2017).

O advento da nova onda de inovação traz as condições tecnológicas necessárias para que este movimento possa se concretizar. Este movimento é sustentado por dois fenômenos: a inovação tecnológica e a queda dos custos da tecnologia (IEEE, 2012; BAXTER, 2014). A densidade de robôs nos Estados Unidos está aumentando significativamente desde 2010. O principal motor desse crescimento é a tendência atual de automatizar a produção, a fim de fortalecer as indústrias no mercado global e manter a fabricação local e, em alguns casos, trazer de volta a fabricação que havia sido enviada ao exterior (IFR, 2017). A Manufatura Avançada ou Indústria 4.0, baseada fortemente em automação, robotização e sistemas ciberfísicos, modifica a estrutura de custos de produção, reduzindo fortemente a vantagem competitiva que alguns países emergentes possuem em termos de custos de mão de obra. A substituição do trabalho humano por sistemas e máquinas automatizadas, associada a grandes ganhos de eficiência e produtividade, permite que fábricas sejam repatriadas, pois não empregarão um número significativo de pessoas nos seus países de origem, com seus custos maiores. Nos EUA, espera-se aumentar o valor agregado pela manufatura em até 20% até 2025 (MGI, 2017e). A lista de empresas que estão promovendo o que está

sendo chamado de renascimento da indústria nos países desenvolvidos inclui nomes como as europeias Adidas, Philips, Zara, BMW e as estadunidenses Ford, GE e Whirlpool (BMW GROUP, 2014; ADIDAS, 2018). Também a Apple, Nike e a Jabil Circuit iniciam movimentos de retorno aos seus países de origem (CHU; JERVELL, 2016).

### **6.5.1 *Speedfactory* da Adidas.**

No mercado global de calçados esportivos, avaliado em US\$ 80 bilhões em 2015, tem crescido a demanda dos consumidores por calçados personalizados. O desafio que os fabricantes enfrentam é o tempo de lançamento dos seus produtos no atual modelo de cadeia de suprimentos, que depende muito do trabalho manual em fábricas gigantes (BULLARD, 2017). A Adidas, responsável por cerca de 35% da receita gerada neste segmento, enfrenta custos de produção crescentes na Ásia, onde emprega cerca de um milhão de trabalhadores (MOGG, 2017). Em 2017, a empresa inaugurou uma fábrica em solo alemão, depois de vinte anos produzindo apenas na Ásia. Instalada no sul da Alemanha, na cidade bávara de Ansbach, a *Speedfactory* tem sua linha de produção composta por robôs e utiliza a técnica de manufatura aditiva (impressão 3D). Os sapatos produzidos na Alemanha serão vendidos a um preço similar aos produzidos na Ásia (ADIDAS, 2018). Com este modelo de fábrica automatizada, o número de trabalhadores foi reduzido de cerca de mil para apenas 160 pessoas. Uma das principais vantagens da fábrica é sua flexibilidade e tamanho reduzido, o que permite a instalação da estrutura em diversos locais do mundo (THE ECONOMIST, 2017).

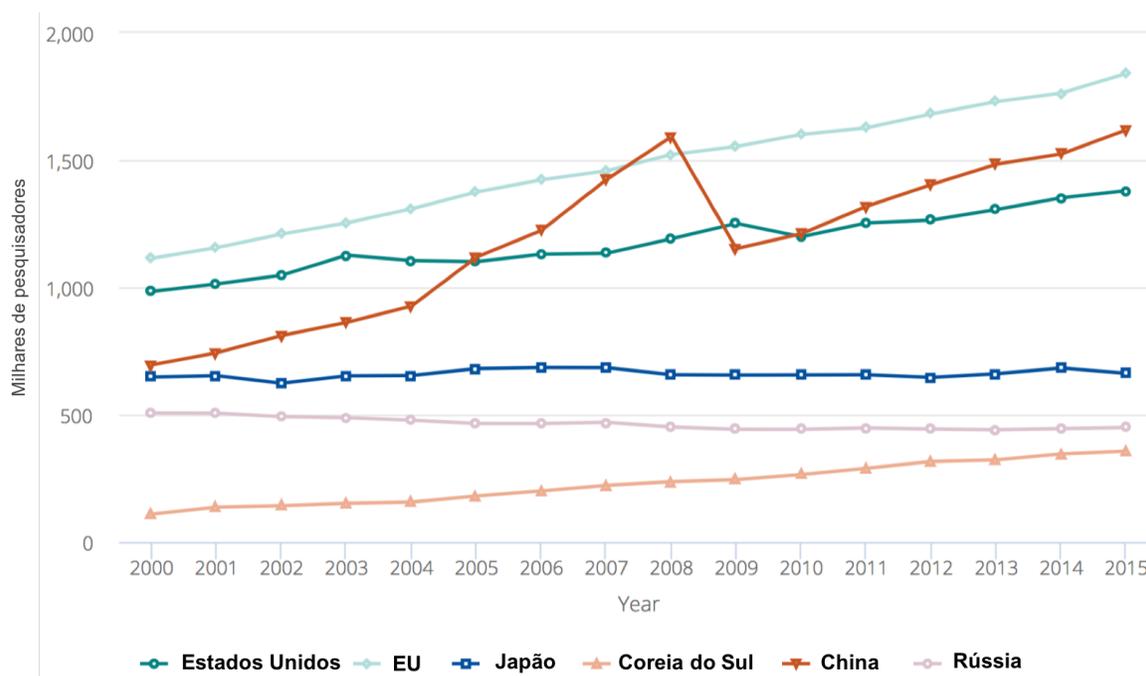
## **6.6 CRISES NOS PAÍSES POBRES E EMERGENTES**

As inovações tecnológicas disruptivas impactarão diretamente o trabalho humano e o emprego através de diversos mecanismos. Esta situação atingirá tanto países desenvolvidos como países emergentes e países pobres, mas de forma diferente. Haverá o impacto causado diretamente pela inovação tecnológica quando substituir ou obsoletar determinadas funções ou grupo de trabalhadores. Haverá também o impacto indireto que estes mecanismos causarão através do surgimento ou ampliação de crises econômicas.

### **6.6.1 Crises nos países emergentes.**

Países como China, Índia e Brasil podem sofrer com a nova onda de digitalização. A ação combinada de alguns mecanismos pode gerar efeitos nefastos em suas economias. A concretização desta previsão depende da capacidade de cada um destes governos e sociedades de se preparar para o novo cenário que se avizinha. Aparentemente, a China é o país emergente com mais possibilidade de enfrentar a nova onda de digitalização, em função dos investimentos que vem fazendo em educação, em pesquisa e desenvolvimento (NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2018) e pelo peso de sua economia associado ao caráter global que sua política vem adotando. Mas, não deve passar incólume pela onda (MIT, 2016; MGI, 2017f). O gráfico 31 mostra a evolução do número de pesquisadores na China, em comparação com outros países.

Gráfico 31: Quantidade aproximada de pesquisadores em alguns países 2000-2015.



Fonte: National Science Foundation (2018). Adaptado pelo autor. EU = União Europeia.

Nestes países, e em outros ditos emergentes, haverá intensificação da perda de postos de trabalho no setor industrial. Os mecanismos predominantes devem ser a repatriação ou *reshoring* de empresas estrangeiras pelos seus países de origem e também a automação e robotização que serão adotadas pelas suas próprias empresas nacionais e por multinacionais que decidirem permanecer. Há o risco de “desindustrialização prematura” nestes países. Historicamente, a manufatura permitiu aos países em desenvolvimento diminuir as diferenças com os países mais ricos; entretanto, é provável que a automação impacte negativamente a capacidade de redução desta lacuna (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2011).

Também deve haver perdas significativas de postos de trabalho no setor de serviços, especialmente nos países cujas economias possuem grande participação

do setor terciário, como é o caso de Brasil e Índia (WTO, 2017). Em todos eles a concentração de empresas também poderá se tornar um mecanismo importante na redução dos postos de trabalho.

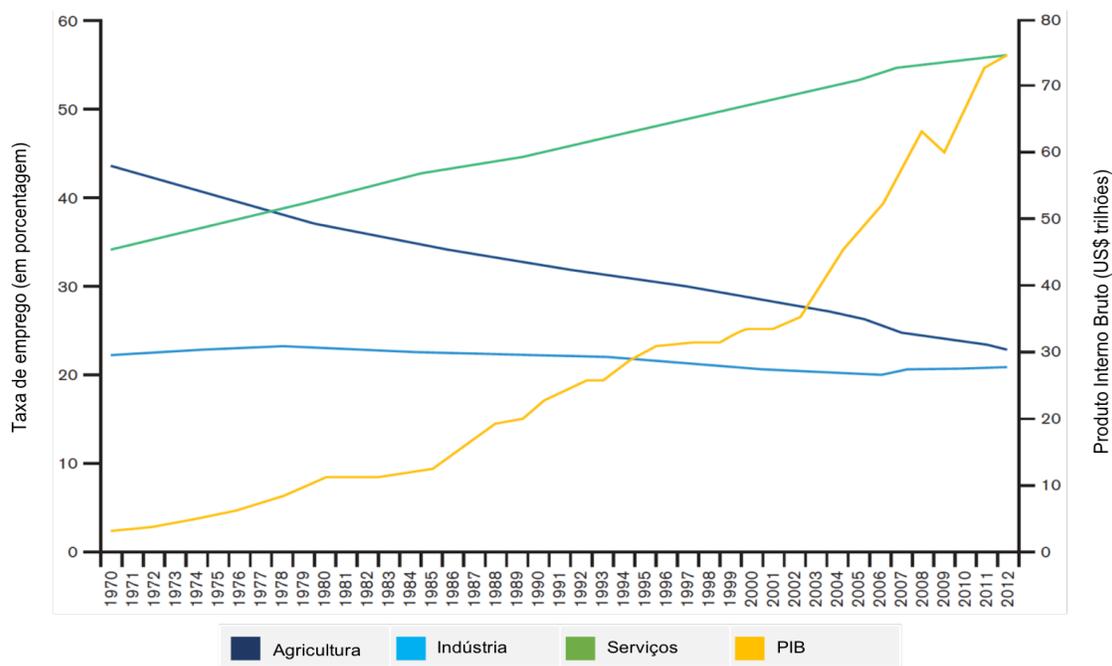
O efeito combinado da ação destes mecanismos dará impulso a crises econômicas que serão provocadas ou intensificadas pelo aumento dos índices de desemprego e pela redução dos investimentos externos e internos causados por crises de confiança. A queda na arrecadação afetará a capacidade de intervenção dos Estados, que já estarão sobrecarregados pelo aumento da demanda por serviços de assistência e seguridade social. O agravamento das crises poderá levar a incapacidade dos próprios Estados de manterem o funcionamento de sua máquina e a manutenção do pagamento de seus próprios quadros de funcionários. Toda esta condição pode levar ao aumento dos conflitos sociais e da violência, num ambiente em que a desigualdade social também tenderá ao recrudescimento.

### **6.6.2 Crises nos países pobres.**

A maior parte dos países pobres possui economias que não conseguiram atingir estágios mais avançados de desenvolvimento. Estas economias mantêm-se ou totalmente agrárias e de subsistência ou com um setor industrial incipiente e pouco estruturado (GOZZI, 2012).

Tipicamente, as economias percorrem um ciclo de transformação ao evoluir de agrárias para industriais, momento em que ocorre um certo desenvolvimento econômico seguido de aumento da riqueza e do consumo. A partir daí, com o crescimento da renda e do poder aquisitivo das famílias, os serviços começam a prosperar em outra escala, alteram o perfil da economia do país e passam a agregar o maior número de empregos (WTO, 2017). O gráfico 32 indica a relação entre o crescimento do PIB, participação dos setores econômicos e a taxa de empregos.

Gráfico 32: Evolução da taxa de emprego por setor. Dados relativos as dez maiores economias desenvolvidas e trinta economias em desenvolvimento. Período: 1970 – 2012.



Fonte: WTO (2017). Adaptado pelo autor.

A nova onda de digitalização aumentará sobremaneira a dificuldade de evolução das economias dos países pobres, que já tem o desemprego como um desafio crítico (SOMAVIA, 2012). A possibilidade de industrialização se tornará remota, à medida que não haverá mais atrativos para a instalação de empresas industriais estrangeiras em escala suficiente e capaz de provocar um processo de industrialização. Também a possibilidade da implantação de empresas nacionais competitivas será comprometida, tanto pelo empobrecimento de sua população e decadência do mercado interno de consumo, como pelo aumento das barreiras de entrada nos setores industriais. Isto ocorrerá em função da necessidade de maior capital financeiro, humano e tecnológico para a criação de uma empresa industrial competitiva. Sufocadas, estas economias não conseguirão se desenvolver e ficarão aprisionadas em sua condição de subdesenvolvimento. Consequências deste

cenário serão o aumento da pobreza e das condições básicas de saúde e sobrevivência e prováveis novas ondas imigratórias para os países mais desenvolvidos.

A migração transfronteiriça tem sido uma consequência natural de um mundo onde as pessoas não encontram oportunidades de trabalho atraentes em seu país de origem. Em 2015, aproximadamente 247 milhões de pessoas moravam em um país que não era o de nascimento - um número que quase triplicou nos últimos cinquenta anos. Cerca de 50% mudaram de países em desenvolvimento para países desenvolvidos (MGI, 2017b).

## **As Novas Tecnologias e os Mecanismos de Impacto no Trabalho**

# **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

*Sem a ação, sem a capacidade de iniciar algo novo e assim articular um novo começo, a vida do homem, despendida entre o nascimento e a morte, estaria de fato irremediavelmente condenada. A própria duração da vida, seguindo em direção à morte, conduziria inevitavelmente toda coisa humana à ruína e à destruição. A ação, com todas as suas incertezas, é como um lembrete sempre presente de que os homens, embora tenham de morrer, não nasceram para morrer, mas para iniciar algo novo.*

*Hannah Arendt<sup>10</sup>*

*Em São Agostinho<sup>11</sup>: Initium ut esset homo creatus est — “para que houvesse um início o homem foi criado.”*

---

<sup>10</sup> ARENDT, 2005.

<sup>11</sup> AGOSTINHO, XII, 20.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

O retrato do futuro ainda está sendo pintado. Suas cores já podem ser delineadas. Sua imagem final será definida pelas pinceladas dos artistas que o estão desenhando ou que ainda podem desenhá-lo.

Historicamente, nos últimos 150 anos, as ondas de inovação tecnológica trouxeram o progresso para a civilização. Em todas elas, novas tecnologias causaram transformações radicais nas economias e nas sociedades humanas. Geraram progresso. Decidiram guerras. Foram determinantes para o arranjo geopolítico mundial, fazendo nações prosperarem e se tornarem potências. Provocaram gigantescos fluxos dos campos para as cidades, do litoral para o interior dos países e grandes movimentos migratórios entre os cinco continentes. A sexta onda está trazendo uma nova revolução tecnológica que causará outra grande transformação, como ocorreu com as revoluções anteriores. Toda mudança causa algum assombro e algum temor. Grandes mudanças causam grande assombro e grande temor.

A tecnologia em geral não é nem boa, nem má, nem neutra, nem necessária, nem invencível (LÉVY, 1996). A tecnologia está criando novas oportunidades e colocando novos desafios. Oportunidade de maior produtividade e progresso. O desafio, evitar que seu preço seja injusto e cruel com os mais simples e desfavorecidos. Como já foi dito antes, em outras palavras e num momento similar, a tecnologia não é o nosso inimigo. Nossos inimigos são a ignorância, a indiferença e a inércia. A tecnologia poder ser um aliado da nossa prosperidade, se quisermos olhar para a frente, se entendermos o que está por vir e se definirmos o nosso curso sabiamente após o planejamento adequado para o futuro (PETERS; WOOLLEY, 2018).

John Maynard Keynes, em sua obra *Economic possibilities for our grandchildren*, de 1930, colocou a seguinte indagação: - “O que podemos razoavelmente esperar do nível de nossa vida econômica daqui a cem anos? Quais

são as possibilidades econômicas para nossos netos?”. O horizonte para o qual Keynes lançava sua dúvida e seu pensamento é o ano de 2030 (KEYNES, 1932). Este ano serviu como uma das referências de futuro das principais previsões e projeções utilizadas nesta pesquisa. Portanto, vale a pena revisitar o raciocínio de Keynes.

Nesta obra, Keynes aponta que o sofrimento então vigente em 1930 se devia a dor do reajuste entre um período econômico e outro. Argumentava que o aumento da eficiência técnica havia ocorrido de forma mais rápida do que seria possível para lidar com o problema da absorção da força de trabalho. A depressão mundial – consumada com a quebra da bolsa de Nova York em 1929 – e a enorme anomalia do desemprego que se estabeleceu, impedia a clareza de visão necessária para que muitos pudessem captar as tendências que Keynes percebia. A rapidez com que os fatos se desenrolavam acrescentava desafios de difícil solução. Keynes já apontava que uma nova doença, para muitos desconhecida, estava afligindo alguns países que estavam na vanguarda do progresso: o desemprego tecnológico. Para Keynes, isso significava “desemprego devido à nossa descoberta de meios de economizar o uso do trabalho ultrapassando o ritmo em que podemos encontrar novos usos para o trabalho”. Desta aparência de doença, o economista inglês extraiu a descoberta de um significado alvissereiro: a longo prazo, a humanidade estaria resolvendo seus problemas econômicos! Assumindo que, desde que não houvesse guerras importantes e nenhum aumento significativo na taxa de crescimento populacional, o nível de aumento da produtividade que se estava obtendo resolveria o problema econômico mundial da escassez em cem anos, ou ao menos o deixaria próximo de ser resolvido. Esta novidade encontrada na prospecção intelectual do futuro lhe foi tão surpreendente na medida que um mesmo olhar para o passado encontraria sempre o problema econômico da luta pela subsistência como o problema fundamental e mais urgente da humanidade. A perspicácia de Keynes o levou ainda adiante. Se, resolvido o problema econômico, o propósito tradicional da raça humana – a luta pela subsistência – lhe seria privado. Certo de que, mesmo com esta perspectiva se tratava de um benefício, Keynes expressou um temor: “penso com medo sobre o reajuste dos hábitos e instintos do

homem comum, criado por ele para inúmeras gerações, já que ele pode ser solicitado a descartá-los dentro de algumas décadas” (KEYNES, 1932).

