



## THE SIXTH WAVE OF INNOVATION: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE IMPACTS ON EMPLOYMENT

**Marcelo Augusto Vieira Graglia,**  
**Patricia Giannoccaro Von Huelsen,**  
Pontificia Universidade Católica de São Paulo  
**E-mail:** mraglia@pucsp.br, phuelsen@pucsp.br

### ABSTRACT

The beginning of the 21st century presents a scenario of profound transformations for human society. Technological innovations will enable significant advances in various areas and aspects of human society, such as health and longevity, energy efficiency and urban mobility. There will be economic prosperity within the logic of the process of creative destruction, with products and businesses being replaced by others. The sixth wave of technological innovation must severely impact the logic of interaction between technology, society and work. The new wave of innovation, based on digital and intelligence technologies that combine with information and communication technologies born in the second half of the 20th century, presents specific characteristics that differentiate it structurally from previous waves, such as high propagation velocity and maturation of technological innovations, convergence between several disruptive technologies and with high potential for the replacement of human labor.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Industry 4.0, Technological Innovation, Labor and Employment.

**ACEITO EM: 30/01/2020**

**PUBLICADO: 30/05/2020**



## A SEXTA ONDA DE INOVAÇÃO: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E OS IMPACTOS NO EMPREGO.

**Marcelo Augusto Vieira Graglia,**  
**Patricia Giannoccaro Von Huelsen,**  
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo  
**E-mail:** mraglia@pucsp.br, phuelsen@pucsp.br

**Resumo:** O início do século XXI anuncia um cenário de profundas transformações para a sociedade humana. As inovações tecnológicas permitirão avanços significativos em diversas áreas, como saúde e longevidade, eficiência energética e mobilidade urbana. Haverá prosperidade econômica dentro da lógica do processo de destruição criativa, com produtos e negócios sendo substituídos por outros. A sexta onda de inovação tecnológica deve impactar de forma severa a lógica de interação entre tecnologia, sociedade e trabalho. A nova onda de inovação, baseada em tecnologias digitais e da inteligência que se combinam com as tecnologias da informação e comunicação nascidas na segunda metade do século XX, apresenta características específicas que a diferenciam estruturalmente das ondas anteriores, como alta velocidade de propagação e maturação das inovações tecnológicas, convergência entre diversas tecnologias disruptivas e com alto potencial de substituição do trabalho humano.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial, Indústria 4.0, Inovação Tecnológica, Trabalho e Emprego

### INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da tecnologia ao longo da história da humanidade gerou significativos avanços e seus benefícios são absolutamente tangíveis, relevantes e intrinsecamente ligados ao próprio desenvolvimento civilizatório (CASTELLS, 2006). Já no campo do trabalho humano, é histórico o temor dos efeitos potencialmente destruidores da tecnologia sobre os postos de trabalho, simbolicamente representado pelo movimento ludista ocorrido na Inglaterra no início do século XIX, onde grupos de trabalhadores utilizaram a destruição de máquinas como forma de pressionar os empregadores contra as condições precárias a que eram submetidos: jornadas exaustivas, ambientes de trabalho insalubres e baixos salários. Foi um período histórico marcado por turbulências econômicas, desemprego em massa e fome, num cenário que se agravava com a introdução de máquinas que causavam demissões e substituição de funções mais

qualificadas e melhor remuneradas por outras de pouca exigência técnica e pior remuneradas, gerando conflitos entre pequenos produtores (ROBSBAWM, 1952).

