

Universidade do Algarve
Faculdade de Economia

**Os Impactos Socioeconómicos da Inteligência Artificial:
Revisão da Literatura e Esboço Teórico.**

Helena Rosário da Costa

Dissertação

Mestrado em Economia da Inovação e Empreendedorismo

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professora Doutora Teresa de Noronha

Professora Doutora Marielba Zacarias

Ano 2020

Universidade do Algarve
Faculdade de Economia

**Os Impactos Socioeconómicos da Inteligência Artificial:
Revisão da Literatura e Esboço Teórico.**

Helena Rosário da Costa

Dissertação

Mestrado em Economia da Inovação e Empreendedorismo

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professora Doutora Teresa de Noronha

Professora Doutora Marielba Zacarias

Ano 2020

Declaração de Autoria e Copyright

Os Impactos Socioeconómicos da Inteligência Artificial: Revisão da
Literatura e Esboço Teórico.

Declaração de Autoria do Trabalho

Declaro ser o(a) autor(a) deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Helena Rosário da Costa

.....

Direitos de cópia ou Copyright

© Copyright: (Helena Rosário da Costa).

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos aqueles que de forma direta e indiretamente contribuíram para a realização desta dissertação.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer, em particular, aos meus pais António e Cristina e ao meu irmão André pelo apoio incondicional demonstrado ao longo de toda a minha vida, mas, principalmente, no meu percurso académico.

Em segundo lugar, gostaria de agradecer, especialmente, às minhas orientadoras Professora Teresa de Noronha e Professora Marielba Zacarias que foram um pilar essencial e que sempre acreditaram no potencial da ideia (antes de se concretizar num objeto de estudo). Ambas são uma grande fonte de inspiração pessoal e profissional.

Em terceiro lugar, também queria deixar um grande agradecimento à minha prima Marta Bandarra e à minha tia Maria José Silva pelos preciosos momentos despendidos para me guiarem e ajudarem sempre que foi necessário.

Resumo

(Abstract)

Os desenvolvimentos das tecnologias de Inteligência Artificial (IA) e em especial da subárea *Machine Learning* (ML) estão a revolucionar as sociedades e as economias ocidentais. Estas tecnologias estão a abrir um mundo de oportunidades para a humanidade, e muitos aspetos das nossas sociedades estão a ser transformados.

Não se deve apenas focar em aprofundar as tecnologias de IA, é necessário começar a analisar como maximizar os benefícios económicos e sociais desta, mas, principalmente, é necessário lutar para mitigar os efeitos adversos.

Estas tecnologias trazem consigo novas formas de domínio amplificando as dinâmicas de “*winner-take-it-all*” e a substituição da força de mão de obra humana levando à extinção de milhões de empregos qualificados. Os avanços tecnológicos relacionados com a IA estão a ser protagonizados essencialmente pelos EUA e pela China, ultrapassando em muitos aspetos a União Europeia.

Esta dissertação tem como objetivo principal a análise das implicações sociais e económicas (macroeconómicas e microeconómicas) das inovações tecnológicas na área da Inteligência Artificial, mais especificamente, da *Machine Learning* a curto e médio prazo no panorama económico Europeu. Com especial enfoque, por um lado, na substituição dos trabalhadores pelos mecanismos de IA, que levaram ao aumento da vantagem do capital na luta pelo poder. Por outro lado, os mecanismos de IA estão a amplificar a lógica “*winner take it all*”, promovida pelas economias de escalas, onde a acumulação do capital nas mãos de uma elite tecnológica, está a criar um fosso entre as empresas líderes e as restantes.

Palavras-chave / Keywords: Economia da Inovação; Inteligência Artificial; *Machine Learning*; Mudança Tecnológica;

Índice Geral

Capítulo 1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodologia de investigação.....	2
1.4 Conteúdo	4
Capítulo 2. Estado da arte: Breve história do desenvolvimento da Inteligência Artificial.	7
2.1 Os primeiros indícios da Inteligência Artificial na sociedade	8
2.2 A queda da indústria da Inteligência Artificial	11
2.3 Ressurgimento da Inteligência Artificial	13
2.4 Distinção entre Inteligência Artificial e <i>Machine Learning</i>	16
Capítulo 3. Estado da arte: Inteligência Artificial no século XXI, desenvolvimentos recentes.	18
3.1 Empresas líderes na adoção de Inteligência Artificial: Principais características 19	
3.1.1 Domínio das “ <i>Big Tech</i> ”	19
3.1.2 Cadeia de valor e Inteligência Artificial.....	22
3.1.3 Investimento em <i>Machine Learning</i>	24
3.1.4 Importância geográfica no investimento em Inteligência Artificial.....	26
3.2 Principais desafios.....	28
Capítulo 4. Enquadramento teórico: Da inovação tecnológica ao desenvolvimento económico e social.....	30
4.1 Inovação tecnológica: Teorias Schumpetrianas e Neo-Schumpeterianas	31
4.2 Evolução tecnológica: Da Iª Revolução Industrial à IV Revolução Industrial	33
4.3 Teorias Económicas Clássicas: Relevantes ou Desadequadas?	40
Capítulo 5. Economia e sociedade: Impactos da revolução industrial do século.	43
5.1 A luta entre o Capital e o Trabalho no Século XIX	46
5.1.1 Evolução das desigualdades mundiais.....	46

5.1.2	Implicações da Inteligência Artificial na reprodução das desigualdades	55
5.1.3	Soluções propostas para combater as externalidades negativas dos momentos de transição	58
5.1.4	Discussão	61
5.2	Inteligência Artificial e “Winner Take It All”: Dinâmicas e consequências	63
5.2.1	Mercados tecnológicos e empresas <i>superstars</i>	63
5.2.2	Mudança tecnológica: Inteligência Artificial	66
5.2.3	Discussão	70
Capítulo 6.	Conclusões	72
6.1	Principais conclusões	75
6.2	Limitações e insuficiências do estudo	78
6.3	Sugestões para investigações futuras	79
Bibliografia	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1 – Investimento em tecnologias de Inteligência Artificial.....	25
Figura 3.2 – Principais <i>hubs</i> tecnológicos nos EUA, China e Europa.....	27
Figura 3.3 – Potencial de crescimento das economias com adoção e absorção de IA.....	28
Figura 5.1 – Participação dos salários no PIB e participação nos lucros corporativos do PIB.....	47
Figura 5.2 – Evolução entre 1700 e 2012 das desigualdades globais.....	53
Figura 5.3 – Distribuição do rendimento ganho pelo top 1% entre 1975 e 2015.....	55
Figura 5.4 - Cronograma de aquisição de <i>startups</i> por as <i>bigh techs</i>	69

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 Maiores empresas tecnológicas dos EUA.....	21
Tabela 5.1 Crescimento mundial do PIB <i>per capita</i>	50
Tabela 5.2 Distribuição do PIB mundial em 2012.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

IA	Inteligência Artificial
ML	<i>Machine Learning</i>
I&D	Investigação e Desenvolvimento
OCDE	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económico
FCT	Fundação para a Ciência e a Tecnologia
DARPA	<i>Defense Advanced Research Projects Agency</i>

Capítulo 1. Introdução

1.1 Enquadramento

Em 2016, estimou-se que foram gastos pela indústria tecnológica entre 20 e 30 bilhões de dólares em Inteligência Artificial (IA), sendo que a grande maioria deste investimento, cerca de 90%, foi aplicado em ações de I&D e em *Machine Learning* (ML). Cerca de 60% do investimento total foi direcionado para tecnologia de ML (Bughin, et al., 2017).

Para além de todas as evidências que a IA demonstrou e de todo o potencial para transformar a sociedade, tratando-se de uma tecnologia disruptiva que irá influenciar a conjuntura económica, a postura assumida pelos cientistas sociais e económicos é de esperar que toda a conjuntura se altere para então se refletir sobre os acontecimentos. Torna-se assim, urgente, começar a olhar para este tema, de forma a poder antecipar as oportunidades e riscos que já se começam a manifestar (Russel et al., 2015).

Em 2015, no artigo “*Research Priorities for Robust and Beneficial Artificial Intelligence*” de Stuart Russell, Daniel Dewey e Max Tegmark, os autores apontam alguns eixos prioritários de investigação multidisciplinar, desde a Economia à Filosofia passando pela própria Engenharia Informática e Robótica. Uma das prioridades enfatizadas no artigo é a análise do impacto económico da Inteligência Artificial, pois “economistas e os cientistas computacionais concordam que existe investigação importante por fazer sobre como maximizar os benefícios económicos da IA enquanto se mitiga os efeitos adversos” (Russell et al., 2015:1).

Desde os desenvolvimentos iniciais de Alan Turing, em 1950, os avanços feitos em direção ao desenvolvimento da IA apontam, principalmente, para o desenvolvimento contínuo e o aperfeiçoamento de algoritmos já existentes. Os mais recentes desenvolvimentos da IA têm levado à criação de diversas tecnologias, economicamente muito valiosas, e não há margem para dúvida que os impactos económicos e sociais irão aumentar significativamente. Assim sendo, é importante não só tornar a IA mais robusta, mas também é necessário começar, a curto prazo, a estudar os impactos da IA na estrutura económica e social (Russell, et al., 2015; Oliveira, 2017).

1.2 Objetivos

Neste sentido foram constituídos dois objetivos de trabalho para esta dissertação:

- 1) O objetivo principal é a análise das implicações sociais e económicas (macroeconómicas e microeconómicas) das inovações tecnológicas na área da Inteligência Artificial, mais especificamente, da *Machine Learning* a curto e médio prazo no panorama económico Europeu. O estudo terá especial enfoque, por um lado, na substituição dos trabalhadores pelos mecanismos de IA, que levaram ao aumento da vantagem do capital na luta pelo poder. Por outro lado, serão ainda focados os mecanismos de IA que estão a amplificar a lógica “*winner take it all*” promovida pelas economias de escalas e onde a acumulação do capital, nas mãos de uma elite tecnológica, está a criar um fosso entre as empresas líderes e as restantes.
- 2) O objetivo secundário definido é a análise da exploração do potencial disruptivo da ML e dos seus efeitos a curto e médio prazo no panorama económico europeu.

1.3 Metodologia de investigação

A *Machine Learning*, é um subcampo da IA, que se foca na habilidade das máquinas apreenderem através da experiência passada. Esta capacidade é determinante para que os mecanismos de IA adquiram comportamentos classificados como inteligentes. Tenta replicar os comportamentos humanos mais primitivos como apreender a ler, escrever (“*natural-language*”) e identificar objetos (“*artificial vision*”) (Oliveira, 2017).

O desenvolvimento da capacidade de aprendizagem é fulcral para o desenvolvimento da IA, tal como para o desenvolvimento do cérebro humano, que transforma um recém-nascido num adulto completamente autónomo (Domingos, 2015). A *Machine Learning* assume várias formas: “*pattern recognition, statistical modeling, data mining, knowledge discovery, predictive analytics, data science, adaptive systems, self-organizing systems, and more*” (Domingos, 2015).

No caso da *Machine Learning* a aprendizagem é realizada através da indução, ou seja, do particular para o geral. Os dados são usados para criar uma teoria, que levam ao

desenvolvimento de inúmeros “*learning algorithms*” (Domingos, 2015). Sem o desenvolvimento da *Machine Learning* a Inteligência Artificial nunca teria atingido a potencialidade que tem atualmente e que irá ter no futuro (Oliveira, 2017).

Voltemos agora ao problema que deu origem a este estudo para a construção de um corpo de hipóteses:

- a) Quais são as implicações socioeconómicas (macroeconómicas e microeconómicas) das inovações tecnológicas da Inteligência Artificial, mais especificamente, na subárea da *Machine Learning*?
- b) Qual é o potencial disruptivo da *Machine Learning* e quais serão os seus efeitos a curto e longo prazo no panorama económico ocidental?

Perante estas problemáticas, levantávamos as seguintes hipóteses:

Hipótese 1: A substituição de trabalhadores pelos mecanismos de IA irá aumentar a vantagem do capital na luta pelo poder. Com isto passamos de uma lógica de produtividade para uma lógica de distribuição - de uma era tecnológica para uma era política.

Hipótese 2: O capital está a acumular-se nas mãos de uma elite tecnológica que está a criar um fosso entre estas empresas líderes e as restantes. Então a utilização e desenvolvimento de mecanismos de IA poderá levar ao domínio da lógica “*winner take it all*” promovida pelas economias de escala ocidentais.

Para atingir os objetivos propostos e tendo em conta a natureza da investigação a metodologia utilizada é assente, essencialmente, na análise bibliográfica, referida e analisada nos **Capítulos 1 e 2**. Apenas nos **Capítulo 3 e 5** serão introduzidos na exposição dados quantitativos secundários para suportar diversas ideias.

O conteúdo apresentado, tendo em conta a natureza do problema a investigar, decorre de um levantamento bibliográfico multidisciplinar, que inclui a área da Engenharia Informática, mais precisamente na subárea da Inteligência Artificial, bem assim como as áreas da Economia e das Ciências Sociais em geral.

Este trabalho recorre também a estudos de mercado, sondagens e *surveys* realizados, com o objetivo de analisar o investimento em IA, desenvolvidos pelo McKinsey Global Institute: “*AI the Next Digital Frontier*” (2017) e “*Notes from the AI Frontier – Modeling the Impact of AI on the World Economy.*” (2018). Estes dados secundários de instituições

como o McKinsey Global Institute (2017, 2018) serão determinantes para identificar a extensão e penetração da IA na economia Norte Americana, Chinesa e Europeia.

1.4 Conteúdo

A presente dissertação será dividida em quatro partes distintas, as duas primeiras partes serão destinadas à análise das potencialidades da Inteligência Artificial e principalmente, da *Machine Learning* (que é um dos principais campos de estudo da IA). As outras duas partes (**Capítulo 4 e 5**) destinar-se-ão à análise, das teorias da inovação disruptiva, da economia da inovação e do impacto económico da Inteligência Artificial.

Numa primeira fase, será apresentada a história da Inteligência Artificial juntamente com os principais marcos que definiram o desenvolvimento de toda a tecnologia. O objetivo desta primeira parte é o de discutir os avanços tecnológicos da IA ao longo dos tempos e entender o caminho percorrido até aos dias de hoje, com especial atenção à *Machine Learning*. Esta viagem ao passado é essencial para dar a perceber (a especialistas que não são da área da IA e ML) que não estamos perante uma nova tecnologia, e que as suas primeiras aplicações práticas, em alguns casos, têm cerca de 30 anos, o que influencia a análise da Cursa S da tecnologia.

Esta é uma das principais falhas dos estudos realizados na área da economia sobre a IA. Não tendo em conta que não se trata de uma tecnologia emergente, poderá levar ao enviesamento de determinadas conclusões.

O segundo ponto do desenvolvimento focar-se-á, sobretudo, nas atuais potencialidades da Inteligência Artificial. Nomeadamente, quais os campos e indústrias que já se encontram a ser utilizadas e quais são as suas principais aplicações e potenciais utilizações. Este ponto é determinante pois é aqui que, tanto em termos teóricos como práticos, se irá realizar uma pesquisa aprofundada do que está a ser desenvolvido no âmbito da Engenharia de Informática, da Robótica e na área da *Machine Learning*.

O ponto seguinte, **Capítulo 4**, é totalmente dedicado à exploração e análise bibliográfica das teorias económicas que se debruçam sobre o tema. Passarei a realizar uma análise do impacto destas tecnologias na economia, revisitando-as no âmbito da Economia da Inovação e da Mudança Tecnológica.

Em 1912, Schumpeter concluiu que, com a combinação de diferentes materiais, a economia sofre alterações disruptivas perturbando o seu equilíbrio, considerado até ao momento como natural, mas não só (Arthur, 2009). As mudanças tecnológicas são uma das principais causas das alterações na composição da economia. Não são, apenas, um *input* no crescimento económico. Cada vez que a tecnologia se desenvolve, é possível observar que existe um processo natural de mudanças estruturais na economia, derivadas do progresso tecnológico, que moldam todo o envolvente (Arthur, 2014). Este é um processo muito complexo, onde a economia se forma a partir da tecnologia dominante, que não subsiste de forma separada, criando assim nichos de oportunidades para estas novas tecnologias. A tecnologia é responsável pela estrutura que detém as decisões relativas às atividades e aos fluxos de bens e serviços, que condiciona a entrada de novas tecnologias.

Podemos considerar que a IA e, conseqüentemente, a ML não representam apenas um meio de produção, ou seja, meios de trabalho e objetos de trabalho (Marx, 1932; cit. Cruz, 1989). O olhar que devemos assumir sobre esta tecnologia tem de ser diferente, devemos analisá-la como criadoras de estruturas económicas (Arthur, 2009). A economia não se adapta simplesmente às mudanças tecnológicas tal como Schumpeter (1912), citado por Arthur (2009), expõem no seu argumento. Na verdade, é possível observar que, quando é introduzida uma nova tecnologia na economia a estrutura altera-se, tal como a sua forma.

O surgimento de uma nova tecnologia origina uma nova Curva S com a substituição de tecnologias antigas por novas tecnologias. Estas novas tecnologias são, geralmente, introduzidas numa determinada indústria por novas empresas, ao invés, de serem introduzidas pelas empresas já dominantes. Isto acontece porque, na maioria dos casos, estas empresas dominantes estão preocupadas em aperfeiçoar a sua tecnologia e não são capazes de identificar as novas tendências tecnológicas em tempo útil. A natureza desta curva varia à medida que a nova tecnologia se vai desenvolvendo (Clayton, 1997). Também é possível observar que as curvas S, das diferentes tecnologias, consoante o seu enfoque, possuem determinadas características. Assim, o **Capítulo 4** terá como objetivo, explorar as teorias anteriormente expostas.

O **Capítulo 5** tem como objetivo aplicar as teorias económicas anteriormente apontadas (entre outras) e analisar, através das suas lentes, os principais impactos da

Inteligência Artificial, principalmente da subárea *Machine Learning* na economia ocidental. Apoiando, também, estas conclusões nos dados secundários quantitativos levantados durante o **Capítulo 3**.

A revisão bibliográfica aqui apresentada visa, fundamentalmente, a criação de uma base teórica não existente e totalmente direcionada para o estudo dos impactos das alterações socioeconómicas resultantes da introdução da Inteligência Artificial nos modelos produtivos atuais na Europa.

Capítulo 2. Estado da arte: Breve história do desenvolvimento da Inteligência Artificial.

Nos últimos dois anos, tem sido possível observar um grande crescimento das capacidades da Inteligência Artificial, mas o desenvolvimento e investimento nesta área não é recente. Os primeiros desenvolvimentos realizados na área remontam a meados do século XX, mais precisamente, em 1943, por Warren McCulloch juntamente com Walter Pitts, e de seguida com Donald Hebb, em 1949, mas principalmente com Alan Turing em 1947.

Apenas nos anos 50, do século passado, é que se observou a primeira onda de entusiasmo com Arthur Samuel, Herbert Simon, Allen Newell, Marvin Minsky e John McCarthy e as principais Universidades dos Estados Unidos da América (como MIT, CMU ou Dartmouth) a abrirem departamentos, com o principal objetivo de realizar investigação exclusivamente na área da Inteligência Artificial.

