

A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO FORÇA DISRUPTIVA:
UMA ANÁLISE MICROECONÔMICA DO IMPACTO DAS REVOLUÇÕES
TECNOLÓGICAS NA ECONOMIA GLOBAL

Eduarda Moura Pereira

Graduanda em Ciências Econômicas (FACE/UFMG)

eduardamourap@hotmail.com

Isabella Siqueira Maia

Graduanda em Ciências Econômicas (FACE/UFMG)

Ricardo Andres Sampaio Vargas

Graduando em Ciências Econômicas (FACE/UFMG)

Vitor Salomão Mourão

Graduando em Ciências Econômicas (FACE/UFMG)

vitorsalomaomourao@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho tem por objetivo conceituar a Inteligência Artificial (IA) como um progresso técnico disruptivo, no sentido de ser capaz de gerar desequilíbrios compatíveis com o processo de destruição criadora proposto por Schumpeter (1961). Sob uma análise pautada nos princípios da Microeconomia, pretende-se criar um argumento capaz de elucidar o papel das novas tecnologias de alta capacidade cognitiva e adaptativa no desenvolvimento dos mercados, sob uma ótica evolucionária que compreende as relações causais que estruturaram as revoluções tecnológicas dos últimos séculos. Para tanto, exploraremos o conceito de inovação e mudança estrutural contido na literatura, além de estabelecer as tendências tecnológicas contemporâneas, a fim de apresentar a inteligência artificial como um impacto disruptivo na estrutura oligopolística mundial.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Destruição Criativa. Revolução Tecnológica. Microeconomia.

ABSTRACT: The aim of the present work is to conceptualize Artificial Intelligence (IA) as a disruptive technical progress, in the sense of being able to generate imbalances compatibles with the process of creative destruction proposed by Schumpeter (1961). Under an analysis based on the principles of Microeconomics, it is intended to create an argument capable of elucidating the role of new technologies of high cognitive and adaptive capacity in the development of markets, under an evolutionary perspective that understands the causal relations that structured the technological revolutions of the last centuries. To do so, we will explore the concept of innovation and structural

change contained in the literature, as well as establish contemporary technological trends, in order to present artificial intelligence as a disruptive impact on the global oligopolistic structure.

Keywords: Artificial Intelligence. Creative Destruction. Technological Revolution.

Microeconomics.

Introdução

Há algum tempo o desenvolvimento robótico é pauta de discussões nos diversos setores da sociedade, contemplando a comunidade acadêmica, o setor de transformação industrial e a composição do setor de serviços. A idealização das funções que poderiam ser exercidas por organismos não orgânicos também é explorada de diversas formas pelo mercado da economia criativa a partir de obras literárias e cinematográficas, dando um novo corpo às especulações sobre o futuro da nossa relação com as máquinas.

De fato, por mais que se afastem das idealizações da indústria cinematográfica, a evolução real da tecnologia compreende a elaboração da chamada inteligência artificial. As transfigurações na relação entre robôs e humanos, sobre a qual a estrutura robótica passa a assumir cada vez mais as funções que antes eram restritas aos seres humanos parecem se tornar lentamente pauta nos principais centros de discussão técnica, ética e moral da humanidade. Todavia, o grande questionamento que percorre esse âmbito seria qual a capacidade, em termos práticos, das inovações relativas à inteligência artificial alterarem a realidade em que vivemos, especialmente, os efeitos dessa inovação no sistema capitalista monetário de acumulação privada.

Nesse sentido, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, em seu relatório “OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018”, cita a inteligência artificial como umas das grandes inovações tecnológicas que em um futuro próximo proporcionarão uma mudança profunda na estrutura socioeconômica global. De acordo com a OECD, a automatização do processo de aprendizado das máquinas a partir do aprofundamento de técnicas de aprendizagem e uso de redes neurais artificiais é vista como uma possível Revolução Produtiva com alto potencial comercial na otimização de processos de produção, logística e cadeias de suprimento.

O tratamento conceitual à inteligência artificial no relatório da OCDE não se dá apenas como uma inovação ou um conjunto de inovações tecnológicas. As projeções do seu desenvolvimento atingem patamares de revolução tecnológica, ou seja, infere a possibilidade de uma metamorfose nos pilares da produção e das transações do sistema econômico a partir do avanço em tal advento. Enquadrando-se em um ambiente globalizado, com múltiplos sistemas de inovação e uma matriz produtiva ampla, a inteligência artificial teria a capacidade de moldar a relação capital/trabalho, se

conectar de diferentes formas com outras tecnologias e prevalecer como a base para as inovações tecnológicas futuras.

O escopo deste trabalho refere-se a essa iminência das mudanças na relação capital/trabalho promovidas pela inteligência artificial, às suas posteriores consequências para a estrutura capitalista e, em suma, à possibilidade de os efeitos dessa inovação compreenderem uma revolução produtiva tal como é apresentado no relatório da OECD.

A base teórica para este artigo tange os conceitos da economia evolucionária. Em acordo com as obras neoschumpeterianas, considera-se que os estudiosos da estrutura capitalista não devem medir esforços na análise do processo de criação e destruição dos métodos e dos produtos do sistema, cuja temática deve ocupar a centralidade das arguições teóricas em detrimento da modelagem restrita de como a sociedade capitalista administra os seus recursos, e em geral, toda a estrutura existente. De tal modo, o foco requisitado compreende a teoria econômica evolucionária, na qual se abdica da ideia de capitalismo estacionário. Estamos imersos em um sistema econômico com transformações recorrentes que perpassam o tempo e o espaço do transcurso econômico, nas concepções sociais e naturais, destacando-se assim, o caráter evolutivo das transações capitalistas (Schumpeter, 1961).