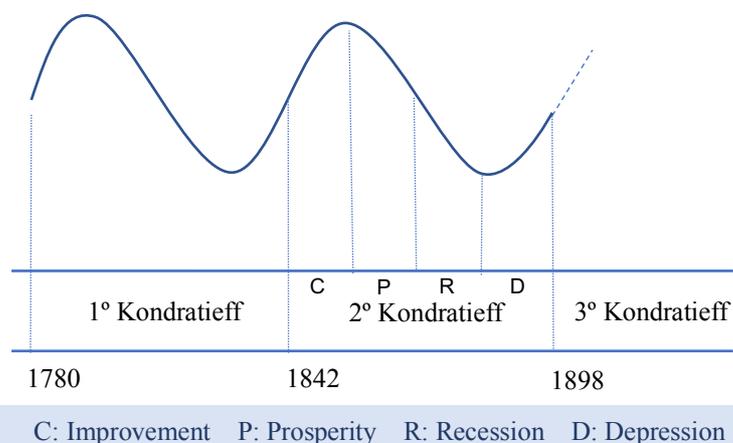
O surgimento de uma nova revolução tecnológica reacende a polêmica com debates entre visões opostas: as que vislumbram um futuro brilhante, onde a tecnologia liberta a humanidade da obrigação do trabalho duro, repetitivo e desestimulante, elimina doenças, promove a longevidade, o conforto, permite novas possibilidades lúdicas e sensoriais trazidas por dispositivos e ambientes digitais e onde trabalhadores mais velhos possam trabalhar mais e de forma mais saudável - o que seria uma possibilidade estratégica no atual contexto demográfico, onde vários países estão enfrentando redução de sua força de trabalho por conta do envelhecimento e os respectivos efeitos deletérios sobre suas economias (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016). Em posição antagônica, aqueles que temem as consequências potencialmente nefastas da proliferação intensa da tecnologia por campos sensíveis da sociedade humana, como o trabalho, a medicina genética, o controle sobre as informações e a temerária aplicação no campo militar. Soma-se ainda o risco da desumanização das relações e da própria consciência humana, num cenário de pós-humanismo cibernético (FUKUYAMA, 2002). 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, o 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 (GRAGLIA, LAZZARESCHI, 2018). Em seus efeitos há aspectos claramente positivos e outros que inspiram maior reflexão.

## **OS CICLOS ECONÔMICOS E A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA**

O comportamento cíclico da economia mundial, alternando momentos de crescimento e crises tem sido estudado por diversos autores (HAYEK, 1933; KONDRATIEFF, 1935; MISES, 1953; MODIS, 2017). Kondratieff (1935) afirma a existência de ondas longas que não são originadas por causas aleatórias, mas por causas inerentes à essência da economia capitalista. Os mecanismos que explicam a existência e o comportamento das ondas longas são derivados do surgimento de grandes modificações técnicas, guerras, revoluções e assimilação de novos países dentro da economia mundial.

As modificações técnicas de produção têm papel influente sobre o curso do desenvolvimento do capitalismo e o desenvolvimento das técnicas, em si, é parte do ritmo das ondas longas (KONDRATIEFF, 1935). Schumpeter (1939) defende que a perturbação motivadora do início de um ciclo é dada por uma inovação. Segundo sua teoria, existe uma periodicidade de ciclos longos, ou ondas longas, de aproximadamente cinquenta ou sessenta anos. John Maynard Keynes (1883-1946) reconhece a existência de ciclos econômicos, incluindo a regularidade de ocorrência e duração, justificando como sendo o resultado de uma variação cíclica na eficiência marginal do capital. 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, sendo que o retorno esperado será fruto de um fluxo de rendas futuras geradas pela venda dos produtos. Keynes destaca o fenômeno da crise como uma característica típica do ciclo econômico, onde a inversão de uma fase ascendente para uma descendente costuma 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 (LIMA, 2011). Em seu trabalho *Business Cycles*, Schumpeter destacou a importância das inovações como fator determinante do desenvolvimento econômico. Ele também cunhou o termo "ciclo Kondratieff" e, assim, ligou o nome do economista russo ao fenômeno das ondas longas. 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 onda de inovação tecnológica. Esta alternância entre prosperidade e recessão, é vista como parte do processo maior de desenvolvimento econômico (SCHUMPETER, 1997).

Figura 1: Ciclos de Kondratieff, segundo Schumpeter.



Fonte: Schumpeter (1939). Adaptado pelos autores.