A nova revolução tecnológica, que a sexta onda de inovação está trazendo, tem suas próprias características que a diferem das anteriores em alguns aspectos centrais. Todas as demais ondas, até o presente, apresentaram um comportamento típico, dividido em quatro fases bem definidas: crescimento, prosperidade, recessão e depressão (SCHUMPETER, 1961). As fases de crescimento e prosperidade econômica correspondiam a uma recuperação do emprego que fora perdido no crepúsculo da onda anterior. A explicação para isso era a dinâmica causada na economia pelos investimentos feitos pelos empresários empreendedores, ávidos pela adoção das novas tecnologias que surgiam na forma de produtos ou de processos. Seu estímulo, a possibilidade de ganhos significativos. Ainda, o temor de perder o trem do progresso e ver seus competidores distanciando-se. Este contexto, o do crescimento dos empregos concomitante ao crescimento econômico, acontecia não porque o primeiro fosse também um fim, mas apenas um meio necessário para o segundo. Aí reside uma das características diferenciadoras da sexta onda em relação às anteriores: um cenário de crescimento econômico sem a proporcional contrapartida de geração de empregos. Keynes, de forma visionária e com cem anos de antecipação, percebeu o surgimento do fenômeno do desemprego estrutural e sua prevalência no futuro em 2030. Identificou – com temor - o desafio que seria posto pela necessidade de transformação cultural para se viver numa sociedade que não mais se baseasse na lógica do trabalho e do emprego. Teceu algumas recomendações: “não haverá danos em fazer preparativos leves para o nosso destino, encorajar e experimentar as artes da vida, bem como as atividades de propósito” (KEYNES, 1932).

O que se pode concluir, *a priori*, é que se o trabalho humano se tornar realmente supérfluo pela automação, o principal problema econômico será de distribuição, não de escassez (AUTOR, 2015). Entretanto, pode haver prosperidade sem que ela seja acessada por muitos. A nova onda produzirá riqueza; distribuir esta riqueza será o principal desafio, pois durante séculos a riqueza foi distribuída no Ocidente através de empregos e, até então, os ciclos econômicos gerados por

suas respectivas ondas de inovação trouxeram crescimento econômico associado a abundante oferta de empregos (ARTHUR, 2008).

Isto nos leva a três questões distintas que precisam ser resolvidas. Em primeiro lugar, a questão da distribuição enquanto possibilidade concreta. Em segundo, a questão da transição segura de uma sociedade economicamente baseada na renda do trabalho para outra onde não haja trabalho para muitos. Por último, mas não menos importante e desafiador, a construção e a viabilização de alternativas para a falta do trabalho enquanto fonte de significado e propósito de vida subjetivo.

Tratando da primeira questão, a distribuição justa da riqueza: verdade seja dita, a sociedade humana não teve, até agora, sucesso que seja digno de nota para a questão da distribuição da riqueza. Poder-se-ia presumir que, com tanta riqueza em mãos, no ponto que a escassez estará extinta, a distribuição seria relativamente simples de resolver, pela abundância. Mas, a história sugere que essa previsão nunca é verdadeira. Sempre há escassez percebida e conflito em relação à distribuição (AUTOR, 2015).

Não há contradição aparente entre a premissa adotada de escassez extinta e a afirmação categórica de escassez percebida. Pode-se vislumbrar a extinção da escassez ao se considerar que o volume de riqueza acumulada possa ser suficiente para sanar todas as demandas econômicas, de todas as pessoas, inclusive no que tange ao seu sustento e subsistência sem o mecanismo do trabalho como fonte de renda. Por outro lado, de forma concomitante, pode-se também afirmar que sempre há escassez percebida. Isto porque a riqueza, historicamente, não tem sido distribuída de forma justa, persistindo enormes e, aparentemente, intransponíveis diferenças econômicas e sociais; desigualdade num sentido amplo, entre indivíduos, entre grupos, raças, gêneros e nações (PIKETTY, 2015; DOWBOR, 2017; DEATON, 2017).

Outra característica diferenciadora da nova revolução tecnológica, que aumenta a importância da discussão sobre distribuição da riqueza, é a de que haverá crescimento maior da demanda por ocupações com altos salários, enquanto a demanda por ocupações de salários médios e baixos diminuem acentuadamente

(MGI, 2017f). Uma polarização do emprego e dos salários teria fortes repercussões sociais, ou seja, um encolhimento da classe média e um aumento geral da desigualdade, inclusive em países de economia desenvolvida. As previsões sobre o futuro do trabalho enfatizam a necessidade de ações para evitar esse cenário (BMAS, 2017). Uma evidência concreta da possível tendência à desigualdade e concentração de riqueza pode ser vista na onda de inovação anterior. A internet, que também catalisou a criação de inúmeros empregos e negócios, foi responsável por 21% do crescimento do PIB mundial nos últimos cinco anos. Os Estados Unidos, a maior força no provimento mundial da internet, capturou sozinho mais de 30% do faturamento global da internet e mais de 40% do lucro líquido (MGI, 2011). De alguma maneira, a distribuição dos ganhos de produtividade torna-se um tema central. Os lucros corporativos - incluindo os das grandes plataformas digitais - devem ser tributados regularmente (BMAS, 2017). Alternativas de revisão da legislação tributária, políticas fiscais e criação de mecanismos de renda mínima devem ser avaliados (OSBORNE; FREY, 2013; MGI, 2017a).

Há aqui uma questão política importante: em várias partes do mundo, incluindo a América do Sul e parte da Europa, mas não somente nestas regiões, a reação a certos fracassos de governos de esquerda tem estimulado a ascensão de partidos de direita e fortalecido discursos neoliberais mais radicais que pregam, entre outras medidas, a redução do Estado (Estado mínimo), uma postura não intervencionista e regulatória, privatizações de serviços, estruturas e funções públicas. Ora, as políticas e medidas necessárias para alterar os sistemas tributários e de distribuição de renda, rever as bases dos sistemas de educação e de capacitação para o trabalho, regular o poder excessivo de grandes corporações – que tende a aumentar com a questão tecnológica, criar mecanismos de proteção social para os trabalhadores em fase de transição, realizar investimentos estratégicos de fomento ao desenvolvimento tecnológico, fortalecer os setores produtivos prioritários, entre outras, dependem da capacidade operacional e das iniciativas dos Estados. Inclusive, para articular medidas coletivas junto a organizações internacionais (Nações Unidas, Organização Internacional do Trabalho, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico,

Organização Mundial do Comércio etc.) e junto a outros países e blocos econômicos. Há, portanto, um paradoxo temporal entre o atual viés político de redução do Estado e maior liberalização econômica e as novas demandas que estão se apresentando para o Estado. Não há, nesta afirmação, qualquer proposta de solução para o problema do tamanho dos Estados. Também não há qualquer posicionamento ideológico ou julgamento de valor sobre os ideais neoliberais. Tampouco a intenção de enaltecer qualidades ou defenestrar defeitos de qualquer ideologia político-econômica, independentemente do seu espectro ideológico. A conclusão que aqui se chega é de ordem pragmática: é estratégico e absolutamente necessário o envolvimento do Estado no processo de preparação, condução de iniciativas e enfrentamento dos desafios que estão sendo trazidos pela nova revolução tecnológica, numa atuação efetiva e associada à iniciativa privada, às universidades, à comunidade científica e à sociedade civil.

Sobre a segunda questão: a transição, segura, de uma sociedade economicamente baseada na renda do trabalho para outra onde não haja trabalho para muitos. Antes de mais nada, é preciso considerar a realidade atual. O desemprego e o subemprego já são altos em todo o mundo. Somente nos Estados Unidos e nos quinze países principais da União Europeia - uma parcela relevante dos países com os melhores índices de desenvolvimento econômico e social, existem 285 milhões de adultos que não estão na força de trabalho. Pelo menos cem milhões deles gostariam de trabalhar mais. Cerca de 30% a 45% da população em idade de trabalhar em todo o mundo está subutilizada, isto é, desempregada, inativa ou subempregada. Nos Estados Unidos e na União Europeia entre 20% e 30% da população em idade ativa está envolvida em trabalho independente, ou seja: esporádico, incerto e mais precário. São cerca de 850 milhões de pessoas nos Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha, Japão, Brasil, China e Índia nesta condição. A maior parte da atenção é dada à parcela desempregada deste número e não se discute o suficiente sobre as porções subempregadas e inativas, que compõem a maioria do potencial humano inexplorado (MGI, 2017a). Fora isto, há questões metodológicas das pesquisas de emprego que podem, ainda, ocultar parte

do problema. Por exemplo, alguns indicadores utilizados no Brasil para a análise das taxas de desemprego mascaram a percepção da real situação do mercado de trabalho e levam a discussões não pertinentes sobre esta perspectiva (KON, 2012). Para ilustrar, no Brasil, o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, utiliza a PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua para apurar índices de desemprego. De acordo com a metodologia utilizada na PNAD, são classificadas como “ocupadas” as pessoas que, na semana de referência em que a pesquisa foi feita, trabalharam pelo menos uma hora completa em trabalho que tenha sido remunerado em dinheiro, produtos, mercadorias ou benefícios que podem ser moradia, alimentação, roupas, treinamento etc. (IBGE, 2018). A tabela apresenta as taxas de desemprego em alguns países selecionados.

Tabela 3: Taxa oficial de desemprego em 2017 para países selecionados.

Taxa de desemprego total - 2017	
Japão	2,8%
Alemanha	3,7%
Reino Unido	4,3%
EUA	4,4%
França	9,7%
Itália	11,3%
Brasil	12,9%
Espanha	17,4%
Grécia	21,4%

Fonte: International Organization Labor (2018). Elaborado pelo autor.

Entre os jovens que buscam oportunidades no mercado de trabalho os índices de desemprego são ainda mais altos. No Brasil, o índice de desemprego entre jovens de dezoito a vinte e quatro anos foi de 30% no final de 2017. Nos EUA e Canadá, 10,4%. Na Europa o índice médio foi de 18,2%, mas na Espanha atingiu 38% em novembro de 2017 (INTERNATIONAL ORGANIZATION LABOR, 2018; IBGE, 2018; TRANDING ECONOMICS, 2018c).

Enquanto as previsões sobre o impacto da digitalização no mercado de trabalho estão chegando a conclusões diferentes, todas concordam em um ponto: que um alto nível de dinamismo é esperado para as próximas décadas. As profissões e as indústrias mudarão. Criar e manter a empregabilidade dos indivíduos está se tornando o foco da atenção (BMAS, 2017).

A partir deste contexto, fica bastante evidente que estamos falando não de um problema que surge ou que surgirá, mas um problema histórico, recorrente, atual e complexo. O modelo capitalista não conseguiu atingir, de forma abrangente e sustentável, o regime de pleno emprego. Sempre que esta situação é alcançada (e isto é verificado em algumas economias, durante alguns períodos, certamente como exceção e não como regra) é motivo de comemoração para alguns, como se servisse para validar uma espécie de vitória deste modelo econômico e do ponto de vista dos que o defendem (HEILBRONER, 1990; MISES BRASIL, 2017). Tal disparate se dá entre aqueles que teimam ainda numa postura de comparação antagonista entre capitalismo e socialismo ou comunismo. Esse exercício de crítica sem autocrítica, é levado a cabo por simpatizantes de ambos os lados, com suas visões e mentes enevoadas por colírios ideológicos que os impedem de ver, com isenção, os grandes problemas: a desigualdade, a pobreza, a injustiça social, a discriminação, a corrupção, a perda da dignidade humana. Talvez a leitura mais correta sobre os modelos econômicos e seus efeitos sobre as sociedades tenha sido dada por Max Weber. Ao mesmo tempo que criticava o socialismo científico de Karl Marx e desconstruía tecnicamente seus argumentos, apontava as contradições do modelo capitalista classificando-o como excludente, promotor de diferenças e desigualdades, insustentável (WEBER, 1999, 2003).

Assim, a ideia de uma transição segura de uma sociedade economicamente baseada na renda do trabalho para outra onde não haja trabalho para muitos é, por si, somente uma utopia. Já não há trabalho para todos ou condições mínimas de dignidade para enormes contingentes de pessoas na maior parte dos países do mundo. Os conflitos sociais decorrentes desta situação já compõem a realidade das sociedades e das cidades, manifestando-se de várias formas: violência, protestos, agitação política e popular. Pode-se falar, então, apenas sobre como se poderia minimizar os efeitos que serão gerados pelas inevitáveis transformações na economia e na sociedade humana pela nova revolução tecnológica. Aqui, a segunda questão se relaciona com a primeira, visto que entre as medidas para minimizar os efeitos deletérios do aumento da perda de empregos, é necessário se discutir a distribuição da riqueza que será gerada. Como já foi colocado quando se tratou das novas demandas para o Estado com o cenário que se aproxima, é necessário: a criação e reforço dos mecanismos de proteção social para os trabalhadores em transição e grupos socialmente mais vulneráveis, novas políticas fiscais e tributárias que propiciem a divisão dos futuros ganhos de produtividade e corrijam as distorções já existentes nos sistemas de impostos, o estímulo e apoio financeiro e técnico para atividades mais intensivas em mão de obra, como agricultura familiar, produção orgânica, construção civil etc. (vide item 5.5.2 - Iniciativas críticas para uma estratégia 4.0 no Brasil). É necessária, além dessas medidas de caráter interno, que os países de economia mais desenvolvida elaborem estratégias e programas de apoio e colaboração com os países mais pobres para mitigar os impactos nestes países e as consequências que, em maior ou menor grau, acabam sendo compartilhadas por todos. Também, como já foi citado, entre outras medidas deve ser avaliada a viabilidade de programas de renda básica universal.

Finalmente, sobre a terceira questão: a construção e a viabilização de alternativas para a falta do trabalho enquanto fonte de significado e propósito de vida subjetivo, parte-se do pressuposto de que o grande número de empregos perdidos para máquinas mais eficientes é apenas parte dos efeitos da

transformação digital. A automação generalizada, associada com a inteligência artificial pode impedir a economia de criar novos empregos suficientes (OSBORNE; FREY, 2013). A partir daí, considerando-se que um relativo sucesso possa ser alcançado na distribuição da riqueza gerada, e que a transição de alguma maneira seja superada, a civilização teria chegado ao estágio que Keynes previu: uma sociedade que superou a escassez de recursos e vive num mundo onde o trabalho remunerado é disponível a poucos. O que está envolvido aqui é a construção subjetiva de significado a partir do trabalho, que não é uma questão trivial que possa ser desconsiderada ou subavaliada. Keynes (1932), como já foi mencionado, escreveu sobre o desafio de se alterar hábitos e instintos do homem comum que se tornaram parte de sua cultura desde muitas gerações.

O trabalho – e o trabalhador – já foram desvalorizados em outras épocas da história, como na Grécia Clássica, onde a virtude estava mais na contemplação filosófica e na arte da guerra do que na ação laboral. O Velho Testamento cita o trabalho como uma punição de Deus a Adão: - Do suor do teu rosto comerás o teu pão (BÍBLIA, Gênesis, 3.19). Entretanto, esta concepção foi radicalmente transformada pelo capitalismo industrial, que cunhou a concepção moderna de trabalho, inclusive com sua glorificação como fonte de todos os valores (ARENDRT, 2014). A religião, especialmente o protestantismo nos primeiros tempos do capitalismo, também contribuiu para valorizar o trabalho como virtude, que se relacionava a aspectos do sagrado (WEBER, 2003). Com o capitalismo, o trabalho não apenas passou a ser uma representação de identidade, mas se tornou um fim em si mesmo. No pensamento de Arendt (2005), o trabalho compõe a vida ativa, a qual não é apenas aquela em que a maioria dos homens está engajada, mas aquela da qual nenhum homem pode escapar completamente. A vida ativa é composta por três grandes atividades humanas: o trabalho, a obra (ou fabricação) e a ação (atuação política). Há, nesta concepção teórica, uma distinção entre trabalho (do inglês *labor*) e obra (do inglês *work*). Os trabalhadores, na linguagem aristotélica e dentro da lógica de Arendt, são aqueles que “com seus corpos atendem às necessidades da vida”. O termo *trabalho*, corresponde aos processos biológicos do corpo (ARENDRT, 2005). Em Santo Tomás de Aquino, o homem está obrigado por

preceito a nutrir seu corpo e obrigado a tudo mais sem o que o corpo não pode viver. Quem não tem posse ou um negócio lícito, está obrigado a trabalhar (AQUINO, 2015).

Ao trabalhar, os homens suprem as necessidades vitais que devem alimentar o processo vital do corpo humano. Esse processo vital os conduz do nascimento até a morte em uma progressão retilínea de declínio. Assim a atividade do trabalho tem que seguir o ciclo da vida, o movimento circular das funções corporais, o que significa que a atividade do trabalho nunca chega a um fim enquanto durar a vida. O trabalho, diferentemente de todas as outras atividades humanas, permanece sob o signo da necessidade, a necessidade de subsistir, a eterna necessidade imposta pela natureza. Uma vez que o trabalho corresponde à condição da própria vida, participa não apenas das suas fadigas e penas, mas também da mera felicidade com que se pode experimentar o fato de estar vivo. A bênção ou a alegria do trabalho, que desempenha um papel tão importante na vida moderna, não é uma noção vazia. O capitalismo também misturou estes dois conceitos, traduzidos pelas palavras *work* e *labor* (ARENDDT, 2005). Na economia capitalista, aqueles que buscam o trabalho nas empresas e organizações precisam se sujeitar as suas regras para não serem lançados à rua sem trabalho (WEBER, 2003).