Desde então e até aos anos 70, observou-se um grande desenvolvimento neste campo, mas no final do século passado a Inteligência Artificial quase que desapareceu do vocabulário da comunidade científica. O período ficou a ser denominado pelo “Inverno da Inteligência Artificial”, este momento histórico, no desenvolvimento da IA, foi caracterizado por uma notória estagnação onde por mais de uma década os fundos para a investigação diminuíram exponencialmente.

O atual período representa a “Primavera da Inteligência Artificial”, com grandes empresas como a **Google, Amazon e Facebook** a investirem, em 2016, entre 26 biliões de dólares e 39 biliões de dólares em tecnologias de Inteligência Artificial.

Os especialistas afirmam que o ressurgimento da Inteligência Artificial nos últimos anos é, em grande parte, da responsabilidade do desenvolvimento de algoritmos de *Machine Learning* (ou ML). Estes algoritmos permitem a criação de modelos analíticos a partir de novos dados sem necessidade de instruções e programação clara, o que anteriormente era um grande entrave para o desenvolvimento da IA, como poderemos ver de seguida.

Ao longo dos anos, a Inteligência Artificial passou por períodos de sucesso, otimismo, mas também, por períodos de acentuado declínio de financiamento. Passando também

por ciclos de inovação disruptiva e por outros ciclos caracterizados por aperfeiçoamento dos sistemas pré-existentes. Para desenhar uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o futuro da IA torna-se fulcral perceber as dinâmicas anteriores para interpretar e corrigir as falhas.

Este Capítulo tem como objetivo fazer um Estado da Arte dos principais marcos do desenvolvimento da Inteligência Artificial, contribuindo para perceber todos os desafios que a IA tem vindo a superar ao longo do seu desenvolvimento, para que se comece a desenhar a curva do desenvolvimento desta tecnologia. Frequentemente, os primeiros estudos desenvolvidos na área da economia tendem a desvalorizar a história da IA, partindo do pressuposto de que se esta perante uma tecnologia emergente, o que acaba por originar a desinformação dos cargos de gestão superior e da comunidade científica em geral.

O Estado da Arte é um dos Capítulos mais importantes, fazendo referência ao que já se tem descoberto sobre a IA evitando que se perca tempo com investigações desnecessárias. Desta forma, espera-se que este Capítulo contribua positivamente para o desenvolvimento dos conceitos e paradigmas que vão ser abordados ao longo dos **Capítulos 4 e 5**.

2.1 Os primeiros indícios da Inteligência Artificial na sociedade

O primeiro estudo realizado de IA foi na área das Redes Neurais Artificiais (RNA)¹ por Warren McCulloch e Walter Pitts (1943) no artigo “*A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity*”. Estes autores produziram um modelo de RNA que era capaz de realizar álgebra booleana - operações com \vee (ou), \wedge (e) ou \sim (não) - sugerindo também que as RNA seriam capazes de apreender. O primeiro computador de Redes Neurais Artificiais foi produzido em 1950 na Universidade de Harvard por Martin Minsky e Dean Edmonds (Russel e Norving, 2010).

¹ Redes Neurais Artificiais ou RNA são modelos computacionais semelhantes ao cérebro humano sendo um conjunto de neuroses artificiais que estão ligados entre si em camadas trabalhando em conjunto para processar base de dados complexas. Os *outputs* gerados são um somatório não linear dos inputs das várias neuroses artificiais, cada camada irá originar *outputs* diferentes (Oliveira, 2017).

Alan Turing, em 1950, publicou o primeiro artigo de referência da área da IA, onde conjecturava sobre a possibilidade de se poder desenhar máquinas que poderiam pensar. Neste artigo, Turing apresentou o Teste de Turing, que foi uma das primeiras propostas na área da Inteligência Artificial (Frankish e Ramsey, 2014).

Alan Turing (1950) propôs algo diferente, daquilo que tradicionalmente se fazia na área, sugerindo que em vez de se criar um sistema inteligente desde raiz seria muito mais fácil criar uma máquina que conseguisse aprender: “Em vez de se tentar construir um programa que simule a mente do adulto, por que é que não se tenta construir um programa que simule a mente de uma criança?” (Turing, 1950; cit. Oliveira, 2017).

Foi apenas, em 1956, que o campo da IA foi formalmente definido e oficialmente nomeado por “Inteligência Artificial” (denominado até então por "Teoria Lógica"). Na conferência de Dartmouth, desenhada por John McCarthy com o objetivo de reunir os principais investigadores dos Estados Unidos nas áreas da “teoria autónoma, RNA e no estudo da inteligência” (Russel e Norving, 2010).

Na conferência estiveram presentes, entre outros, investigadores do MIT (Oliver Selfridge), de Princeton (Arthur Simon) e de CMU (Allen Newell e Herbert Simon) (Frankish, K. e Ramsey, W. 2014). Após a conferência, Arthur Simon e Allen Newell foram os cientistas que mais se destacaram, dado que foram os únicos que levaram até ao curso um programa de Teoria Lógica (posteriormente IA) totalmente funcional, que viria a conseguir provar vários teoremas matemáticos, como o de *Whitehead* e *Russell* (Oliveira, 2017).

Nos anos 50, os teoremas de matemáticos não foram o único foco do desenvolvimento de IA. Arthur Samuel (1959) desenvolveu um programa de Inteligência Artificial que foi projetado para apreender. Este programa, foi revolucionário na sua época, o jogo de xadrez de Arthur Samuel, foi apreendendo a jogar chegando a um nível bastante superior - e este foi o começo da *Machine Learning* (Frankish e Ramsey, 2014).

Para além da diferença entre as áreas das primeiras investigações da Inteligência Artificial, ambas têm em comum a tentativa de resolução dos problemas através de Sistemas de Processamento de Símbolos ². Através destes sistemas foi possível resolver

² " Sistemas de Processamento de Símbolos é um “a set of arbitrary "physical tokens" scratches on paper, holes on a tape, events in a digital computer, etc. that are manipulated on the basis of "explicit rules" that

numerosos problemas típicos, que os seres humanos podem resolver como “dedução, raciocínio, planejar e agendar” (Oliveira, 2017:55). No entanto, estes programas não foram capazes de executar tarefas mais difíceis, na verdade, as próprias capacidades, destes programas eram bastante limitadas.

A maioria das investigações realizadas nos estágios iniciais do desenvolvimento da Inteligência Artificial foram direcionadas para a resolução de problemas mais abstratos que combinavam vários tipos de estratégias. No entanto, para resolver problemas do mundo real os investigadores teriam de dar o salto para o nível seguinte (Frankish e Ramsey, 2014), ou seja, conseguir que os programas de IA pudessem processar conhecimento prévio.

Tendo, então, sido criados “*Knowledge-Based Systems*”³ foram ainda codificados no seu programa conhecimentos extraídos de especialistas na área específica. Um dos primeiros sistemas desenvolvidos com este método, em 1969, foi o programa DENDRAL, no campo da Química Orgânica. DENDRAL era capaz de reconhecer a estrutura molecular das moléculas através da análise de dados que foram extraídos a partir de um espectrômetro de massa e informações de inferência química.

Outro programa que utilizou o sistema de base de conhecimentos e que foi capaz de resolver outros problemas considerados como do mundo real (medicina) foi Mycin, em 1977. Mycin tinha como objetivo, ajudar no diagnóstico de doenças infecciosas do sangue e meningite, mas também era capaz de ajudar no tratamento das mesmas. Para que o diagnóstico acontecesse o Mycin, precisava de conhecimento prévio na área que era extraído dos especialistas e codificado no programa. Nos casos mais difíceis, Mycin era bem-sucedido, mas em casos mais básicos, todo o processo levaria mais tempo do que o diagnóstico do médico.

Para além, dos avanços, a maior parte das limitações só conseguiram ser ultrapassadas com a revolução da internet e com o desenvolvimento de computadores mais potentes, nomeadamente, com o desenvolvimento dos processadores e memórias mais poderosas.

are likewise physical tokens and strings of tokens. The entire system and all its parts -- the atomic tokens, the composite tokens, the syntactic manipulations both actual and possible and the rules -- are all "semantically interpretable:" The syntax can be systematically assigned a meaning e.g., as standing for objects, as describing states of affairs)” (Harnad, 1990).

³ *Knowledge-Based Systems* são programas computacionais que utiliza bases teóricas de conhecimento para resolver problemas.

As aplicações de Inteligência Artificial requerem um elevado nível de informação prévia sobre o problema e nos anos 70 era, praticamente, impossível construir bases de dados desse nível. Até os próprios investigadores, não tinham a noção, que os seus programas necessitavam e conseguiriam absorver tanta informação.

O primeiro sistema lucrativo foi o R1, desenvolvido pela Digital Equipment Corporation, em conjunto com Carnegie Mellon University, em 1986. A Digital Equipment Corporation afirmou, que economizou cerca 40 milhões de dólares por ano com a utilização do sistema (Russel e Norving, 2010).

Nos EUA, no Reino Unido e no Japão, durante a década de 80, foram investidos em Inteligência Artificial vários milhões de dólares, e já no final da década passou-se para biliões de dólares. Porém, estes projetos nunca atingiram os objetivos esperados e estipulados pelos seus criadores e investidores. Muitas empresas e investigadores não foram capazes de cumprir as suas ambiciosas promessas e os financiamentos começaram a retrair substancialmente e por mais de dez anos a Inteligência Artificial desaparece do vocabulário académico, e empresarial deixando, praticamente, de ser investigada e financiada.

2.2 A queda da indústria da Inteligência Artificial

Como já foi referido anteriormente, a curva de desenvolvimento da Inteligência Artificial não é uma curva que represente crescimento contínuo. Existiram fases de bastante entusiasmo e por isso um crescimento acelerado e, depois, existiram épocas de retração de investimento e investigação, atingindo o seu pico de desinvestimento nos anos 90.

É possível resumir em cinco pontos as principais causas da crise da Inteligência Artificial (Oliveira, 2017; Bughin et al., 2017; Russel e Norving, 2010; Frankish e Ramsey, 2014):

- i)** Expetativas demasiado elevadas por parte dos governos e consumidores;
- ii)** Pouca capacidade de *hardware* para desenvolvimento dos programas;
- iii)** Uso pouco generalizado dos computadores;

iv) Falha na estratégia de investigação por parte da academia;

v) Poucas capacidades na área da gestão das *startups* de base tecnológica a Inteligência Artificial;

O primeiro sinal que antevia a crise no desenvolvimento da área foi quando, em 1973, Sir James Lighthill, a pedido do Parlamento do Reino Unido, realizou uma análise do estado da arte do desenvolvimento da Inteligência Artificial no Reino Unido. As conclusões, retiradas por Lighthill, foram fatais para o futuro apoio do Governo Inglês. James Lighthill (1973), no seu relatório criticou, o facto de a Inteligência Artificial não fazer juízo aos seus objetivos e que a maioria das suas aplicações não eram direcionadas para problemas reais, resolvendo apenas problemas muito abstratos (Frankish e Ramsey, 2014; Olivera, 2017).

Nos anos 60, a DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) disponibilizou vários milhões de dólares para desenvolver investigação em IA, sem que muitas condicionantes fossem impostas aos investigadores e às Universidades. Nos anos 70 houve uma alteração de práticas, quando a DARPA deixou de financiar investigação básica e passou a financiar investigação estratégica que tinha apenas fins militares. Esta decisão foi impulsionada por um estudo independente, realizado internamente e que concluiu que a investigação levada a cabo na área da Inteligência Artificial, num futuro próximo, não iria produzir resultados satisfatórios. Os objetivos da DARPA eram bastante diferentes dos objetivos da academia, enquanto por um lado, os investigadores estavam focados no avanço contínuo do pensamento e desenvolvimento científico, a DARPA preocupava-se com as finalidades desses avanços.

Nos anos 70, quase nenhuns projetos de investigação na área da IA eram financiados pela DARPA. Os únicos projetos que envolviam Inteligência Artificial, para além de não terem cumprido os seus objetivos, mas que continuaram a ser financiados, eram os que envolviam veículos autónomos e pilotos automáticos (Russel e Norving, 2010).

Quando se introduz uma nova tecnologia no mercado, é possível observar-se, um “*hype cycle*”, que se caracteriza, pelo facto de se sobrevalorizar o efeito da tecnologia a curto prazo e desvalorizar-se, esse efeito, a longo prazo. Este efeito é seguido geralmente por um período de desilusão, pois, o progresso científico não consegue acompanhar aquilo que é esperado pelos “*stakeholders*” e investidores (Oliveira, 2017).

Mas este fenómeno, não foi o único fator que levou ao esvaziamento do financiamento, foi também, em parte, porque o Relatório de Lighthill foi publicado em plena crise financeira no Reino Unido⁴. O financiamento às Universidades foi alvo de cortes, devido às baixas expectativas de avanços tangíveis num futuro próximo e os departamentos de Inteligência Artificial deixaram de ser financiados.

Para além disso, a filosofia de gestão adotada na época era pouco ágil. Na verdade, era muito rígida o que não permitia inovação e os retornos económicos eram principalmente no final do processo de desenvolvimento do produto, contrariamente àquilo que acontece atualmente. Nos dias de hoje, o processo é mais ágil e o desenvolvimento do produto é dividido em vários ciclos onde o valor acrescentado vai sendo gerado gradualmente e não apenas na etapa final do ciclo. Assim sendo, o tipo de gestão utilizada nestes projetos de Inteligência Artificial no início não era a mais adequada dificultando o próprio sucesso da tecnologia (Bughin et al., 2017).

Os computadores foram um, dos principais, entraves para o desempenho da Inteligência Artificial e para os resultados que esta poderia obter. A memória e a própria capacidade dos computadores da época mostraram ser bastante limitadas e todos os programas necessitavam de uma capacidade muito superior à desenvolvida e existente na altura (Oliveira, 2017; Bughin et al., 2017; Russel e Norving, 2010; Frankish e Ramsey, 2014)

Mesmo durante esta fase de declínio da tecnologia, foi possível observar que as investigações não cessaram totalmente e mesmo assim vários programas foram desenvolvidos no âmbito de outras áreas (Oliveira, 2017).

2.3 Ressurgimento da Inteligência Artificial

A história da Inteligência Artificial possui ciclos de sucesso e de insucesso que resultaram em cortes de financiamento, como anteriormente foi referido. Mas a verdade é que também pudemos constatar que existiram momentos de maior incremento, que

⁴ O choque petrolífero afetou bastante o UK entre 1973 e 1975 originou uma grande recessão originando uma grande inflação dos preços mas principalmente levou ao declínio das indústrias tradicionais (Oliveira, 2017; Russel e Norving, 2010; Frankish e Ramsey, 2014)

conduziram à melhoria e desenvolvimento das próprias tecnologias já existentes através da criação de abordagens criativas e inovadoras.

No final dos anos 80, observou-se uma revolução na metodologia de trabalho na área da Inteligência Artificial, adotando-se um método científico, passando a ser possível a repetição das experiências devido à configuração de um repositório de códigos e dados.

Outras revoluções incrementais na área da “robótica, visão computacional e representações de conhecimento” (Frankish e Ramsey, 2014:22), juntamente com aperfeiçoamentos matemáticos levaram também ao reforço dos métodos. A sofisticação dos métodos levou a uma segregação da robótica da Inteligência Artificial – uma tendência que se tem vindo a reverter nos últimos anos.

A utilização de sistemas de IA tornou-se mais comum com o aparecimento da internet. Estes sistemas começaram a ser utilizados em *apps*, principalmente, nos sistemas de pesquisa e nos próprios websites.

Tendo em conta os últimos avanços e sucessos da Inteligência Artificial, no final do século XX, vários fundadores da IA, como John McCarthy ou Marvin Minsky expressaram o seu descontentamento. Nas suas visões, a IA deveria seguir o seu percurso inicial, ou seja, sistemas que fossem capazes de apreender e até mesmo serem criativos, em vez de sistemas, que apenas são capazes de realizar tarefas específicas como é o caso de “conduzir um carro, jogar xadrez ou reconhecimento de voz” (Russel e Norving, 2010:27). Assim, os mais recentes avanços na área da IA tem vindo a retomar o sentido original (Oliveira, 2017).

No início do século XXI, novas aplicações da Inteligência Artificial levaram a que se recomeçasse a acreditar no futuro. Esta ideia foi impulsionada com o avanço dos veículos robóticos (como o STANLEY da Volkswagen, em 2005), desenvolvimento de mecanismos de sucesso de reconhecimento de voz, possibilidade de planeamento e calendarização automaticamente, jogar xadrez (Deep Blue em 1997 ganhou a Garry Kasparov o campeão do mundo na altura). Outros campos onde se registaram também bastantes alterações foram na robótica, nos programas de tradução ou com a criação dos famosos filtros de *spam* (Russel e Norving, 2010).

Deste modo, têm vindo a surgir, imensas subáreas de investigação de Inteligência Artificial que levaram à criação de instrumentos de divulgação científica especializada

como jornais ou conferencias. Uma das subáreas que se desenvolveu bastante neste período foi a relativa aos programas *Machine Learning* que são alimentados com dados estruturados e têm apoiado na área da robótica, principalmente, na criação de robôs que passam pelo desenvolvimento de aprendizagem semelhante ao de uma criança (Domingos, 2015).

Surgiram ainda outras subáreas que se desenvolveram no início do século XX, nomeadamente os programas de “*Knowledge Representation*”⁵(que são determinantes no processo da tomada de decisão), os algoritmos de “*Heuristic Search*”⁶ (que passaram a ser bastante usados para o planeamento), “*Data Mining*” (para vídeo jogos, pesquisas na internet entre outras aplicações). Os programas de “*Machine Vision*”⁷ também constituíram uma subárea da IA muito importante, com investigação ao nível da segurança pública através das câmaras de videovigilância. A Robótica que, no início do seu desenvolvimento, era um subcampo da Engenharia Mecânica, desenvolveu-se a par das capacidades dos robôs no sentido de criar uma inteligência. Deste modo, a investigação na área da IA e robótica uniram-se, tornando-se uma das subáreas mais importantes da IA (Oliveira, 2017).

Todos estes avanços tecnológicos foram desenvolvidos dentro de áreas da informática devido à conotação negativa a que o termo Inteligência Artificial ficou associado. Isto levou a que os investigadores passassem a focar-se mais em solucionar problemas específicos dando origem às subáreas anteriormente mencionadas (entre outras) e a abordagens mais ponderadas.

Apenas depois da primeira década do século XXI, com a digitalização (e consequentemente aumento exponencial de dados disponíveis), o aumento da memória, potência dos computadores e também o desenvolvimento da *Machine Learning* é que começaram a surgir aplicações extremamente valiosas e com real impacto na economia. Estes recentes desenvolvimentos na área levaram a uma nova onda de entusiasmo e também a um investimento muito significativo (superior ou anteriormente registado) em desenvolvimento de programas com impactos económicos e sociais relevantes (Oliveira, 2017; Bughin et al., 2017; Russel e Norving, 2010; Frankish e Ramsey, 2014).

⁵ Knowledge Representation é uma subárea da IA que se dedica à representação de informação sobre as mais variadas áreas do conhecimento que depois tem como por objetivo resolver determinadas tarefas.

⁶ Heuristic Search é também uma subárea da IA que tem por objetivo.

⁷ Machine Vision é uma tecnologia de IA que permite realizar análises através de imagens.