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. 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). O impulso fundamental que 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 que revoluciona incessantemente a estrutura econômica a partir de dentro, destruindo incessantemente o antigo e criando elementos novos, a partir de explosões discretas, separadas por períodos de relativa calma. O processo, como um todo, é contínuo, visto que há sempre uma revolução ou a absorção dos resultados de uma revolução, formando um novo 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 e a ideia de destruição criativa destaca o caráter disruptivo que caracteriza a interferência das grandes 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 (SCHUMPETER, 1961).

### **A primeira onda**

A primeira onda 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 Newcomen (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 (TAVARES, 2008). O uso da energia hidráulica se expandiu e a indústria têxtil foi um dos setores econômicos mais representativos deste período histórico.

### **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. 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 custo dos trilhos de aço foi reduzido em 88% e o custo do alumínio foi reduzido em 96% pelo processo de refinação eletrolítica inventado na década de 1880 (JENSEN, 1993).

### **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 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 do poder, que passou a se concentrar nos EUA e Alemanha (CASTELLS, 2006).

### **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, a invenção do transistor pelos físicos Bardeen, Brattain e Shockley, da Bell Laboratories, pela invenção do circuito impresso em 1957 por Jack Kilby da Texas Instruments e do microprocessador em 1971 por Ted Hoff da Intel Corporation. Alterações significativas na velocidade das inovações já podem ser notadas. A chamada Lei de Moore preconiza que o número de transistores num *chip* dobra a cada dezoito meses, mantendo o mesmo custo. O conjunto destas invenções abriu caminho para o surgimento dos computadores pessoais, como o Altair 8800 desenvolvido em 1975 por Ed Roberts, o Apple 1 (1976) e Apple 2 (1977), 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 a 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 deste período 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.

### **A quinta onda**

A quinta onda, com início na década de 90 do século XX, é fortemente baseada nas tecnologias da informação e comunicação - gerando a expansão da telefonia celular digital, a explosão das redes sociais 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.

## A sexta onda

Toda onda de inovações dura aproximadamente até que os lucros gerados por ela recuem 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. Os ciclos longos foram descritos originalmente como possuidores de uma frequência entre 45 e 60 anos. O que alguns autores têm destacado é uma aparente redução do intervalo entre os ciclos, devido à aceleração do progresso científico. Nesta nova onda de inovação, a difusão da tecnologia digital vem sendo impulsionada principalmente por dois fatores: o ritmo extraordinário do progresso técnico, expresso na chamada *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) 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). 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 uma das principais características 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 sua onipresença. 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; KRIEHEL, 2016). A aceleração do processo de desenvolvimento de novas tecnologias e da velocidade de expansão de sua aplicação no mercado e adoção por um número maior de consumidores pode não depender apenas de uma suposição da continuação da Lei de Moore, mas em modelos que mostram que o ritmo das mudanças tecnológicas avança exponencialmente e não linearmente (KURZWEIL, 2001). 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 cinco anos, o rádio trinta e oito anos e a televisão catorzes anos para atingir cinquenta milhões de usuários, o celular precisou de cinco anos, a internet de quatro anos, o Skype de dois anos, a tecnologia *mobile* precisou de apenas cinquenta dias e estima-se que novas tecnologias digitais precisem de apenas trinta e cinco dias para atingir cinquenta milhões de usuários (ERNEST&YOUNG, 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. A produtividade dos recursos é o principal motor de mudanças tecnológicas, econômicas e mesmo sociais e parte das tecnologias que compõem este novo *cluster* que impactará a economia e a sociedade já é conhecido. A sexta onda pode ter como tecnologias condutoras a inteligência artificial, a biomedicina, o motor a hidrogênio e os robôs (SHIMULA, 2009). 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. 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 (KURK, 2012). O conjunto das transformações impulsionadas pela aplicação das novas tecnologias têm sido chamado também de “Quarta Revolução Industrial” (WEF, 2017) ou “Indústria 4.0”. Do ponto de vista tecnológico, não é possível explicar a complexidade do fenômeno atual considerando-se apenas aquelas tecnologias envolvidas diretamente com a indústria 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. A terminologia “Indústria 4.0” parece mais adequada para identificar a transformação que está ocorrendo nas fábricas e no setor industrial especificamente, simbolizada pela aplicação dos sistemas ciberfísicos (KAGERMANN et al. 2013; MGI, 2015), que têm a função de conectar o mundo virtual com o mundo físico por serem mecanismos que associam a tecnologia da informação e comunicação a 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 sociológica, sua função é discreta, pois trata-se apenas de um dispositivo tecnológico entre tantas inovações e modelos disruptivos. Na Sexta Onda, o novo arranjo tecnológico abre a esperada possibilidade de expansão econômica, mas exacerba um dos aspectos fundamentais do capitalismo: a produtividade dará certamente um salto a partir da integração das potencialidades tecnológicas. 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 da necessidade de trabalho humano (KAGERMANN et al., 2013). Os grandes ganhos de produtividade aumentarão os lucros financeiros de muitas companhias e investidores, em detrimento de outras que, por qualquer razão, não tenham acesso às novas tecnologias, afetando a concorrência e a lógica econômica da regulação de preços. Se não houver mudanças no sistema tributário e nas políticas de distribuição de renda, haverá aprofundamento do fenômeno histórico de concentração de riqueza e desigualdade social, especialmente pelos impactos sobre o emprego e o trabalho. O histórico de recuperação dos empregos, nas fases de crescimento e prosperidade dos ciclos econômicos ainda alimenta a esperança no surgimento de novos