O homem e os homens, que estão sempre envolvidos uns com os outros por meio da ação e da comunicação, não são claramente seres meramente naturais. Mas, na medida em que também são criaturas vivas, o trabalho é o único modo de permanecerem e participarem do ciclo definido pela natureza, afadigando-se e descansando, trabalhando e usufruindo os resultados do seu trabalho, com a mesma regularidade feliz e sem propósito com a qual o dia e a noite, a vida e a morte sucedem um ao outro. A recompensa das fadigas e penas é até mais real, menos fútil, que qualquer outra forma de felicidade. Ela repousa na confiança serena de que aquele que nas fadigas e penas fez sua parte, permanece uma parte da natureza, no futuro de seus filhos e dos filhos de seus filhos (ARENDDT, 2005). O homem, tendo sido desapropriado do seu trabalho, perde uma importante fonte geradora de felicidade (FREUD, 2011).

Não há felicidade nem contentamento duradouros para os seres humanos fora do círculo prescrito da dolorosa exaustão e da prazerosa regeneração oriundas do trabalho. Tudo o que lança este ciclo em desequilíbrio, seja a miséria, onde a exaustão é seguida pela penúria, seja uma vida inteiramente sem esforço, onde o tédio toma o lugar da exaustão, seja onde os moinhos da necessidade, do consumo e da digestão trituram inclementes até a morte o corpo humano impotente, irá arruinar a felicidade elementar que resulta do estar vivo (ARENDDT, 2005). Se a sociedade fundamentada no trabalho haverá de perder o trabalho como fundamento básico, é necessário pensar desde já em outras formas de se dar sentido a vida humana. O trabalho não pode ser uma função única de se avaliar a atitude humana (ARENDDT, 2014).

O trabalho, nos tempos atuais, não se mantém circunscrito na área mais aparente onde costuma ser identificado, a atividade remunerada. O trabalho é algo que se expande como um processo, que transcende os limites e acaba no fim tomando conta de toda a nossa vida. Essa concepção do trabalho e sua importância nos afigura como uma concepção natural. Na verdade, não passa de uma concepção histórica. Somente a partir deste entendimento, é possível se libertar desta maneira de pensar, historicamente pré-formada, que nos transforma em homens governados por esta razão (KAMPER, 1998). O homem deverá se libertar da sua cabeça assim como o condenado se liberta da prisão (BATAILLE, 1936).

São grandes os desafios que estão sendo trazidos pela nova revolução tecnológica. A velocidade da transformação e a complexidade que se apresentam são impressionantes. É certo, também, que a imagem do futuro próximo ainda não está consolidada. Também se deve contar com a serendipidade. A palavra é derivada originalmente da língua inglesa – *serendipity* – que significa a faculdade de se fazer descobertas felizes e inesperadas por acidente (DICIONÁRIO Oxford, 2017). Foi aparentemente cunhada pelo escritor Horace Walpole, no século XVI, a partir de um romance: “*The Three Princes of Serendip*”, que narra a capacidade dos protagonistas de “acidentalmente”, realizar descobertas que lhes traziam grandes benesses (BOYLE, 2000). O deslocamento dos cientistas e engenheiros no sentido laboratório-sociedade-laboratório, na forma de uma rede espiralada que envolve

tantos outros sujeitos comuns, acaba por criar as condições do inesperado no progresso técnico-científico. Os avanços tecnológicos são sociais antes de serem técnicos (LATOURE, 1997).

Ao longo desta pesquisa, diversas questões foram tratadas e algumas precisam ser retomadas para se entender as perspectivas do futuro próximo e para consolidar de forma sintética os resultados desta pesquisa:

- As novas tecnologias permitirão avanços significativos em diversas áreas e aspectos como: saúde e longevidade da vida, geração de energia e eficiência energética, redução de impactos e riscos ambientais, produção de alimentos, melhoria nas condições de tráfego nas grandes cidades, redução dos índices de acidente de trânsito e perda de vidas, sistemas de aprendizagem, entre outros, para aqueles países e cidades que tiverem condições de adotá-las, e à medida que o façam em escala, de forma abrangente e democrática.
- Haverá prosperidade econômica dentro da lógica do processo de destruição criativa, com produtos e negócios sendo substituídos por outros.
- A geração de postos de trabalho será afetada pelo desemprego tecnológico.
- Haverá um desequilíbrio na geração de postos de trabalho em termos das funções de maior e menor qualificação, sendo a segunda categoria impactada desde o início do processo, nas fases de crescimento e prosperidade da nova onda de inovação tecnológica.
- Após 2030, aproximadamente, se iniciará também o declínio de parte da força de trabalho mais qualificada necessária para operação de empresas e organizações.
- A segunda fase da sexta onda de inovação, com suas etapas típicas de recessão e depressão, pode ser particularmente crítica por combinar degradação das condições econômicas e diminuição de empregos numa sociedade cuja transformação para um novo modelo de geração de renda e modo de vida ainda não esteja plenamente consolidada, por conta da velocidade com a qual toda a mudança deve ocorrer.
- A riqueza que será gerada com o crescimento econômico na etapa de prosperidade da sexta onda será captada de forma concentrada por alguns poucos

países que possuem a combinação de alto grau de desenvolvimento tecnológico, boa infraestrutura de rede e capacidade de armazenamento de dados, capacidade de pesquisa e inovação, economia robusta, grau avançado de robotização e automatização de suas empresas, força de trabalho qualificada e capaz de assimilar as novas funções, sistemas de educação e capacitação profissional capazes de se ajustar rapidamente às novas demandas, além de um Estado capaz de planejar, envolver, articular e liderar o processo de transformação digital. Países como a Alemanha, Áustria, Suécia, Japão, Coréia do Sul, Finlândia, Estados Unidos parecem ser alguns dos países que possuem, em maior ou menor grau, aderência as estas condições.

- Alguns dos países que se beneficiarão da nova revolução tecnológica em termos de crescimento econômico também devem enfrentar desafios e tensões internas por conta da forma desigual pela qual estes benefícios atingirão suas cidades, regiões, empresas e indivíduos.

- A curva demográfica de cada país e o seu grau de sucesso na condução da transformação digital parecem ser os dois fatores determinantes para o crescimento econômico no futuro próximo.

- Países emergentes podem sofrer um processo de desindustrialização de suas economias e aumento dos índices de desemprego por conta da automação que atingirá, de forma simultânea, os grandes setores da economia: indústria, agropecuária e serviços, além do efeito de outros mecanismos de impacto no emprego.

- Países pobres podem ter seu ciclo de desenvolvimento econômico interrompido antes que possam atingir a fase de industrialização ou de serviços e enfrentar degradação severa das condições econômicas e sociais e mesmo crises humanitárias.

- A desigualdade de renda e a concentração de riqueza devem aumentar se forem mantidas as estruturas salariais, assim como os sistemas tributários e mecanismos de transferência de renda atuais.

- Há uma série de medidas – que foram discutidas nesta pesquisa - que podem minimizar os efeitos da transformação e os impactos sociais e que devem ser implantadas com rapidez e de forma consistente por governos e líderes.
- Em termos da redução do trabalho, além da revisão dos mecanismos de proteção e seguridade social, é necessária a construção de novas possibilidades capazes de suprir a falta do trabalho como fonte de significado e propósito para o ser humano.
- Os sistemas educacionais, especialmente o superior e o profissionalizante, precisam ser profundamente reestruturados para se adequarem a nova realidade econômica, como historicamente ocorreu em outras ondas de inovação. As universidades deverão avançar na transdisciplinaridade de seus cursos, investir em disciplinas relacionadas a tecnologia, computação e inteligência artificial, além de adequar alguns dos seus currículos e programas para o estímulo ao desenvolvimento de competências como: pensamento crítico e capacidade analítica, modelagem e solução de problemas, capacidade de pesquisa e inovação, criatividade, planejamento e gestão de projetos, trabalho em equipes colaborativas, gestão de mudanças, resiliência, empatia e relacionamento interpessoal. Ao mesmo tempo, resgatar disciplinas de humanidades que de certa forma tiveram sua aplicação restringida por conta do paradigma industrial e utilitarista que modelou boa parte das instituições e visões de mundo no século XX.
- Em termos das grandes inovações tecnológicas, a Inteligência Artificial, a Internet das Coisas e a Indústria 4.0 serão as principais condutoras da sexta onda de inovação, viabilizadas por um conjunto de tecnologias habilitadoras numericamente mais extenso do que os das ondas anteriores.
- Seis principais mecanismos, identificados nesta pesquisa, causarão os impactos mais importantes sobre o trabalho humano: automação e robotização, digitalização dos serviços, compactação das cadeias produtivas, convergência de empresas, repatriação de fábricas e crises nos países pobres e emergentes. Destes, a compactação das cadeias produtivas e a repatriação das fábricas podem ser considerados relativamente inéditos. Os demais mecanismos são conhecidos em termos de sua lógica e efeitos; porém, estão sendo reconfigurados e potencializados

pelas inovações disruptivas. O mecanismo das crises nos países pobres e emergentes é, ao mesmo tempo, causa e efeito dos impactos sobre o trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABB. Yumi – *Creating na Automated Future Togheter*. Disponível em: <<http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/yumi>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

ABRADISTI. São Paulo, 2013 – 2018. Disponível em: <<http://www.abradisti.org.br/blog/mercado-impressoras-3d-cresce-2016/>>. Acesso em: 5 jan.2018.

ABSE. *Tempo médio para registro de patentes é de 7 a 10 anos*. São Paulo: ABS, 2017. Disponível em: <<http://www.abessoftware.com.br/noticias/tempo-medio-para-registro-de-patentes-e-de-7-a-10-anos>>. Acesso em: 29 dez. 2017.

ADIDAS. *Herzogenaurach*, 2018. Disponível em: <<https://www.adidas.com/us/speedfactory>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

AFFOA. Cambridge, 2018. Disponível em: <<http://go.affoa.org>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

AGOSTINHO, Santo. *A cidade de Deus: contra os pagãos*, parte II. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2010. Disponível em: <<http://www.unilibRARY.com/ebooks/Saint%20Augustine%20%20City%20of%20God.pdf>>. Acesso em: 5 dez. 2017.

AIM PHOTONICS. Rochester, 2018. Disponível em: <<http://www.aimphotonics.com>>. Acesso em 18 jan. 2018.

AIRBNB. San Francisco, 2018. Disponível em: <<https://www.airbnb.com>>. Acesso em 4 jan. 2018.

ALARCÃO, J., Introdução ao Estudo da Tecnologia Romana In: *Cadernos de Arqueologia e Arte*, 7, Instituto de Arqueologia, Coimbra, p. 195, 2004. Disponível em: <<https://digitalis-dsp.uc.pt/jspui/handle/10316.2/37739>>. Acesso em: 30 set. 2017.

ALLEN, K. Frog Bikes bring manufacturing back home to beat the business cycle. *The Guardian*, London, 19 ago. 2016. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/business/2016/aug/19/frog-bike-brexit-vote-fails-to-put-brake-on-bike-companys-new-welsh-factory>>. Acesso em 8 jan. 2018.

AMAZON MECHANICAL TURK. Seattle, 2005-2018. Disponível em: <<https://www.mturk.com>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

AMERICAMAKES. Youngstown, 2018. Disponível em: <<https://www.americamakes.us>>. Acesso em: 3 jan. 2018.

AMORIM, L., OLIVEIRA, C. Elon Musk, da Tesla, entre os sonhos e a realidade. *Exame*, São Paulo, 17 nov. 2017. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/elon-musk-da-tesla-entre-os-sonhos-e-a-realidade/>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

ANANDAN, T. Readyng Your Robots and Workforce for Industry 4.0. Ann Arbor: RIA, 2017. Disponível em: < [https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-Industry-Insights/Readyng-Your-Robots-and-Workforce-for-Industry-4-0/content\\_id/6553](https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-Industry-Insights/Readyng-Your-Robots-and-Workforce-for-Industry-4-0/content_id/6553)>. Acesso em: 8 jan. 2018.

ANFAVEA. São Paulo, 2017. Disponível em: < <http://www.anfavea.com.br/estatisticas.html>>. Acesso em 20 dez. 2017.

ANTUNES, R. A era da informatização e a época da informalização: riqueza e miséria do trabalho no Brasil. In: \_\_\_\_\_ Riqueza e miséria do trabalho no Brasil. São Paulo, Boitempo, 2006. p. 15-25.

AQUINO, S. T. *Comentário a Tessalonicenses*. Porto Alegre: Concreta, 2015.

ARENDT, H. *A condição humana*. 12. Ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2014.

ARENDT, H. *Trabalho, obra e ação*. Cadernos de Ética e Filosofia Política. v. 7, n. 2, 2005. Disponível em: < <https://filosoficabiblioteca.files.wordpress.com/2013/10/arendt-trabalho-obra-acao.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2017.

ARM INSTITUTE. Pittsburg, 2018. Disponível em: < <http://www.arminstitute.org>>. Acesso em: 3 jan. 2018

ARTHUR, W.B. *The second Economy*. Quarterly Report Mckinsey & Company, 2011. Disponível em:<<https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/the-second-economy>>. Acesso em: 10 Dez. 2017.

ASHTON, KEVIN. *That "Internet of Things"*. [S.l.]: RFID JOURNAL, 2009. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>>. Acesso em: 16 dez. 2015.

ASIMOV, I. *I, Robot*. New York: Gnome Press, 1950. Disponível em: <[https://www.ttu.ee/public/m/mart-murdvee/Techno-Psy/Isaac\\_Asimov\\_-\\_I\\_Robot.pdf](https://www.ttu.ee/public/m/mart-murdvee/Techno-Psy/Isaac_Asimov_-_I_Robot.pdf)>. Acesso em: 3 dez. 2017.

AUTOLIB. Paris, 2018. Disponível em: <https://www.autolib.eu/fr/>. Acesso em 9 jan. 2018.

AUTOR, D. H. *Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation*. Pittsburgh: Journal of Economic Perspective, v. 29, n. 3, p. 3–30, 2015. Disponível em: <https://economics.mit.edu/files/11563>. Acesso em: 28 dez. 2017.

AZNAR, G. *Trabalhar menos para trabalharem todos*. São Paulo: Scritta, 1995.

BANCO DO POVO PAULISTA. São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.bancodopovo.sp.gov.br/requisitos-para-solicitacao/>. Acesso em: 10 jan. 2018.

BARTON, D. et al. *Intelligence artificial: implications for China*. McKinsey Global Institute, 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/global-themes/china/artificial-intelligence-implications-for-china>. Acesso em: 3 out. 2017.

BATAILLE, G. *A conjuração sagrada*. Paris: Acephale, 1936. Disponível em: <https://www.culturaebarbarie.com.br/ramond-roussel/acephale-n-1-a-conjuração-sagrada>. Acesso em: 5 out. 2017.

BATTISTON, S. et al, 2016. Complexity theory and financial regulation. In: *Science Magazine*, Washington, v. 351, n. 6275, p. 818-819, 2016. Disponível em: <http://science-sciencemag-org.ez95.periodicos.capes.gov.br/content/sci/351/6275/818.full.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018.

BAUER, H. et al. *Industry 4.0 - How to navigate digitization of the manufacturing sector*. Munich: McKinsey Digital, 2015. Disponível em: [https://www.mckinsey.de/files/mck\\_industry\\_40\\_report.pdf](https://www.mckinsey.de/files/mck_industry_40_report.pdf). Acesso em: 16 jan. 2018.

BAUMAN, Z. *Vida para consumo*. Rio de Janeiro: Ed. Zahar, 2008.

BAUMAN, Z. *Modernidade líquida*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001.

BAUMAN, Z. *O mal-estar da pós-modernidade*. Rio de Janeiro: Ed. Zahar, 1998.

BAXTER. *Baxter Robots in Action - Customer Montage, EUA*. Produção: The Proud Company. Vídeo, 4'14". Publicado em: 15 out. 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=oD9DE0HjMM4>. Acesso em: 4 dez. 2017.

BBC. *Stephen Hawking warns artificial intelligence could end mankind*. Produção: BBC News, London. Vídeo, 5'05". Publicado em: 2 dec. 2014. Disponível em: <http://www.bbc.com/news/technology-30290540>. Acesso em 12 jan. 2018.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The semantic web: a new form of web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. *Scientific American*, v. 284, n. 5, p. 34-43, 2001. Disponível em: <[https://www-sop.inria.fr/acacia/cours/essi2006/Scientific%20American\\_%20Feature%20Article\\_%20The%20Semantic%20Web\\_%20May%202001.pdf](https://www-sop.inria.fr/acacia/cours/essi2006/Scientific%20American_%20Feature%20Article_%20The%20Semantic%20Web_%20May%202001.pdf)>. Acesso em 4 out. 2017.

BÍBLIA. *Gênesis*, 3.19. In: BÍBLIA. Português. Bíblia de Jerusalém. 2. ed. São Paulo: Paulus, 2017.

BIOFABUSA. Manchester, 2018. Disponível em: <<https://www.armiusa.org>>. Acesso em 3 jan. 2018.

BITTNER, O., SHACKLADY, J. *IT cost reduction: using new technologies to reduce costs and gain agility*. Berlin: Accenture Strategy, 2015. Disponível em: <[https://www.accenture.com/t20151003T004643Z\\_\\_w\\_\\_/us-en/\\_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy\\_4/Accenture-IT-Cost-Reduction-Using-New-Technology.pdf#zoom=50](https://www.accenture.com/t20151003T004643Z__w__/us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy_4/Accenture-IT-Cost-Reduction-Using-New-Technology.pdf#zoom=50)>. Acesso em: 15 jan. 2018.