O objetivo deste trabalho é estipular possíveis consequências na estrutura capitalista a partir de projeções a respeito do desenvolvimento do mercado de Inteligência Artificial. Buscamos nos atentar a avaliação da característica disruptiva do desenvolvimento robótico, sobretudo, a partir de uma possível centralidade na produção e distribuição de produtos.

Além desta introdução, o trabalho é composto por três seções e uma conclusão. Na primeira seção, encontra-se um estudo sobre inovações e a capacidade que possuem de gerar mudanças que rompem com o padrão de acumulação de capital e crescimento anterior, ainda assim, ressaltando a incerteza mediante ao grau de transformação da estrutura capitalista. Na segunda seção, é exposto um conjunto de características que modelam as possíveis revoluções tecnológicas e as suas peculiaridades. Por fim, na terceira seção, pretende-se elucidar o conceito de inteligência artificial e o porquê de ser enquadrada como uma inovação com alta capacidade tecnológica disruptiva.

i) Inovação e Mudanças Estruturais

Com o objetivo de apontar a Inteligência Artificial como umas das possíveis revoluções estruturais no antro capitalista, o trabalho encontra-se pautado na base teórica evolucionária, sobretudo, nas conceptualizações explicitadas no capítulo 7 da obra “Capitalismo, Socialismo e Democracia” (1961) de Joseph Schumpeter. Logo, para a análise das projeções a respeito do desenvolvimento da Inteligência Artificial e as suas respectivas consequências no modo de produção

capitalista, serão apontados os conceitos de inovação e revolução tecnológica, assim como as noções de *destruição criadora* e incerteza. Estes norteiam os processos das transformações estruturais do mercado e as transações econômicas de forma geral, implicando na essencialidade da Economia Evolucionária para a elucidação das projeções aqui dispostas.

O termo evolutivo é um empréstimo das ciências biológicas e é, de certa forma, utilizado como análogo às concepções de “mutação”, caracterizada por impactos periódicos na estrutura econômica, em um movimento endógeno, criando novos elementos e destruindo o *ex ante*. De acordo com Nelson (1991), essa comparação com a biologia também provém da capacidade do ambiente (relação com a demanda - como a produtividade exigida, preferências dos clientes, localização espacial, entre outros) de selecionar as ideias e os produtos que prevalecerão.

Considerar-se-á, então, as elaborações primordiais schumpeterianas que resguardam a idiossincrasia evolutiva da economia capitalista. Como elemento central da mesma, declara-se a inovação tecnológica, que em posição ressaltada por Schumpeter (1961), refere-se à capacidade do capitalismo em criar e destruir estruturas, algo que se encontra intrínseco à sua própria dinâmica. Schumpeter utiliza o termo *destruição criadora* para se referir, em uma visão macro dos aspectos que compõem a base do sistema capitalista, aos processos recorrentes de revoluções, sejam “dos novos bens de consumo, de novos métodos de produção ou transporte, dos novos mercados e das novas formas de organização industrial criadas pela empresa capitalista” (Schumpeter, 1961:105). Esse processo trata-se do conjunto de “explosões discretas separadas por períodos de calma relativa” que remodelam o sistema (Schumpeter, 1961:106).

O conceito de incerteza também perpassa a própria definição de economia evolucionária, na qual utiliza-se da premissa dos impactos periódicos na estrutura econômica, sendo possíveis em conjuntos espaço-tempo característicos. Tratando-se de um estigma essencial para a exposição de possíveis revoluções tecnológicas, é importante salientarmos a incerteza que cerca as trajetórias futuras. Aqui, utiliza-se o conceito de incerteza não ergódica, na qual não é possível descrever um cálculo da probabilidade de determinados eventos e as suas consequências. Recorrendo às definições keynesianas, a incerteza tem característica não quantificadora, e quanto aos eventos que detêm a possibilidade de mensuração com os cálculos de probabilidade, estes, denotam-se “riscos”.

Como ressaltado por Freeman e Soete (1997) cada revolução tecnológica que precede as chamadas ondas longas schumpeterianas possui peculiaridades significativas em relação à anterior, cada qual com suas inovações técnicas e uma variedade de eventos históricos. Deste modo, confere-se o caráter quanto a incerteza em tais revoluções, sendo afetadas por eventos aleatórios e flutuações de variadas formas.

Apesar do mercado apresentar mudanças constantes, estas não são contínuas (Perez, 2010). As revoluções tecnológicas, por sua vez, se diferenciam das inovações recorrentes por apresentarem uma disjunção drástica na estrutura capitalista. Em suma, as revoluções se inserem no contexto da acumulação privada alterando o modo de produção a partir de sua vasta aplicabilidade em diferentes mercados e com variados usos, além disso, são capazes de se apresentar como complementares a outras tecnologias. (Helpman, 1998). Como mencionado, o capitalismo é composto por explosões recorrentes, as revoluções seriam como imensas explosões, por vezes intituladas *big bangs*, que modelam a forma como as demais inovações se encaminharão.