postos de trabalhos, na lógica da destruição criativa (SCHUMPETER, 1961); entretanto, tal fenômeno não deve funcionar como nos ciclos anteriores. Uma das razões é de ordem demográfica: as revoluções tecnológicas 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 mercado consumidor. Outras diferenças também devem ser consideradas, como a quantidade expressiva de novas tecnologias que estão surgindo numa mesma janela temporal, se combinando, convergindo e gerando outras inovações numa velocidade exponencial que não pode ser acompanhada pelas instituições tradicionais, como governos e universidades, e o potencial de substituição do trabalho humano que algumas das novas tecnologias trazem.

## **DIGITALIZAÇÃO, EMPREGO E TRABALHO**

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 em desenvolvimento (BLS, 2017; IBGE, 2018; DW, 2018). O setor de serviços, desta forma, tornou-se o maior gerador de postos de trabalho e renda para as populações destes países. Entretanto, mesmo os serviços de natureza intelectual, como os realizados por engenheiros, professores e pesquisadores tendem a ser afetados por novas tecnologias emergentes, especialmente no que tange a substituição do trabalho humano por sistemas e softwares (OSBORNE; FREY, 2013). Segundo estudos da Organização Mundial para o Comércio, 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, 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. Este emprego, por conta da mobilidade do capital e do trabalho, pode migrar de país ou continente, em busca por maior eficiência e vantagem. O desemprego estrutural, assim chamado pela sua característica de irreversibilidade, é fruto dos ganhos de produtividade obtidos pelas empresas a partir da aplicação da tecnologia em seus processos, sejam aqueles geradores de bens físicos ou de serviços. A influência da tecnologia sobre a produtividade e consequente substituição do emprego vem se acelerando com a evolução das tecnologias digitais. A inovação digital muda de maneira 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 contexto exigem competências mais sofisticadas que são inacessíveis para a maior parte dos trabalhadores (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2011; OSBORNE; FREY, 2013). Desenvolver competências através de estratégias de capacitação não garante a inserção do trabalhador no mercado de trabalho, tanto pelo fato da necessidade menor de mão-de-obra, como pelo fato de que os programas de capacitação frequentemente não conseguem desenvolver suficientemente as competências necessárias, gerando uma capacitação “aparente”, pelo seu caráter superficial. O avanço da tecnologia digital sobre estas funções pode repetir o efeito que a automação, a mecanização e a robotização geraram