BLS. Employment Projections – 2014-24. Bureau of Labor Statistics U.S. Department of Labor. Disponível em: <[http://www.bls.gov/news.release/archives/ecopro\\_12082015.pdf](http://www.bls.gov/news.release/archives/ecopro_12082015.pdf)>. Acesso em 10 Jan, 2018.

BMAS. *Weis Buch – Arbeiten 4.0*. Berlin: Bundesministerium für Arbeit und Soziales Abteilung Grundsatzfragen des Sozialstaats, der Arbeitswelt und der sozialen Marktwirtschaft. Berlin: BMAS, 2017. Disponível em: <[https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a883-weissbuch.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a883-weissbuch.pdf?__blob=publicationFile)>. Acesso em 22 jan. 2018.

BMW Group. Produção: *TV Footage BMW i*. Publicado em: 4 fev. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=q2nFKkbV63Y&t=160s>>. Acesso em 6 jan. 2018.

BMW. *The BMWi THESEUS Research Program - New Technologies for the Internet of Services*. Berlin: Federal Ministry of Economics and Technology, 2008. Disponível em: <[https://www.bmw.de/Redaktion/EN/Publikationen/theseus-research-program.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmw.de/Redaktion/EN/Publikationen/theseus-research-program.pdf?__blob=publicationFile&v=1)>. Acesso em 20 jan. 2018.

BOGUE, R. Recent developments in adhesive technology: a review. *Assembly Automation*, v. 31, n. 3, p.207-211, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/01445151111150532>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

BOLTON, D. Employee numbers at the Foxconn factory in Kunshan were slashed from 110,000 to 50,000. London: *Independent News*, 2016. Disponível em: <<http://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/foxconn-factory-robots-kunshan-jobs-replaced-a7048541.html#gallery>>. Acesso em 29 set. 2017.

BOWER, J. L., CHRISTENSEN, C. M. *Disruptive Technologies: Catching the Wave*. Boston: Harvard Business Review, January-February, 1995.

BOYLE, R. *The Three Princes of Serendip*. Firenze: Memorie dal Mediterraneo, 2000. Disponível em: <<http://www.memoriedalmediterraneo.com/wp-content/uploads/2013/12/three-princes-of-serendip.richard-boyle.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

BRASIL. Lei nº 10.835 de 8 de janeiro de 2004. Institui a renda básica de cidadania e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 9 de janeiro de 2004. Seção 1, p.1.

BRESSER-PEREIRA, L.C., (1973). *A função investimento e a eficiência marginal do capital*. Disponível em: <[http://www.bresserpereira.org.br/works/casos/73.FunçãoInvestimento\\_EficienciaMarginalDoCapital.pdf](http://www.bresserpereira.org.br/works/casos/73.FunçãoInvestimento_EficienciaMarginalDoCapital.pdf)>. Acesso em 10 jan. 2018. >. Acesso em 8 Dez 2017.

BRYNJOLFSSON, E., MCAFEE, A. *Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. Lexington, Massachusetts: Digital Frontier Press, 2011.

BULLARD, S. How Adidas is Utilizing Industry 4.0 to Reduce Time to Market. Harvard: *Harvard Business School*, 2017. Disponível em: <<https://rctom.hbs.org/submission/how-adidas-is-utilizing-industry-4-0-to-reduce-time-to-market/>>. Acesso em 21 jan. 2018.

BURNAM-FINK, M. *Waves of Innovation: Konratiev Waves. Help Explain What Carries Our Economy Forward over Generations*. Science progress. Disponível em: <<https://scienceprogress.org/2011/05/waves-of-innovation-2/>>. Acesso em 8 dez. 2017.

BUXMANN, P., HESS, T., RUGGABER, R., Internet of Services. Business & Information Systems Engineering. *Bise Journal*, 2009. Disponível em: <<https://link.springer.com.ez95.periodicos.capes.gov.br/content/pdf/10.1007%2Fs12599-009-0066-z.pdf>>. Acesso em 16 jan. 2018.

CAMPOS, V. F. *Gerência de qualidade total: estratégia para aumentar a competitividade da empresa brasileira*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni - Escola de Engenharia da UFMG - Bloch Editores, 1990.

CANO, W. *Desequilíbrios regionais e concentração industrial no Brasil 1930-1970*. 3ª ed. São Paulo: Editora Unesp, 2007.

CARBONE, D. *Industria 4.0 e World Class Manufacturing: punti di contatto*. Castelbellino: Next, 2017. Disponível em: <<https://mynext.it/2017/04/industria-4-0-world-class-manufacturing/>>. Acesso em 12 dez. 2017.

CARPOOLWORLD. Jericho, 2000-2018. Disponível em: <[https://www.carpoolworld.com/carpool\\_.html](https://www.carpoolworld.com/carpool_.html)>. Acesso em: 3 jan. 2018.

CASTELLACCI, F. *Innovation and the Competitiveness of Industries: Comparing the Mainstream and the Evolutionary Approaches*. *Technological Forecasting and Social Change* [S.l.], v. 75, n.7, p.984-1006, 2008.

CASTELLS, M. *A sociedade em rede. A era da informação: economia, sociedade e cultura*. ed. 9. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

CASTELLS, M. *Fim de milênio: A era da informação: Economia, sociedade e cultura*. ed.5. v. 3. São Paulo: Paz e Terra, 2007.

CASTELNOVO, W., MISURACA, G., SAVOLDELLI, A. Smart Cities Governance: The Need for a Holistic Approach to Assessing Urban Participatory Policy Making. *Social Science Computer Review*, v. 34., ed. 6., 2015. p. 724-739. Disponível em: <<https://doi-org.ez95.periodicos.capes.gov.br/10.1177/0894439315611103>>. Acesso em: 20 set. 2017.

CASTRO, M. Mecanização no campo muda as relações de trabalho. *Jornal Estado de Minas*, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <[https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2013/01/14/internas\\_economia,343131/mecanizacao-no-campo-muda-as-relacoes-de-trabalho.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2013/01/14/internas_economia,343131/mecanizacao-no-campo-muda-as-relacoes-de-trabalho.shtml)>. Acesso em : 10 Jan. 2018.

CASTRO, P. R. O crédito e a retomada do crescimento em 2018. In: 1º Congresso Brasileiro de Indústria 4.0, 2017, São Paulo. *Anais*. São Paulo: FIESP, 2017. Disponível em: <<http://hotsite.fiesp.com.br/industria40/apresentacoes/mesa-1/BNDES-Paulo-Rabello.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

CAVALCANTI W. C., SOARES, C.L. Micro e nano manufatura: uma revisão de literatura. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 14, 2013, Resende. *Anais*. Resende: AEDB, 2013. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/41818470.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

CESMII. Los Angeles, 2018. Disponível em: <<https://www.cesmii.org>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

CHIAVERINI, V. *Tecnologia Mecânica*. ed. 2. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

CHOPRA, S., MEINDL, P. *Gestão da Cadeia de Suprimentos: estratégia, planejamento e operações*. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2015.

CHRISTENSEN, C. M. *Disruptive Innovation*. New York: Cleyton Christensen, 2017. Disponível em: <<http://www.claytonchristensen.com/key-concepts/>>. Acesso em: 30 out. 2017.

CHRISTENSEN, C. M. *The Innovator's Dilemma: The Revolutionary Book That Will Change the Way You Do Business*. New York: Harper Business Essentials, 2011. Disponível em: <<https://www.amazon.ca/Innovators-Dilemma-Revolutionary-Change-Business/dp/0062060244>>. Acesso em: 30 out. 2017.

CHRISTENSEN, C. M. *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston: Harvard Business School Press, 1997. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/1b9c/8b37c8d28398f094582add71f65eec1cad1d.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2017.

CHRISTENSEN, C. M., et al. *Disruptive Innovation for Social Change*. Boston: Harvard Business Review, December 2006. Disponível em: <<https://hbr.org/2006/12/disruptive-innovation-for-social-change>>. Acesso em: 3 out. 2017.

CHU, K., JERVELL, E. Adidas decide que fabricar na Alemanha é vantajoso. *The Wall Street Journal*, 10 jun. 2016. Disponível em: <<https://www.wsj.com/articles/adidas-decide-que-fabricar-na-alemanha-e-vantajoso-1465531455>>. Acesso em: 4 dez. 2017.

CIDADÃO.SP. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://www.cidadao.sp.gov.br/servico.php?serv=1539>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

CINIQ. Berlin, 2018. Disponível em: <[https://translate.googleusercontent.com/translate\\_c?depth=1&hl=pt-BR&prev=search&rurl=translate.google.com.br&sl=de&sp=nmt4&u=http://www.ciniq.de/index.php/de/&usg=ALkJrhjx1Z2xt-bZNGaYaXRvFDIk\\_LJ7w](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=pt-BR&prev=search&rurl=translate.google.com.br&sl=de&sp=nmt4&u=http://www.ciniq.de/index.php/de/&usg=ALkJrhjx1Z2xt-bZNGaYaXRvFDIk_LJ7w)>. Acesso em: 9 jan. 2018.

COCCO, G. *Trabalho e cidadania: produção e direitos na era da globalização*. São Paulo: Cortez, 2000.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET (CGI). *TIC Domicílios e Empresas 2010: Pesquisa Sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação no Brasil*. São Paulo: CGI, 2011.

CONEXÃO. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://conexao.segurosunimed.com.br/posts/inteligencia-artificial-no-diagnostico>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

CORRÊA, G.C.P. Tecnologia, automação e desemprego no setor bancário brasileiro (1986 – 2000). In: *Revista Organização Sistêmica*, Curitiba, v.2 n.1 jul - dez 2012.

CORRÊA, H., CORRÊA, C. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

CORTÁZAR J. *Ultimo round, Tomo I*. São Paulo: Civilização Brasileira, 2008.

COSTA, H. A.; COSTA, A., 2008. *Direito da Publicidade*. Brasília: Thesaurus, 2008. Disponível em: <<http://www.arcos.org.br/livros/direito-da-publicidade/capitulo-i-o-setor-de-publicidade/2-o-desenvolvimento-do-setor-de-publicidade#topo>>. Acesso em 15 dez. 2017.

CREDIT SUISSE. *The 2016 Global Wealth Report*. Zürich: Credit Suisse Research Institute, 2016. Disponível em: <<https://www.credit-suisse.com/corporate/en/research/research-institute/global-wealth-report.html>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

CREDIT SUISSE. *The 2017 Global Wealth Report*. Zürich: Credit Suisse Research Institute, 2017. Disponível em: <<https://www.credit-suisse.com/corporate/en/articles/news-and-expertise/the-global-wealth-report-2016-201611.html>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

DAGOSTIM, T. *Velocidade das mudanças: você tem medo ou vê oportunidade?* Joinville: Motor de Conteúdo, 2017. Disponível em: <<http://motordeconteudo.com.br/nutricao-de-leads/o-futuro-do-marketing-digital-ao-infinito-e-alem/>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

DASSAULT SYSTEMES. 2002-2018. Disponível em: <<https://www.3ds.com/customer-stories/single/tesla-motors/>>. Acesso em: 6 jan. 2018.

DAVIS, K. NEWSTROM, J. W. *Comportamento humano no trabalho*. São Paulo: Thomson, 2003. vol. 1 e 2.

DAVIS, M. 2006. *Semantic Wave 2006: Executive Guide to the Business Value of Semantic Technologies*. Semantic Interoperability Community of Practice (SICoP). Washington: 2006. Disponível em: <[http://semanticcommunity.info/Other/Federal\\_Semantic\\_Interoperability\\_Community\\_of\\_Practice](http://semanticcommunity.info/Other/Federal_Semantic_Interoperability_Community_of_Practice)>. Acesso em 3 jan. 2018.

DEATON, A. *A grande saída: saúde, riqueza e as origens da desigualdade*. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2017.

DEBORD, G. *A sociedade do espetáculo*. ed. 2. Rio de Janeiro: Contraponto, 2017.

DELEUZE G., GUATTARI, F. *Mil Platôs: capitalismo e esquizofrenia 2*, v. 5. ed. 2. São Paulo: Editora 34, 2012.

DELOITTE. *Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*. [S.l.]: Deloitte, 2015. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>>. Acesso em: 5 dez. 2017.

DEMING, W. E. *Qualidade: a revolução na Administração*. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

DESENVOLVE SP. Como o Brasil pode construir vantagem competitiva no contexto da Indústria 4.0. In: 1º CONGRESSO BRASILEIRO DE INDÚSTRIA 4.0, 2017, São Paulo. *Anais*. São Paulo: FIESP, 2017. Disponível em: <<http://hotsite.fiesp.com.br/industria40/apresentacoes/mesa-3/Desenvolve-SP-Milton-Luiz-de-Melo-Santos.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2018.

DICIONÁRIO Cambridge. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. Disponível em: <<http://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/disruptive>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

DICIONÁRIO Michaelis. São Paulo: Melhoramentos, 2017. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?r=1&f=1&t=0&palavra=disruptive>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

DICIONÁRIO Oxford. Oxford: Oxford University, 2017. Disponível em: <<https://en.oxforddictionaries.com/definition/serendipity>>. Acesso em: 30 dez. 2017.

DIETER, G. E. *Metalurgia mecânica*. ed. 2. Rio de Janeiro; Guanabara Dois, 1981.

DIGITALTKS, 2016. O mobile demorou apenas 50 dias para alcançar 50 milhões de pessoas. In: *III MMA Fórum*. Istambul: Mobile Marketing Association, 2016. Disponível em: <<https://digitalks.com.br/noticias/o-mobile-demorou-50-dias-para-alcançar-50-milhoes-de-pessoas/>>. Acesso em : 10 jan 2018.

DIISRTE - *Department of Industry, Innovation, Science, Research and Tertiary Education. Enabling technology futures: a survey of the Australian technology landscape - Executive Report*. Canberra: Department of Industry, Innovation, Science, Research and Tertiary Education, 2012. Disponível em: <<https://industry.gov.au/industry/IndustrySectors/nanotechnology/Publications/Documents/EnablingTechnologyFuturesExecutiveReport.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

DIK, R. A. *Industrie 4.0 – Auf dem Weg in die digitale Zukunft*. Frankfurt: Forum Industrie 4.0, 2017. Disponível em: <[https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/15370874/1490351769824\\_Industrie%2040%20konkret.pdf/c6a4ed77-f2e0-4685-9573-94232df797dd](https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/15370874/1490351769824_Industrie%2040%20konkret.pdf/c6a4ed77-f2e0-4685-9573-94232df797dd)>. Acesso em: 16 jan. 2018.

DINIZ, E. *Globalização, reformas econômicas e elites empresariais*. Rio de Janeiro: Editora da FGV, 2000.

DISRUPTIVE. In: Taylor, J. L. In: *Dicionário Metalúrgico*. ed. 2. São Paulo: ABM, 1981.

DMDII. Chicago, 2018. Disponível em: <<http://www.uilabs.org/innovation-platforms/manufacturing/>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

DOBBS, R. et al. *How do you govern a disrupted world?* [S.l.]: McKinsey Global Institute, 2015. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/how-do-you-govern-a-disrupted-world>>. Acesso em: 25 jan. 2018. IBM. *Computação cognitiva na Saúde: a revolução da inteligência artificial*, 2017. Disponível em: <<https://www.ibm.com/blogs/robertoa/2017/10/computacao-cognitiva-na-saude-revolucao-da-inteligencia-artificial/>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

DOWBOR, L. *A era do capital improdutivo: a nova arquitetura do poder, sob dominação financeira, sequestro da democracia e destruição do planeta*. São Paulo: Outras Palavras & Autonomia, 2017. Disponível em: <[http://dowbor.org/blog/wp-content/uploads/2012/06/a\\_era\\_do\\_capital\\_improdutivo\\_2\\_impressaoV2.pdf](http://dowbor.org/blog/wp-content/uploads/2012/06/a_era_do_capital_improdutivo_2_impressaoV2.pdf)>. Acesso em 20 dez. 2017.

DRUCKER, P. F. *O gestor eficaz*. ed. 1. São Paulo: LTC, 2011.

DRUCKER, P. F. *O melhor de Peter Drucker: Homem, Sociedade, Administração*. ed. 1. São Paulo: Nobel, 2001.

DRUCKER, P. F. *Uma era de descontinuidade: orientações para uma sociedade em mudanças*. ed. 2. São Paulo: Zahar, 1974.

DUTTAGUPTA et al, 2017. MFBlog - International Monetary Fund. Washington: 2017. Disponível em: <<https://blogs.imf.org/2017/09/20/growth-that-reaches-everyone-facts-factors-tools/>>. Acesso em 15 nov. 2017.

DW Deutsch Welle. *O setor de serviços*. Disponível em: <<http://www.dw.com/pt-br/o-setor-de-serviços/a-1017270>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

DWIH-SP. São Paulo, 2009-2018. Disponível em: <<http://dwh.com.br/pt-br/cenario-de-inovacao/instituicoes-de-pesquisa>>. Acesso em: 9 jan. 2018.

EASTERBROOK, D. J. *Geologic Evidence of Recurring Climate Cycles and Their Implications for the Cause of Global Climate Changes-the Past is the Key to the Future. Evidence-Based Climate Science*. pp.3-51. Amsterdam: 2011> Disponível em: [http://myweb.wvu.edu/dbunny/pdfs/easterbrook\\_geologic-evidence-of-recurring-climatic-cycles.pdf](http://myweb.wvu.edu/dbunny/pdfs/easterbrook_geologic-evidence-of-recurring-climatic-cycles.pdf)>. Acesso em : 10 Jan. 2018.

EBAY. San José, 1995-2018. Disponível em: <<https://www.ebay.com>>. Acesso em: 6 jan. 2018.

EBC. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2016-10/enem-federais-militares-e-tecnicas-sao-publicas-com-melhor-desempenho>>. Acesso em 5 dez. 2017.