Carlota Perez (2010) infere que a implementação de uma revolução tecnológica se associa a dois períodos distintos, possuindo de duas a três décadas cada. O primeiro, *Installation period* refere-se ao momento onde as tensões das batalhas disruptivas entre as novas tecnologias estão ressaltadas, e não só entre as novas tecnologias, mas sobretudo com tecnologias já existentes. Na concepção de Perez (2010) esse seria o período fundador da *destruição criadora*, ou como apontado por Albuquerque (2017), da *criação destrutiva*, dado que é necessário o “criar” de uma nova tecnologia para as inovações anteriores se tornarem suplantadas. Já o segundo, *Deployment period*, seria o momento de investimentos a partir da tecnologia inovadora, atingindo aspectos de complementaridade com outrem e sendo a base para a criação de outras novas tecnologias. O segundo período seria experimental, cedendo espaço para novas formas de produção e de consumo.

Apresentaremos a seguir um quadro representativo das cinco revoluções tecnológicas já vivenciadas pelo capitalismo, o ano de origem, inovações primordiais e as suas respectivas alterações estruturais.

Tabela 1 - Revoluções Tecnológicas (Pérez, 2010)

Revolução Tecnológica	Ano	Nomenclatura/ Destaque	Inovações Primordiais	Alterações estruturais
1ª	1771	Primeira Revolução Industrial (Mecanização da Indústria)	Mecanização da indústria do algodão.	Implementação de um novo paradigma na produção fabril, a qual contempla aumento de produtividade, cronometragem e economia de tempo.
2ª	1829	Vapor e ferrovias	Motor a vapor no transporte ferroviário.	Cidades industriais e integração dos mercados nacionais.

3ª	1875	Aço, eletricidade e engenharia pesada	Energia elétrica para iluminação e para uso industrial; Aplicação das telecomunicações em campo nacional.	Integração vertical e utilização de estruturas com elevada escala na produção industrial.
4ª	1908	Óleo, automóvel e produção em massa	Redes de estradas, portos e aeroportos; Conexões entre dutos de óleos; Eletricidade em massa nas residências e indústrias.	Produção em massa, padronização dos produtos, especialização funcional e integração horizontal.
5ª	1971	Telecomunicações e Informação	Telecomunicação digital; Internet e e-mail eletrônico.	Globalização, heterogeneidade e diversificação como consequência da intensidade de informação, entre outros elementos.

O trabalho de Albuquerque (2017) aponta características importantes das alterações do mercado de trabalho sob o impacto das inovações tecnológicas. Primordialmente, expõe aspectos da revolução tecnológica iminente e a compara com as demais alterações estruturais já observadas no capitalismo de acumulação privada. As mudanças que serão observadas nas próximas décadas, possivelmente, irão carregar aspectos de uma conjuntura globalizada que detém inúmeros instrumentos para propiciar a ação inovadora, contribuindo para a natureza simultânea das variadas alterações na estrutura econômica. As mudanças estão pautadas em diferentes vias (ou áreas) de inovação, como por exemplo, as decorrentes das mudanças climáticas, saúde e alimentação, nas telecomunicações e no processo de transformação industrial. Num geral, considera-se a emergência de tecnologias digitais, biotecnologia, de materiais avançados e aquelas que perpassam o desenvolvimento sustentável (OECD, 2018).

Além das diferenças quanto à matriz e tipologia, também se constata a existência de diferentes núcleos de inovação, os quais contemplam as divergências quanto aos aspectos geopolíticos e dos múltiplos sistemas de inovação. Por fim, as transações globais e as relações transnacionais denotam outro ponto importante que impacta diretamente as inovações, e ainda as revoluções, que se instauram no presente e, sobretudo, com capacidade de remodelar as bases e peculiaridades das cadeias de produção.

A Inteligência Artificial se insere nesse contexto com a capacidade, a princípio, de reestruturar as bases na produção e distribuição no capitalismo monetário de acumulação privada. Os indícios que a IA se projeta como uma inovação disruptiva contempla características da sua implementação disseminada nas cadeias de produção, alteração na relação trabalho/capital e a sua complementaridade com outras tecnologias. Esta, enquadra-se em uma série de outras inovações que serão apontadas na próxima seção como as principais vias no desenvolvimento tecnológico que cerca o mundo globalizado, com conexões que perpassam a comunidade científica e as empresas transnacionais.

ii) Tendências da Inovação Tecnológica

Assim como elucidada-se na bibliografia evolucionária, as previsões quanto às mudanças tecnológicas estão submetidas às incertezas que tangem a complexidade dos agentes econômicos e de eventos imprevisíveis capazes de remodelar a estrutura das transações impostas previamente. Porém, ao longo de 10-20 anos, percebemos que existem tendências que se movem lentamente com trajetórias relativamente estáveis, possibilitando projeções com um certo grau de confiança.

Essas mudanças de larga escala econômicas, sociais, políticas, ambientais ou tecnológicas que se formam lentamente, mas que, uma vez que tomam forma, exercem uma influência profunda e duradoura nas atividades, processos e percepções humanas são chamadas pela OECD de megatendências. Nesse sentido, o “OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018” avalia a iminência da já citada Inteligência Artificial, dos mecanismos de BlockChain, Big Data, Impressão em 3D, Biotecnologia, e por fim, da aplicação de Nanotecnologia, e as suas respectivas consequências na estrutura produtiva e possíveis políticas para alavancagem de tais inovações.