sobre os empregos industriais. Apesar 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, manufatura aditiva, veículos autônomos e robótica terão impactos fundamentais sobre a natureza do trabalho, sobre a economia e a sociedade nas próximas décadas. Um dos pontos críticos na discussão sobre a expansão do uso das novas tecnologias em suas diversas aplicações pelos indivíduos e organizações é a urgência de uma profunda reestruturação das políticas, estruturas e mecanismos de proteção social, de estímulo a geração de trabalho e renda e dos sistemas educacionais, para suportar as transformações que já estão ocorrendo e que, em poucos anos, atingirão novos patamares de complexidade e potência. 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. Mesmo países estruturalmente bem preparados e organizados para o enfrentamento desta transformação dependem de uma combinação de fatores complexos para obter sucesso. Se os sistemas socioeconômicos não se adequarem a um cenário de aceleração tecnológica, integração e globalização digitalizada, então boa parte da massa mundial de trabalhadores pode estar desempregada em 2050 (GLENN; FLORESCU, 2015). As possibilidades de geração de novos postos de trabalhos a partir de novas funções e profissões que venham a surgir devem ser vistas com cautela, pois podem demandar níveis impeditivos de competências para trabalhadores oriundos de funções de baixa complexidade. Além do mais, tendem a ser em número absolutamente insuficiente para acomodar a massa de trabalhadores afetados. 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, 2017). O surgimento de novos negócios também ocorrerá, porém com níveis de produtividade superiores e com menor necessidade de mão de obra humana (RANDER, 2016). Os novos modelos de 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 em um padrão mais reduzido de geração de postos de trabalho. Os custos com pessoal são normalmente significativos para a maior parte das empresas; assim, a tecnologia será utilizada na redução de pessoal, com o objetivo de aumentar as margens operacionais e os resultados financeiros.

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, incluindo empregos em inúmeras atividades do setor de serviços, sejam de caráter administrativo ou de conhecimento. Na Alemanha, o setor de serviços responde por cerca de 70% do PIB e no Brasil por cerca de 75%, onde 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 de robôs de automação de processos, tecnologias de reconhecimento de documentos eletrônicos e inteligência artificial abrem inúmeras possibilidades de otimização (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIEHEL, 2016). Diversas ocupações do setor de serviços serão impactadas, envolvendo 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) e a digitalização 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). A automação do trabalho de conhecimento está sendo feita a partir de uma nova abordagem, que envolve não apenas a questão da informação, mas também toda a teoria e os modos de raciocínio necessários para realização de um trabalho ou uma tarefa. 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. Alguns escritórios de advocacia, por exemplo, já 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 e é capaz de 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. 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). Mesmo no setor de prestação de serviços de programação, o uso da inteligência artificial aplicada a códigos de auto reparação reduz a necessidade de programadores humanos. Sistemas habilitados para voz e a personalização cada vez maior deverão diminuir fortemente a demanda para os centros de chamadas (*Call Centers*), 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. Nas cinco principais empresas de serviços de TI da Índia há queda no crescimento do emprego de até 40% e o país enfrenta enormes desafios colocados pela revolução tecnológica em curso: se nada for feito, cerca de 69% dos trabalhos estarão perdidos para automação (SINGH, 2017). Os efeitos negativos sobre o emprego surgem também para profissionais de saúde médica, em especial profissões de laboratório e enfermagem (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIEHEL, 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 sistema de inteligência artificial 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 de cada paciente. Com isto, o sistema de IA compara os sintomas individuais dos pacientes, sinais vitais, histórico familiar, medicamentos utilizados, estrutura genética, dieta e rotina de exercícios para diagnosticar e recomendar um tratamento com maior probabilidade de sucesso. Já a empresa Wellpoint adotou esta tecnologia 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). São

indiscutíveis os benefícios que tais tecnologias podem trazer, entretanto, seu efeito colateral sobre os empregos precisa ser considerado.