O investimento em Inteligência Artificial voltou a crescer a níveis sem precedentes e, por isso, torna-se necessário saber quais são as dinâmicas deste crescimento, quais os sectores que mais investem em I&D na área da IA (Domingos, 2015). Praticamente, meio século depois, as promessas dos pioneiros começam a tomar forma e a cumprir-se.

Em suma, a área da Inteligência Artificial, é um campo bastante abrangente, que desde os anos 50 do século passado têm se focado no desenvolvimento de máquinas inteligentes. Basicamente, um agente de IA analisa o ambiente envolvente e toma decisões que vão maximizar as chances de sucesso. Ao longo deste capítulo (no ponto 2.1) conhecemos os algoritmos tradicionais de IA, nomeadamente, os “*Experts Systems*” que diziam aos computadores as regras exatas para analisar os dados e que resultados deveria sair no output. Estes algoritmos não eram eficientes, pois existem demasiadas exceções e é praticamente impossível programar todas exaustivamente.

2.4 Distinção entre Inteligência Artificial e *Machine Learning*

Toda a atenção a que a IA tem vindo a ser alvo nos últimos anos é devido, principalmente, às revoluções contínuas na subárea da ML. De acordo, com Andrew Ng⁸, especialista na área da Inteligência Artificial, atualmente, quando é mencionado IA, na verdade, estão a referir-se a *Machine Learning*

A investigação na área da IA é direcionada para tentar reproduzir a forma como os seres humanos resolvem problemas, isso implica habilidades como planear ou interpretar o mundo à nossa volta passando por controlar os nossos movimentos e os objetos que nos rodeiam. Por isso, é bastante difícil identificar as subáreas que a IA abrange, mas as principais subáreas são “*planning, natural-language processing, artificial vision, and robotics*” (Oliveira, 2017). Porém, existe uma subárea que é extremamente importante para o desenvolvimento da IA é a *Machine Learning*, pois é a única que permite que os sistemas se tornem verdadeiramente inteligentes.

Deste modo, a *Machine Learning* é uma subárea da IA onde os algoritmos adquirem conhecimento através da extração de padrões de grandes conjuntos de dados

⁸ Andrew Ng é Professor Adjunto na Universidade de Stanford, cofundador do Google Brain considerado um dos maiores investigadores em Inteligência Artificial, laureado com vários prémios e autor de inúmeros artigos publicados.

estruturados. *Machine Learning* é o estudo de algoritmos computacionais que permitem que os programas de computador melhorem automaticamente com a experiência (Mitchell, Tom 1997:12). Para que um algoritmo de ML seja bem-sucedido são necessários dados, um modelo e por fim é necessário algo que ligue os dois, como por exemplo, uma “*cost function*” ou um algoritmo de otimização. A ML é aplicada por exemplo na tradução automática, perceber imagens e descrever o que está a acontecer nas imagens, através de séries de dados temporais prever como a procura (produtos, variação de preços etc.) vai variar ao longo do tempo ou, por fim, prever o comportamento dos consumidores ou de redes.

Como podemos concluir, há décadas que esta tecnologia se encontra a ser desenvolvida, mas apenas atualmente é que se reuniu as condições ideais para poder escalar e ter verdadeiro impacto nas nossas sociedades e economias: muitos dados de alta qualidade disponíveis, modelos flexíveis, poder computacional e por fim algoritmos eficientes para fazerem inferência.

Capítulo 3. Estado da arte: Inteligência Artificial no século XXI, desenvolvimentos recentes.

Até agora tem sido feita uma abordagem metodológica de análise documental, tendo em conta, que foi necessário recuar até 1950 para realizar um breve enquadramento daquilo que foi o percurso de desenvolvimento desta tecnologia. Porém, para obter uma melhor ideia da extensão e da penetração no tecido empresarial da Inteligência Artificial e da *Machine Learning* surgiu a necessidade de combinar dados quantitativos (neste caso dados secundários).

Todos os dados utilizados para a realização da análise que se segue são provenientes do estudo da Mckinsey Global Institute “Inteligência Artificial: A Próxima Fronteira Digital” (2017) onde entrevistaram executivos de *C-level* de 3 043 empresas que estão sediadas nos Estados Unidos da América, na Ásia e na Europa. Estas empresas fazem parte de catorze sectores da economia, nomeadamente, “advanced manufacturing, automotive, hardware/electronics, internet services, retail and systems/software” (Bughin et al., 2017:70).

Através destes estudos podemos observar que a Inteligência Artificial está, finalmente, a devolver às empresas investidoras ganhos reais, devido ao aparecimento de uma conjuntura favorável. Juntamente, com o aumento da capacidade computacional e algoritmos mais avançados, por fim, existe uma grande quantidade de dados disponíveis, na ordem dos biliões de dados. Mas o mais importante, é que subcampos como a *Machine Learning*, sofreram grandes avanços desde o início do século que possibilitaram que a margem de erro dos computadores em determinados casos seja igual ao ser humano.

Entre 2013 e 2016 o investimento em Inteligência Artificial aumentou cerca de 40%, o que permite concluir que os investidores estão, não só, mais confiantes no retorno desta tecnologia, mas, também, que já existe um maior conhecimento deste tipo de tecnologia e dos seus benefícios (Bughin et al., 2017).

As páginas que se seguem visam uma análise do Estado da Arte do desenvolvimento da Inteligência Artificial, mais precisamente da *Machine Learning*.

3.1 Empresas líderes na adoção de Inteligência Artificial: Principais características

3.1.1 Domínio das “Big Tech”

Cada vez que uma nova tecnologia é introduzida no mercado é possível detetar padrões iniciais de adaptação típicos, consoante a tecnologia em questão. No caso da Inteligência Artificial, aquilo que se pode observar é que os mesmos *players* que se encontravam a dominar na onda da digitalização, com investimentos avultados em tecnologias como “*big data*”, são também aqueles que se encontram a dominar no investimento em Inteligência Artificial, como podemos observar na **Tabela 3.1** (Barwise et al., 2018; Iansiti e Lakhani, 2017; Bughin, et al. 2017).

Apenas os grandes nativos digitais, como é o caso do **Google, Amazon, Microsoft, Apple e Facebook**, se encontram a investir, na verdade, investem biliões de dólares em tecnologias de Inteligência Artificial. Com o principal objetivo de melhorar a performance interna e desenvolverem ações de I&D (Barwise et al., 2018). Grandes empresas com mais de 500 trabalhadores têm 10% mais probabilidade de adotar tecnologias de Inteligência Artificial do que as empresas mais pequenas. Em sectores onde as taxas de adoção são muito baixas, a taxa de adoção das empresas grandes (+ 500 trabalhadores) aumentou 300% face às empresas mais pequenas.

As empresas maiores tendem a ter um acesso mais facilitado a dados estruturados, mas principalmente, a profissionais altamente qualificados que são capazes de gerir e otimizar o investimento em Inteligência Artificial (Bughin, et al., 2017).

No caso específico da **Amazon**, esta encontra-se a investir em robótica e reconhecimento de voz. Enquanto a **BMW**, e outras empresas da indústria automóvel como a **Toyota** ou **Bosh**, atualmente investem em *Machine Learning* e robótica para utilizar no desenvolvimento de carros autónomos. As grandes empresas industriais como é o caso da **Siemens** ou **ABB**, também se encontram a investir em *Machine Learning* e novamente em robótica, com o objetivo de desenvolver tecnologias relacionadas com o seu *core business* (Bughin, et al., 2017).

No caso das “*Big Tech*” tais como a **Google, Amazon, Microsoft, Apple e Facebook**, para além de investirem internamente, também, adotaram uma postura de compra de *startups* em que o core dos seus negócios é o desenvolvimento de tecnologias de IA, com

o objetivo de adquirir tanto talentos como a tecnologia (Barwise et al., 2018). Neste momento as maiores empresas tecnológicas do mundo são **Apple, Google, Microsoft, Amazon e Facebook**, somando ao todo mais de 555 bilhões de dólares de receita. Para além de serem as maiores empresas, são também aquelas que se encontram a investir mais em tecnologias de Inteligência Artificial.

As indústrias que se encontram a investir em Inteligência Artificial, atualmente, são as indústrias que têm um longo historial de investimento em tecnologias digitais, tanto no âmbito da sua criação como na sua adoção para a otimização dos seus produtos e/ou serviços.

Deste modo, as indústrias que se encontram à frente nesta corrida são as “*Big Tech*” e a indústria das telecomunicações, seguidas pela indústria automóvel e os serviços financeiros. Os sectores mais tradicionais como é o caso da educação, saúde e turismo tem níveis de adoção muito baixos (Bughin, et al., 2017).

Tabela 3.1 – Maiores Empresas Tecnológicas dos EUA

	Founded	Based	Main Product	Revenue (2016)	Market Capitalization	After-Tax Profit (Net Income) (2016)	P/E Ratio
Apple	1976	Cupertino, CA	Hardware	\$216bn	\$749bn	\$45.7bn	16
Alphabet (Google)	1998	Mountain View, CA	Search	\$90bn	\$656bn	\$19.5bn	34
Microsoft	1975	Redmond, WA	PC Software	\$85bn	\$534bn	\$16.8bn	32
Amazon	1994	Seattle, WA	E-commerce	\$136bn	\$467bn	\$2.4bn	195
Facebook	2004	Menlo Park, CA	Social network	\$28bn	\$436bn	\$10.2bn	43
Total	-	-	-	\$555bn	\$2,843bn	\$94.6bn	30

Fonte: Barwise e Watkins (2018)

3.1.2 Cadeia de valor e Inteligência Artificial

As empresas não estão apenas a aplicar a IA para promover a automatização dos serviços também estão a canalizá-la para a inovação de produtos e serviços, o que leva a um aumento da produtividade e dos ganhos, tornando-se mais uma forma de aumentar o fosso entre as empresas de alta performance e as restantes.

A utilização da IA no processo de inovação de novos produtos e/ou serviços acelera os processos, aumenta os ganhos entre 10% a 15% e reduz o tempo de introdução no mercado do novo produto e/ou serviço em 10%, o que permite às empresas melhorar os seus sistemas de previsão para detetar novas tendências e assim ajustar a sua estratégia – “no retalho, por exemplo (..), espera-se que tecnologias baseadas em IA para previsão da procura reduzam os erros de previsão entre 30% a 50% face às abordagens convencionais. As vendas que são perdidas devido à indisponibilidade de produtos podem ser reduzidas até 65%. Os custos relacionados com o transporte, armazenamento e gestão da *supply chain* deverão diminuir entre 5% a 10% e 25 a 40%, respetivamente. Com a IA, são possíveis reduções gerais entre 20% a 50%” (Bughin, et al., 2017:22).

Assim sendo, ao longo da cadeia de valor, a Inteligência Artificial pode gerar muitos ganhos às empresas, mas não só na área de I&D, pois os gestores estão cada vez mais cientes das vantagens da utilização de mecanismos de IA nas várias fases da cadeia de valor.

Ao longo da cadeia de valor a IA pode criar valor em quatro áreas específicas (projetar, produzir, promover e providenciar). Até a própria gestão da cadeia de valor beneficia imenso das tecnologias de IA. A complexidade das cadeias de valor é cada vez maior, devido à quantidade de informação produzida ao longo das diversas fases, tornando-se humanamente impossível gerir e extrair informação valiosa para o sucesso das empresas.

As técnicas de Pesquisa Operacional estão a incorporar os algoritmos de *Machine Learning* para se tornarem mais efetivas, porque já não é necessário apenas encontrar a solução ideal para o momento atual, também é necessário prever qual é a solução ideal para o futuro, consoante as tendências (Bertsimas e King, 2016).

Na área dos projetos de I&D, a introdução da IA nos projetos de inovação, possibilita a produção de bens e/ ou serviços a custos mais baixos, mas ao mesmo tempo com

qualidade superior. A IA já é utilizada em várias fases do processo de inovação, principalmente, na parte de investigação (analisar dados, resolver problemas matemáticos, levar a cabo experiências científicas, entre outras), ou por exemplo, para desenvolver problemas de engenharia inversa (Aghion et al., 2017; Daugherty e Wilson, 2018).

Os mecanismos de IA estão a acelerar todo o ciclo da inovação, o que por um lado, poderá ter como consequência um mercado cada vez mais competitivo onde as empresas estão sempre a inovar apenas para se manterem a par dos seus concorrentes e por outro lado, o que poderá acontecer é precisamente o contrário. As empresas que se encontram para trás ficam desencorajadas a prosseguir com os processos de I&D. O resultado é consoante o nível da competição existente na economia, geralmente, o primeiro resultado descrito tende a dominar nas economias onde existe um reduzido número de concorrentes, enquanto, o segundo resultado descrito é observado quando existe um grande número de concorrência (Aghion et al., 2017).

Na fase da promoção (marketing) já é possível observar grandes avanços com a possibilidade de oferecer os produtos às pessoas certas e de forma personalizada. Através de algoritmos de *Machine Learning*, que impactam diretamente nas várias áreas do marketing, como por exemplo, na realização de previsões, no aprofundar do conhecimento sobre os consumidores desenvolvendo perfis detalhados e, principalmente, na automatização e otimizações avançadas nas campanhas de marketing digital, tanto em Social Media (Facebook e Instagram) como em Google (motor de busca e nos sites) (Daugherty e Wilson, 2018).

Estes avanços são possíveis, em grande medida, devido ao processamento de grandes quantidades dados que são diariamente produzidos pelos consumidores, não apenas quando estão a interagir com os canais de divulgação das empresas (site, página de Facebook/ Instagram ou app), mas, sempre que estão a interagir com os seus dispositivos (computadores, tablets e smartphones) (Domingos, 2015).

Todos estes avanços na fase de promoção vão também influenciar a área de *provide*, pois torna possível aumentar a experiência do consumidor tornando-a mais única e pessoal (Bughin, et al., 2017).

3.1.3 Investimento em *Machine Learning*

Em 2016, as empresas investiram entre 26 e 39 bilhões de dólares em Inteligência Artificial. Só os “*Tech Gigants*”, investiram entre 20 e 30 bilhões, enquanto as *startups*, investiram entre 6 e 9 bilhões de dólares, como podemos observar na **Figura 3.1**. Cerca de 60% do investimento total em Inteligência Artificial é direcionado para *Machine Learning*, em grande parte porque permite o desenvolvimento das restantes tecnologias de Inteligência Artificial, mas não só (Bughin, et al., 2017).

O desenvolvimento dos computadores e o seu aperfeiçoamento, como discutido anteriormente, permitiu a utilização da internet e conseqüentemente a digitalização começou a gerar imensos dados que se tornaram impossíveis de gerir manualmente. As mudanças no comportamento do consumidor, também vieram a complicar o processo, que deixou de ser “*one size fits all*” e passou a ser caracterizado pela especificação, onde cada indivíduo quer uma oferta personalizada à sua medida e consoante os seus gostos (efeito cauda longa) – “o sucesso ou o fracasso de uma empresa atualmente depende dos seus algoritmos (...), e o sucesso de toda uma economia.” (Domingos, 2015:12)

Desta forma um novo ciclo de lucros emerge na economia, as empresas que possuem as melhores bases de dados de clientes, têm mais capacidade de ensinar os seus algoritmos de *Machine Learning*, e conseqüentemente, produzem os melhores modelos para captar novos clientes de forma mais eficaz, criando-se assim um círculo vicioso.

Aplicando a estatística a questão abordada, uma determinada quantidade de dados é suficiente para perceber o padrão de um determinado fenómeno porque a partir desse limite os dados vão apenas repetir-se e entrar no mesmo padrão. Mas a verdade, é que ainda não se atingiu esse nível de saturação porque o efeito cauda longa não permite (Domingos, 2015; Daugherty e Wilson, 2018).

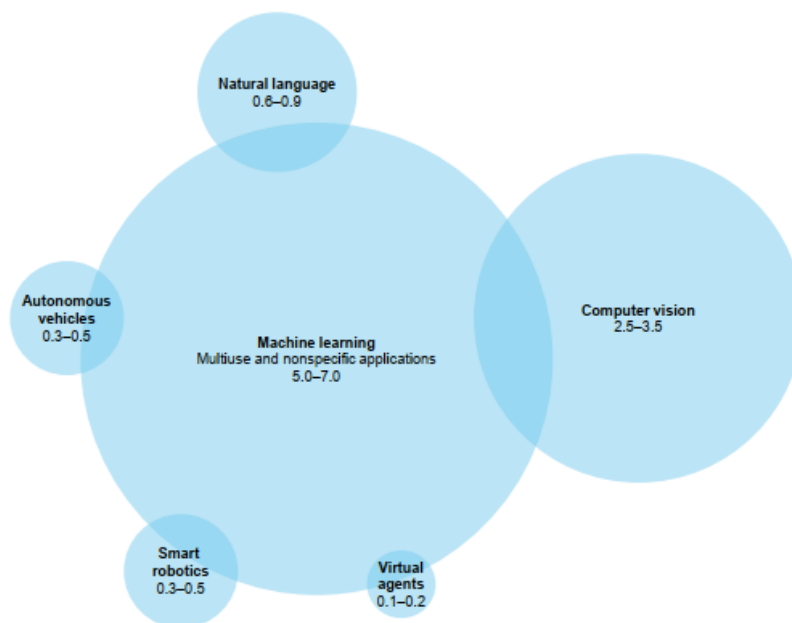
Cada vez que uma pessoa interage com um computador, *tablet* ou *smartphone* está a ensinar ao seu dispositivo algo novo sobre si mesmo, - “os e-mails, documentos, textos, tweets e contas do Facebook e LinkedIn; as pesquisas, cliques, downloads e compras online; os registos de crédito, impostos, telefone e saúde; as estatísticas Fitbit; a nossa condução conforme registada pelos microprocessadores do carro; os nossos passeios que são gravados pelo telefone; todas as fotos já tiradas; breves participações em camaras de segurança; os *snippets* do Google Glass - e assim por diante. ” (Domingos, 2015:267).

Todas as informações recolhidas (dados) são extremamente valiosas para as empresas pois possibilitam, através de algoritmos de *Machine Learning*, a produção de conhecimento importante para o core do negócio e para personalizar a experiência de cada utilizador. Quanto mais os indivíduos ensinam os seus dispositivos melhor eles conseguem servir, o que significa, que estes vão começar a desenvolver modelos de como cada indivíduo funciona quase como um “*digital self*” (Domingos, 2015).

Outra característica, bastante comum nestas empresas pioneiras, é que estas tendem a adotar várias tecnologias de Inteligência Artificial, ao invés, de se focarem simplesmente num único tipo de tecnologia, o que vai ao encontro do padrão da adaptação das restantes tecnologias digitais.

Figura 3.1 – Investimento em Tecnologias de Inteligência Artificial

Machine learning received the most investment, although boundaries between technologies are not clear-cut
External investment in AI-focused companies by technology category, 2016¹
\$ billion



Fonte: Brynjolfsson et al. (2017)

Na literatura, muitas vezes confunde-se Inteligência Artificial com *Machine Learning* e os autores falam de IA quando, na verdade, estão a querer falar de *Machine Learning*. A maior parte do investimento em tecnologias de IA é direcionado para a ML. Estimou-se que, em 2016, entre 5 a 7 bilhões de dólares foram investidos em tecnologias de

Machine Learning. Das principais subáreas da IA os Agentes Virtuais é aquela tecnologia onde menos dinheiro é investido.