É importante ressaltar, que as projeções não contam o futuro, mas apenas indicam como o futuro pode evoluir sobre certas condições e em determinada área de interesse. Essas projeções são utilizadas para guiar a decisão dos agentes econômicos como os formuladores de política econômica, investidores, empresários, pesquisadores ou a sociedade como um todo. Mudanças tecnológicas são importantes megatendências, pois interagem com a economia de forma complexa e coevolucionária. Como é o escopo desse projeto, analisaremos somente algumas megatendências da área de tecnologia digital, tais como a Internet das Coisas (IoT), Big Data Analytics e a Inteligência Artificial (AI).

Um estudo feito pela OECD em 2016 com amostra dos países da OECD e outros em desenvolvimento como China, Rússia, Brasil, Tailândia, entre outros, concluiu que nos próximos 15 anos as firmas vão se tornar predominantemente digitalizadas, deixando os processos mais eficientes e integrados. A grande diferença desse novo paradigma tecnológico com os anteriores é que a máquina não vai substituir somente o trabalho manual e operacional, mas também os de planejamento e tomada de decisão. A tendência observada é que os custos dos equipamentos e computadores

continuem caindo, possibilitando maior expansão das tecnologias ligadas a essa área. O mercado de trabalho será o que mais mudará, com uma previsão de 1 em cada 10 trabalhos com risco de serem automatizados e deixarem de existir nas próximas décadas. Outra grande mudança é o deslocamento do centro econômico para os países do sudeste asiático, devido ao aumento de tecnologia nessas áreas, como o aumento de oferta de robôs industriais (2002: 70 bilhões, 2014: 200 bilhões, 2018: 400 bilhões).

Porém, toda essa digitalização implicará em uma desaceleração do crescimento econômico global, que será dirigido pela inovação e nos investimentos em habilidades. A previsão é que o crescimento global passe de 3,6 % em 2010 para 2,4% em 2050-60. Diminuirá o conhecimento baseado em acumulação de capital, junto com estratégias monopolísticas e predatórias. Segundo algumas linhas de pesquisa pessimistas, a queda do crescimento tecnológico se deve a queda geral da produtividade do trabalho nos países da OECD, que causa a queda da produtividade geral dos fatores. Por outro lado, os mais otimistas acreditam que a taxa de crescimento tecnológico não está diminuindo, na verdade a área de TI está revolucionando as fronteiras econômicas. A causa raiz dessa desaceleração é a diminuição na difusão tecnológica e de conhecimento nas economias globais. Outro fator é a tendência das firmas de destinar maior parcela de seus lucros para lucros e dividendos dos acionistas, o que diminui o retorno de finanças externas e o investimento em capital físico e humano. Dessa forma, o novo paradigma tecnológico vem fazendo com que as firmas diminuam suas fontes primárias de acumulação de capital e produção de mais valia, ao substituir cada vez mais intensamente o trabalho humano por máquinas.

A Internet das Coisas (IoT) inclui todos os tipos de objetos na internet, possibilitando maior conexão com humanos, animais, ar e água. A IoT oferece não somente uma interação entre os humanos e a rede, mas com o ambiente físico em si. Existirá uma explosão no número de conexões (2014: 10 bilhões; 2020: 30 bilhões; 2050:> 100 bilhões). Essa tecnologia está extremamente ligada com o Big Data e o armazenamento em nuvens. Combinadas, essas tecnologias tornam os sistemas de máquinas mais inteligentes e automatizados, gerando mais eficiência. A rapidez que o IoT irá evoluir depende da capacidade de difusão e conexão dos sistemas móveis e fixos e da diminuição dos custos da produção.

Daí surge uma necessidade de governos e empresas de conseguirem processar os dados que o IoT e o armazenamento na nuvem provêm. O Big Data Analytics consiste um conjunto de técnicas e ferramentas que podem ser usados para extrair informações dos dados da maneira mais rápida possível. Mudança em todos os setores. Como grande exemplo da implantação do Big Data temos o setor bancário e a explosão de fintechs que usam robôs de investimento através de tecnologias “per-to-per”, machine learning, criptografia de dados, blockchain e os sistemas de pagamento online do

mercado financeiro, para oferecer um serviço mais personalizado, mais próximo do consumidor e com taxas menores.

Todas essas tecnologias são impulsionadas com a inteligência artificial. Talvez a mais imprevisível das três e a mais capaz de gerar ganhos de produtividade e mudanças irreversíveis nos mercados, nas pessoas e na sociedade como um todo, a inteligência artificial consiste na capacidade das máquinas de não só seguirem manuais e procedimentos, mas de também conseguirem aprender com o passado e analisar contextos, e num geral, fomentar a habilidade de tomar decisões. Dessa forma, a IA tem a capacidade de tomar decisões estratégicas, de planejamento, conversar e cuidar das pessoas. Essa tecnologia substitui não só o trabalho humano manual e operacional, que precisa ser feito de forma rápida, precisa e muitas vezes monótono, como também os mais intelectuais e complexos, ameaçando grande parte dos empregos existentes atualmente.