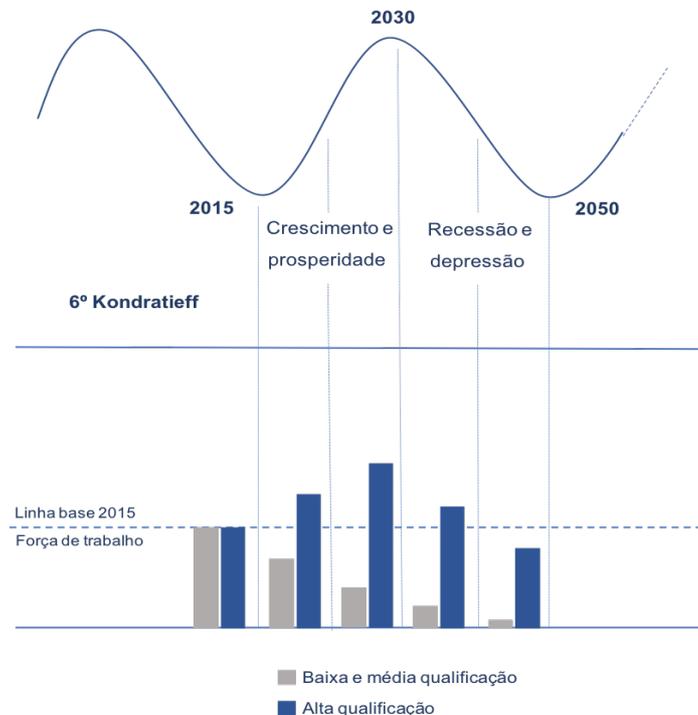
O setor de varejo é um dos grandes geradores de emprego, tanto pelas suas dimensões na economia mundial quanto pela sua característica de uso intensivo de mão de obra. Nos Estados Unidos é o 4º maior gerador de empregos, sendo responsável por cerca de quinze milhões e oitocentos e vinte mil empregos em 2016. O varejo tem uma estrutura de custos complexa, baseada em dois principais fatores: custo dos bens vendidos e custo da mão de obra. Os desafios 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) e outros estão experimentando soluções robotizadas com assistentes virtuais para atendimento ao cliente. O setor de varejo nos EUA já vem apresentando redução anual de seus postos de trabalho da ordem de 3%, como resultado da digitalização. (VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016). Estima-se que até 2020 os dez principais varejistas apliquem algoritmos avançados que permitirão corte de até um terço das equipes de *merchandising* e aplicativos de conversação e atendimento digital que processarão 50% dos pedidos de atendimento ao cliente, impactando na necessidade de profissionais para estas atividades (GARTNER, 2017b). Outro aspecto que merece destaque quando se avalia o fenômeno da ameaça de desemprego estrutural no setor de serviços é que este setor – historicamente - absorveu boa parte da mão de obra que foi sendo eliminada dos setores 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). 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.

## 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 na 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. A sexta onda, ou sexta Kondratieff, está começando e, como toda grande onda de inovação tecnológica, 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. Além da ação empreendedora de empresários, a nova onda 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 - *Manufacturing USA* - e na Alemanha, com o programa *Industrie 4.0* (HOLDREN; LANDER, 2011; VOGLER-LUDWIG; DÜLL; KRIECHEL, 2016; BMAS, 2017). 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 costumava 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.

Figura 2: 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.

## CONCLUSÃO

As novas tecnologias permitirão avanços significativos em diversas áreas e aspectos da sociedade humana, como saúde e longevidade, eficiência energética, redução de impactos e riscos ambientais, produção de alimentos, mobilidade nas grandes cidades, redução dos índices de acidente de trânsito e perda de vidas, novos sistemas de aprendizagem. Haverá prosperidade econômica dentro da lógica do processo de destruição criativa, com produtos e negócios sendo substituídos por outros. Os impactos que as novas tecnologias podem gerar sobre a força de trabalho do século XXI são de