3.1.4 Importância geográfica no investimento em Inteligência Artificial

O investimento externo (uma empresa investir em outra) em Inteligência Artificial está altamente concentrado geograficamente, segundo os dados da McKinsey Global Institute em 2017 mais de 60% do investimento total em IA estava localizado nos Estados Unidos da América, e 40% desse investimento é realizado em Silicon Valley e São Francisco (Barwise et al., 2018).

A China é o segundo país que detém a maior percentagem de investimento, sendo responsável apenas por 17%. Este investimento está localizado em apenas dois ecossistemas, Beijing e Shenzhen, encontrando-se em grande crescimento. Com o “13º Plano Quinquenal, a China declarou que pretende criar um mercado doméstico para a IA de 1 trilhão de renminbi (US \$ 150 bilhões) até 2020 e tornar-se um centro mundial de IA até 2030” (Bughin, et al., 2018:7). No setor privado, empresas como **Alibaba, Baidu e Tencent**, trabalham em conjunto para desenvolver áreas da IA como condução autónoma ou reconhecimento de voz.

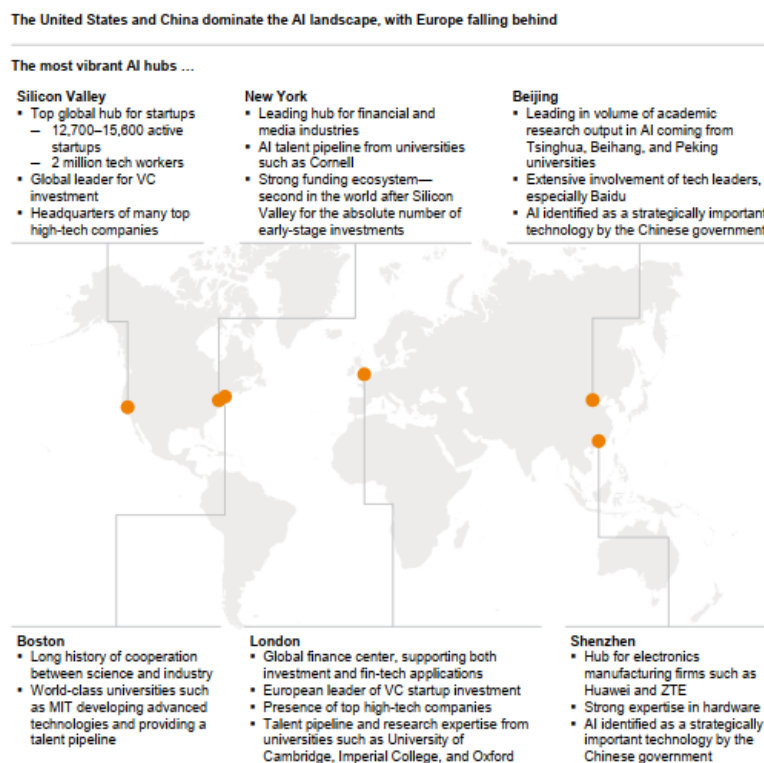
Tanto os EUA como a China são também os principais investidores em inovação na área da Inteligência Artificial, sendo que ambos investem entre 2% a 3% do seu PIB em I&D (Agrawal et al., 2018; Bughin et al., 2017). Para além da China ser o principal investidor em tecnologias de IA, como é possível observar na **Figura 3.3**, a longo prazo, os EUA continuarão a superar os países da Europa. Ao contrário daquilo que se observa até ao momento, a economia que irá usufruir mais com a adoção e absorção de mecanismos de IA será a Suécia, seguida do UK, Coreia do Sul e Estados Unidos da América.

No que diz respeito à Europa, um dos únicos ecossistemas desenvolvidos em Inteligência Artificial está situado em Londres, como é possível observar na **Figura 3.2**, mas prevê-se o aparecimento de mais, devido ao grande investimento e ao aparecimento de várias *startups* em países como a Alemanha, a França e em toda a região Nórdica. Até 2020, a União Europeia tem cerca de 20 bilhões de dólares para investir em investigação nesta área e os Estados Membros anunciaram várias intenções em colaborar internacionalmente (Bughin et al., 2017).

Nos últimos anos, nas Ciências Sociais, em geral, tem-se observado uma tendência na literatura onde se começou a escrever sobre a desvalorização da localização geográfica. Porém, isto não se observa na realidade, muito pelo contrário. Para além das novas tecnologias terem trazido uma facilidade nas comunicações e terem contribuído de forma totalmente radical para a globalização, no que diz respeito aos mercados tecnológicos observamos uma clara concentração nos EUA. Na verdade, “dos 50 principais "unicórnios" mundiais de tecnologia - empresas fundadas após 2000 com uma avaliação superior a US \$1 bilhão – até ao momento, vinte e um são baseadas nos EUA. Destes, seis estão em Silicon Valley” (Barwise, 2018:44).

Os locais que dominam o investimento em IA são a China, com Beijing e Shenzhen (os principais *hubs* de desenvolvimento de I&D), os Estados Unidos da América, onde Silicon Valley e Nova York são os grandes centros de investimento na área. Na Europa é possível, apenas, detetar o *hub* de Londres e que é alimentado pela investigação desenvolvida nas Universidades.

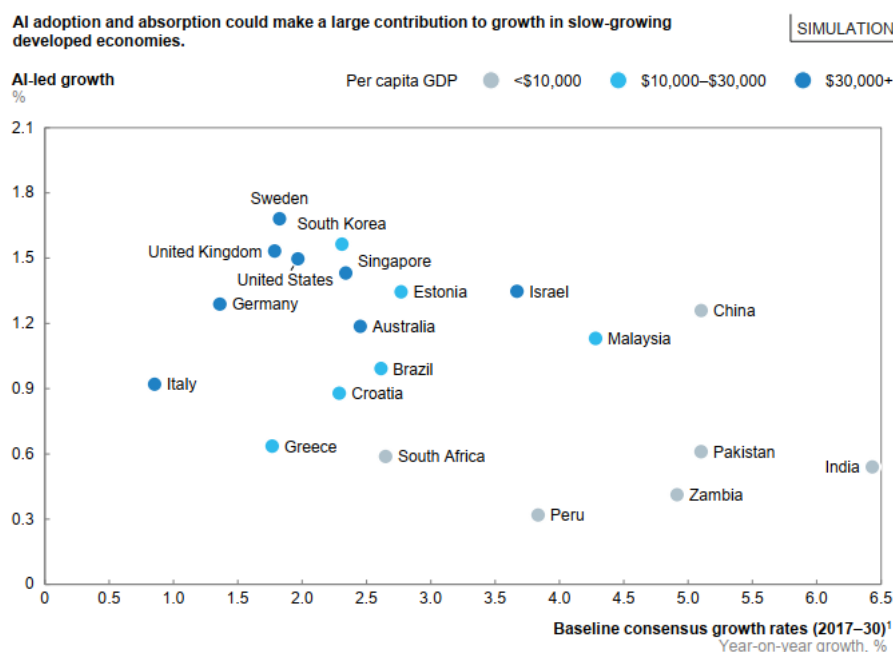
Figura 3.2 – Principais Hubs Tecnológicos nos EUA, China e Europa



Fonte: Brynjolfsson et al. (2017)

Figura 3.3 – Potencial de Crescimento das Economias com Adoção e Absorção de

IA



Fonte: Brynjolfsson et al. (2018)

3.2 Principais desafios

Para muitas empresas estes avanços por parte das “*Bigh Tech*” estão a fazer com que acelerem a sua jornada digital para garantir que, num futuro próximo, estarão em condições de utilizar tecnologias de Inteligência Artificial. No entanto, são precisas fundações digitais sólidas (Iansiti e Lakhani, 2017). Isto implica que as empresas construam um ecossistema de dados, mas não só, também são necessárias: a adoção das técnicas e ferramentas corretas e a integração destas tecnologias no ambiente de trabalho e na própria cultura. Não basta apenas ter dados disponíveis, até porque, 90% dos dados produzidos atualmente são “*flat data*”, ou seja, dados sem quaisquer significados. (Bughin et al., 2017).

Como em todas as tecnologias digitais é fundamental agir de forma rápida e ágil através de pequenos passos, mas que tem de ser executados de forma expedita e com o objetivo de manter o foco correto (Bughin et al., 2017). Outra característica muito importante das empresas ágeis é que a colaboração é realizada tanto dentro dos limites da

empresa, como fora, com redes de inovação muito extensas. Isto implica que as empresas tenham bem definido aquilo em que são excelentes e aquilo que outras empresas fazem melhor, para que as relações de colaboração sejam mais eficientes – “a ação coletiva será cada vez mais crucial para manter o equilíbrio na economia digital. À medida que os setores económicos se fundem em redes, e à medida que os poderosos *hubs* se continuam a formar, as partes interessadas precisarão de trabalhar em conjunto para garantir que os *hubs* cuidem dos interesses de todos os membros da rede.” (Iansiti e Lakhani, 2017:176).

O maior desafio que os gestores e governantes terão de enfrentar é definir qual é o lugar das pessoas dentro de uma organização e da própria economia, pois ao incorporar no ambiente de trabalho a IA muitos trabalhadores irão ter de trabalhar diretamente com Inteligência Artificial, enquanto, outros trabalhadores vão ver os seus trabalhos automatizados. Estes trabalhadores terão de ser recolocados noutros sectores da empresa ou até mesmo noutros sectores da economia (Brynjolfsson et al., 2014; Arthur, 2017).

Para conseguir rentabilizar ao máximo as potencialidades da Inteligência Artificial é necessária uma colaboração efetiva entre o homem e a máquina, mas isto requer um período de adaptação a este novo paradigma. Deste modo, urge desenvolver uma cultura organizacional preparada para enfrentar estes desafios (Bughin et al., 2017; Agrawal et al., 2018; Brynjolfsson et al., 2014).

Os governos têm um papel fulcral, tanto no apoio às empresas, como no apoio aos cidadãos, tendo como objetivo garantir que é retirado o máximo benefício de uma economia digital alimentada pela Inteligência Artificial. Quer isto dizer, que os governos vão ter de preparar os seus trabalhadores para mudanças súbitas das suas competências de forma a que estas possam estar adaptadas às exigências do novo mercado de trabalho.

Na perspetiva das empresas, os governos terão de facilitar e apoiar o investimento em tecnologias de Inteligência Artificial e promover a competição saudável no sentido de impedir o aumento do monopólio das “*Bigh Tech*” (Bughin et al., 2017; Brynjolfsson et al., 2014; Iansiti e Lakhani, 2018).

Capítulo 4. Enquadramento teórico: Da inovação tecnológica ao desenvolvimento económico e social.

A inovação e a mudança tecnológica não são propriamente um tema recente nas Ciências Sociais, principalmente, na área da economia. Desde Kuznets (1930) e Schumpeter (1942) que o pensamento económico se debruça sobre o facto de a mudança tecnológica ser o principal motor do crescimento das economias modernas.

Desde os anos 80, que esta corrente tem vindo a perder expressão na disciplina de Economia. Contudo, com as revoluções tecnológicas que se tem vindo a observar ao longo dos últimos anos, estas teorias tornam-se mais relevantes que nunca, e aos poucos começamos a observar que os economistas começam, novamente, a analisar os acontecimentos atuais com as lentes deixadas por estes economistas clássicos.

Geralmente, é possível dividir os estudos realizados neste âmbito em duas grandes abordagens. Em primeiro lugar, é possível identificar a perspetiva que remete para a forma como a mudança estrutural afeta os retornos das atividades de I&D. Em segundo lugar, há estudos que tendem a focar a mudança tecnológica na perspetiva das consequências da especialização de determinadas economias nacionais em mercados e indústrias “*Big Tech*” e dos gaps que estas dinâmicas originam.

É através das lentes desta segunda perspetiva que a dissertação assentará, tendo em conta que o objetivo principal é perceber as consequências socioeconómicas da implementação de tecnologias de Inteligência Artificial, mais precisamente, da *Machine Learning* nas economias ocidentais.

Neste capítulo, serão analisadas mais pormenorizadamente as teorias que se inserem no âmbito do processo de inovação, onde o comportamento inovador surge dentro de um estágio particular do ciclo de negócios e quando o crescimento económico atinge o pico, acabando-se por espalhar pelo sistema. Assim, o presente capítulo tem como finalidade servir de enquadramento teórico.

Os primeiros estudos realizados sobre os impactos económicos da IA, tendem a ser demasiado quantitativos omitindo erráticamente a análise teórica, o que também leva à fragilização das conclusões retiradas. Mas as principais críticas apontadas à produção académica a nível macroeconómico, é que estas têm-se limitado ao âmbito da substituição do capital humano por mecanismos de Inteligência Artificial, mas nunca ficaram bem

delimitadas as repercussões dessa substituição, faltando identificar os restantes impactos económicos ao nível macro.

As primeiras análises tendem a não ter em conta os custos de implementação destas novas tecnologias, nomeadamente, os custos socioeconómicos que a introdução de uma tecnologia disruptiva poderá originar (externalidades negativas) em determinados grupos económicos. As externalidades negativas podem ser suficientes para atrasar o desenvolvimento e a implementação da Inteligência Artificial, limitando o potencial e dando origem a crises sociais (Bughin et al., 2018).

Todas estas críticas demonstram a necessidade de se revisitarem as teorias económicas clássicas que se debruçam sobre estas temáticas.

4.1 Inovação tecnológica: Teorias Schumpetrianas e Neo-Schumpeterianas

A inovação tecnológica é o motor de desenvolvimento da economia e as consequências que advém destas mudanças tecnológicas há muito tempo que tem vindo a ser estudadas pelos economistas, que chegaram à conclusão que a economia emerge da tecnologia e esta vai alterar a sua estrutura.

Há muitas décadas, que os economistas se interessam em como a inovação tecnológica e a tecnologia interagem e influenciam a evolução das economias. Um dos principais economistas que se debruçou no âmbito deste tema foi Joseph Schumpeter. A teoria Schumpeteriana (1912) concluiu que a adoção das tecnologias é impulsionada pela concorrência e constituiu uma vantagem face aos competidores no mercado. Se a tecnologia for forte o suficiente, acaba por compensar a incerteza presente no mercado (Arthur, 2009). A conclusão a que Schumpeter (1912) chega, é que é possível observar uma mudança estrutural da economia sem a introdução de fatores externos. Contrariamente, ao pensamento académico da altura, segundo o qual se julgava que existia um equilíbrio estático da economia quando não se introduzia variáveis externas. Schumpeter (1912) notou que existe uma força na economia que faz com que a disrupção aconteça, nomeadamente, através da combinação de diferentes variáveis - “A economia cria continuamente o novo através das combinações do antigo e, ao fazê-lo, acaba por causar disrupção endógena” (Arthur, 2009:9).

Segundo este economista clássico, o tecido económico encontra-se em permanente transformação e uma das chaves para que tal aconteça no ciclo económico é a destruição criativa, ou seja, o desmantelamento de determinadas empresas que ao desaparecerem libertam determinados recursos (maquinaria, mão de obra, conhecimento etc.) para outras organizações (Verspagen, 2006 in: Fagerberg, 2006).

Deste modo, a inovação disruptiva popularizada no meio académico por Clayton Christensen (1997) é o processo onde “uma empresa menor com menos recursos é capaz de desafiar com êxito empresas estabelecidas” (Christensen, 1997:4). Estas empresas vão revolucionar o seu nicho através da melhoria contínua dos seus serviços e/ou produtos num segmento restrito, depois com o passar do tempo irão atingir todo o *mainstream* (Christensen, 1997).

Aquilo que está a acontecer com a Inteligência Artificial é que a disrupção observada não advém da extremidade inferior do mercado, como até agora os economistas clássicos têm vindo a observar. Ao invés, vem de outras indústrias completamente diferentes e de empresas já líderes noutros mercados, principalmente, devido às dinâmicas de “*winner take it all markets*”.

Num dado momento, existe um determinado paradigma tecnológico que domina os desenvolvimentos tecnológicos e económicos durante um longo período. Este paradigma tecnológico é iniciado por uma dada inovação radical que permitirá o seu desenvolvimento durante um determinado período. O sucesso deste quadro vai depender de um conjunto de inovações incrementais que permitem a adaptação do quadro tecnológico aos contextos locais, nomeadamente, às diversas indústrias, países e regiões (Verspagen et al., 2006 in: Fagerberg, 2006; Cautneel, 2006 in: Fagerberg, 2006).

É previsto que o crescimento económico aconteça uma vez resolvidos os desfasamentos entre a nova tecnologia e as anteriores estruturas económicas, sociais e as instituições. Observando-se tal processo em duplo sentido. A inovação adaptar-se-á às necessidades sociais e económicas e as estruturas económicas e sociais desenvolver-se-ão juntamente com as novas tecnologias. No entanto, este é um processo que demorará um período relativamente amplo até que se faça sentir tanto ao nível do crescimento económico como ao nível do emprego (Verspagen et al., 2006 in: Fagerberg, 2006).

As teorias Neo-Shumpeterianas, sublinham o papel das conjunturas históricas dos padrões de crescimento que são iniciados fora de um estágio de equilíbrio e centram-se

nos fundamentos dos processos de inovação onde as contingências e circunstâncias históricas têm um papel central. A mudança econômica é caracterizada pela impossibilidade de conhecimento e previsão do que está para acontecer, deste modo, a inovação decorre sempre em condições de incerteza (Verspagen et al., 2006 in: Fagerberg, 2006; Dosi et al., 2005 in: Neil e Swedberg, 2005).

Assim, os atores sociais operam sobre condições de racionalidade limitada, tendo em conta a incerteza associada aos processos de inovação. Nestas condições, as decisões dos atores econômicos são feitas com base nas regras, rotinas e na experiência acumulada. Estas formas de decisão não são fixas, alterando-se ao longo do tempo e sofrendo influências da performance econômica e de outros fatores contextuais (Verspagen et al., 2006 in: Fagerberg, 2006).

Embora estes processos decisórios dos atores sociais possibilitem o desenvolvimento da inovação em contextos turbulentos, complexos e marcados pela incerteza, eles não explicam quais são os mecanismos que permitem que as economias modernas sucessivamente apresentem melhorias tecnológicas que são constantemente apontadas como a origem do crescimento econômico (Verspagen et al., 2006 in: Fagerberg, 2006; Dosi et al., 2005 in: Neil e Swedberg, 2005).

4.2 Evolução tecnológica: Da Iª Revolução Industrial à IV Revolução Industrial

As novas tecnologias são sempre uma combinação de partes ou componentes de outras tecnologias, mas com propósitos diferentes. Através do pensamento sociológico é possível perceber que as tecnologias novas que vão aparecendo advêm das necessidades sociais e geralmente ocorrem fora do domínio em que usualmente são utilizadas. Por fim, também sabemos que, na sua maioria, são desenvolvidas em meios onde a incerteza e o risco são muito elevados e onde existe bastante partilha de conhecimento (existência de redes).

O que precisamos saber e compreender é a forma como estas tecnologias se vão integrando na economia e se tornam a base da subsistência das nossas economias, ao longo do tempo.