ECONOMIST. *Disruptive technology*, 2009. Disponível em: <<http://www.economist.com/node/13636558>>. Acesso em 10 Dez. 2017.

EMBRAPA. *Agricultura 4.0: a agricultura conectada*. Brasília: Embrapa, 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/busca-de-noticias/-/noticia/15894563/agricultura-40-a-agricultura-conectada>>. Acesso em: 19 jan. 2018.

ERICKSON J., WANG, S. *At Alibaba, artificial intelligence is changing how people shop online*. Alizila, 2017. Disponível em: <<http://www.alizila.com/at-alibaba-artificial-intelligence-is-changing-how-people-shop-online/>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

ERNEST&YOUNG, 2017. Disponível em: <<http://www.ey.com/br/pt/issues>>. Acesso em 15 jan 2018.

ETHICAA. Paris, 2014. Disponível em: <<http://ethicaa.org>>. Acesso em: 2 out. 2017.

EUROPEAN COMMISSION, 2012. *Communication from the commission to the European Parliament, the council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions: A European strategy for key enabling technologies – a bridge to growth and jobs*. Bruxelles: European Commission, 2012. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52012DC0341>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

EUROPEAN COMMISSION. *Reindustrialization of Europe: Industry 4.0 - Innovation, growth and jobs, Forum Europe conference*. Brussels: EC, 2015a. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2014-2019/bienkowska/announcements/reindustrialisation-europe-industry-40-innovation-growth-and-jobs-forum-europe-conference\\_en](https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2014-2019/bienkowska/announcements/reindustrialisation-europe-industry-40-innovation-growth-and-jobs-forum-europe-conference_en)>. Acesso em: 2 dez. 2017.

EUROPEAN COMMISSION. *Towards an Industrial Renaissance*. Brussels: EC, 2015b. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/renaissance\\_pt](https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/renaissance_pt)>. Acesso em: 3 dez. 2017.

EUROPEAN PARLIAMENT. *Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth*. Setembro de 2015. Disponível em: <[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS\\_BRI\(2015\)568337\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)>. Acesso em: 5 jan. 2018.

EY. *Merger integration in a converging world*. EY, 2017. Disponível em: <[http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Merger\\_integration\\_in\\_a\\_converging\\_world/%24FILE/EY-Merger-integration-in-a-converging-world-final-eyg-03318-174gbl.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Merger_integration_in_a_converging_world/%24FILE/EY-Merger-integration-in-a-converging-world-final-eyg-03318-174gbl.pdf)>. Acesso em: 5 jan. 2018.

FAB LAB LIVRE SP. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://fablablivresp.art.br>>. Acesso em 3 jan. 2018.

FEBRABAN. *Pesquisa FEBRABAN de Tecnologia Bancária*. São Paulo: Febraban, 2017. Disponível em: <<https://portal.febraban.org.br/pagina/3106/48/pt-br/pesquisa>>. Acesso em 3 jan. 2018.

FIESP. Como alanca para o desenvolvimento do Brasil. In: 1º Congresso Brasileiro de Indústria 4., 2017, São Paulo. *Anais*. São Paulo: FIESP, 2017. Disponível em: <<http://hotsite.fiesp.com.br/industria40/apresentacoes/mesa-1/Jose-Ricardo-Roriz-Coelho-Fiesp.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

FINEP. *Kevin Ashton – entrevista com o criador do termo “Internet das Coisas”*. Rio de Janeiro: Finep, 2015. Disponível em: <<http://finep.gov.br/noticias/todas-noticias/4446-kevin-ashton-entrevista-exclusiva-com-o-criador-do-termo-internet-das-coisas>>. Acesso em: 4 out. 2017.

FIRJAN. *Indústria 4.0* [Relatório]. Rio de Janeiro: Publicações Firjan/ Cadernos Senai de Inovação, 2016 a. Disponível em <<http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-1.htm#pubAlign>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

FIRJAN. *Indústria 4.0: Internet das Coisas* [Relatório]. Rio de Janeiro: Publicações Firjan/ Cadernos Senai de Inovação, 2016 b. Disponível em <<http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0.htm#pubAlign>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

FORREST, C. *Chinese factory replaces 90% of humans with robots, production soars*. Louisville: Techrepublic, 2015. Disponível em: <<https://www.techrepublic.com/article/chinese-factory-replaces-90-of-humans-with-robots-production-soars/>>. Acesso em 29 set. 2017.

FORTUNE, 2017. FORTUNE 500. Disponível em:< <http://fortune.com/fortune500>>. Acesso em 15 jan. 2018.

FRANCISCO, 2015. *Carta Encíclica Laudato Si': sobre o cuidado da casa comum*. Cidade do Vaticano: Libreria Editrice Vaticana, 2015.

FREEMAN, C., SOETEL, L. *A Economia da Inovação Industrial*. Campinas: Editora Unicamp, 2008. (Clássicos da Inovação).

FREUD, S. *O mal-estar na civilização*. São Paulo: Penguin & Companhia das Letras, 2011.

FRIGO, M. A., SILVA E.C.C. *Augmented Reality in Aerospace Manufacturing. Journal of industrial and Intelligent Information*. v. 4, n. 2, 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/297741952\\_Augmented\\_Reality\\_in\\_Aerospace\\_Manufacturing\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/297741952_Augmented_Reality_in_Aerospace_Manufacturing_A_Review)>. Acesso: 17 jan. 2018.

FRISCHTAK C., ROSEMBERG, N. *Inovação tecnológica e ciclos de Kondratiev* *Revista Pesquisa e Planejamento Econômico*. v. 13, n. 3. Rio de Janeiro: IPEA, 1983. Disponível em: <<http://ppe.ipea.gov.br/index.php/pppe/article/viewFile/354/293>>. Acesso em: 12 set. 2017.

FUKUYAMA, F. *Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution*. New York: Picador, 2002.

FUSÕES & AQUISIÇÕES. *Bancos temem concorrência das grandes empresas de tecnologia*. Fusões & Aquisições, 2018. Disponível em: <<http://fusoesaquisicoes.blogspot.com.br/2018/02/bancos-temem-concorrenca-de-big-tecs.html>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

GALINDO, C. Quando as empresas são mais poderosas que os países. *El País*, Madri, 8 nov. 2017. Disponível em: <[https://brasil.elpais.com/brasil/2017/11/03/economia/1509714366\\_037336.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2017/11/03/economia/1509714366_037336.html)>. Acesso em: 9 dez. 2017.

GARTNER. *Gartner says by 2020, Artificial Intelligence will create more jobs than it eliminates*. Stamford: Gartner, 2017a. Disponível em: <<https://www.gartner.com/newsroom/id/3837763>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

GARTNER. *Predicts 2018: AI and the Future of Work* [Relatório]. Stamford: Gartner, 2017b. Disponível em: <[https://www.commerce-associe.fr/wp-content/uploads/predicts\\_2018\\_ai\\_and\\_the\\_fut\\_342326.pdf](https://www.commerce-associe.fr/wp-content/uploads/predicts_2018_ai_and_the_fut_342326.pdf)>. Acesso em: 21 jan.2018.

GATTI, D. C. *Sociedade informacional e an/alfabetismo digital: relações entre comunicação, computação e internet*. Bauru: Edusc, 2005.

GAYLE, F. The National Network for Manufacturing Innovation [Slideplayer]. In: Engineering Research Council Conference, 2015, Washington. Washington: Society for Engineering Education, 2015. Disponível em: <<http://slideplayer.com/slide/4632628/>>. Acesso em: 4 dez. 2017.

GEHL, J. *Cidades para pessoas*. 3.ed. São Paulo: Perspectiva, 2015.

GERBERT, P. et al. *Industry 4.0 The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Munich: The Boston Consulting Group, 2015. Disponível em: <[https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_4\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries.aspx](https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx)>. Acesso em: 4 nov. 2017.

GERHARDT, E., SILVEIRA, D. T. *Métodos de pesquisa* [organizado por] Tatiana Engel Gerhardt e Denise Tolfo Silveira. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GHISI, F. A., SILVA, A. L. Implantação do Efficient Consumer Response (ECR): um estudo multicaso com indústrias, atacadistas e varejistas. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 10, n. 3, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-6552006000300007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-6552006000300007)>. Acesso em 15 jan. 2018.

GIBSS, S. Mercedes-Benz swaps robots for people on its assembly lines. *The Guardian*, London, 26 feb. 2016. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/technology/2016/feb/26/mercedes-benz-robots-people-assembly-lines>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GLENN, J. C., FLORESCU, E. *O Estado do Futuro – Sumário Executivo* [Relatório]. Washington: The Millenium Project, 2015. Disponível em: <<http://107.22.164.43/millennium/2015-SOF-ExecutiveSummary-Portuguese.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2019.

GOERICKE, D. *Industrie 4.0 konkret – Lösungen für die industrielle Praxis*. Frankfurt: Forum Industrie 4.0, 2017. Disponível em: <[https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/15370874/1490351769824\\_Industrie%2040%20konkret.pdf/c6a4ed77-f2e0-4685-9573-94232df797dd](https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/15370874/1490351769824_Industrie%2040%20konkret.pdf/c6a4ed77-f2e0-4685-9573-94232df797dd)>. Acesso em: 16 jan. 2018.

GOZZI, R. Países pobres são muito vulneráveis ao risco de deterioração econômica global. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 10 jul. 2012. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:4HoTr81OgN0J:economia.estadao.com.br/noticias/geral,paises-pobres-sao-muito-vulneraveis-ao-risco-de-deterioracao-economica-global,118901e+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=safari>>. Acesso em: 12 set. 2017.

GRAGLIA, M. *Estudo da influência do tungstênio nas propriedades mecânicas e resistência a fluência da liga 25 Cr - 35 Ni*. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, UNESP Universidade Estadual Paulista, 1998.

GRAGLIA, M. Homem sem trabalho. In: *Encalhes Poéticos*. São Paulo: Blogspot, 2017. Disponível em: < <https://encalhes.blogspot.com.br/2017/04/homem-sem-trabalho.html>>. Acesso em 8 jan. 2018.

GRAGLIA, M., HUELSEN, P. A cultura como estratégia de resgate do patrimônio histórico: a experiência do Projeto Fontes de São Paulo. In: CORÁ, M. A. J. (Org.). *Políticas e Práticas Culturais para a Cidade de São Paulo*. São Paulo: Tikibooks, 2016a. p. 65-84.

GRAGLIA, M., HUELSEN, P. Praças, parques: espaços públicos conectados. In: SANTAELLA, L. (Org.). *Cidades inteligentes: Por que, para quê?* São Paulo: Estação das letras e cores, 2016b. p. 176-195.

GRESPLAN, J. *Karl Marx – A mercadoria*. Ensaios Comentados. São Paulo: Ática, 2006.

GROBMAN, S., CERRA, A. Grobman, S., Cerra, A. *The Second Economy - The Race for Trust, Treasure and Time in the Cybersecurity War*. New York: Apress, 2016.

GUREVITCH et al., M. *Culture, society and the media*. New York: Routledge, 1992.

HAMMER, M., CHAMPY, J. *Reengenharia*. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

HANNOVER MESSE, 2017. Hannover Messe, Alemanha. Disponível em: <<http://www.hannovermesse.de/de/news/industrie-4.0-erreicht-die-naechste-stufe.xhtml>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

HARVEY, D. *A Brief History of Neoliberalism*. Oxford: Oxford University Press, 2007.

HARVEY, D. *Condição pós-moderna*. 5. ed. São Paulo: Edições Loyola, 1989.

HAYEK, F. A. Monetary Theory and the Trade Cycles. New York: *Sentry Press*, 1933. Disponível em: <<https://mises.org/library/monetary-theory-and-trade-cycle-0>>. Acesso em 10 Jan. 2018.

HEILBRONER, R. After communism. *The New Yorker*, New York, 10 set. 1990. Disponível em: <<https://www.newyorker.com/magazine/1990/09/10/after-communism>>. Acesso em: 2 set. 2017.

HELPAGE. *Global age watch index 2015*. London: Helpage International, 2015. Disponível em: <<http://www.helpage.org/global-agewatch/population-ageing-data/global-rankings-table/>>. Acesso em 18 jan. 2018.

HERMANN M., PENTEK T., OTTO B. *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Working Paper No. 01/2015*. Dortmund: Technische Universität Dortmund, 2015. Disponível em: <[http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4\\_0-Scenarios.pdf](http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf)>. Acesso em: 18 dez. 2017.

HERNANDÉZ, J. Labor Protests Multiply in China as Economy Slows, Worrying Leaders. *New York Times*, New York, 14 mar. 2016. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2016/03/15/world/asia/china-labor-strike-protest.html?mtrref=www.google.com.br&gwh=59F8FDBA7ECF4F92719E301C732CE63D&gwt=pay>>. Acesso em: 4 dez. 2017.

HEYNITZ, H. *The Factory of the Future. Industry 4.0 – The challenges of tomorrow*. München: KPMG guide, 2016. Disponível em: <<https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/es/pdf/2017/06/the-factory-of-the-future.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

HOLDREN, J., LANDER, E. *Report to the President on Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing [Relatório]*. Washington: Executive Office of the President President's Council of Advisors on Science and Technology, 2011. Disponível em: <<https://energy.gov/eere/amo/downloads/report-president-ensuring-american-leadership-advanced-manufacturing>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

HOLDREN, J., LANDER, E. *Report to the President on Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing* [Relatório]. Washington: Executive Office of the President President's Council of Advisors on Science and Technology, 2012. Disponível em: <<https://www.manufacturingusa.com/resources/report-president-capturing-domestic-competitive-advantage-advanced-manufacturing>>. Acesso em: 5 dez. 2017.

HOLDREN, J., LANDER, E. *Report to the President Accelerating U.S. Advanced Manufacturing* [Relatório]. Washington: Executive Office of the President President's Council of Advisors on Science and Technology, 2014. Disponível em: <[https://www.manufacturingusa.com/sites/prod/files/amp20\\_report\\_final.pdf](https://www.manufacturingusa.com/sites/prod/files/amp20_report_final.pdf)>. Acesso em: 7 dez. 2017.

HOWMUCH. *A Century of America's Top 10 Companies, in One Chart*. [S.l.]: Howmuch.net. Disponível em: <<https://howmuch.net/articles/100-years-of-americas-top-10-companies>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

HULSE, D. The properties of steam - Industrial engines before 1800. *Ingenia Magazine*. Issue 8 may, 2001. London 2001. Disponível em: <<http://www.ingenia.org.uk/Content/ingenia/issues/issue8/Hulse.pdf>>. Acesso em: 10 Jan. 2018.

IACMI. Knoxville, 2018. Disponível em: <<https://iacmi.org>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

IBGE. Pesquisa nacional por amostra de domicílios contínua. Julho a setembro de 2017. Brasília: IBGE, 2018. Disponível em: <[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/trabalhoerendimento/pnad\\_continua/default.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/trabalhoerendimento/pnad_continua/default.shtm)>. Acesso em: 21 jan. 2018.

IBGE. Pesquisa anual de serviços PAS -2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/servicos/9028-pesquisa-anual-de-servicos.html?&t=destaques>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

IBM. *Conheça o Watson e sua aplicação na saúde*. New York: IBM, 2017. Disponível em: <<https://www.ibm.com/blogs/robertoa/2017/03/conheca-o-watson-e-seu-uso-na-saude/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

IBM. New York, 2018. Disponível em: <<https://www.ibm.com/watson/about/index.html>>. Acesso em 6 jan. 2018.

IEA. Estatísticas da produção paulista. Disponível em: <<http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/index.php>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

IEEE. *How Baxter Robot Works: Demonstration of factory robot Baxter, built by Rodney Brooks and his company Rethink Robotics*. Produção: IEEE Spectrum. Vídeo, 3'23". Publicado em: 17 set. 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=gXOkWuSckRI>>. Acesso em: 4 dez. 2017.

IEEE. *Piscataway*, 2017. Disponível em: <[https://standards.ieee.org/develop/indconn/ec/autonomous\\_systems.html](https://standards.ieee.org/develop/indconn/ec/autonomous_systems.html)>. Acesso em: 3 nov. 2017.

IFR. *Executive Summary World Robotics 2017 Industrial Robots*. Frankfurt: International Federation of Robotics, 2017. Disponível em: <[https://ifr.org/downloads/press/Executive\\_Summary\\_WR\\_2017\\_Industrial\\_Robots.pdf](https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf)>. Acesso em: 9 jan. 2018.

IFR. *Robot density rises globally*. Frankfurt: International Federation of Robotics, 2018. Disponível em: <<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

IIC. *Fact sheet*. Needham: The Industrial Internet Consortium, 2015. Disponível em: <[http://www.iiconsortium.org/docs/IIC\\_FACT\\_SHEET.pdf](http://www.iiconsortium.org/docs/IIC_FACT_SHEET.pdf)>. Acesso em: 2 nov. 2017.

IMF, 2017. *Climate, Environment, and the IMF*. International Monetary Fund: Washington, 2017a. Disponível em: <<http://www.imf.org/About/Factsheets/Climate-Environment-and-the-IMF?pdf=1>>. Acesso em: 3 jan. 2018.

IMF. *GDP Volume*. Washington: IMF, 2017b. Disponível em: <<http://www.principalglobalindicators.org/regular.aspx?key=60942007>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

IMF. *World economic outlook database, april 2017*. Washington: International Monetary Fund, 2017c. Disponível em: <<https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2017/01/weodata/weorept.aspx?pr.x=72&pr.y=11&sy=2015&ey=2022&scsm=1&ssd=1&sort=country&ds=.&br=1&c=223%2C924%2C922%2C534%2C111&s=NGDPD&grp=0&a=>>>. Acesso em 25 jan. 2018, 2017.