Os sistemas inteligentes usam uma combinação das três tecnologias acima que são melhorados com novos tipos de software e robôs que agem cada vez mais como agentes autônomos, operando de maneira mais independente das decisões dos criadores humanos e operadores do que já tinham feito. As primeiras versões de IA conseguiam resolver problemas bem definidos muito bem, mas falavam quando precisavam lidar com problemas mais complexos como tradução e reconhecimento de fala (OECD, 2015). Então, começaram a ser usados métodos estatísticos que usam funções de probabilidade derivados de experiências passadas que possibilitaram uma mudança chave que faz com que a máquina seja capaz de aprender. Tais mudanças são enriquecidas com as ferramentas de processamento de dados do Big Data Analytics e a ligação entre objetos físicos e virtuais da Internet das Coisas, além de uma estrutura de transporte, energia e comunicação em rede previamente estabelecida. A IA também não estará restrito ao mundo virtual, como também possibilitará robôs a desempenharem tarefas cognitivas no mundo físico, conseguindo se adaptarem a novos ambientes de trabalho sem uma reprogramação.

Problemas de privacidade, segurança e integridade começam a surgir com essas tecnologias, além de um debate ético e filosófico sobre como os humanos deveriam interagir com as máquinas inteligentes, e o próprio conceito do que nos torna humanos. Se não houver nenhum tipo de legislação, essas tecnologias poderiam ser utilizadas para roubar dados privados a partir do monitoramento das ações individuais. Além disso, a análise de dados pode ajudar a manipular os indivíduos por meio da exposição de dados viesados e mantendo-os em microcosmos sociais, o que enfraquece a força dos movimentos sociais e articulação entre as pessoas, contribuindo para polarizações e estereótipos.

Todavia, permanece a idealização de duas grandes projeções: um mundo mais utópico, onde as pessoas trabalham menos e tem mais tempo para se dedicar às atividades de lazer; ou uma realidade

com escassez de empregos e aumento das desigualdades sociais. No mínimo, seria preciso sanar gargalos de habilidades para lidar com as novas máquinas, requerendo um ajustamento rápido dos currículos e habilidades de professores e trabalhadores.

iii) Acerca da Inteligência Artificial (IA)

Nesta terceira seção do trabalho, o objetivo é apresentar e expandir o conceito de Inteligência Artificial no que tange à noção previamente exposta de inovação tecnológica disruptiva. Da forma como se entende, na fronteira do avanço da produção mundial de alto nível técnico surgem tecnologias cada vez mais complexas e potencialmente contraditórias em nível moral e ético, que marcam o início de uma nova revolução tecnológica globalizada e com alto poder de transformação.

Nesse sentido, escolhemos abordar o tema da IA por considerá-lo o mais paradoxal no que tange à atual construção de uma literatura científica homogênea que possibilita expandir o conhecimento sobre seus benefícios e conter especulações contraditórias. Portanto, acredita-se que a inteligência artificial tem um forte poder para gerar desequilíbrios criativos e uma enorme importância para o estudo da tecnologia na microeconomia.

De fato, a expansão do conhecimento sobre a IA veio somente após a virada do século XXI, com a ampliação do acesso mundial à internet e com o maior reconhecimento dos seus potenciais para uma ampla gama de setores da economia global. Não obstante, esse não é um campo de estudo novo, pois grande parte da teoria que hoje o sustenta foi desenvolvida a partir de meados do século passado por cientistas computacionais como Alan Turing, Marvin Minsky e John McCarthy.

a) Definições

As definições do que é a inteligência artificial variam largamente de autor para autor, além de serem desenvolvidas a partir de quatro eixos diferentes: sistemas que pensam como humanos; sistemas que pensam racionalmente; sistemas que agem como humanos; e, por fim, sistemas que agem racionalmente.

No que tange às primeiras definições, podemos dizer que elas estão especialmente interessadas nos processos de pensamento e raciocínio de máquinas. Quer elas imitem o modelo de pensamento humano, quer elas admitam uma racionalidade puramente artificial, esse campo do estudo da IA pode ser definido como "The study of mental faculties through the use of computational models" (Charniak and McDermott, 1985). Ou seja, essa área que estuda processos mentais é um esforço para fazer com que computadores pensem, para que se possa automatizar atividades como a tomada de decisões, as resoluções de problemas e o aprendizado.

As duas últimas definições, por sua vez, tratam do comportamento operacional dessas máquinas, ou seja, é a "art of creating machines that perform functions that require intelligence when performed by people" (Kurzweil, 1990). Nesse sentido, essa área do estudo da inteligência artificial está especialmente preocupada com a construção de computadores que possam realizar atividades nas quais, até o momento, os seres humanos são melhores.

Sob uma perspectiva mais didática, podemos dizer, portanto, que o termo inteligência artificial se refere a diferentes tecnologias que podem ser combinadas de diversas formas para perceber, compreender e agir no ambiente em que estão condicionadas. Dessa maneira, IA compreende processos de visão computacional, processamento de áudio e mecanismos de inferência analítica, entre outros tantos que ainda estão em desenvolvimento ao redor do mundo todo, mas principalmente nas regiões onde a produção incorpora altos níveis técnicos.

Para além das funções básicas, é importante dizer também que a inteligência artificial é uma tecnologia capaz de aprender com a experiência e de se adaptar com o tempo, sendo altíssima sua capacitação como um fator de progresso técnico. Seu crescimento é favorecido pela recente expansão do acesso à computação, cujo potencial é praticamente ilimitado no mundo todo, além de ser possibilitado pelo aumento da "big data", cujo crescimento exponencial está constantemente alimentando dados para a melhoria da IA.