Logo no início do desenvolvimento de uma nova tecnologia podemos observar que esta entra na economia, pois nos primeiros processos da produção as suas versões iniciais começam a ser testadas no mercado— “Algumas vêm dos criadores da tecnologia, outras de grupos de *developers* que são atraídos para o novo campo, outros possivelmente de laboratórios ou pequenas empresas criadas para avançar na nova tecnologia.” (Arthur, 2009:40). Estas formas primitivas entram nos mercados, enquanto a tecnologia ainda se especializa em diferentes formatos que poderão vir a servir outros mercados e propósitos. Muitas vezes, especializa-se em vários ramos e vai penetrar em diferentes mercados ao mesmo tempo, levando a mesma solução para a resolução de diferentes problemas. Esta forma de operar não é diferente daquilo que Darwin, citado por Brian Arthur (2009), definiu na teoria da evolução das espécies, ou seja, a tecnologia desenvolve-se através da criação de melhores soluções para resolver determinados problemas e à medida que as tecnologias vão amadurecendo vão ficando cada vez mais complexas.

Quando estas novas tecnologias são introduzidas na economia, para além da economia se adaptar, esta também vai ao encontro da nova tecnologia, pois os processos e as indústrias já existentes são afetadas, mas de forma pouco uniforme e a ritmos diferentes. Seguindo esta linha, a economia começa a ganhar uma nova forma, onde as antigas formas começam a desvanecer-se dando lugar às novas, e assim a própria sociedade altera-se entrando num novo paradigma.

A tecnologia afeta, tanto direta como indiretamente, quase todas as áreas da sociedade, sendo um dos principais motores da mudança social. A tecnologia é a principal responsável pela melhoria da qualidade de vida pois permitiu a revolução dos transportes, a revolução das tecnologias de comunicação e informação, aumentou a esperança média de vida, entre outras situações. Porém, o desenvolvimento tecnológico também pode trazer várias consequências negativas, tais como: a divisão social do trabalho fica comprometida, problemas ambientais, os vários tipos de alienação a que o homem fica sujeito, desumanização do trabalho, entre outras (Rapp, 1989).

Estas mudanças sociais não são imediatas. Na verdade, todas elas levam o seu tempo, várias décadas podem passar desde o momento inicial (que se caracteriza pelo aparecimento da nova tecnologia) até ao momento em que esta já se encontra totalmente enraizada na economia e na sociedade. Apesar de tudo, só podemos considerar que chegamos ao ponto da revolução quando as atividades estão já organizadas em torno da

tecnologia e quando estas já estão adaptadas às necessidades económicas e sociais (Rapp, 1989).

Quando uma nova tecnologia é introduzida na economia passa por seis passos que não são sequenciais, mas que na maior parte das vezes acontecem em paralelo. Assim sendo, o primeiro passo identificado é a entrada da nova tecnologia tornando-se um novo módulo. De seguida, a nova tecnologia substitui a tecnologia já existente e componentes de outras. O terceiro passo é quando são antecipadas necessidades e oportunidades em nichos. O quarto passo verifica-se quando observamos que a tecnologia anterior desapareceu completamente do coletivo e as suas necessidades também desaparecem e com ela os nichos que forneciam. No quinto passo, observamos que esta nova tecnologia começa a ser considerada como componente para tecnologias futuras. Por fim, e quando atingimos o sexto passo, a economia vai se reajustar, ou seja, preços e custos vão alterar-se (Arthur, 2014; Rapp, 1989).

Muitas vezes, assim que uma tecnologia fica disponível novas formas de integração desta em outras tecnologias mais recentes surgem (aqui podemos deparar-nos com o passo um e cinco a acontecer ao mesmo tempo), mas também assim que uma nova tecnologia emerge, as oportunidades aparecem ao mesmo tempo (primeiro passo e terceiro a acontecer ao mesmo tempo). Cada vez que um destes eventos toma lugar despoletam uma infinidade de outros eventos. Assim sendo, a difusão da tecnologia pela economia demora o seu tempo e a economia a ajustar-se a uma nova tecnologia pode levar vários anos (Arthur, 2014; Rapp, 1989).

Como podemos observar no **Capítulo II** no caso da Inteligência Artificial, a primeira tecnologia foi desenvolvida nos anos 50 do século e passados mais de dez anos é que se observaram as primeiras formas comerciais com os programas Mycin e DENDRAL. Mas apenas nos últimos cinco anos é que começamos a observar mudanças substanciais e significativas nas indústrias e na economia levando surgimento dos primeiros problemas socioeconómicos oriundos da utilização de tecnologias de IA.

Uma nova tecnologia vai exigir novas indústrias, novas formas de organização do trabalho, poderá originar novos problemas sociais e técnicos e irá originar nichos de oportunidade. Deste modo, a economia é uma expressão das suas tecnologias.

É possível observar que existe uma causalidade circular onde a tecnologia cria a estrutura da economia e esta vai condicionar o desenvolvimento da tecnologia. Todo o

progresso económico e social é uma consequência direta ou indireta do desenvolvimento tecnológico (Rapp, 1989).

O aparecimento de novas tecnologias não gera apenas disrupção através da combinação ou através da melhoria dos métodos já utilizados. As adaptações tecnológicas e os novos problemas que originam, criam nichos de oportunidade que vão originar novas combinações que por sua vez introduzem ainda mais tecnologias e outros problemas na economia. Atendendo a toda esta dinâmica, podemos concluir que na economia existe um processo contínuo de mudança, autocriação e o resultado deste cenário não é apenas a destruição criativa que Schumpeter (1912) nos apresentou há mais de 100 anos. Na verdade, aquilo que observamos atualmente é um turbilhão de mudanças constantes e simultâneas que influenciam, interagem e favorecem o aparecimento de outras mudanças.

As primeiras Revoluções Industriais nos séculos XVIII e XIX ocorreram num período caracterizado por diversas mudanças tecnológicas que aumentaram a produtividade dos trabalhadores com competências mais baixas e levou à diminuição da produtividade relativa dos trabalhadores com competências mais valiosas. Neste período, observaram-se inovações em áreas desde a indústria até a agricultura passando pelos transportes, revolucionando as sociedades e a economia, alavancando um crescimento económico exponencial.

A Iª Revolução Industrial marcou principalmente a indústria têxtil na Grã-Bretanha, mas espalhou-se pelo resto da Europa e para os Estados Unidos da América. Antes da revolução o trabalho de tecelagem era realizado em pequenas oficinas para consumo doméstico onde os artesãos executavam todo o processo produtivo. Quando as inovações tecnológicas foram introduzidas o processo produtivo tornou-se muito mais eficiente (Oliveira, 2017; Tirole e Rendall, 2017).

Já a IIª Revolução Industrial ficou marcada pelo desenvolvimento da máquina a vapor, utilização de combustível, da eletricidade e o desenvolvimento das telecomunicações que influenciou tanto os transportes como as comunicações, revolucionando a forma com que se comunicava, produzia e transportava os bens, nomeadamente, através do desenvolvimento do carro, do telefone e principalmente do comboio. Os desenvolvimentos das tecnologias baseadas na eletricidade estão na origem da primeira vaga de globalização e na fundação do mundo moderno que conhecemos hoje.

Estas primeiras vagas de inovação tecnológica vieram aumentar a produtividade dos trabalhadores com menores competências (Oliveira, 2017; Tirole e Rendall, 2017)

No decorrer destas primeiras Revoluções, vários movimentos foram criados com o objetivo de se oporem à introdução das novas tecnologias, muitos artesãos viram o seu trabalho ameaçado pela produção em massa e vários movimentos nasceram. Um dos mais famosos movimentos foram os *Luddites* que eram um grupo de trabalhadores do Reino Unido que atacaram as fábricas destruindo as maquinarias em forma de protesto (Frey e Closures, 2013; Oliveira, 2017; Tirole e Rendall, 2017).

No final do século XX, a terceira Revolução Industrial deu-se com o desenvolvimento dos computadores e o aparecimento da internet que possibilitou o aumento da produtividade de trabalhadores mais qualificados que desenvolviam tarefas abstratas, envolvendo criatividade e a solução de problemas, no entanto, “ocupações intensivas de rotina, focadas em tarefas previsíveis e fáceis de programar - como telefonistas, rececionistas, agentes de viagens e trabalhadores de linha de montagem - têm sido particularmente vulneráveis à substituição por novas tecnologias” (Arthur, 2017:35).

Há mais de 20 anos, com a Revolução Digital, começamos a observar as primeiras mudanças nas economias devido à introdução de novas tecnologias de comunicação e informação que alteraram as características da economia. A primeira alteração ocorreu nos anos 70-80 do século passado com a introdução dos circuitos integrados que levaram ao aumento da capacidade dos computadores e pela primeira vez a economia obteve assistência computacional. Posteriormente, já no início do século XXI com a internet a tornar-se uma identidade comercial permitiu que as pessoas se conectassem internacionalmente o que levou ao surgimento de uma economia virtual, onde as ações que só podiam ser executadas fisicamente passaram a ser executadas de forma digital, influenciando inevitavelmente a globalização. O desenvolvimento e a implementação destas tecnologias causaram um grande impacto em toda a estrutura económica, “essas ferramentas tecnológicas reduziram custos, aumentaram a produtividade, aumentaram a produção, estimularam mais inovações e deram origem a novos setores significativos na economia global que, por sua vez, afetaram a alocação de mão de obra na economia moderna” (Chen et al., 2017:11).

Como podemos constatar, cada vez que a economia evolui torna-se mais complexa e cada revolução é construída com base nos desenvolvimentos da anterior. A IV^a

Revolução Industrial está a ser construída sob a Revolução Digital, o que significa que os países que não tiraram proveito na Revolução Digital vão naturalmente ficar para trás na IV Revolução Industrial.

Em termos económicos, estamos num ponto onde a economia produz o suficiente para todos, os economistas começam a equacionar nos seus estudos que estamos a alcançar “*Keynes Point*” (Frey e Closures, 2013; Tirole e Rendall, 2017). No que se refere à transferência de trabalhos, esta tem ocorrido de forma distinta, a maior parte das pessoas que perderam os seus trabalhos não foram recolocadas noutros sectores da economia e os que conseguiram foram recolocadas em empregos pouco remunerados ou em “*part time*”. Durante os últimos 200 a 300 anos os empregos foram e ainda são a principal forma de acesso aos bens, mas até à Iª Revolução Industrial com a introdução da produção em massa a dinâmica era bem diferente. Agora estamos novamente a entrar numa era onde é necessário começar a equacionar a distribuição daquilo que está a ser produzido – “voltando à questão da desigualdade, a pergunta certa não é se ainda haverá trabalho. A verdadeira questão é se haverá empregos suficientes que pagam salários decentes” (Tirole e Rendall, 2017:426).

Esta nova era irá implicar várias mudanças a vários níveis. Ao nível económico, até agora, a medida padrão para medir o crescimento económico é o PIB, que de acordo com a OCDE é “uma medida agregada de produção igual à soma dos valores agregados brutos de todas as unidades residentes e institucionais envolvidas na produção (mais impostos e deduções de subsídios sobre produtos não incluídos no valor dos seus outputs)”⁹. Esta métrica avalia bem o comportamento de uma economia física, ou seja, onde são produzidos bens, porém não consegue avaliar o comportamento de uma economia virtual. Medir o sucesso através do PIB de uma economia onde grande parte dos serviços são virtuais com custos muito inferiores àqueles que eram quando os serviços eram físicos, leva a que se observe um decréscimo do PIB e uma má avaliação da performance das economias (Mokyr, 2014).

Nas anteriores Revoluções Industriais o objetivo era produzir a maior quantidade de bens a preços mais reduzidos, porém nesta Revolução o problema que se coloca é com

⁹ A definição do PIB foi retirada do website da OCDE: <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=1163> (acedido em: 05.03.2019)

a distribuição dos bens que já são produzidos, tornando-se totalmente um problema político (Arthur, 2017; Tirole e Rendall, 2017; Brynjolfsson et al., 2014).

Deste modo, a relação entre o capital e o trabalho vai passar a ser concebida de outra forma, pois na era industrial o capital era sinónimo de maquinaria e bens tangíveis onde o objetivo seria maximizar a produção que, de certa forma, era dependente da força de trabalho que operava nessa maquinaria. Na equação Marxista (1932), tanto o capital como o trabalho encontram-se numa luta constante para garantir que a outra parte não tenha o poder de ditar os termos do relacionamento e a distribuição dos lucros gerados. O equilíbrio era encontrado porque era necessário a presença de ambos para ultrapassar as incertezas caracterizadas pelas mudanças tecnológicas (Marx, 1932; in: Cruz, 1989).

Uma das principais ideias do pensamento de Marx (1932) era que o aparecimento de forças produtivas novas vai implicar uma alteração tanto nos modos de produção como nas relações sociais (Marx, 1932; in: Cruz, 1989).

Segundo Marx (1932), a evolução tecnológica vai impactar na forma como os bens são produzidos e conseqüentemente na divisão do trabalho e nas relações sociais. À medida que as tecnologias vão evoluindo, a mais-valia, tanto a absoluta (prolongamento das horas de trabalho) como a relativa (desvalorização da força de trabalho) vão também ser afetadas, pois os capitalistas tendem a substituir a mão-de-obra por tecnologia com o objetivo de criar a mais-valia relativa. Na luta entre o capital e o trabalho que Marx (1932) descreve, esta substituição vai dar mais força ao capitalista na luta pelo poder. Deste modo, no processo produtivo a tecnologia é sempre representada juntamente ao capital, mesmo quando as tecnologias fazem precisamente o mesmo que os trabalhadores. Na verdade, o que está por detrás do desenvolvimento contínuo do capitalismo é a substituição da mão-de-obra pela tecnologia (Marx, 1932; in: Cruz, 1989).

Nesta nova era grande parte do capital está informatizado. Cada vez mais o valor acrescido se encontra nos *softwares* que estão a operar e as cadeias de produção altamente complexas são de capital intangível. Esta questão torna-se ainda mais relevante se introduzirmos à discussão a IA, mais precisamente os algoritmos de ML que apreendem com dados que foram gerados por indivíduos enquanto executavam as tarefas que passaram a ser desempenhadas por estes algoritmos que são propriedade das empresas, da mesma forma que a maquinaria é na equação Marxista. Mas agora, com a

particularidade de que os trabalhadores afetados não são apenas os com competências menos valorizadas pelo mercado, mas sim trabalhadores altamente qualificados.

À medida que a IA se desenvolve, vai penetrando cada vez mais na economia e vai substituindo os trabalhadores qualificados, levando a que o capital ganhe ainda mais terreno na luta do poder, reivindicando parte dos lucros que o trabalho origina e que anteriormente seriam para os trabalhadores qualificados (Brynjolfsson et al., 2014).

Mesmo aqueles trabalhadores cujo trabalho ainda não foi totalmente substituído por mecanismos de Inteligência Artificial, têm registado problemas em reivindicar os lucros resultantes do seu desempenho. Estas novas dinâmicas estão a gerar consequências ao nível socioeconómico, nos modos de produção e na estrutura social, pois o trabalho ainda é a única fonte de riqueza civilizacional. Apenas o trabalho é gerador de valor e lucro, levando à criação de bens e serviços que vão ser introduzidos no mercado.

De acordo com o descrito no **Capítulo I** o poder adquirido através da utilização da Inteligência Artificial por parte do **Facebook, Amazon, Google, Microsoft ou Apple** está a levar à concentração do capital nas mãos de apenas algumas empresas, caminhando para um monopólio digital, o problema não se coloca simplesmente no âmbito do capital estar a ganhar terreno sob os trabalhadores, mas que este capital está a ficar concentrado apenas em determinadas entidades.

4.3 Teorias Económicas Clássicas: Relevantes ou Desadequadas?

O “*hype cycle*” de uma tecnologia, é o período em que os economistas tendem a sobreavaliar as transformações que estão a acontecer na economia e na sociedade a curto prazo, desvalorizando-se esse efeito a longo prazo. Para os economistas Agrawal, Gans e Goldfarb (2018), a força disruptiva da Inteligência Artificial deve ser analisada sob os paradigmas económicos clássicos. Segundo estes especialistas, do ponto de vista económico, deveremos olhar para a inteligência artificial como olhamos para qualquer tecnologia, nomeadamente, na forma como se reduz o custo.

Para estes três economistas, a mudança económica trazida pela Inteligência Artificial concentra-se no decréscimo do custo da previsão. Ou seja, os mecanismos de Inteligência Artificial são capazes de fazer previsões que antes eram restritas ao domínio humano. Com isso, algumas tecnologias e *skills* perdem valor. Por outro lado,

capacidades e ferramentas, que complementam a IA passam a ser mais necessários e valorizados.

Ao longo deste Capítulo podemos revisitamos alguns economistas clássicos, como seja Marx (1932), observando como foi possível concluir que a problemática desenvolvida por este não se encontra desadequada para analisarmos a questão dos impactos socioeconómicos da IA. Na verdade, as estatísticas apresentadas de seguida vão de encontro com a teoria de Marx (1932), validando a atualidade e a necessidade de continuarmos a olhar para determinadas teorias clássicas como ponto de partida.

Contudo, segundo Hurwitz e Tshilidzi (2017) algumas teorias económicas clássicas precisam de ser atualizadas segundo os novos desenvolvimentos da IA porque nas teorias clássicas o agente principal é o homem, “a economia foi feita pelo homem e para o homem” (Hurwitz e Tshilidzi, 2017:13). Atualmente as máquinas fazem parte do processo de decisão juntamente com o homem e estão a tornar-se cada vez mais inteligentes devido aos mecanismos de IA. E esta problemática é agravada quando equacionamos a perda de postos de trabalho qualificados para os mecanismos de IA. Esta interação entre o homem e a máquina origina várias alterações em alguns conceitos chave das teorias económicas, obrigando a que “um novo sistema económico que considera o surgimento de um sistema homem-máquina precisa de ser desenvolvido” (Hurwitz e Tshilidzi, 2017:177).

A IV Revolução Industrial, alimentada pela Inteligência Artificial levanta várias questões abrangentes sobre o futuro das teorias económicas clássicas que sobreviveram até à Revolução Digital. Ao analisar algumas das dinâmicas recentes da IA à luz das teorias clássicas, como a problemática do trabalho, desigualdade na distribuição dos rendimentos e dinâmicas de mercado, é possível observar que alguns conceitos necessitam de ser revisitados.

Uma das principais questões que iremos desenvolver no próximo Capítulo, é que a disrupção observada não advém da extremidade inferior do mercado através das *startups*, como até agora os economistas clássicos têm vindo a observar. Ao invés, vem de outras indústrias completamente diferentes e de empresas já líderes em outros mercados, noutras indústrias e sectores, principalmente, devido às dinâmicas de “*winner take it all*”.

Por vezes não se trata apenas de aprimorar alguns dos conceitos e teorias económicas clássicas, em problemáticas mais específicas, sendo também necessário recuperar conceitos que foram descartados ao longo dos tempos porque a conjuntura económica e social assim o permitiu. Tais conceitos devem hoje ser integrados na problematização dos conceitos fundamentais, como é o caso das questões relacionadas com o Rendimento Básico.

Capítulo 5. Economia e sociedade: Impactos da revolução industrial do século.

Voltemos agora ao problema de partida deste estudo, para a construção de um corpo de hipóteses:

(i) Quais são as implicações socioeconómicas (macroeconómicas e microeconómicas) das inovações tecnológicas da Inteligência Artificial, mais especificamente, da subárea da *Machine Learning*?