INCT – Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://inct.cnpq.br/institutos/>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

INDIA TODAY. *Massive layoff hits IT sector in India*. Produção: India Today. Vídeo, 3'40". Publicado em: 11 mai. de 2017. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=144&v=N6-unLGP2sM](https://www.youtube.com/watch?time_continue=144&v=N6-unLGP2sM)>. Acesso em: 2 nov. 2017.

INDUSTRIAL INTERNET CONSORTIUM, 2013. Fact Sheet. Disponível em: <[http://www.iiconsortium.org/docs/IIC\\_FACT\\_SHEET.pdf](http://www.iiconsortium.org/docs/IIC_FACT_SHEET.pdf)>. Acesso em: 16 jan. 2018.

INDUSTRIE 4.0. *Bosch plant in Blaichach, Germany*. Produção: Bosch Global. Vídeo, 3'37". Publicado em: 20 abr. 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=GKhSTjraHIU>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION LABOR. *Unemployment rate - ILO modelled estimates, November 2017*. Geneva: IOL, 1996-2018. Disponível em: <[http://www.ilo.org/ilostat/faces/oracle/webcenter/portalapp/pagehierarchy/Page3.jspx?MBI\\_ID=2&\\_afrLoop=518687449152494&\\_afrWindowMode=0&\\_afrWindowId=1a0ots5zor\\_6#!%40%40%3F\\_afrWindowId%3D1a0ots5zor\\_6%26\\_afrLoop%3D518687449152494%26MBI\\_ID%3D2%26\\_afrWindowMode%3D0%26\\_adf.ctrl-state%3D1a0ots5zor\\_58](http://www.ilo.org/ilostat/faces/oracle/webcenter/portalapp/pagehierarchy/Page3.jspx?MBI_ID=2&_afrLoop=518687449152494&_afrWindowMode=0&_afrWindowId=1a0ots5zor_6#!%40%40%3F_afrWindowId%3D1a0ots5zor_6%26_afrLoop%3D518687449152494%26MBI_ID%3D2%26_afrWindowMode%3D0%26_adf.ctrl-state%3D1a0ots5zor_58)>. Acesso em: 27 jan. 2018.

IOT6. *IPV6 for IoT*. Geneva: IoT6.eu. 2014. Disponível em: <[https://iot6.eu/ipv6\\_for\\_iot](https://iot6.eu/ipv6_for_iot)>. Acesso em: 15 jan. 2018.

CURRENCYCLOUD, 2014. *The Decreasing Cost of Business and Growing Opportunities in a Digital World*. London: Currencycloud. 2014 dez. Disponível em: <<https://www.currencycloud.com/news/blog/the-decreasing-cost-of-business-and-growing-opportunities-in-a-digital-world/>>. Acesso em 15 jan. 2018.

JENSEN, M. C. The Modern Industrial Revolution, Exit, and the Failure of Internal Control Systems In: *The Journal of Finance*. v. 48, n. 3, p. 831–880, jun. 1993.

KAGERMANN, H., WAHLSTER, W., HELBRIG, J. *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group* [Relatório]. Frankfurt: National Academy of Science Engineering, 2013.

KAMPER, D. *O trabalho como vida*. São Paulo: Annablume, 1998. Disponível em: <<http://www.cisc.org.br/portal/index.php/pt/component/content/article/112-o-trabalho-como-vida-de-dietmar-kamper.html>>. Acesso em: 3 ago. 2017.

KEYNES, J. M. *Economic Possibilities for our Grandchildren (1930)*. In *Essays in Persuasion*. New York: Harcourt Brace, 1932. p. 358-373. Disponível em: <[https://assets.aspeninstitute.org/content/uploads/files/content/upload/Intro\\_and\\_Section\\_I.pdf](https://assets.aspeninstitute.org/content/uploads/files/content/upload/Intro_and_Section_I.pdf)>. Acesso em: 5 ago. 2017.

KIM, Y et al. Modular Chemical Process Intensification: A Review. *Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering*, 2017, volume, p. 359-380. Disponível em: <<http://www-annualreviews-org.ez95.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1146/annurev-chembioeng-060816-101354>>. Acesso em 18 jan. 2018.

KIRADJIEV, P. *SmartFactoryKL - IBM Learning Factory e Industrie 4.0 Reference Architecture example*. Mainz: IBM Cloud Blog, 2017. Disponível em: <<https://www.ibm.com/blogs/bluemix/2017/06/smartfactorykl-industrie-40-reference-architecture-example/>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

KOCH, M., MERKOFER, P., SCHLAEPFER, R. C. *Industry 4.0 - Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*. [Relatório]. Zurich: Deloitte AG, 2015. Disponível em: <[http://www.industrie2025.ch/fileadmin/user\\_upload/ch-en-deloitte-industry-4-0-24102014.pdf](http://www.industrie2025.ch/fileadmin/user_upload/ch-en-deloitte-industry-4-0-24102014.pdf)>. Acesso em 8 dez. 2017.

KON, A. *Economia Industrial: teorias e estratégias*. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017.

KON, A. Pleno emprego no Brasil: interpretando os conceitos e indicadores. In: Simpósio: Brasil rumo ao pleno emprego. *Anais*. Curitiba: Revista Economia & Tecnologia v. 8, n. 2., 2012. p. 5-22. Disponível em: <<http://www.economiaetecnologia.ufpr.br/revista/Volume%208%20n%202/05%20Anita%20Kon.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2017.

KONDRATIEFF WAVE, 2017. Disponível em: <<http://www.kondratieffwavecycle.com/kondratieff-wave/>> Acesso em: 10 Jan 2018.

KONDRATIEFF. *The Long Waves in Economic Life - The Review of Economics and Statistics*. v. 17, n. 6. p. 105-115. [S.l.]: The MIT Press, 1935. Disponível em: <[https://www.jstor.org/stable/1928486?seq=4#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/1928486?seq=4#page_scan_tab_contents)>. Acesso em: 13 dez. 2017.

KOVÁCS, I., CASTILLO, J. J. *As metamorfoses do emprego: ilusões e problemas da sociedade de informações*. Oeiras: Celta Editora, 2002.

KPMG, 2017. *The KPMG Survey of Corporate Responsibility Reporting*. KPMG. Amstelveen: 2017. Disponível em: <<https://home.kpmg.com/xx/en/home/insights/2017/10/the-kpmg-survey-of-corporate-responsibility-reporting-2017.html>>. Acesso em: 10 Jan 2018.

KUČERA, Z., VONDRÁK, T. *Key Enabling Technologies – basic comparison between EU and selected non-EU countries / Key Enabling Technologies – základní porovnání EU s vybranými zeměmi mimo EU*: Ergo, 2015, v. 10, n. 1, p. 3–10. Disponível em: <<https://www.degruyter.com/view/j/ergo.2015.10.issue-1/ergo-2015-0001/ergo-2015-0001.xml>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

KURZWEIL, R. *The Law of Accelerating Returns. Essays collection*. Wellesley: Kurzweil Network, 2001. Disponível em: <<http://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns>>. Acesso em 2 dez. 2017.

LATOUR, B. *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. ed. 2. São Paulo: Unesp, 1997.

LAZZARESCHI, N. *Sociologia do Trabalho*. Curitiba: IESDE, 2009.

LE MONDE. As Chinese Premier Li Keqiang rolled out the country's new 'war on pollution,' Le Monde paid a visit to the city that has registered the dirtiest air in China. *Le Monde*, Paris, 6 mar. 2014. Disponível em: <<https://www.worldcrunch.com/culture-society/welcome-to-xingtai-the-most-polluted-city-in-china>>. Acesso em 15 dez. 2017.

LÉVY - LEBOYER, C. *A Crise das Motivações*. São Paulo: Atlas, 1994.

LÉVY, F., MURNANE, R.J. *The New Division of Labor: How Computers are Changing the Next Job Market*. Princeton: Princeton University Press, 2004.

LÉVY, P. *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. São Paulo: Editora 34, 1996.

LIFT. Detroit, 2018. Disponível em: <<https://lift.technology>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

LIMA, I. C Ciclos Econômicos: Teoria e Evidência ANPEC 2011. In: *39° Encontro Nacional de Economia*. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/novosite/br/encontro-2011#TRABALHOS>>. Acesso em 10 Jan 2018.

LINSTONE, H.A., DEVEZAS, T. Technological innovation and the long wave theory revisited In: *Technological Forecasting and Social Change*, February v. 79, n.2. p. 414-416, 2012.

LORENZ, M. et al. Man and Machine in Industry 4.0, How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025? In: *BCG Perspectives*, 2015. Disponível em: <<https://www.bcgperspectives.com/content/articles/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4/#chapter1>>. Acesso em 22 jan. 2018.

LUBIN, D., MOORHEAD, J. NIXON, T. *Global Greenhouse Gas Emitters: a new business logic*. In: *Thomson Reuters Financial & Risk White Paper*. New York: 2017. Disponível em: <<https://blogs.thomsonreuters.com/sustainability/wp-content/uploads/sites/15/2017/10/GLOBAL-250-GREENHOUSE-GAS-EMITTERS-A-New-Business-Logic.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

MAHONEY, D. *Austrian Business Cycle Theory: A Brief Explanation*. *Mises Institute 2001*. Disponível em: <<https://mises.org/library/austrian-business-cycle-theory-brief-explanation>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

MALERBA, F. *Technological Regimes and Sectorial Systems in Innovation*, in R. Gordon and R. Solow (eds.), *The Source of Technological Change*, MIT Press, 2002.

MANUFACTURING USA, 2018 Gaithersburg, 2018. Disponível em: <<https://www.manufacturingusa.com>>. Acesso em 19 jan. 2018.

MAPI FOUNDATION. *The Internet of Things: Industrie 4.0 vs. the Industrial Internet*. Arlington: Manufacturers Alliance for Productivity and Innovation. [S.I.]: MAPI, 2015 Jul. Disponível em: <<https://mapifoundation.org/economic/2015/7/23/the-internet-of-things-industrie-40-vs-the-industrial-internet?external-link=yes>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

MARKKU, W., SOFI, K. *Surfing the sixth wave: Exploring the next 40 years of global change. The Interim Report of the Project The 6th Wave and Systemic Innovations for Finland: Success Factor for the Years 2010-2050*. Helsinki: Finland Futures Research Centre – University of Turku, 2012.

MASI, D. D. (Org.) *A sociedade pós-industrial*. São Paulo: Editora SENAC, 1999.

MASI, D. D. (org.). *O ócio criativo*. Rio de Janeiro: Sextante, 2000.

MASI, D. D. *A Economia do Ócio*. Rio de Janeiro: Sextante, 2001.

MARX, K. *O Capital: Livro I, Volume II*. São Paulo: Nova Cultural, 1985.

MCDERMOTT, B. *Machines can't dream*. Davos-Klosters: World Economic Forum, 2018. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2018/01/machines-can-t-dream>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (MGI). *Internet matters: The Net's sweeping impact on growth, jobs, and prosperity*. [Relatório]. [S.I.]: McKinsey Global Institute, 2011. Disponível em: <[https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/High%20Tech/Our%20Insights/Internet%20matters/MGI\\_internet\\_matters\\_full\\_report.ashx](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/High%20Tech/Our%20Insights/Internet%20matters/MGI_internet_matters_full_report.ashx)>. Acesso em 20 jan. 2018.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (MGI). *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*. [Relatório]. [S.I.]: McKinsey Global Institute, 2013. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/disruptive-technologies>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (MGI). *Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector* [Relatório]. [S.l.]: McKinsey Global Institute, 2015. Disponível em: <[https://www.mckinsey.de/files/mck\\_industry\\_40\\_report.pdf](https://www.mckinsey.de/files/mck_industry_40_report.pdf)>. Acesso em 22 out. 2017>. Acesso em: 22 out. 2017.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (MGI). *Independent work: Choice, necessity and the gig economy*. [Relatório]. San Francisco: McKinsey Global Institute, 2016. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Global%20Themes/Employment%20and%20Growth/Independent%20work%20Choice%20necessity%20and%20the%20gig%20economy/Independent-Work-Choice-necessity-and-the-gig-economy-Full-report.ashx>>. Acesso: 24 jan.2018.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (MGI). *Technology, jobs, and the future of work*. [Relatório]. San Francisco: McKinsey Global Institute, 2017a. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Global%20Themes/Employment%20and%20Growth/Technology%20jobs%20and%20the%20future%20of%20work/MGI-Future-of-Work-Briefing-note-May-2017.ashx>>. Acesso em 12 nov. 2017.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (MGI). *Harnessing automation for a future that works*. [Relatório]. San Francisco: McKinsey Global Institute, 2017b. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>>. Acesso em 12 nov. 2017.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (MGI). *A future that works: automation, employment and productivity*. [Relatório]. [S.l.]: McKinsey Global Institute, 2017c. Disponível em: <[https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Global%20Themes/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works\\_Full-report.ashx](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Global%20Themes/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works_Full-report.ashx)>. Acesso em: 12 nov. 2017.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (MGI). *Artificial intelligence: implications for China*. In: the 2017 China development forum. [S.l.]: McKinsey Global Institute, 2017d. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Global%20Themes/China/Artificial%20intelligence%20Implications%20for%20China/MGI-Artificial-intelligence-implications-for-China.ashx>>. Acesso em: 5 nov. 2017.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (MGI). *Making it in America: revitalizing US manufacturing*. [Relatório]. [S.l.]: McKinsey Global Institute, 2017e. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Global%20Themes/Americas/Making%20it%20in%20America%20Revitalizing%20US%20manufacturing/Making-it-in-America-Revitalizing-US-manufacturing-Executive-Summary.ashx>>. Acesso em: 4 dez. 2017.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (MGI). *Jobs lost, jobs gained: workforce transitions in a time of automation*. [Relatório]. [S.l.]: McKinsey Global Institute, 2017f. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Global%20Themes/Future%20of%20Organizations/What%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/MGI-Jobs-Lost-Jobs-Gained-Report-December-6-2017.ashx>>. Acesso em 24 jan. 2018.

MCLEAN, A., BULKELEY, H., CRANG, M. *Negotiating the Urban Smart Grid: Socio-Technical Experimentation in the City of Austin*. *Urban Studies*. Durham: Durham University, 2015. Disponível em: <<https://www.dur.ac.uk/geography/staff/geogstaffhidden/?mode=pdetail&id=929&sid=929&pdetail=98611>>. Acesso em: 3 mar. 2017.

MEIRELES, C. Velho Estilo. In: *Poesia Completa*: volume único. Rio de Janeiro: Nova Aguilar, 1972. p. 162.

MICHEL, L. The Grandmaster Hoax. *The Paris Review*, Paris, 28 mar. 2012. Disponível em: <<https://www.theparisreview.org/blog/2012/03/28/the-grandmaster-hoax/>>. Acesso em: 20 set. 2017.

MICROSOFT. *The Next Rembrandt*. Disponível em: <<https://www.nextrembrandt.com>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

MINAYO, M. C. S. (Org.). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Petrópolis: Vozes, 2001.

MISES BRASIL. Karl Marx e a diferença entre comunismo e socialismo. *Mises Brasil*, São Paulo, 24 fev. 2017. Disponível em: <<https://www.mises.org.br/Article.aspx?id=2063>>. Acesso em: 4 set. 2017.

MISES. *Theory of Money and Credit*. New Haven: Yale University Press, 1953. Disponível em: <[https://mises.org/sites/default/files/The%20Theory%20of%20Money%20and%20Credit\\_3.pdf](https://mises.org/sites/default/files/The%20Theory%20of%20Money%20and%20Credit_3.pdf)>. Acesso em 10 jan. 2018.

MIT. A China está construindo um exército de robô de trabalhadores modelo. *Technologie Review*, Cambridge, 19 mai. 2016. Disponível em: <[http://www.technologyreview.com.br/printer\\_friendly\\_article.aspx?id=50314](http://www.technologyreview.com.br/printer_friendly_article.aspx?id=50314)>. Acesso em 17 dez. 2017.

MODIS. A hard-science approach to Kondratieff's economic cycle Modis. In *Theodore Technological Forecasting and Social Change*. v.122, p. 63-70. Amsterdam: Elsevier Inc., 2017.

MOGG, T. *Digital Trends. Adidas robot factory pumps out its first city-specific running shoes*. 2017 Oct. Disponível em: <<https://www.digitaltrends.com/cool-tech/adidas-am4-robot-made-running-shoe/>>. Acesso em: 3 jan. 2018.

MOHAMMADI, M. et al. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, v.17, p.2347-2376, 2015. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org.ez95.periodicos.capes.gov.br/document/7123563/>>. Acesso em: 2 out. 2017.

MONIZ, E. *Wide Bandgap Semiconductors: Essential to Our Technology Future*. Washington: Depart of Energy USA, 2014. Disponível em: <<https://energy.gov/articles/wide-bandgap-semiconductors-essential-our-technology-future>>. Acesso em 18 jan. 2018.

MOORE, G. E. *Cramming More Components onto Integrated Circuits*. New Jersey: Proceedings of the IEEE, v. 86, n. 1, 1998. Disponível em: <<https://www.cs.utexas.edu/~fussell/courses/cs352h/papers/moore.pdf>>. Acesso em: 5 dez. 2017.

MORAES, F. C. *Impactos Econômicos da Tecnologia da Informação*. São Paulo: PUC/SP, Dissertação de Mestrado, São Paulo, 1996.

MORIN, E. *Introdução ao pensamento complexo*. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 2007.

MUSK, E. *Master Plan, Part Deux*. Palo Alto: Tesla, 2016. Disponível em: <<https://www.tesla.com/blog/master-plan-part-deux>>. Acesso em: 17 out. 2017.

MUSSOMELI, A., GISH, D., LAAPER, S. *The rise of the digital supply network: Industry 4.0 enables the digital transformation of supply chains*. [S.l.]: Deloitte, 2016. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/digital-transformation-in-supply-chain.html>>. Acesso em: 7 ago. 2017.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. *Industry, Technology, and the Global Marketplaces*. Alexandria: National Science Board, 2018. Disponível em: <<https://www.nsf.gov/statistics/seind12/pdf/c06.pdf>>. Acesso em 10 jan. 2018.