Sintetizando então sua potência como progresso técnico emergente, podemos dizer que a IA compreende tecnologias que abarcam visão computacional, processamento de áudio, processamento de linguagens naturais, representação do conhecimento, aprendizagem automática e sistemas especialistas, sob três frentes principais: no que tange à percepção, à compreensão e à ação. Na dimensão do real, podemos ilustrar tecnologias de IA que já estão implementadas e são altamente reconhecidas e utilizadas na sociedade, como a análise de fala e identidade, sistemas de recomendação e visualização de dados, os agentes virtuais, entre outras.

b) A Destruição Criadora a partir da Inteligência Artificial

A partir dessa definição, é importante explorar o potencial da inteligência artificial como um agente de destruição criadora no mercado mundial. Sobre isso, o relatório da OCDE de 2016 (p. 88) diz:

“Advances in machine learning and artificial intelligence might soon expand the capabilities of task automation. While the degree to which AI displaces labour is still a matter of debate, advances in smart systems will inevitably enable automation of some knowledge work. Automation will no longer depend on a differentiation between manual and intellectual tasks but on the task having some routine features. Middle-

income classes may be under particular pressure, as an increasing number of administrative, cognitive and analytical jobs may be performed by data- and AI-empowered applications”.

De fato, a inteligência artificial pode ser profundamente disruptiva para a indústria, na medida em que robôs desenvolvidos com IA podem se tornar centralmente importantes para o setor de logística e manufatura, progressivamente tomando o lugar do trabalho humano nos processos produtivos.

O potencial para agregar técnica em bens cuja produção envolve tecnologias de IA é capaz de não só aumentar a produtividade e a eficiência dos mais diferentes setores, como também tem papel central no aumento do valor agregado da estrutura produtiva de um país. De acordo com a OCDE (2016) os setores que mais provavelmente devem experimentar essas mudanças são aqueles ligados à agricultura, à química, ao petróleo e carvão, à borracha e aos plásticos, à indústria têxtil, aos transportes, à construção e a defesa e segurança.

Como um novo fator de produção, é possível delinear três frentes onde a inteligência artificial pode acelerar o crescimento. Em primeiro lugar e da forma como já foi mencionado, talvez o papel mais importante da IA para o campo da ciência econômica em si é sua capacidade de estimular inovações disruptivas na economia, pois “com o tempo, isso se torna um catalizador de ampla transformação estrutural, pois economias que usem IA não apenas farão as coisas de forma diferente, como também farão coisas diferentes” (OVANESSOFF, A.; PLASTINO, E. 2017, p. 12).

Em segundo lugar, a inteligência artificial é capaz de criar força de trabalho virtual, em um processo de automação inteligente que melhora o nível de produtividade de diversos setores, além de aumentar a capacidade produtiva da economia onde se insere. Por último, mesmo que essa massa virtual de trabalho não venha a substituir completamente toda a mão-de-obra empregada nas estruturas produtivas, a IA é altamente capaz de complementar e até mesmo intensificar o potencial de agregação de valor da força de trabalho e do capital físico existentes em utilização ou com subaproveitamento.

No campo da automação inteligente, a inteligência artificial é capaz de gerar crescimento das diferentes soluções para os recursos automatizados tradicionais. Nesse sentido, a IA tem capacidade para gerar essa automatização em atividades físicas que geralmente exigem alta adaptabilidade, agilidade e aprendizagem. Essa capacidade, por sua vez, tem ampla aplicação econômica, já que essa tecnologia pode resolver problemas em diferentes setores e funções. Para além, o terceiro e mais importante recurso da automação inteligente é sua habilidade de autoaprendizagem, pois “enquanto

o capital de automação tradicional degrada-se com o tempo, os ativos da automação inteligente estão sempre melhorando” (OVANESSOFF, A.; PLASTINO, E. 2017, p. 13)

Em relação às possibilidades da inteligência artificial no que tange ao aumento da mão-de-obra e do capital, é possível dizer que esse progresso técnico não necessariamente significa a substituição desses recursos já existentes, mas sim é capaz de aumentar suas capacidades de forma positiva. De forma disruptiva a IA possibilita que os trabalhadores foquem nas áreas onde se agrega mais valor da atividade em que exerce sua função de produção. Além disso, ela aumenta a capacidade da mão-de-obra por meio da complementação das habilidades humanas em sistemas híbridos, nos quais a IA fornece ferramentas para melhorar a inteligência natural. Por fim, a eficácia do capital também é favorecida por esses processos artificiais, pois é capaz de identificar falhas de eficiência que levam a níveis mais baixos de produção.

Em relação à inovação e aos termos nos quais a inteligência artificial a favorece, é de majoritária importância nesse trabalho discutir a capacidade desta em impulsionar outras inovações tecnológicas em todo o mundo, por meio da difusão do conhecimento. À medida em que se difunde pela economia, a IA consegue alavancar a produção de bens de alta tecnologia, cujos resultados se difundirão para todo o setor produtivo e até mesmo para toda a economia, em razão da facilidade de acesso à informação nos dias atuais. Sendo assim, novos desequilíbrios são sucessivamente criados, favorecendo à ampliação do valor da estrutura produtiva e dos bens ali produzidos, gerando crescimento impulsionado pelo progresso técnico.