(ii) Qual é o potencial disruptivo da *Machine Learning* e quais serão os seus efeitos a curto e longo prazo no panorama económico mundial?

Tendo em conta a natureza da investigação, as hipóteses formuladas são exploratórias, e não têm como objetivo encontrar conclusões estatísticas. Devem apenas ser encaradas como um ponto de partida para futuras investigações mais aprofundadas e delimitadas.

O presente estudo visa permitir o aprofundamento da investigação nestas áreas e o surgimento de questões mais específicas e delimitadas consoante os gaps detetados nas produções académicas já desenvolvidas. Deste modo, passaremos a avaliar quais são as teorias ou conceitos existentes que podem ser aplicados às duas hipóteses apresentadas, inquirindo-nos se novas teorias e conceitos deverão ser desenvolvidos no sentido de dar continuidade às hipóteses desenhadas.

Dos principais impactos da Inteligência Artificial nas economias existem dois que se destacam:

- 1) A substituição do capital humano por mecanismos de Inteligência Artificial;
- 2) Crescente fosso entre as empresas que se encontram a investir em Inteligência Artificial e as restantes;

Perante este problema de partida e tendo em conta a problemática anteriormente analisada, levantávamos as seguintes hipóteses:

Hipótese 1: A substituição dos trabalhadores pelos mecanismos de IA irá aumentar a vantagem do capital na luta pelo poder. Com isto passamos de uma lógica de produtividade para uma lógica de distribuição - de uma era tecnológica para uma era política.

Hipótese 2: O capital está a acumular-se nas mãos de uma elite tecnológica que está a criar um fosso entre estas empresas líderes e as restantes. Então a utilização e o desenvolvimento de mecanismos de IA está a levar ao domínio da lógica “*winner take it all*” promovida pelas economias de escalas.

Os governos e a políticas públicas tem efetivamente apoiado a introdução de IA no tecido empresarial de forma que o avanço tecnológico dos seus países acelere, até mesmo na Europa. No âmbito da estratégia de adoção de Inteligência Artificial, em Abril de 2018, a Comissão Europeia apresentou um plano¹⁰ elaborado juntamente com os Estados-Membros para promover o desenvolvimento e a utilização da IA em toda a Europa, Noruega e Suíça.

Um dos principais domínios abordados no plano passa por aumentar o investimento através de parcerias, atualmente os níveis de investimento na Europa são extremamente baixos comparativamente como os EUA e China. Para combater esta lacuna, o plano prevê um investimento de 20 mil milhões de euros, tanto para o sector público como para o privado, para serem aplicados em I&D até ao final de 2020. Também está previsto um investimento de 20 mil milhões de euros anuais até ao final da década seguinte.

A estratégia de investimento da Comissão Europeia está integrada em estratégias de nacionais de promoção de IA. Foi decidido que até 2019, todos os Estados Membros deveriam ter desenvolvido as suas próprias estratégias, tanto ao nível de investimento como de execução. Também é proposto uma nova parceria de I&D para promover a colaboração entre a indústria e a academia, incentivando a criação de uma agenda de investigação conjunta. Ainda no âmbito do aumento de investimento, espera-se interligação dos Centros de Investigação Europeus de renome na área da IA.

Outro domínio enfatizado no referido plano, é a criação de espaços comuns de dados europeus (sólidos e seguros) onde exista uma partilha entre os vários países em conformidade com o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados. Até ao final de 2019 a Comissão Europeia planeava lançar um centro de apoio e partilha de dados.

¹⁰ Os objetivos do Plano sobre os investimentos da Comissão Europeia no âmbito da Inteligência Artificial foram retirados do *website* da Comissão Europeia - https://ec.europa.eu/portugal/news/boost-artificial-intelligence-made-europe_pt (acedido em 01-12-2019)

A fomentação de talentos e competências, segundo aquele plano, é um domínio essencial para o desenvolvimento e aplicação da IA na Europa visto existir uma grande escassez de especialistas e os programas de Ensino Superior neste domínio. Deste modo, a Comissão Europeia pretende apoiar programas de estudos avançados ligados com a IA através da atribuição de bolsas de estudo.

Por fim, a IA levanta bastantes questões éticas relacionadas com a tomada de decisões que deverão vir a ser imparciais. Para que seja possível construir a confiança nas sociedades, o plano procura desenvolver a IA de forma a respeitar os direitos e normas de forma ética.

A Comissão Europeia¹¹ incentiva os Estados-Membros a modernizar os sistemas de educação e a apoiar a transição no mercado de trabalho, através do apoio de parcerias entre as empresas e a academia para atrair, formar e manter na Europa talentos na área da IA. Nesse contexto, um dos principais incentivos é criação de programas de formação financiados pelo Fundo Social Europeu. O próximo quadro financeiro para o período 2021-2027 tem como principal eixo o apoio à formação em competências digitais avançadas, com conhecimentos específicos na área da IA.

A ambição deste plano é tornar a Europa a líder mundial no desenvolvimento e utilização de mecanismos de IA que sejam éticos e seguros e atuem de forma coordenada. Contudo, o mais importante no âmbito das políticas públicas ainda não está a ser desenvolvido, que é a reorganização do trabalho e dos serviços tendo como resultado de uma nova forma de remuneração sem impostos. Urge também o desenvolvimento de políticas públicas nacionais eficientes e efetivas para combater o gap entre a Europa e os EUA e a China no que diz respeito ao investimento e desenvolvimento de mecanismos de IA.

Aguarda-se que a ocasião aguce o engenho e a emergência incentive o aparecimento de mais políticas públicas por parte das múltiplas esferas de poder.

¹¹ A informação sobre os investimentos da Comissão Europeia no âmbito da Inteligência Artificial foram retirados do *website* da Comissão Europeia - https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/IP_18_3362 (acedido em 01-12-2019)

5.1 A luta entre o Capital e o Trabalho no Século XIX

5.1.1 Evolução das desigualdades mundiais

Os desenvolvimentos tecnológicos recentes que temos vindo a discutir ao longo desta dissertação têm vindo a penetrar em quase todas as indústrias, como pudemos constatar no **Capítulo 3**. Tal facto está a proporcionar a criação mais rápida de riqueza e sem necessidade de tanta mão-de-obra humana. Estas alterações no nosso sistema económico estão a fazer surgir várias questões relacionadas com a produção de riqueza e a distribuição do rendimento. Os avanços tecnológicos digitais, estão a levar ao reajustamento da relação entre a riqueza e o rendimento – “isto cria riqueza para a sociedade e para os inovadores, mas diminui a procura por tipos de trabalhadores anteriormente importantes, o que pode deixar muitas pessoas com salários reduzidos” (Brynjolfsson et al., 2014:74).

Nos últimos anos os vencimentos dos trabalhadores da classe média deixaram de acompanhar o nível de crescimento da produtividade. Durante cerca de duzentos anos, os vencimentos acompanharam o crescimento da produtividade levando à construção da ideia de que a tecnologia não é uma ameaça, mas sim algo positivo para os trabalhadores, no entanto, os modelos económicos mais complexos demonstram que a tecnologia não afeta todos os participantes de igual forma, criando situações de concentração de enviesamento. Uma das principais desigualdades observadas, ocorre ao nível do rendimento nacional, onde os detentores do capital e os trabalhadores se encontram cada vez mais distantes – “apesar das mudanças tecnológicas na produção, a parcela do PIB total destinada ao trabalho tem sido surpreendentemente estável, pelo menos até recentemente” (Brynjolfsson et al., 2014:82).

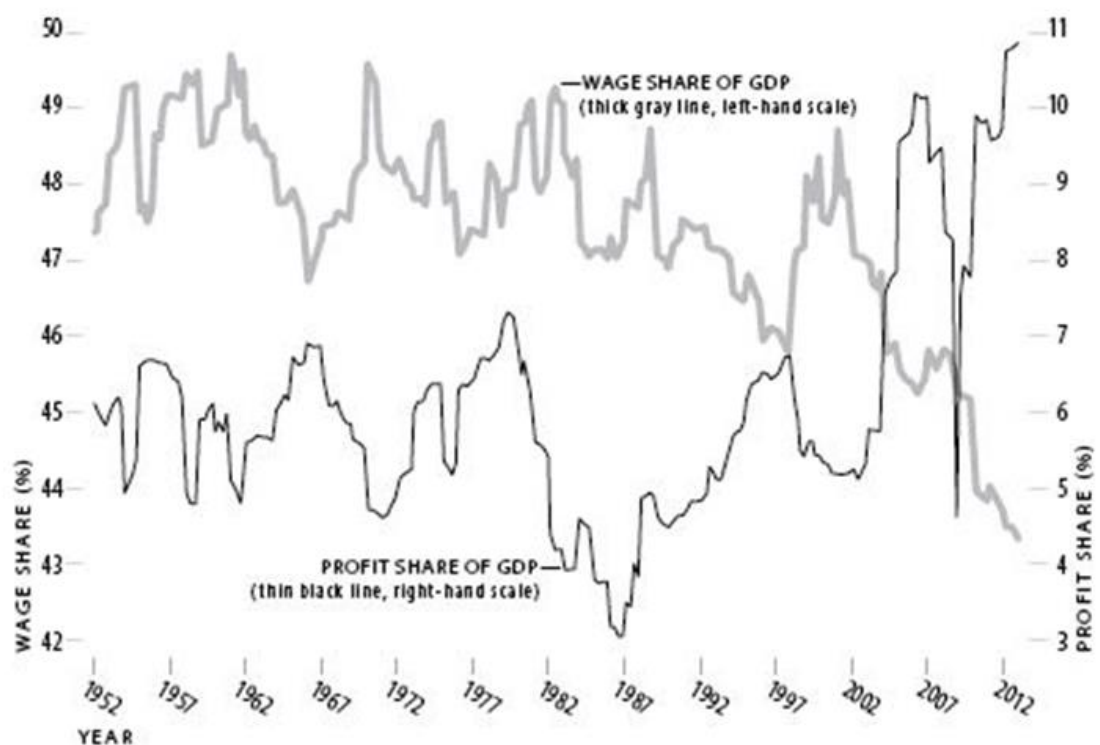
Como foi possível analisar no capítulo anterior, na maioria das economias a substituição do trabalho por mecanismos tecnológicos é bastante vulgar. Há vários séculos que isso se sucede e vários economistas clássicos, como é o caso de Karl Marx ou David Ricardo, no século XIX, fizeram a previsão que os avanços tecnológicos irão levar a que os trabalhadores só sobrevivam através de um salário de subsistência (Frey e Closures, 2013).

Na **Figura 5.1** podemos observar que até à última década a divisão entre o capital e o trabalho tem vindo a registar várias oscilações regulares do GDP, acompanhadas por

oscilações mais irregulares na variável salários. Entre 1997 e 2002 podemos observar que a participação dos salários decresce sistematicamente. A partir de 2002, surge uma inversão das tendências, sendo que a participação do GDP, tornando-se visivelmente irregular e quase imprevisível (com um decréscimo abrupto em 2008, logo revertido).

Desde 2002, que se começou a registar uma queda do “*labor share*”. Enquanto os detentores do capital conseguiram captar a maioria dos lucros, atingindo índices históricos em 2012. O quadro confirma o paragrafo anterior e sugere que o alargamento desta discrepância coloca-nos estamos perante um estado da economia em que o capital humano pode ser facilmente descartável e substituído por mecanismos tecnológicos, muito mais baratos e possibilitando taxas de lucro muito superiores.

Figura 5.1 – Participação dos Salários no PIB e Participação nos Lucros Corporativos do PIB



Fonte: Brynjolfsson et al. (2014)

Desde o início dos anos 80 do século passado que o decréscimo da participação do trabalho no processo produtivo se encontra em declínio, uma tendência que pode ser observada em várias indústrias na maioria dos países desenvolvidos e justificada por três causas distintas: i) em grande parte pelo facto que existem menos pessoas a trabalhar, ii) porque a remuneração é muito inferior ao registado anteriormente, e ainda iii) devido ao surgimento constante de inovações tecnológicas.

Thomas Piketty (2014) observou que nas últimas décadas em todo o mundo o rendimento nacional tem vindo a decrescer enquanto o capital tem vindo a crescer, esta correlação negativa entre o trabalho e o capital agrava o aumento da desigualdade.

Nos anos 80 do século passado, entre 70% e 80% da produção mundial de bens e serviços estava concentrada entre a Europa e os Estados Unidos da América, quotas estas conseguidas durante as primeiras Revoluções Industriais que permitiram que os outputs produzidos pelas duas regiões fossem três vezes superiores à sua população. Em 2010 a quota dos EUA e da Europa desceu para 50% e as previsões apontam que este valor continue a descer até aos 20% (Piketty, 2014), num futuro próximo. Observando com mais pormenor a **Tabela 5.2**, conseguimos chegar à conclusão de que cada um dos blocos continentais, onde a Europa alcançou o máximo do seu peso económico antes da I Guerra Mundial contribuindo com 50%, tem vindo a diminuir desde então.

Robert Gordon (2016), chegou à conclusão que o crescimento *per capita* nos países mais desenvolvidos irá desacelerar, por exemplo, os EUA poderão vir a decrescer 0.5% ao ano entre 2050 e 2100. A análise feita por Gordon (2016) baseia-se na comparação de sucessivas vagas de inovação, desde a invenção do motor a vapor e a eletricidade até à revolução das tecnologias de informação e comunicação. A história tem-nos mostrado que é praticamente impossível um crescimento de 1.5% por ano em países desenvolvidos. Se nos debruçarmos sobre os dados das últimas décadas, é possível observar na **Tabela 5.1**, que nenhum continente desenvolvido nas últimas décadas registou grandes taxas de crescimento. Esta tabela mostra as taxas de crescimento económico a partir do século XVIII para cada continente. Ao analisarmos os dados contidos na tabela é possível notar que o ritmo de crescimento na Europa entre 1820-1913 foi em média 1%, mas nos últimos 100 anos da análise (1913-2012) cresceu 1.9%. Já nos Estados Unidos da América o crescimento médio nos mesmos períodos é de 1.5%.

Os crescimentos superiores observados não chegam a 4% e foram registados em plena Revolução Digital com o desenvolvimento dos computadores, telemóveis, o aparecimento e desenvolvimento da *World Wide Web* e, conseqüentemente, de todos os serviços desde o e-commerce, *email*, motores de busca, redes sociais entre outros que vieram revolucionar toda a economia (Furman et al., 2016). É, pois, uma ilusão acreditar em taxas de crescimento de 3% a 4% para a Europa ou Estados Unidos da América – “para os países na fronteira tecnológica mundial - e, portanto, finalmente para todo o planeta - há razões para acreditar que a taxa de crescimento não ultrapassará de 1 a 1,5% no longo prazo, independentemente das políticas económicas adotadas.” (Piketty, 2014:398).

Tabela 5.1 – Crescimento Mundial do PIB *per capita*

Years	Per capita world output (%)				
	Europe (%)	America (%)	Africa (%)	Asia (%)	
0-1700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1700-2012	0.8	1.1	0.5	0.7	
1700-1810	0.1	0.4	0.0	0.0	
1810-1913	0.9	1.5	0.4	0.2	
1913-2012	1.6	1.5	1.1	2.0	
1913-1950	0.9	1.4	0.9	0.2	
1950-1970	2.8	1.9	2.1	3.5	
1970-1990	1.3	1.6	0.3	2.1	
1990-2012	2.1	1.5	1.4	3.8	
1950-1980	2.5	2.0	1.8	3.2	
1980-2012	1.7	1.3	0.8	3.1	

Fonte: Thomas Piketty (2014)

Em 2012 a população mundial era aproximadamente 7 bilhões de pessoas (em Maio de 2018 já alcançava os 7.6 bilhões de pessoas) e o output global é próximo dos 70 trilhões de euros o que significa que o output global *per capita* é de 10 000 euros – “se a produção global e o rendimento fossem divididos igualmente, cada indivíduo no mundo teria um rendimento de cerca de 760 euros por mês.” (Piketty, 2014:49).

Porém, é notória uma grande desigualdade entre as diferentes regiões, países e continentes, é o caso da África Subsaariana e da Índia, onde o rendimento per capita ronda os 150-250 euros, enquanto na Europa Ocidental, América do Norte e Japão, em média, o rendimento per capita varia entre os 2 500 euros e os 3 000 euros. A China encontra-se ligeiramente mais abaixo registando valores que variam entre os 600 euros e os 800 euros.

Em 1700 o rendimento global *per capita* mensal rondava os 70 euros – basicamente o mesmo que os países da África Subsaariana em 2012, como é possível observar na **Tabela 5.2**. A distribuição global dos outputs em 2012 demonstra que existe um grande fosso, tanto entre os continentes, como dentro dos próprios continentes. É possível observar que dentro da Europa, existem bastantes desigualdades, tais como no caso da Ucrânia e Rússia e a União Europeia, mas o maior fosso existente situa-se na Ásia, entre a China e Índia e o Japão, onde o rendimento mensal varia entre 2 250 dólares no Japão e 580 na China. Por último, é no Continente Africano onde se observa o valor médio mais baixo, onde o rendimento mensal ronda os 200 euros.