NEFIODOW L. A. *Questions about the 6th Kondratieff*. Sankt Augustin: Kondratieff.net., 2017. Disponível em: <<https://www.kondratieff.net/full-employment>> Acesso em: 18 dez. 2018.

NEW YORK TIMES. The U.S. Is the Biggest Carbon Polluter in History? It Just Walked Away from the Paris Climate Deal. New York: *New York Times*, 2017. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/interactive/2017/06/01/climate/us-biggest-carbon-polluter-in-history-will-it-walk-away-from-the-paris-climate-deal.html>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

NEW YORK TIMES. His Factory Job Gone, a Chinese Migrant Worker Returns Home. New York: *The New York Times*, 2016. <Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2016/01/20/world/asia/china-guangdong-economy.html>>. Acesso em 4 ago. 2017.

NEXTFLEX. FlexFactor™ Finals: Silicon Valley Lets High School Entrepreneurs Shine. San Jose: NEXTFLEX, 2017. Disponível em: < <https://www.nextflex.us/news-events/news/flexfactor-finals-silicon-valley-lets-high-school-entrepreneurs-shine/>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

NIIMBL. Newark, 2018. Disponível em: <<http://www.niimbl.us>>. Acesso em 10 jan 2018.

SHIPP, S. S. et al. *Emerging global trends in advanced manufacturing*. Alexandria: Institute for Defense Analyses, 2012. Disponível em: <[https://www.google.com.br/search?client=safari&rls=en&q=IDA,+2012.+Emerging+Global+Trends+in+Advanced+Manufacturing,+Alexandria,+VA.:+IDA.&ie=UTF-8&oe=UTF-8&gws\\_rd=cr&dcr=0&ei=NrZgWoPOGIKcwATU\\_qXYDg](https://www.google.com.br/search?client=safari&rls=en&q=IDA,+2012.+Emerging+Global+Trends+in+Advanced+Manufacturing,+Alexandria,+VA.:+IDA.&ie=UTF-8&oe=UTF-8&gws_rd=cr&dcr=0&ei=NrZgWoPOGIKcwATU_qXYDg)>. Acesso em: 18 jan. 2018.

NIST. Gaithersburg, 2017. Disponível em: <<https://www.nist.gov/about-nist>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

O'CONNOR, S. The human cloud: A world of work. *Financial Times*, London, 8 out. 2015. Disponível em: < <https://www.ft.com/content/a4b6e13e-675e-11e5-97d0-1456a776a4f5>>. Acesso em: 3 out. 2017.

OECD. Looking to 2060: *Long term global growth prospects*. [Relatório]. Paris: OECD, 2012. Disponível em: <<https://www.oecd.org/eco/outlook/2060%20policy%20paper%20FINAL.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2018.

OLIVEIRA, S. L. *Sociologia das organizações: uma análise do homem e das empresas no ambiente competitivo*. São Paulo: Thomson, 2002.

ORWELL, G. 1984. 27. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002.

OSBORNE, M. A., FREY, C. B. *The future of employment: How susceptible are jobs to computerization?* Oxford: Oxford Martin, 2013. Disponível em: <[https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment](https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment)>

ent.pdf>. Acesso em 22 jan. 2018.

OSBORNE, M. A., FREY, C. B., *London Agiletown: the relentless march of technology and London's response*. London: Deloitte, 2014. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/uk-futures/london-futures-agiletown.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

OSBORNE, M., FREY, C. B., HOLMES, C. *Technology at Work v2.0: The Future Is Not What It Used to Be*. [Relatório]. [S.I.]: Citigroup, 2016. Disponível em: <[https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/reports/Citi\\_GPS\\_Technology\\_Work\\_2.pdf](https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/reports/Citi_GPS_Technology_Work_2.pdf)>. Acesso em 26 jan. 2018.

OXFAM. *Uma economia para o 1%*. Oxford: Oxfam House, 2016. Disponível em: <<https://www.oxfam.org.br/sites/default/files/arquivos/Informe%20Oxfam%20210%20-%20A%20Economia%20para%20o%20um%20por%20cento%20-%20Janeiro%202016%20-%20Relatório%20Completo.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

OXFAM, 2017. *Uma economia para os 99%*. Oxford: Oxfam House, 2017. Disponível em: <[https://www.oxfam.org.br/sites/default/files/economia\\_para\\_99-relatorio\\_completo.pdf](https://www.oxfam.org.br/sites/default/files/economia_para_99-relatorio_completo.pdf)>. Acesso em: 4 Nov. 2017.

PAVLOVICH, S. Should Society Encourage the Development Of 3D Printing, Particularly 3D Bioprinting Of Tissues and Organs? In: *Londres: Internacional Journal of Scientific & Technology Research*, v.5, n.10, out., 2016. Disponível em: <<http://www.ijstr.org/final-print/oct2016/Should-Society-Encourage-The-Development-Of-3d-Printing-Particularly-3d-Bioprinting-Of-Tissues-And-Organs.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2017.

PEDERSEN, H. H. *Nanotechnology and Advanced Materials - Open innovation hubs. European policy and initiatives on nanotechnology and advanced materials*. Bruxelles: European Commission, 2017. Disponível em: <<http://eppn.eu/sites/default/files/innovationhubpedersen.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

PERFIL DA ALEMANHA. *Agenda digital: A economia alemã se encontra no limiar da quarta revolução industrial*. O governo federal impulsiona a transformação digital. [S.I.]: Perfil da Alemanha, 2018. Disponível em: <<https://www.tatsachen-ueber-deutschland.de/pt-br/categorias/economia-inovacao/agenda-digital>>. Acesso em: 3 jan. 2018.

PETERS, G., WOOLLEY, J. T. *Observações Lyndon B. Johnson sobre o projeto de lei de assinatura Criando a Comissão Nacional de Tecnologia, Automação e Progresso Econômico em 19 de agosto de 1964*. Washington: The American Presidency Project, 1999-2018. Disponível em: <<http://www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=26449>>. Acesso em 6 jan. 2018.

PIKETTY, T. *A economia da desigualdade*. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.

POIRE. *The great transformation of 2021*. Lulu.com. Raleigh 2011. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=2XRGAgAAQBAJ&pg=PP1&lpq=PP1&dq=the+great+transformation+of+2021&source=bl&ots=tH4MJR-te-&sig=elcTdlQGnwhcNQwoBC8N7GeK5Bw&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwig3beQ-dHWAhUChpAKHeQFCDsQ6AEIODAD#v=onepage&q=the%20great%20transformation%20of%202021&f=true>>. Acesso em: 10 jan 2018.

POMPEIA, R. Indústria. In: *Canções sem metro*. Campinas: Unicamp, 2013. Disponível em: <<http://www.vidaem poesia.com.br/raulpompeia.htm>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

PORTAL BRASIL. Impressão 3D: CTI Renato Acher promove aplicações tridimensionais. *Portal Brasil*, Brasília, 11 mar. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2014/03/impressao-3d-cti-renato-archer-promove-aplicacoes-tridimensionais>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

PORTINARI, N. 50% do trabalho no Brasil pode ser feito por robô, diz estudo. *Folha de S. Paulo*, São Paulo, 21 mai. 2017. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2017/05/1884633-50-do-trabalho-no-brasil-pode-ser-feito-por-robo-diz-estudo.shtml>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

POWERAMERICA, 2018. POWEAMERICA. Raleigh, 2018. Disponível em: <<https://poweramericainstitute.org>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

PRETTO, N.L.; SILVEIRA, S.A. *Além das redes de colaboração: internet, diversidade cultural e tecnologias do poder*. Salvador: EDUFBA, 2008. Disponível em: <<https://static.scielo.org/scielobooks/22qtc/pdf/pretto-9788523208899.pdf>>. Acesso em 10 jan. 2018.

PROMINP. Brasília, 2013. Disponível em: <[http://www.prominp.com.br/prominp/pt\\_br/conteudo/qualificacao-no-prominp.htm](http://www.prominp.com.br/prominp/pt_br/conteudo/qualificacao-no-prominp.htm)>. Acesso em 8 dez. 2017.

RAJKUMAR, R. et al. Cyber-physical systems: the next computing revolution. In: Design Automation Conference, 47th, 2010, Anaheim. Anais. *Anaheim: ACM/IEEE, 2010*. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5523280/>>. Acesso em 3 jan. 2018.

RANDER, M. *Live Business: The Rise of the Digital Workforce - The digital workforce is replacing the knowledge workforce, and they need Live Business to win*. [S.l.]: Digitalist Magazine SAP, 2016. Disponível em: <<http://www.digitalistmag.com/executive-research/live-business-the-rise-of-the-digital-workforce>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

RANDEWICH, N. Tesla supera GM e se torna montadora com maior valor de mercado nos EUA. *Reuters*, San Francisco, 11 abr. 2017. Disponível em: <<https://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKBN17D14M-OBRBS>>. Acesso em 30 jun. 2017.

RAPID. New York, 2018. Disponível em: <<https://www.aiche.org/rapid>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

REHSE, O., HOFFMANN, S.; KOSANKE, C. *Tapping into the transformative power of Service 4.0*. [S.l.]: The Boston Consulting Group, 2016. Disponível em: <<https://www.bcg.com/publications/2016/tapping-into-the-transformative-power-of-service-4.aspx>>. Acesso em: 9 dez. 2017.

RESHORING INITIATIVE. *Reshoring initiative 2016 data report: the tide has turned*. Kildeer: Reshoring Initiative, 2018. Disponível em: <<http://reshorenw.org/blog/reshoring-initiative-2016-data-report-the-tide-has-turned/>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

REX, J. *Smart Manufacturing Experience - Why smart manufacturing is important to methods machine tools*. Dearborn: Jerry Rex, 2017. Disponível em: <<http://www.smartmanufacturingexperience.com/news/methods-machine-tools-inc-smart-manufacturing/m>>. Acessado em: 16 jan. 2018.

RIA. *Breaks Records for North American Robot Orders and Shipments*. Ann Arbor: Robotic Industries Association, 2016. Disponível em: <[https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-News/2016-Breaks-Records-for-North-American-Robot-Orders-and-Shipments/content\\_id/6378](https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-News/2016-Breaks-Records-for-North-American-Robot-Orders-and-Shipments/content_id/6378)>. Acesso em: 20 ago. 2017.

RIFKIN, J. *Sociedade com custo marginal zero*. São Paulo: M. Books do Brasil Editora, 2016.

RIFKIN, J. *A Era do Acesso: A transição de mercados convencionais para networks e o nascimento de uma nova economia*. São Paulo: Makron Books, 2001.

RIFKIN, J. *O Fim dos Empregos: O Contínuo Crescimento do Desemprego em todo o Mundo*. São Paulo: M. Books Editora, 2004.

ROBERTSON, D., ULRICH, K. Planning for Product Platforms. *Sloan Management Review*, 1998, v.39, n. 4. Disponível em: <<http://www.ktulrich.com/uploads/6/1/7/1/6171812/platforms-smr.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2017.

ROBOTIC INDUSTRIES ASSOCIATION, 2017. Disponível em: <[https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-Industry-Insights/Readying-Your-Robots-and-Workforce-for-Industry-4-0/content\\_id/6553](https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-Industry-Insights/Readying-Your-Robots-and-Workforce-for-Industry-4-0/content_id/6553)>. Acesso em: 17 jan. 2018.

ROBSBAWM, E. J. The machine breakers. Oxford: Oxford University Press. *Past and Present*, n.1, p. 57-70, 1952. Disponível em: <<http://web.csulb.edu/~ssayeghc/theory/wintertheory/machinebreakers.pdf>>. Acesso em 25 jan. 2018.

RUBINSTEIN, K. M. 4.0 Industry Initiatives Around the World Israel's Tech Ecosystem. In: *1º Congresso Brasileiro da Indústria 4.0*, 2017, São Paulo. *Anais*. São Paulo: FIESP, 2017. Disponível em: <<http://hotsite.fiesp.com.br/industria40/apresentacoes/mesa-2/Israel-karin-Mayer-Rubinstein.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

SAFFO, P. Sensors: The Next Wave of Innovation. [S.l.]: *Communications of the ACM*. v.40, n.2, Fev. 1997. Disponível em: <<http://www.saffo.com/wp-content/uploads/2016/06/Sensors-CACM-1997.pdf>>. Acesso em: 10 Dez 2017.

SALEK, S. Produção industrial chinesa já é a maior do mundo. *BBC*, São Paulo, 13 abr. 2011. Disponível em: <[http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2011/04/110413\\_industrachina\\_ss.shtml](http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2011/04/110413_industrachina_ss.shtml)>. Acesso em: 4 dez. 2017.

SANTOS, A. T. *Abertura comercial na década de 90 e os impactos na indústria automobilística*. Belo Horizonte: Fronteira, 2009. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/fronteira/article/view/3860/4160>>. Acesso em 3 dez. 2017.

SANTOS, T. A sociedade de consumo, os media e a comunicação nas obras iniciais de Jean Baudrillard. In: *Revista Galáxia*, São Paulo, n. 21, p. 125-136, jun. 2011.

SCARCELLI, R. USA e Itália lideram a repatriação das fábricas. *SWI*, Berna, 15 mai. 2017. Disponível em: <[https://www.swissinfo.ch/por/transferidas-retornam\\_usa-e-it%C3%A1lia-lideram-a-repatri%C3%A7%C3%A3o-das-f%C3%A1bricas-43132746](https://www.swissinfo.ch/por/transferidas-retornam_usa-e-it%C3%A1lia-lideram-a-repatri%C3%A7%C3%A3o-das-f%C3%A1bricas-43132746)>. Acesso em: 4 dez. 2017.

SCHUMPETER, J. A. *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. São Paulo: Fundo de Cultura, 1961. Disponível em: <[http://www.ie.ufrj.br/intranet/ie/userintranet/hpp/arquivos/100820171042\\_SchumpeterCapitalismoSocialismoeDemocracia.pdf](http://www.ie.ufrj.br/intranet/ie/userintranet/hpp/arquivos/100820171042_SchumpeterCapitalismoSocialismoeDemocracia.pdf)>. Acesso em 10 nov.2017.

SCHUMPETER J.A. *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York and London: McGraw-Hill Book Company, 1939.

SCHUMPETER, J.A. *Business Cycles A Teoria Do Desenvolvimento Econômico: Uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico*. Coleção Os Economistas. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

SCHWAB, K. *A Quarta Revolução Industrial*. São Paulo: Edipro, 2016.

SENAI. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/senai/>>. Acesso em: 5 dez. 2017.

SENGUPTA, S. S. Growth in human motivation: beyond Maslow. *Indian Journal of Industrial Relations*, v. 47, n. 1, p. 102, 2011. Disponível em: <<http://link.galegroup.com/apps/doc/A349721391/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=53e5cfe8>>. Acesso em 10 out. 2017.

SENNETT, R. *Corrosão do caráter: consequências pessoais do trabalho no novo capitalismo*. Rio de Janeiro: Record, 1999.

SHIMULA, D. 2009. *The waves of the technological innovations of the modern age and the present crisis*. [S.l.]: Studia Politica Slovaca. Disponível em: <<https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=15614>>. Acesso em 15 Dez 2017.

SHIPP, S. S. et al. *Emerging global trends in advanced manufacturing*. Alexandria: Institute for Defense Analyses, 2012. Disponível em: <[https://www.google.com.br/search?client=safari&rls=en&q=IDA,+2012.+Emerging+Global+Trends+in+Advanced+Manufacturing,+Alexandria,+VA.:+IDA.&ie=UTF-8&oe=UTF-8&gws\\_rd=cr&dcr=0&ei=NrZgWoPOGIKcwATU\\_qXYDg](https://www.google.com.br/search?client=safari&rls=en&q=IDA,+2012.+Emerging+Global+Trends+in+Advanced+Manufacturing,+Alexandria,+VA.:+IDA.&ie=UTF-8&oe=UTF-8&gws_rd=cr&dcr=0&ei=NrZgWoPOGIKcwATU_qXYDg)>. Acesso em: 18 jan. 2018.

SIDDIQUI, A. 2018. *RFC 8200 – Ipv6 Has Been Standardized*. [S.l.]: Internet Society. 2017 jul. Disponível em: <<https://www.internetsociety.org/blog/2017/07/rfc-8200-ipv6-has-been-standardized/>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

SILVA, C. Indústria instala 1,5 mil robôs por ano. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 14 ago. 2017b. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,industria-instala-1-5-mil-robos-por-ano,70001935172>>. Acesso em: 2 out. 2017.

SILVA, C. Montadoras investem em robotização, mesmo com crise e fábricas ociosas. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 14 ago. 2017a. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,montadoras-investem-em-robotizacao-mesmo-com-crise-e-fabricas-ociosas,70001935089>>. Acesso em: 2 out. 2017.

SINGER, Paul. *Introdução à economia solidária*. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2002.

SINGH, H. *Artificial Intelligence and the Death of Indian IT Sector*. Boston: Experfy, 2017. Disponível em: <<https://www.experfy.com/blog/artificial-intelligence-and-the-death-of-indian-it-sector>>. Acesso em 2 nov. 2017.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SMARTFACTORYKL. *SmartFactoryKL Industrie 4.0*. Produção: SmartFactory KL. Kaiserslautern, Germany. Vídeo, 5'15". Publicado em: 28 abr. 2016. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=9R\\_P8FpslBY](https://www.youtube.com/watch?v=9R_P8FpslBY)>. Acesso em 16 jan. 2018.

SMARTFACTORYKL. *Kaiserslautern, 2018*. Disponível em: <[http://dfki-3036.dfki.de/EN/index\\_e.php](http://dfki-3036.dfki.de/EN/index_e.php)>. Acesso em: 16 jan. 2018.