Acerca dessa capacidade disruptiva da inteligência artificial, o relatório da OCDE (2018, p.55) reitera sua potencialidade em gerar revoluções produtivas:

“Beyond such applications, a main effect of AI on future production could be the creation of entirely new industries, based on scientific breakthroughs enabled by AI, much as the discovery of DNA structure in the 1950s led to a revolution in industrial biotechnology and the creation of vast economic value”.

c) Caso Brasil

Sob a ótica da ciência econômica, o impacto da inteligência artificial é amplo. No trabalho de Armen Ovanessoff e de Eduardo Plastino (2017), esse efeito é especialmente investigado sob a perspectiva sul-americana, visando construir um argumento que coloca a IA como uma solução possível para as baixas taxas de crescimento que esses países têm experimentado nos últimos anos. Sob essa análise, os autores conseguiram prever, através de modelagem estatística, que a IA tem o potencial de aumentar as taxas de crescimento econômico na América do Sul em até 1 ponto

percentual, em termos de valor agregado bruto, reduzindo consideravelmente o tempo necessário para que essas economias dobrem de tamanho.

Na investigação levantada pelos autores, o Brasil pode aumentar o valor adicionado bruto (VAB) de sua produção em até US\$ 432 bilhões se implementasse na estrutura produtiva a inteligência artificial. Desagregando esse montante, “US\$192 bilhões virão através do canal de aumento da capacidade da mão de obra e do capital, US\$166 bilhões através do canal de automação inteligente e os restantes US\$74 bilhões, através do canal de difusão da inovação” (OVANESSOFF, A.; PLASTINO, E. 2017, p. 17). No entanto, ainda é preciso considerar os impedimentos estruturais à capacidade de absorver os benefícios da IA, já que a estrutura produtiva brasileira é marcada pela relativa especialização em setores primários, pela heterogeneidade na forma com que se incorpora o progresso técnico e pela deficiência qualitativa do sistema educacional.

d) Obstáculos e Discussões

Em paralelo a essas considerações de natureza econômica é preciso ainda analisar os prováveis obstáculos para o fortalecimento dos ecossistemas de inteligência artificial nos mais diferentes espaços. De fato, apesar da nova geração estar crescendo rodeada por tal avanço tecnológico, ainda é preciso preparar a sociedade para que ela consiga se adaptar às mudanças nos mercados que daí podem surgir, onde os humanos não aprenderão mais a usar as máquinas, mas aprenderão com elas e deverão desenvolver habilidades que os computadores não podem substituir, como a capacidade de interação interpessoal e a inteligência emocional.

Por outro lado, já se mostra uma extrema urgência a necessidade de se estruturar e formalizar uma regulamentação que não apenas facilite a implementação de tecnologias de inteligência artificial, mas que também fundamente um limite para sua aplicação no ambiente social, já que cada vez mais as máquinas autônomas assumirão atividades humanas, fazendo com que a regulação atual tenha que mudar. Nesse sentido, não só as leis trabalhistas precisarão ser revistas, mas também será preciso defender um código de ética para a IA para minimizar os riscos para a coesão social.

Apesar dessa discussão permear principalmente o campo do direito, é importante que se articule um debate entre as ciências humanas e econômicas para que a construção de tal regulação considere as mais diferentes questões de natureza tanto objetiva quanto subjetiva. Nesse sentido, como resultado do trabalho de Lucas Lima Verde e de João Irineu Miranda (2018) sobre os impactos e efeitos de possíveis regulações à inteligência artificial, foi possível prever que uma regulação eficiente em termos econômicos e sociais “deve procurar evitar a concretização do paradoxo tecnológico e ser neutra entre robôs e humanos, ou ainda favorecer o trabalho humano, sem ignorar

o investimento em ambos os capitais, evitando assim a fuga de empresas para jurisdições mais favoráveis” (p. 1).

e) Estudos empíricos IA: artigos, patentes e empresas

Para ampliar a discussão, podemos ainda citar algumas estatísticas de produção científica no campo de estudos da inteligência artificial. Baseando-se na metodologia estipulada por Albuquerque (2017), realizamos a análise do número de patentes, artigos e as instituições líderes nesses segmentos. Serão consideradas, portanto, as obras publicadas e as inovações patenteadas até o ano de 2018, em suma, atualizando a obra de Albuquerque (2017)*.

A partir de uma análise preliminar evidencia-se o crescimento vertiginoso do número de artigos científicos sobre IA nas últimas três décadas, partindo de 22 artigos em 1980 para 2706 em 2018**. As instituições líderes nessa geração de conteúdo são principalmente asiáticas e norte-americanas, das quais podemos citar a University of California System e a Chinese Academy of Sciences, com 278 e 264 registros de artigos, respectivamente. Entre as instituições acadêmicas com elevado número de artigos científicos na área também destaca-se o Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), com 272 artigos registrados, sendo a única representante francesa entre as 20 instituições com maior número de artigos sobre IA.

Finalmente, acerca das estatísticas de produção tecnológica, a Derwent Innovations Index (Web of Science) indica que entre 1980 e 2018 as patentes de inteligência artificial também cresceram substancialmente, de apenas 1 para 1877***. No topo das instituições líderes na produção dessas patentes está a IBM Corporation, com 45 registros até 2018, seguida pela Samsung Electronics Company, com 33 registros, e pela Baidu On-Line Network Technology Company, com 26 patentes registradas, e pela Microsoft Technology Licensing, pela qual 20 patentes entraram em registro. Segundo o levantamento da Forbes de 2017, as oito empresas líderes na área de IA naquele ano eram, por ordem de importância: a Deepmind; a Google; o Facebook; a OpenAI; a Baidu; a Microsoft Research; a Apple; e, por fim, a IBM.

*Albuquerque (2017) realiza um levantamento da produção de artigos científicos e patentes que se relacionam à IA no período entre 1980 e 2016.