Tabela 5.2 – Distribuição do PIB Mundial em 2012

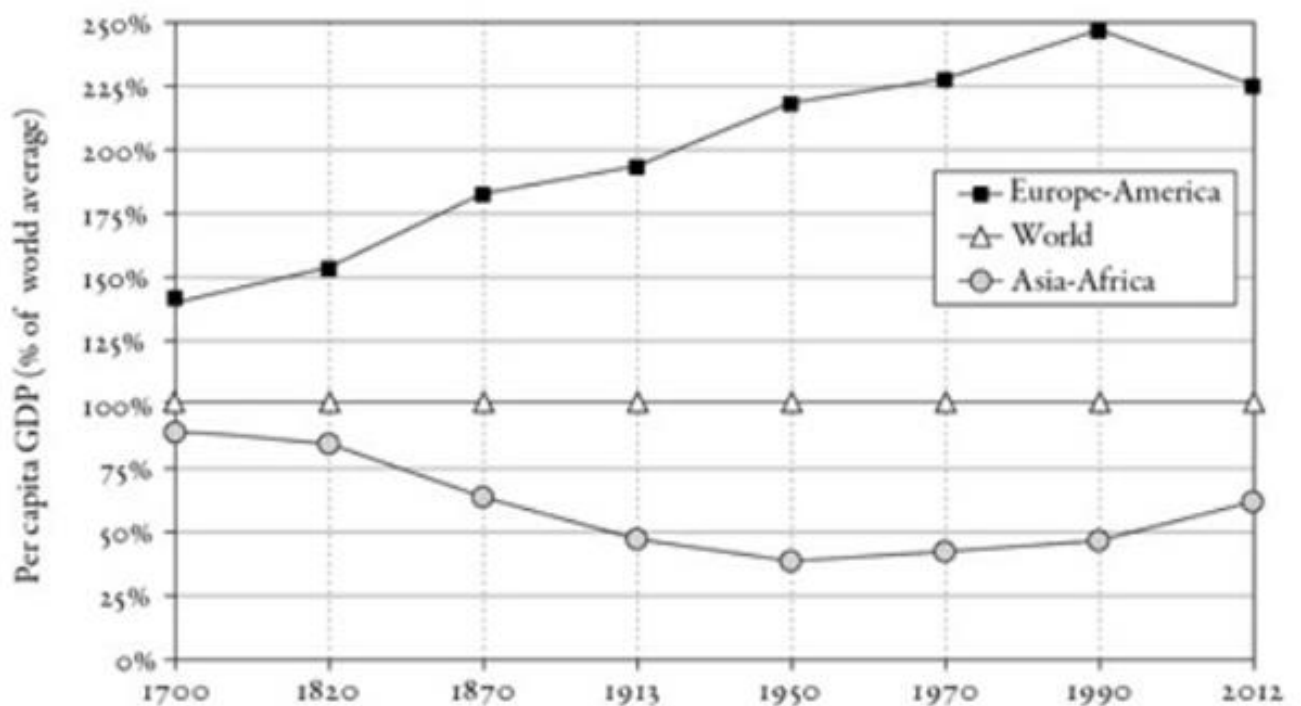
Region	Population (million inhabitants)	GDP (billion euros 2012)	Per capita GDP (euros 2012)	Equivalent per capita monthly income (euros 2012)
World	7,050	71,200	10,100	760
Europe	740	17,800	24,000	1,800
incl. European Union	540	14,700	27,300	2,040
incl. Russia/Ukraine	200	3,100	15,400	1,150
America	950	20,600	21,500	1,620
incl. United States/Canada	350	14,300	40,700	3,050
incl. Latin America	600	6,300	10,400	780
Africa	1,070	2,800	2,600	200
incl. North Africa	170	1,000	5,700	430
incl. Sub-Saharan Africa	900	1,800	2,000	150
Asia	4,290	30,000	7,000	520
incl. China	1,350	10,400	7,700	580
incl. India	1,260	4,000	3,200	240
incl. Japan	130	3,800	30,000	2,250
incl. other	1,550	11,800	7,600	570

Fonte: Thomas Piketty (2014)

A diminuição das desigualdades registadas entre 1910 e 1950 nos países desenvolvidos, nomeadamente, Estados Unidos da América e na Europa, foram uma consequência das políticas adotadas para combater as consequências das guerras, grande depressão, que levaram à destruição das riquezas das elites. Devido a estes eventos os governos foram forçados a tomar medidas para a redistribuição do rendimento, principalmente após a II Guerra Mundial. Desde os anos 70 do século passado, que se observa um aumento das desigualdades nos países desenvolvidos especialmente nos EUA. Tal ressurgimento deriva de políticas públicas, relacionadas com as finanças e tributação (Piketty, 2014).

Como é possível observar na **Figura 5.2** a contribuição do PIB *per capita* mundial da Europa e da América tem vindo a aumentar atingindo o seu pico em 1990, enquanto a Ásia e África que entre 1913-1950 em média sempre nos 37% e em 2012 já contribuía com 61% do PIB *per capita* mundial.

Figura 5.2 – Evolução entre 1700 e 2012 das Desigualdades Globais

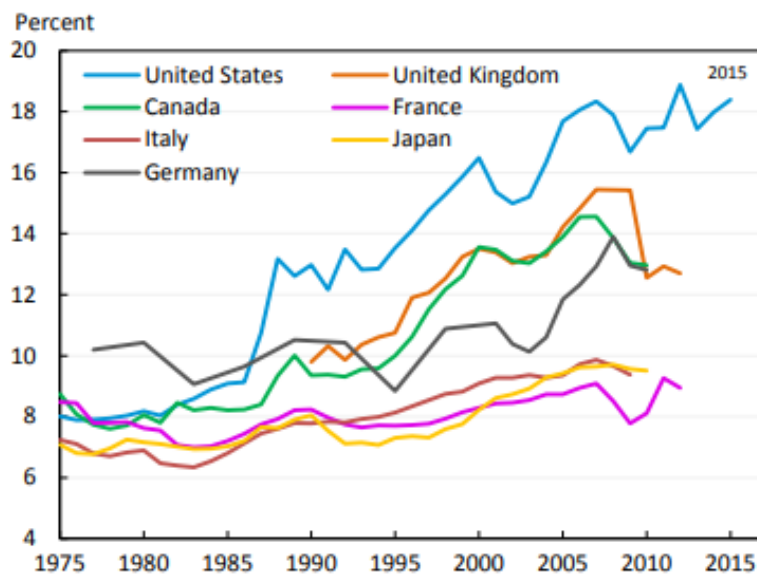


Fonte: Thomas Piketty (2014)

Os atuais níveis de distribuição da riqueza e crescimento na América e Europa assemelham-se aos registados no início do século XIX, mas não só. Tal como no século XIX, as sociedades e as economias encontram-se a passar por mudanças profundas tornando-se muito difícil saber ou prever o quão extensas vão ser, e como a distribuição global da riqueza dentro e entre países irá ocorrer, pois tudo dependerá muito das políticas adotadas pelos vários países. Rejeita-se a hipótese de que os aumentos de produtividade oriundos dos avanços tecnológicos possam trazer de volta o crescimento económico sustentável e a justiça na distribuição do rendimento (Piketty, 2014; Gordon, 2016; Furman et al., 2016). Na verdade, aquilo que as últimas tendências demonstram é que o retorno do investimento irá aumentar quando a tecnologia substituir a mão-de-obra humana.

Podemos acrescentar, que tanto os Estados Unidos como a Europa Ocidental passaram por mudanças tecnológicas semelhantes, contudo, se separarmos estes dois continentes podemos observar que os EUA apresentam um maior crescimento das desigualdades na distribuição dos rendimentos, logo não são apenas as tecnologias que determinam os resultados económicos e sociais de um determinado paradigma tecnológico, mas sim as políticas adotadas. Estas são fulcrais para a forma que a economia adota (Furman et al., 2016). As políticas adotadas ao longo dos tempos são mais determinantes para a evolução das desigualdades das sociedades e das economias do que a própria tecnologia (Piketty, 2014; Gordon, 2016).

Figura 5.3 – Distribuição do Rendimento Ganho pelo Top 1% entre 1975 e 2015



Fonte: Furman et al. (2016)

Em suma, este novo tipo de economia que está a surgir não segue apenas um padrão de distribuição normal como a grande maioria dos fenómenos, o que se observa é que 80% dos ganhos são absorvidos por 20% dos participantes da economia. Ou seja, começamos a observar que as economias, como é o caso dos Estados Unidos, apresentam uma mistura entre a curva de Pareto e da distribuição normal variante da cauda longa – “A era da curva de distribuição normal que apoiava uma classe média social acabou e estamos a caminhar em direção a uma distribuição de *power-law* do poder das oportunidades económicas” (Brynjolfsson et al., 2014:91). Eventualmente esta tendência poderá afetar a distribuição dos salários, conduzindo ainda mais ao aumento das desigualdades no rendimento. Tal como Piketty (2014) e Furman et al. (2016) afirmam, as desigualdades podem ser revertidas através da intervenção do Estado.

5.1.2 Implicações da Inteligência Artificial na reprodução das desigualdades

A tendência que se observa levanta preocupação, porém a questão que se coloca é se a introdução da Inteligência Artificial irá reforçar ou regredir esta tendência? Como já podemos constatar os mecanismos de IA entram na equação para favorecer o lado do capital. Assim, podemos afirmar que a tendência será que o capital ganhará mais força à custa do trabalho, aumentando o gap entre ambos.

Não existem soluções fáceis no âmbito da resolução deste problema, várias contribuições têm vindo a ser feitas na direção de tentar explorar potenciais formas de diminuir estes impactos. Deveremos olhar com mais atenção, para as políticas públicas que os vários países estrategicamente delinearão para promover ou controlar a penetração dos mecanismos da IA, tanto na economia como na sociedade. Torna-se imperativo perceber como é que a Europa, EUA e China estão politicamente a agir para, caso as políticas sejam as corretas, acelerar o desenvolvimento de mecanismos de IA. (Brawise, 2018).

Como já tivemos a oportunidade de averiguar no **Capítulo 3** os EUA encontram-se a liderar, tanto em termos académicos como em termos empresariais, com o maior número de investigação realizada na área e aplicações comerciais desenvolvidas com as principais empresas líderes (**Facebook, Apple, Google e Amazon**) da indústria da IA, localizadas nos EUA. Contudo, as únicas ações políticas por parte dos Governos Americanos são da responsabilidade do governo de Barak Obama (Donald Trump assumiu a liderança da Casa Branca em janeiro 2017). A administração de Obama publicou quatro relatórios nos últimos 2/4 do período da sua liderança na Casa Branca, o executivo teve um foco governamental significativo na IA, a maior parte das grandes agências governamentais nos EUA, desde o Departamento de Comércio até à Agência Nacional de Segurança, estariam a preparar a sua estratégia para incorporar a IA a nível comercial nos seus serviços. Historicamente, os EUA estiveram à frente no desenvolvimento da IA. Na verdade, como observado no **Capítulo 2** os EUA são o berço da IA (Agrawal et al., 2018; Barwise, 2018).

Se durante muito tempo os EUA foram o centro do desenvolvimento e investimento em IA, atualmente as políticas da administração de Donald Trump gastam menos em ciência no geral do que a China apenas em IA. A República Popular da China tem vindo a investir biliões, como já tivemos oportunidade de constatar, em vários vetores estratégicos desde a investigação básica até ao apoio financeiro de *startups* que o *core* do seu negócio seja IA, “uma cidade - a oitava maior da China - alocou mais recursos à IA do que todo o Canada” (Agrawal et al., 2018:216).

A China também tem uma grande vantagem em relação aos restantes países, pois possui uma economia de escala bastante acentuada. Os mecanismos de IA necessitam de muitos dados para apreenderem através dos mecanismos de *Machine Learning*, e a China

“tem mais fábricas para treinar robôs, mais utilizadores de smartphones para treinar produtos para consumo e mais pacientes para treinar aplicações médicas” (Agrawal et al., 2018:219). Embora os EUA possuam e formem os melhores peritos em Inteligência Artificial, a China possuiu mais dados, e no que toca a IA não interessa apenas desenvolver os melhores algoritmos, é necessário acompanhar estes com dados suficientes para poderem ser apreendidos, mas isto também só se torna relevante se as empresas privadas tiverem acesso facilitado a estes dados.

É bastante difícil prever ou antecipar cenários que nos mostrem se as mudanças serão prejudiciais ou não, e em que medidas vão ser implementadas e como é que os governos, economias e sociedades vão reagir a um ambiente que nunca foi observado. Por exemplo, na China não existe uma política de privacidade desenvolvida, fator que se apresenta bastante atrativo para as empresas em que os seus serviços têm por base algoritmos de IA “(...) nem tudo é tecnologia. É sobre a estrutura do meio ambiente - a cultura, regime político. É por isso que a IA e a China, (...), são uma oportunidade tão interessante. São apenas diferentes culturas, diferentes regimes de políticas e um ambiente diferente.” (Agrawal et al., 2018:219).

Contrariamente à China, a Europa possuiu uma política de privacidade bastante restrita, o que poderá levar a constrangimentos e inibir as empresas da indústria da IA a ficarem na Europa, assim sendo este aspeto que para um cidadão comum possa parecer essencial, aos olhos de um possível investidor é um entrave que irá contribuir para o maior fosso entre a economia Europeia e as restantes.

Aqui temos um bom exemplo de como as políticas públicas são essenciais e vão influenciar a era dominada pela IA, a questão da privacidade é das primeiras que tem vindo a ser debatida, pois é também um dos primeiros impactos que as sociedades se depararam e obrigou a assumir posições políticas a curto prazo, dado que os efeitos já fazem parte do nosso quotidiano.

O problema da distribuição será outra questão de natureza altamente política. Terá diversas facetas consoante as políticas públicas adotadas, tal como é a questão da privacidade e a da Inteligência Artificial atualmente. Na verdade, à medida que as empresas vão absorvendo na sua estrutura mecanismos de IA, a pressão nos trabalhadores aumentará, fazendo diminuir a sua contribuição para a produção de capital, o que irá afetar o potencial crescimento económico.

Durante o período de transição, a probabilidade de haver um impacto negativo na economia é elevado, o que se pode exemplificar com a estagnação do crescimento dos salários no UK, mesmo quando se observava um aumento da produção por trabalhador, a participação do trabalho no rendimento diminuiu.

Mckinsey Global Institute no seguimento do artigo “*Artificial Intelligence: The Next Digital Frontier?*” (2017) lançou o artigo “*Notes From The AI Frontier: Modeling The Impact Of AI On The World Economy*” (2018) onde se sugere que estas externalidades negativas, ao nível do mercado de trabalho, vão custar cerca de 7 triliões de dólares até 2030, e a perda de consumo interno devido ao desemprego tecnológico, o que poderá reduzir o impacto da Inteligência Artificial até 4 pontos percentuais.

O início desta transição já se encontra a decorrer e tem-se apresentado complicado para os EUA e para a Europa, onde já se começa a registar trabalhadores com dificuldades em aceder à economia, pois foram já substituídos por outras IT. Estes trabalhadores que se encontram no limbo da economia digital já começam a sentir que a situação não lhes é favorável, revoltando-se contra aspetos tais como a “imigração, desigualdades e elites arrogantes” (Arthur, 2017). Até se resolver o problema da distribuição, iremos viver sob períodos de instabilidade política com ideias políticas e ideais renovados em simultâneo com os partidos populistas a prometerem melhores acessos à economia.

As economias Europeias encontram-se um passo à frente das restantes. Neste âmbito, o socialismo faz parte da tradição europeísta acabando por se prezar a distribuição à eficiência da produção, como é o caso do modelo escandinavo, onde a produção é orientada pelo capitalismo e a distribuição realizada pelo governo (Arthur, 2017).

5.1.3 Soluções propostas para combater as externalidades negativas dos momentos de transição

Uma das soluções mais apontadas pela literatura, e que até agora foi desenvolvida sobre o tema é a do Rendimento Básico, “o governo distribui uma quantia igual de dinheiro a todos no país todos os anos, sem fazer nenhum teste ou avaliação sobre quem precisa do dinheiro ou quem deve receber mais ou menos” (Brynjolfsson et al., 2014:128). Esta ideia preserva de certa forma os elementos do capitalismo que acabam por funcionar

melhor, e ao mesmo tempo resolve o problema das pessoas que irão deixar de ter acesso à economia assegurando-lhes uma qualidade de vida aceitável.

O único país que levou a cabo uma experiência do Rendimento Básico foi a Finlândia com um orçamento de 20 milhões de euros entre 2017 e 2018, sendo que um dos principais objetivos desta experiência foi observar se esta seria a melhor forma de adequar a políticas públicas sociais às mudanças já observadas no mercado de trabalho. No total participaram 175 000 pessoas que já estariam a receber o “*Basic Unemployment Benefits*” ou BUB (equivalente ao subsídio de desemprego) pela KELA (instituto da segurança social Finlandês) que possuíam um perfil socioeconómico e demográfico semelhante (Kangas, 2019).

O grupo foi separado em dois subgrupos distintos: (i) um grupo de 2 mil pessoas que recebeu o Rendimento Básico; (ii) um grupo de controlo formado pelas pessoas desempregadas que continuaram a receber um “*Basic Unemployment Benefits*”. Tanto o Rendimento Básico (RB) como o BUB em termos monetários eram semelhantes, no caso do RB seriam 560 euros por mês e no BUB eram 697 euros, com a diferença que o Rendimento Básico é livre de taxas e impostos e não reduz quando outro tipo de rendimento é conseguido, enquanto o “*Basic Unemployment Benefits*” é sujeito a todas estas condições. Os resultados não estão disponíveis, até 2020, mas as análises preliminares publicadas em fevereiro deste ano demonstram que as pessoas que estariam a receber o BI 43.7% estariam a receber um rendimento extra de trabalho e em 2017 trabalharam em média 49.6 dias, enquanto no grupo monitorizado trabalharam 49.3 dias e 42.9% recebiam um rendimento extra. As principais diferenças foram observadas ao nível de satisfação de vida, o grupo de pessoas que ganharam BI (numa escala de 0 a 10) em média classificaram que a satisfação de vida de 7.3 enquanto o grupo que continuou a receber o BUB classificou a satisfação de vida em 6.8, menos stresse económico e mental (Kangas, 2019). Até ao momento são estes os resultados disponíveis sobre a única experiência realizada até hoje na Europa no âmbito do Rendimento Básico (Kangas, 2019).

Outra solução que não é tão mencionada na literatura, mas que merece ser igualmente debatida pela academia e ser introduzida no debate político, é o “*Negative Rendment Tax*” ou NIT proposta pela primeira vez em 1940 no parlamento Britânico e, posteriormente, já no final da década de 60 do século XX aprofundada por Milton

Friedman. A premissa principal deste argumento é a de que as pessoas que ganhassem abaixo de um determinado valor monetário passariam a receber uma ajuda do governo em vez de pagarem impostos para sustentar este sistema e que ganhassem mais que esses mínimos teriam de contribuir com uma proporção do seu rendimento. Esta solução também é apresentada como uma forma de completar a solução do Rendimento Básico (Widerquist, 2004).

Os únicos países que realizaram experiências relativamente ao “*Negative Rendiment Tax*” foram os EUA e o Canadá entre 1968 e 1982, o Presidente dos EUA Richard Nixon nos anos 70, no início da sua presidência propôs o “*Family Assitant Plan*” que tinha na sua génese o “*Negative Rendiment Tax*”, no entanto, este nunca vigorou (Widerquist, 2004). Após a tentativa de Nixon sucederam-se mais cinco experiências sociais entre 1968 e 1982 nos EUA e no Canada, numa altura onde a erradicação da pobreza estava na agenda política e vários movimentos económicos e sociais estavam a surgir na direção de uma reforma política e social (Widerquist, 2004). As experiencias NIT foram revolucionarias nas Ciências Sociais sendo as primeiras a usar o método científico, onde se divide os indivíduos em grupos distintos: por um lado o grupo de controlo, e por outro lado, o grupo em que são efetuadas as alterações (o mesmo método foi utilizado pelos cientistas Finlandeses na experiencia do Rendimento Básico). Esta experiência foi conduzida em cinco grupos diferentes em cinco localizações distintas, em anos distintos, cada grupo teria características distintas e o tamanho das amostras também variou. As principais conclusões deste estudo demonstram que não foram encontradas quaisquer evidências de que o “*Negative Rendiment Tax*” levasse a que um determinado segmento da sociedade ficasse excluído da força de trabalho (Widerquist, 2004).

A metodologia selecionada por parte dos cientistas sociais responsáveis não foi a mais indicada, o que levou a que as conclusões retiradas acabassem por ser inconclusivas e com baixa utilidade estatística. Esta estratégia de recolha de dados, revelou não ser a mais eficaz, conduzindo a um número elevado de falta de dados ou então a dados incorretos face o rendimento auferido e que enviesaram ou deturparam totalmente a análise (Widerquist, 2004).