SMITH, A. *A Riqueza das Nações*. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SNIDERMAN, B., MATHO, M., COTTELEER, M. *Industry 4.0 and manufacturing ecosystems. Exploring the world of connected enterprises*. New York: Deloitte University Press, 2016. Disponível em: <[https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/manufacturing-ecosystems-exploring-world-connected-enterprises/DUP\\_2898\\_Industry4.0ManufacturingEcosystems.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/manufacturing-ecosystems-exploring-world-connected-enterprises/DUP_2898_Industry4.0ManufacturingEcosystems.pdf)>. Acesso em: 16 jan. 2018.

SOMAVIA, J. *Leading the Way to Sustainable and Inclusive Globalization*. Washington: International Labor Organization, 2012. Disponível em: <<http://www.imf.org/external/spring/2012/imfc/statement/eng/ilo.pdf>>. Acesso em: 4 out. 2017.

STEWART, I., COLE, A. *Tecnologia e pessoas: A grande máquina de criação de empregos*. [S.l.]: Deloitte, 2015. Disponível em: <[https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/br/Documents/technology/Tecnologia\\_e\\_pessoas.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/br/Documents/technology/Tecnologia_e_pessoas.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2018.

SUPLICY, E. M. *Renda básica de cidadania*. São Paulo: Suplicy, 2018. Disponível em: <<http://eduardosuplicy.com.br/o-que-e/>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

SWI. *USA e Itália lideram a repatriação das fábricas*. Produção: SWI swissinfo, Berna. Vídeo, 5'17". Publicado em: 18 mai. 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=MGcNu25Y0tQ&t=3s>>. Acesso em 5 dez. 2017.

TAIVONEN, M. *Different types of innovation processes in services, and their organizational implications*, in Gallouj, Farid and Djellal, Faridah, *The Handbook of Innovation and Services*, Edward Elgar, Cheltenham, UK, 2010.

TAVARES, L. A. *James Watt: A trajetória que levou ao desenvolvimento da máquina a vapor vista por seus biógrafos e homens de ciência*. [Dissertação de mestrado]. Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2008.

TAYLOR, F. W. *Princípios de administração científica*. ed. 8. São Paulo: Atlas, 1990.

TD. *Em quanto tempo as novas tecnologias vão se tornar mainstream?* Florianópolis: Transformação Digital, 2017. Disponível em: <<https://transformacaodigital.com/em-quanto-tempo-as-novas-tecnologias-vaao-se-tornar-mainstream/>>. Acesso em 20 nov. 2017.

TECMES. São Paulo, 2014-2018. Disponível em: <<http://www.tecmes.com.br/produtos/dassault-systemes/delmia/>>. Acesso em: 28 dez. 2017.

TESLA. Palo Alto, 2018. Disponível em: <<https://www.tesla.com>>. Acesso em 5 jan. 2018.

THE ECONOMIST. Adidas's high-tech factory brings production back to Germany - Making trainers with robots and 3D printers. *The Economist*, 14 jan. 2017. Disponível em: <<https://www.economist.com/news/business/21714394-making-trainers-robots-and-3d-printers-adidass-high-tech-factory-brings-production-back>>. Acesso em 21 jan. 2018.

THE ECONOMIST. Reshoring manufacturing: coming home. *The Economist*, London, 19 jan. 2013. Disponível em: <<https://www.economist.com/news/special-report/21569570-growing-number-american-companies-are-moving-their-manufacturing-back-united>>. Acesso em: 7 dez. 2017.

THE NEXT REMBRANDT WEBSITE, 2016. Disponível em: <<https://www.nextrembrandt.com>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

THE NEXT REMBRANDT. *The next Rembrandt*. Netherlands. Produção: Julius Ponten, Sander Verdonk, Dorien Scholtens – News Amsterdam, 2016. Direção: Juliette Stevens. Vídeo, 4'20". Publicado em: 5 abr. 2016. Disponível em: <<http://newams.com/productions/the-next-rembrandt/>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

THE REMADE INSTITUTE, 2018. THE REMADE INSTITUTE. New York, 2018. Disponível em: <<https://remadeinstitute.org>>. Acesso em 8 jan. 2018.

THE WORLDBANK. *Guide to Climate Change Adaptation in Cities. The World Bank - Urban Development and Local Government Unit*. Washington: 2011. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/211791468323118474/pdf/653590WP0v100B0n0Handbook0Final0020.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

THE WORLD BANK. *O Banco Mundial prevê que a pobreza global caia abaixo de 10% pela primeira vez; obstáculos importantes permanecem na meta de erradicação da pobreza até 2030*. Washington: The World Bank, 2015. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/pt/news/press-release/2015/10/04/world-bank-forecasts-global-poverty-to-fall-below-10-for-first-time-major-hurdles-remain-in-goal-to-end-poverty-by-2030>>. Acesso em: 3 set. 2017.

THE STATE COUNCIL OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA. *China to invest big in 'Made in China 2025' strategy*. Beijing: Xinhua, 2017. Disponível em: <[http://english.gov.cn/state\\_council/ministries/2017/10/12/content\\_281475904600274.htm](http://english.gov.cn/state_council/ministries/2017/10/12/content_281475904600274.htm)>. Acesso em 2 jan. 2018.

THESEUS. Berlin, 2018. Disponível em: <[http://www.digitale-technologien.de/DT/Navigation/DE/Service/Abgelaufene\\_Programme/THESEUS/theseus.html/](http://www.digitale-technologien.de/DT/Navigation/DE/Service/Abgelaufene_Programme/THESEUS/theseus.html/)>. Acesso em: 10 jan. 2018.

THINK ACT, 2015. *INDUSTRY 4.0 - Manufacturing in Belgium should embrace digital technologies to step up competitiveness and create differentiated products*. Brussels: Rol and Berger Strategy Consultant, 2015. Disponível em: <[https://www.rolandberger.com/en/Publications/pub\\_industry\\_4\\_0\\_manufacturing\\_in\\_belgium.html](https://www.rolandberger.com/en/Publications/pub_industry_4_0_manufacturing_in_belgium.html)>. Acesso em 3 dez. 2017.

THOMSON, R., DETTMAR, S., GARAY, M. *The state of the deal: M&A trends 2018*. [S.l.]: DELOITTE, 2017. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/mergers-acquisitions/us-mergers-acquisitions-2018-trends-report.pdf>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

TICKET LOG. Campo Bom, 2017-2018. Disponível em: <<http://www.ticketlog.com.br/blog/as-tecnologias-que-envolvem-os-carros-autonomos/>>. Acesso em: 6 jan. 2018.

TIGRE, P. B.; NORONHA, V. B. Do mainframe à nuvem: inovações, estrutura industrial e modelos de negócios nas tecnologias da informação e da comunicação. *Revista de Administração*, v. 48, n. 1, p. 114-127, 2013.

TOFLER, A. *A terceira onda: a morte do industrialismo e o nascimento de uma nova civilização*. ed. 30. São Paulo: Record, 2007.

TOLEDO, M., SILVA, J. Órfãos da cana. *Folha de S. Paulo*, São Pulo, 30 jun. 2017. Disponível em: < <http://temas.folha.uol.com.br/orfaos-da-cana/orfaos-da-cana/fim-da-queima-expulsa-trabalhadores-dos-canaviais-e-trava-migracao-para-sp.shtml>>. Acesso em 15 jul. 2017.

TRADING ECONOMICS. *Dívida pública % PIB: lista de países*. [S.l.]: Trading Economics, 2018a. Disponível em: <<https://pt.tradingeconomics.com/country-list/government-debt-to-gdp>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

TRADING ECONOMICS. *China: PIB taxa de crescimento anual*. [S.l.]: Trading Economics, 2018b. Disponível em: <<https://pt.tradingeconomics.com/china/gdp-growth-annual>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

TRADING ECONOMICS. *Espanha: taxa de emprego entre jovens*. New York: Trends Economics, 2018c. Disponível em: <<https://pt.tradingeconomics.com/spain/youth-unemployment-rate>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

TRADING ECONOMICS. *PIB: lista dos países*. New York: Trends Economics, 2018d. Disponível em: <<https://pt.tradingeconomics.com/country-list/gdp>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

TREVISAN, C. *China: O renascimento do império*. São Paulo: Planeta, 2006.

TRUDELL C., HAGIWARA, Y., JIE, M. Humans Replacing Robots Herald Toyota's Vision of Future. *Bloomberg*, New York, 7 apr. 2014. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-04-06/humans-replacing-robots-herald-toyota-s-vision-of-future>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

UNEP. *The Emissions Gap Report 2017*. United Nations Environment Programme. Nairobi: UNEP, 2017. Disponível em: <[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 10 jan. 2018.

UNICA. São Paulo, 2017. Disponível em: < <http://www.unica.com.br>>. Acesso em 4 jan. 2018.

UPWORK. Mountain View, 2015-2018. Disponível em: < <https://www.upwork.com>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

URMSON, C. Google Blog [Internet]. Mountain View: Chris Urmson, 2014. Disponível em: < <https://googleblog.blogspot.com.br/2014/05/just-press-go-designing-self-driving.html>>. Acesso em: 12 set. 2017.

US CHAMBER OF COMMERCE. *Made in China 2025: Global ambitions built on local protections*. Washington: US Chamber of commerce, 2017. Disponível em: <[https://www.uschamber.com/sites/default/files/final\\_made\\_in\\_china\\_2025\\_report\\_full.pdf](https://www.uschamber.com/sites/default/files/final_made_in_china_2025_report_full.pdf)>. Acesso em 2 jan. 2018.

VAZ, T. Gigantes da tecnologia faturam o equivalente ao PIB da Suíça: Apple, Amazon, Google, Microsoft e Facebook faturaram US\$ 667,5 bi em 2017. *Folha S. Paulo*, São Paulo, 10 jan. 2018. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/02/gigantes-da-tecnologia-faturam-o-equivalente-ao-pib-da-suica.shtml>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

VDMA. Frankfurt: 2018. Disponível em: <<https://www.vdma.org>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

VIEIRA, S. Diretor-geral da OMC alerta senadores sobre desemprego estrutural. *Senado Notícias*, Brasília, 24 ago. 2017. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2017/08/24/diretor-geral-da-omc-alerta-senadores-sobre-desemprego-estrutural>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

VINGE, V. *The coming technological singularity: How to survive in the post-human era*. In: *Interdisciplinary science and engineering in the era of cyberspace*. Ohio: NASA, 1993. Disponível em: <The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era>. Acesso em: 9 jan. 2018.

VOGLER-LUDWIG, K., DÜLL, N., KRIECHEL, B. *Arbeitsmarkt 2030. Wirtschaft und Arbeitsmarkt im digitalen Zeitalter Prognose 2016. Analyse der zukünftigen Arbeitskräftenachfrage und des-angebots in Deutschland auf Basis eines Rechenmodells*. München: Bundesministeriums für Arbeit und Soziales, 2016. Disponível em: <<http://www.economix.org/assets/content/ERC%20Arbeitsmarkt%202030%20-%20Prognose%202016%20-%20Langfassung.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

WAKEFIELD, J. Foxconn replaces '60,000 factory workers with robots'. *BBC*, London, 25 mai. 2016. Disponível em: <<http://www.bbc.com/news/technology-36376966>>. Acesso em 29 set. 2017.

WALL, M. *Automotive industry outlook: navigating the waters in a post-recovery environment*. [S.l.]: IHS Markit, 2016. Disponível em: < [https://www.spratings.com/documents/20184/908551/US\\_CO\\_Event\\_Auto2016\\_Article3.pdf/21ebbbdb-40fb-4f9c-949e-136af209f63f](https://www.spratings.com/documents/20184/908551/US_CO_Event_Auto2016_Article3.pdf/21ebbbdb-40fb-4f9c-949e-136af209f63f)>. Acesso em 4 dez. 2017.

WANDERLEY, M. Qual será o impacto dos carros autônomos na nossa cultura? *Tecmundo*, São Paulo, 9 dez. 2017. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/mobilidade-urbana-smart-cities/124980-impacto-carros-autonomos-nossa-cultura.htm>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

WASHINGTON POST. President Trump announced his decision to withdraw from the Paris climate agreement on June 1, after saying he would "cancel" the deal while on the campaign trail. *Washington Post*. Washington, 1 jun. 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=SDx2Fc-T6Y8>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

WAYMO. *Say Hello to Waymo*. Mountain View: Produção: Waymo. Vídeo, 1'53". Publicado em: 13 dez. 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=uHbMt6WDhQ8>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

WAYMO. *Waymo's fully self-driving cars are here*. Produção: Waymo. Vídeo, 2'47". Publicado em: 7 nov. 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=aaOB-ErYq6Y>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

WEBER, M. *A Ética Protestante e o Espírito do Capitalismo*. ed. 2. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

WEBER, Max. *Economia e sociedade*. Brasília: Editora UNB, 1999, vol. 1 e 2.

WEF, HAYLEY, P. *The 12 jobs most at risk of being replaced by robots*. New York: World Economic Forum - WEF, 2015. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2015/11/the-12-jobs-most-at-risk-of-being-replaced-by-robots/>>. Acesso em: 27 jan. 2018.

WEF. *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. [Relatório]. Geneva: World Economic Forum, 2016. Disponível em: <[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf)>. Acesso em: 27 jan. 2018.

WEF. *Impact of the Fourth Industrial Revolution on Supply Chains*. Geneve: World Economic Forum, 2017. Disponível em: <[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Impact\\_of\\_the\\_Fourth\\_Industrial\\_Revolution\\_on\\_Supply\\_Chains\\_.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Impact_of_the_Fourth_Industrial_Revolution_on_Supply_Chains_.pdf)>. Acesso em: 4 jan. 2018.

WEINER, A. Inside Adidas' robot-powered, on-demand sneaker factory. New York: *Wired*, New York, 29 nov. 2017. Disponível em: <<https://www.wired.com/story/inside-speedfactory-adidas-robot-powered-sneaker-factory/>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

WHALSTER, W. Semantic Technologies for Mass Customization. In: *Towards the internet of services: the Theseus Research Program*. New York: Springer, 2014. Disponível em:

<<https://books.google.com.br/books?id=eipnBAAAQBAJ&pg=PA285&lpg=PA285&dq=theseus+deutschland&source=bl&ots=UL7KG10aKF&sig=xtjfeRzUTEGxYVnJu8sYNMqv0l&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwi2lpHr6ubYAhWBhJAKHTGPB0wQ6AEIWzAJ#v=onepage&q=theseus%20deutschland&f=true>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

WIESMÜLLER, M. *Industrie 4.0: surfing the wave?* Wien: Elektrotechnik & Informationstechnik, 2014. Disponível em:

<<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00502-014-0217-x.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

WILENIUS, M; KURK, S. Surfing the sixth wave: Exploring the next 40 years of global change. The Interim Report of the Project The 6th Wave and Systemic Innovations for Finland: Success Factor for the Years 2010-2050. In *Finland Futures Research Centre – University of Turku*. Helsinki, 2012. Disponível em: [http://projects.mcrit.com/foresightlibrary/attachments/surfing\\_the\\_sixth\\_wave.pdf](http://projects.mcrit.com/foresightlibrary/attachments/surfing_the_sixth_wave.pdf)>. Acesso em: 10 jan 2018.

WOOD, A. *Efficient Consumer Response*. [S.l.]: Logistics Information Management. Disponível em:

<<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/EUM0000000002908>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

WORLD ECONOMIC FORUM, 2015. *Global Agenda Council on the Future of Software & Society. Deep Shift - Technology Tipping Points and Societal Impact*. [S.l.]: Survey Report, September 2015. Disponível em: <[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GAC15\\_Technological\\_Tipping\\_Points\\_report\\_2015.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf)>. Acesso em: 8 dez. 2017.

WORLD TRADE ORGANIZATION, 2017. *World Trade Report 2017: Trade, technology and jobs*. World Trade Organization. Geneva: WTO, 2017. Disponível em: <[https://www.wto.org/english/res\\_e/publications\\_e/wtr17\\_e.htm](https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/wtr17_e.htm)>. Acesso em: 10 dez. 2017.

WRIGLEY, E.A. 2013. Energy and the English Industrial Revolution. In: *Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 371, n. 1986, 2013. Disponível em: <[http://www.jstor.org/stable/23364180?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org/stable/23364180?seq=1#page_scan_tab_contents)>, Acesso em: 14 jan 2018.

WTO. World Trade Report 2017. Trade, Technology and Jobs. Impact of technologies on labor market outcomes. Genève: *World Trade Organization*, 2017. Disponível em: <[https://www.wto.org/english/res\\_e/publications\\_e/wtr17\\_e.htm](https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/wtr17_e.htm)>. Acesso em: 24 jan. 2018.

WUEBBLES at al., Executive summary. In: *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment*. Washington: U.S. Global Change Research Program v.1, p. 12-34, 2017. Disponível em: <<https://science2017.globalchange.gov/chapter/executive-summary/>>. Acesso em 10 dez. 2018.

WURZER, A. *New research project at MIPLM: IP Strategies for Predictive Maintenance Services*. Strasbourg: Centre d'Etudes Internationales de la Propriété Intellectuelle (CEIPI) of the University of Strasbourg, 2017. Disponível em: <[http://ipforbusiness.org/new-research-project-at-miplm-ip-strategies-for-predictive-maintenance-services#\\_ftn4](http://ipforbusiness.org/new-research-project-at-miplm-ip-strategies-for-predictive-maintenance-services#_ftn4)>. Acesso em: 25 jan. 2018.

XAVIER, J.T.P. *Teorias antropológicas*. Curitiba: IESDE, 2009. p.179-187.

ZEEBE, R. E., RIDGWELL, A., ZACHOS, J.C. *Anthropogenic carbon release rate unprecedented during the past 66 million years*. London: Nature Geoscience 9, 325-329. Nature Publishing Group, 2016. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/ngeo2681>>. Acesso em 3 jan. 2018.