uma ordem de grandeza semelhante às grandes mudanças trazidas pelas ondas de inovação anteriores. As mudanças ocorridas não resultaram em desemprego em massa a longo prazo, porque foram acompanhadas pela criação de novos tipos de trabalho. Entretanto, não podemos afirmar com segurança que esta relação histórica entre crescimento econômico e geração de emprego e trabalho será mantida. A sexta onda de inovação tecnológica traz características determinantes que a diferenciam estruturalmente das anteriores. A velocidade com a qual a transformação está ocorrendo, a acelerada escalabilidade das novas tecnologias, a quantidade de tecnologias disruptivas surgindo ou amadurecendo simultaneamente, o potencial massivo de substituição do trabalho humano, o impacto relevante que ocorrerá nos empregos do setor de serviços 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 que afetarão dramaticamente a estrutura e o mercado de trabalho. Imaginar as perspectivas do futuro do trabalho sem considerar estas diferenças, seria um equívoco. 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 pode ser captada de forma concentrada por alguns poucos países, corporações e indivíduos, acentuando as condições de desigualdade.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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 jun. 2019.

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.

CASTELLS, M. *A sociedade em rede. A era da informação: economia, sociedade e cultura*. ed. 9. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

DW Deutsch Welle. *O setor de serviços*. Disponível em: <<http://www.dw.com/pt-br/o-setor-de-servicos/a-1017270>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

ERNEST&YOUNG, 2017. Disponível em: <<http://www.ey.com/br/pt/issues>>. Acesso em 15 jun. 2019.

FUKUYAMA, F. *Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution*. New York: Picador, 2002

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 jun. 2019.

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 jun. 2019.

GLENN, J. C., FLORESCU, E. *O Estado do Futuro – Sumário Executivo* [Relatório]. Washington: The Millennium Project, 2015. Disponível em: <<http://107.22.164.43/millennium/2015-SOF-ExecutiveSummary-Portuguese.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

GRAGLIA, M., LAZZARESCHI, N. A Indústria 4.0 e o Futuro do Trabalho: Tensões e Perspectivas. In: Revista Brasileira de Sociologia, São Paulo, v. 6, n. 14, p. 109-151, set.-dez. 2018. Disponível em: <<http://www.sbsociologia.com.br/rbsociologia/index.php/rbs/article/view/424>>. Acesso em: 1 jul. 2019.

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 30 jun. 2019.

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 jul. 2019.

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 jun. 2019.

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 jun. 2019.

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.

KONDRATIEFF. The Long Waves in Economic Life - *The Review of Economics and Statistics*. v. 17, n. 6. p. 105-115. [S.I.]: 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 jun. 2019.

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 jul. 2019.

LIMA, I. C Ciclos Econômicos: Teoria e Evidência ANPEC 2011. In: *39º Encontro Nacional de Economia*. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/novosite/br/encontro-2011#TRABALHOS>>. Acesso em 15 jun. 2019.

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 jun. 2019.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (MGI). *Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector* [Relatório]. [S.I.]: 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 jun. 2019.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (MGI). *Jobs lost, jobs gained: workforce transitions in a time of automation*. [Relatório]. [S.I.]: McKinsey Global Institute, 2017. 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 jun. 2019.

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 jun. 2019.

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.

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 jul. 2019.

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.pdf](https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf)>. Acesso em 22 jun. 2019.

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 jun. 2019.

POIRE. *The great transformation of 2021*. Lulu.com. Raleigh 2011. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=2XRGAgAAQBAJ&pg=PP1&lpg=PP1&dq=the+great+transformation+of+2021&source=bl&ots=tH4MJR-te-&sig=eIcTdlQGNwhcNQwoBC8N7GeK5Bw&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwig3beQ-dHWAhUChpAKHeQFCDsQ6AEIODAD#v=onepage&q=the%20great%20transformation%20of%202021&f=true>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

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.I.]: Digitalist Magazine SAP, 2016. Disponível em: <<http://www.digitalistmag.com/executive-research/live-business-the-rise-of-the-digital-workforce>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

RIFKIN, J. *Sociedade com custo marginal zero*. São Paulo: M. Books do Brasil Editora, 2016.

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 jun. 2019.

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 jun. 2019.

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.

SHIMULA, D. 2009. *The waves of the technological innovations of the modern age and the present crisis*. [S.I.]: Studia Politica Slovaca. Disponível em: <<https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=15614>>. Acesso em 15 jun. 2019.

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.

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 jun. 2019.

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 jul. 2019.

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 jun. 2019.