**Para a pesquisa foi utilizada a base de dados Web of Science (Principal Coleção do Web of Science), especificando apenas os artigos que enquadram-se na categoria Science Citation Index Expanded (SCI EXPANDED), com a busca “TS=(artificial intelligence).

***Para a pesquisa foi utilizada a base de dados Web of Science (Derwent Innovation Index) com busca do tópico “artificial intelligence” para os anos selecionados

Conclusão

O desenvolvimento do texto aqui registrado teve como objetivo analisar a evolução da tecnologia de inteligência artificial com foco especial na esfera econômica, ou seja, em como a introdução deste novo dado afeta a estrutura do capitalismo moderno. A alteração de tal estrutura é refletida em algumas variáveis chave da economia capitalista, sendo elas, por exemplo, a acumulação de capital e a relação capital trabalho, como foi mostrado.

Definitivamente, o desenvolvimento e inserção da inteligência artificial nas estruturas produtivas se trata de um processo de destruição criativa, como definida por Schumpeter, mas seria possível defini-lo em um patamar de revolução?

Seria difícil definir no momento, já que a evolução da inteligência artificial ainda é fruto de uma discussão ampla e contraditória dentro da academia e a Economia não foge a esse padrão.

A inteligência artificial, entretanto, guarda uma propriedade que lhe confere um caráter muito especial e que lhe faz merecer especial atenção por parte dos economistas. Como se trata de uma tecnologia pela qual as máquinas são capazes de evoluir e até mesmo se reinventarem, a inteligência artificial abre espaço para a criação de sucessivos desequilíbrios na economia capitalista, decorrentes do próprio desequilíbrio inicial, da IA.

O fato é que, como foi exposto no trabalho, há certo consenso sobre o fato de que a inteligência artificial será um fator determinante para o potencial de desenvolvimento das firmas (micro) e também das economias (macro) nos próximos anos, devido à impressionante janela de oportunidades de progresso técnico que a exploração dessa tecnologia abre. Ainda assim, permanece a dúvida quanto à possibilidade deste se tornar um progresso técnico centralizador de informações, gerando um oligopólio das novas técnicas sob o controle de poucas firmas ou se existirá, de fato, um processo de difusão de tal informação.

Outro ponto importante sobre a evolução da inteligência artificial, discutido no trabalho em questão, é a de qual seria o impacto de tal tecnologia no mercado de trabalho. A substituição de trabalho intelectual humano por máquinas vem sendo discutido de forma intensa na academia gerando perspectivas otimistas, de que a AI irá impulsionar a produtividade do trabalho humano e criar novas funções em contrapartida das que desapareceram; e também perspectivas fatalistas de que caminhamos para o fim do trabalho como o conhecemos em nossa sociedade.

Como se pode notar, o tema da evolução da inteligência artificial e seus impactos na economia capitalista ainda se encontra em aberto e muitas vezes se descobrem mais perguntas a serem feitas do que respostas sobre o tema. Contudo, para além dos aspectos teóricos que envolvem a IA, evidenciam-se crescimentos vertiginosos do número de patentes e artigos científicos que abrangem o tema, indicando, no mínimo, o aumento de sua relevância no campo científico e empresarial, em que

agentes de ambas as áreas se inclinam para a realização de futuros estudos mais aprofundados, perguntas mais refinadas e maior aplicação de tal tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, E. *Tecnologias Emergentes e Cenários Tecnológicos para o Brasil: uma avaliação prospectiva como uma introdução a uma discussão dos impactos sobre o trabalho*. CEDEPLAR-UFMG, Belo Horizonte. 2017. p.1-88.

CHARNIACK, E. McDERMOTT, D. *Introduction to Artificial Intelligence*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts. 1985.

FREEMAN, C.; SOETE, L. *The economics of industrial innovation*. London: Pinter, 1997.

HELPMAN, E. *General Purpose Technologies*. Stanford University, Stanford. 1998.

KURZWEIL, R. *The Age of Intelligent Machines*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts. 1990.

MIRANDA, J. I. VERDE, L. L. *Inteligência Artificial, Automação e Robótica: uma análise econômica do direito dos impactos, efeitos e da eficiência de possíveis regulações*. IX Simpósio Jurídico dos Campos Gerais. 2018.

NELSON, R. *Why Do Firms Differ, and How Does it Matter?* Strategic Management Journal, v. 12. 1991. p. 61-74.

OECD. *The Future of Productivity*. Paris: OECD Publishing. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264248533-en>>.

OECD. *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2016*. Paris: OECD Publishing. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2016-en>.

OECD. *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2018*. Paris: OECD Publishing. 2018. Disponível em: <https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2018_sti_in_outlook-2018-en#page1>

OVANESSOFF, A.; PLASTINO, E. *Como a inteligência artificial pode acelerar o crescimento da América do Sul*. Accenture. 2017.

PEREZ, C. *The Financial Crisis and The Future of Innovation: a view of technical change with the aid of history*. Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics n° 28. *Technological revolutions and techno-economic paradigms*. Cambridge Journal of Economics, v. 34, n° 1. 2010. p. 85-202.

SCHUMPETER, J. *O processo de destruição criadora*. p.103-109. In: *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. Fundo de Cultura, Rio de Janeiro. 1961.

WORLD ECONOMICS FORUM – The Future of Jobs Report 2018. Disponível em:
<<https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>>