A problemática atrás apresentada requer, pelo seu dinamismo, a intervenção de outras áreas do conhecimento que já se tenham debruçado sobre esta temática, nomeadamente a Sociologia. A necessidade social do trabalho e o facto de este influenciar

a vida das comunidades deve ser analisado por equipas multidisciplinares. Os sociólogos William Julius Wilson (1996) e Charles Murray (2012), citados por Erik Brynjolfsson, Andrew McAfee e Jeff Cummings (2014), estudaram precisamente esta questão, ou seja, a falta de trabalho não afeta apenas os indivíduos particularmente, na verdade, afeta também as comunidades. A principal conclusão a que estes autores chegaram foi que as comunidades em que as pessoas trabalham são mais saudáveis do que as comunidades onde o número de desempregados é superior – “Muitos dos problemas atuais nos bairros nas cidades - crime, dissolução familiar, bem-estar, baixos níveis de organização social e por diante – são, fundamentalmente, uma consequência do desaparecimento do trabalho” (Brynjolfsson et al., 2014:129). Deste modo, não basta pensar em soluções para manter a subsistência financeira dos indivíduos também se deve equacionar soluções para manter as populações ocupadas e saudáveis.

De forma geral, as soluções apresentadas na literatura passam pela criação de um fundo nacional com o objetivo de distribuir o capital de forma inalienável assegurando que capital não fique altamente concentrado nas elites tecnológicas nem numa franja excessivamente estreita da população. Também aconselham a criação de impostos, regulamentações ou incentivos no sentido de direcionar o desenvolvimento de mecanismos que aumentem a capacidade humana em vez de a substituir. Neste sentido o principal conselho deixado em contexto científico é que se deveria, o quanto antes, começar com algumas experiências políticas com o objetivo de testar determinadas ideias que tenham vindo a ser teorizadas e ver se estas trarão sucesso ou pelo contrário não cumprem com os objetivos esperados (Tirole, 2017; Brynjolfsson et al., 2014).

5.1.4 Discussão

Os benefícios identificados pelo emprego não aparentam estar apenas diretamente ligados ao indivíduo e ao seu empregador, na verdade, o desemprego é uma fonte de externalidades negativas. As soluções anteriormente apresentadas acabam por taxar o emprego ao invés de o compensar. Quando equacionamos a problemática da substituição dos trabalhos por mecanismos de Inteligência Artificial e propomos uma solução como o Rendimento Básico ou NIT temos que automaticamente equacionar os impactos negativos nas sociedades e não apenas o fator económico.

Também é necessário equacionar que a Inteligência Artificial evolui de forma extremamente rápida o que leva a que as organizações passem a ter duas opções muito rapidamente: mão-de-obra qualificada humana e mão-de-obra digital. Quanto mais taxada e dispendiosa for a mão-de-obra humana, mais depressa a substituição ocorrerá.

No entanto, não podemos esquecer que os impostos e as taxas provenientes da mão- de-obra humana são a base da subsistência da segurança social, sistema de saúde e de educação entre outros pilares fundamentais das nossas sociedades. Porém, existem outros tipos de taxas, para além daquelas aplicadas ao mercado de trabalho como por exemplo impostos sobre a poluição, consumo ou por exemplo IVA das empresas, diferença entre o custo e o preço a que vendem os seus serviços e produtos (Brynjolfsson et al., 2014) e que podem vir a ser aplicados com maior frequência e intensidade. Tais taxas são aplicadas hoje em dia para compensarem as baixas nos impostos da mão-de-obra humana sem prejudicar a harmonia do sistema económico.

É possível observar que até agora a evolução tecnológica levou à substituição de trabalhos braçais e rotineiros, mas a partir de agora, a Inteligência Artificial está a substituir funções que eram consideradas inerentemente humanas através da possibilidade da *Machine Learning* fazer previsões (por exemplo) sem qualquer recurso à intervenção humana. Esta já é a realidade em grandes empresas como **Google, Amazon, Facebook** ou **Apple** que crescem nos seus negócios de modo vertiginoso, sem precedentes, e consolidam a sua posição monopolizadora nos mercados líderes – o que levou à formulação da seguinte hipótese:

Hipótese 1- Não são apenas as camadas mais baixas que desempenham trabalhos manuais e de baixas qualificações que se encontram em risco, mas sim toda uma nova classe de profissionais que desempenham funções consideradas até agora como intelectuais onde é necessária a inteligência humana para desempenhar essas tarefas.

Até este ano, 2019, dispõem-se de poucos dados face as soluções políticas e sociais apontadas pela academia para combater a desigualdade oriunda do desemprego tecnológico e a perda de posição na luta pelo poder. Os dados das primeiras experiências (NIT) não foram conclusivos e nenhuma aprendizagem (em termos políticos) poderemos retirar. Esperemos que as experiências já desenvolvidas no decorrer de 2017 e 2018 na Finlândia nos mostrem as reais implicações de uma solução como o Rendimento Básico

em sociedades tradicionalmente ligadas ao socialismo, como é o caso da grande parte dos países Europeus, inclusive Portugal.

Em suma, no decorrer desta análise, foram surgindo novas questões que necessitam de respostas num futuro próximo, podendo mesmo ser pontos de partida para futuras investigações mais aprofundadas sobre o tema.

Tomemos como exemplo as questões abaixo que surgem do cenário socioeconómico em que nos encontramos atualmente, e em que urge começar a testar as ideias anteriormente debatidas.

- a) Como é que a Europa pode repensar as suas políticas públicas relacionadas com o rendimento para minimizar as externalidades negativas, em caso de redução significativa no emprego devido aos desenvolvimentos da Inteligência Artificial?
- b) Como é que se pode oferecer melhor suporte social no momento da transição tecnológica?

5.2 Inteligência Artificial e “Winner Take It All”: Dinâmicas e consequências

5.2.1 Mercados tecnológicos e empresas *superstars*

Já pudemos constatar que esta revolução tecnológica está a aumentar o gap socioeconómico a dois níveis distintos, em primeira instância, está a aumentar o gap entre os trabalhadores com níveis superiores de educação e os trabalhadores com níveis inferiores – acompanhando a tendência observada nas restantes Tecnologias da Informação e Comunicação. Num segundo nível, podemos observar que a Inteligência Artificial está a aumentar o fosso entre o trabalho e o capital ampliando a desigualdade existente, neste caso não entre os vários tipos de trabalhadores, mas sim, a desigualdade entre os detentores do capital e os seus trabalhadores.

Contudo, é possível identificar ainda um outro nível de desigualdade, referido no **Capítulo 3**: o gap entre as primeiras empresas que adotaram mecanismos de IA e as restantes empresas. Trata-se da consolidação de uma economia baseada na lógica de “*winner-take-all markets*”, assente nas economias de escala.

Uma chamada de atenção de Brian Arthur (2017), fazendo notar que os princípios do Rendimento Básico são assentes na premissa que os retornos das empresas líderes acabaram por chegar a um ponto que começam a regredir. Contudo, o que se tem vindo a observar na realidade é que os mecanismos de *feedback* positivo que atuam nos mercados e indústrias promovem aqueles que já se encontram a dominar os mercados e indústrias, perpetuando a sua posição. As empresas que se encontram em segundo plano ainda vão perdendo mais a posição que tinham, ou seja, confirmando-se as dinâmicas de “*winner – take – it – all*”.

Sherwin Rosen apresentou pela primeira vez, nos anos 80 do século passado, na teoria económica a ideia das economias com *superstars*. Ao contrário da economia industrial que foi dominante durante as últimas Revoluções Industriais, numa economia “*winner-take-all markets*” as quotas de mercado já não apresentam a mesma estabilidade que antigamente.

Desde 1960 que a IBM lidera o mercado do “*mainframe*” dos computadores, a Microsoft e a Intel que desde dos anos 80 do século XX lideram a indústria dos processadores e softwares para os computadores, com a chegada da *World Wide Web* o **Google** monopolizou o mercado dos motores de busca, o **Facebook** a área do “*social media networking*” (tanto o **Google** como o **Facebook** consomem 80% do investimento anual em publicidade digital) e a **Amazon** e **Alibaba** dominam o mercado do e-commerce – “A batalha não é um grande concurso *winner-take-all*, mas centenas de concursos separados, com diferentes efeitos na rede em diferentes geografias” (Brynjolfsson et al., 2014:216).

Este novo tipo de economia que está a surgir não segue apenas um padrão de distribuição normal como a grande maioria dos fenómenos, o que se observa é que 80% dos ganhos são absorvidos por 20% dos participantes da economia. Começamos a observar que economias como a dos Estados Unidos apresentam uma mistura entre a Curva de Pareto e a Curva da Distribuição Normal. No caso da Curva de Pareto conseguimos observar principalmente no topo. As implicações práticas desta observação estão a ser estudadas e ainda não se encontram conclusões disponíveis. Contudo, em termos práticos, esta mudança poderá significar que quando os rendimentos, de forma geral, são distribuídos consoante a Curva de Pareto, a maior parte dos indivíduos e empresas vão encontrar-se abaixo da média. Esta nova forma de distribuição da economia e da sociedade não vai ter apenas implicações diretas no aumento das

desigualdades do rendimento e dos ganhos, alterando seriamente a ordem institucional (Brynjolfsson et al., 2014).

Para além deste fenómeno já se ter começado a expressar há uns anos, atualmente é bastante mais comum do que no passado, dado que as novas tecnologias têm vindo a alterar as dinâmicas na produção e distribuição. Esta situação verifica-se porque os bens digitais possuem a característica de se desenvolverem facilmente em economias de escala oferecendo ao líder uma vantagem competitiva baseada na vantagem dos preços que podem praticar e ao mesmo tempo continuar com altas margens de lucros.

Segundo Autor, Dorn, Katz, Patterson e Reenen (2017) as indústrias que apresentam maior concentração de capital (empresa *superstar* que domina todo o mercado) são principalmente as que apresentam um desenvolvimento tecnológico mais acelerado. Os mercados tecnológicos têm vindo a seguir um padrão claro: assim que uma empresa assume a liderança de um mercado, atinge também o seu domínio, tornando-se praticamente impossível uma outra empresa destronar esta sua posição. Estas empresas ao mesmo tempo que estão a criar valor acrescentado para os seus consumidores estão também a deter de forma desproporcional os lucros, criando um monopólio nos mercados em questão, quase de natureza irreversível, pois este tipo de empresas estão também a monopolizar as principais bases da economia moderna, colocando em causa o futuro da economia mundial (Iansiti e Lakhani, 2018).

Os mercados tecnológicos são mais vulneráveis a este tipo de dinâmicas devido às suas características específicas, mas um dos principais motivos é relacionado com os fatores económicos tradicionais que potenciam as economias de escala. Nomeadamente, o facto de os custos marginais serem próximos de zero. Por exemplo, o primeiro disco do Windows teve um custo de produção à **Microsoft** de 50 milhões de dólares, enquanto o segundo disco teve um custo de 3 dólares. Os custos baixam à medida que a escala aumenta (Autor et al., 2017).

Mas o principal motivo que leva aos mercados tecnológicos a serem mais sensíveis a estas dinâmicas é o facto das empresas tecnológicas *superstar* reunirem grandes quantidades de dados de uma forma fácil e sem custos acrescidos. Este aspeto torna-se extremamente importante na definição de novas estratégias económicas e de mercado. Os grandes lucros destas empresas permitem o investimento contínuo na proteção do seu “*core business*” e, principalmente, potenciam o investimento em novos

mercados altamente promissores. Através do acesso a grandes quantidades de dados permite-se que estas empresas consigam muito antecipadamente detetar novas tendências tecnológicas e novos mercados emergentes. Concorrer contra os 20% do “*winner-take-all markets*” e as suas estratégias de penetração em novos mercados passa, deste modo, a ser bastante difícil (Autor et al., 2017; Barwise e Watkins, 2018; Iansiti e Lakhani, 2018).

Assim sendo, a probabilidade da destruição criativa de Schumpeter acontecer, segundo Barwise e Watkins (2018) ou Iansiti e Lakhani (2018), é muito baixa, pois estas “*Big Tech*” não competem de acordo com a forma tradicional estudada até hoje na economia. Estas usam as suas “*networks*” que já estão desenvolvidas em escala e usam-nas para entrar noutros mercado e “ao reestruturar a sua estrutura competitiva (...) conectam indústrias adjacentes aos mesmos mercados competitivos que já controlam” (Iansiti e Lakhani, 2018:156). Por outro lado, Brynjolfsson, McAfee e Cummings (2014) admitem que as dinâmicas descritas por Schumpeter (1912) no âmbito da destruição criativa são mais válidas para os mercados tecnológicos do que para as indústrias clássicas que Schumpeter (1912) descrevia na sua obra e à medida que os mercados se vão tornando cada vez mais digitalizados, mais se aplicam.

5.2.2 Mudança tecnológica: Inteligência Artificial

As principais características dos líderes, que identificámos no **Capítulo 3**, demonstraram que as líderes da Inteligência Artificial são exatamente as mesmas empresas que já se encontravam a liderar na anterior vaga de digitalização, com um grande historial de investimento em tecnologias digitais e a liderar a adoção ou desenvolvimento destas. Como a economia se está a formar em monopólios desde o aparecimento das primeiras formas da revolução digital e como a IA é potenciada pelas anteriores vagas tecnológicas, as empresas que lideram os mercados que foram surgindo nas anteriores vagas são também aquelas que estão a tirar mais proveito desta nova tecnologia.

Estas empresas apresentam as condições necessárias e suficientes (grandes volumes de dados disponíveis, *hardware* e recursos humanos especializados) para o desenvolvimento de uma estratégia de Inteligência Artificial que lhes permite: (a) por um

lado, consolidar mais ainda a posição no mercado que dominam e (b) por outro lado, ganhar terreno no mercado da Inteligência Artificial.

Com o desenvolvimento dos mecanismos de *Machine Learning* que impulsionam a melhoria dos produtos ou dos serviços e amplificam os efeitos de rede e o retorno das economias de escala, levam ao fortalecimento das dinâmicas de domínio dos líderes impedido que outros “*players*” os ultrapassem em qualquer mercado tecnológico.

Os estudos realizados por McKinsey Global Institute (2017 e 2018) demonstram que as empresas que se encontram a liderar o mercado da IA, como vimos no **Capítulo 3**, em 2030, terão aumentado em 122% o valor económico dos seus investimentos em IA e são 52% as mais propensas a utilizar IA para aumentar a sua posição no mercado. Quanto mais as empresas utilizam IA mais potencial de crescimento se observa. As margens de lucros atuais impulsionados pela IA são de 3 a 15 pontos percentuais acima da média da indústria na maioria dos setores. Como tivemos oportunidade de constatar no **Capítulo 3**, neste momento todas as “*Big Tech*” líderes nos principais mercados tecnológicos investem bastante em tecnologias de IA tanto através de I&D interno como através da aquisição de *startups*, consideradas rivais ou promissoras na área.

Segundo a CBInsights, das 120 *startups* em que o negócio principal está associado a IA e que existiam no início de 2017, 115 foram adquiridas principalmente por empresas “*Big Tech*”. Desde 2013, a **Google** adquiriu 14 *startups* que tinham como negócio principal atividades de IA, a **Apple** adquiriu 13 *startups* seguidas pelo **Facebook** (adquiriu 6 *startups*) e **Amazon** (adquiriu 5 *startups*).

Deste modo as “*Big Tech*”, tal como Barwise e Watkins (2018) ou Iansiti e Lakhani (2018) afirmam, não vão perder a posição dominante já alcançada nos mercados consolidados, mas, nos mercados emergentes como é o caso da IA, poderão nunca alcançar essa posição e correm um grande risco de serem substituídos por outra empresa líder. Independente da “*Big Tech*” que ganhe esta corrida o resultado será uma maior concentração do capital nas mãos de uma elite tecnológica restrita, que detém cada vez menos trabalhadores (como podemos ver no ponto anterior deste capítulo).

Com isto deve-se equacionar a probabilidade de “*superstar-biased technological change*”, que ao invés de levar à prosperidade das nações e dos trabalhadores, antes leva ao seu atrofamento. Para manter o equilíbrio da economia, vai ser necessário atuar de forma coletiva, a cooperação estratégica entre as empresas que não dominam os mercados

irá ser estritamente necessária para a sobrevivência dos *stakeholders* que se encontram à volta destes monopólios assegurando os seus interesses individuais, em grupo (Autor et al., 2017; Barwise e Watkins, 2018; Iansiti e Lakhani, 2018).

Deste modo, quando equacionamos o mercado emergente da indústria da IA podemos concluir que a probabilidade de uma empresa ser ultrapassada ou eclipsada por uma rival é muito maior que a probabilidade de aparecimento de uma nova empresa. Assim sendo, começamos a observar um fenómeno que a teoria económica não prevê: a destruição criativa não se dá pelas mãos de novos *players*, mas sim pela probabilidade de uma empresa ser ultrapassada ou eclipsada por um rival forte e já existente.

5.2.3 Discussão

As tecnologias de IA estão a levar ao aumento do gap entre as empresas líderes e as restantes empresas, estas empresas começaram a lucrar de forma totalmente desproporcional. Os fundamentos básicos da ML tornam cada vez mais profundos estes gaps.

As empresas que possuem mais clientes, conseqüentemente, possuem mais dados que irão posteriormente ser usados para treinar os algoritmos com o objetivo de criar cada vez melhores produtos ou para prever tendências. Estes algoritmos de ML criam um ambiente dominado por fortes redes de dados que impedem por um lado a entrada de novos “*players*” no mercado e muitas vezes aqueles que entram acabam por ser adquiridos por estes gigantes.

Quando os novos “*players*” estão a ser absorvidos pelas grandes empresas, a disrupção torna-se ainda mais difícil de equacionar. O poder das empresas *superstar* é tão grande que assim que uma *startup* começa a ser relevante na área da IA e possuiu um algoritmo que poderá aumentar a competitividade de uma *superstar*, na grande maioria dos casos, a *startup* torna-se apetecível e rapidamente surgirá uma gigante que irá adquirir. Esta dinâmica até agora não tem vindo a ser equacionada pelos economistas, mas são estas dinâmicas que estão a redefinir a economia e a sociedade. A investigação nesta área não está a acompanhar a tendência encontrando-se muito pouco desenvolvida e o mesmo se pode dizer sobre a ação política subjacente.

A concentração de ganhos dos líderes a longo prazo irá perpetuar a tendência já anteriormente observada. Ao mesmo tempo que se cria esta concentração, derivada do “*winner – take – it – all markets*”, pode estar a pôr-se em causa a difusão da tecnologia levando ao retardamento, o que poderá levar em última instância ao aumento do fosso entre as empresas líderes e as restantes.

Em suma, o desenvolvimento da IA está a potenciar as dinâmicas de uma economia baseada em empresas *superstar* o que está a fazer aumentar o retorno do capital àqueles que investem, mas cada vez menos os trabalhadores são prioridade ou considerados aquando da distribuição de riquezas, o que levanta questões para as empresas mais pequenas que investem menos em I&D e novas tecnologias só que são as que empregam a maior parte dos trabalhadores.

Ao observar que o capital está a acumular-se nas mãos de uma elite tecnológica e que essa tendência favorece um fosso entre as empresas líderes e as restantes, a utilização e desenvolvimento de mecanismos de IA está a levar ao domínio da lógica “*winner take it all*” promovida pelas economias de escalas.

Refletindo sobre a toda a conjuntura, mais questões se levantaram que necessitam prontamente de ser respondidas, tanto para evitar possíveis consequências negativas para a economia mundial como também para dar ferramentas essenciais aos governos para poderem atuar no sentido de mitigar esses efeitos negativos.

a) Quais serão os principais efeitos das dinâmicas de “*winner take it all markets*” tanto a curto prazo como a longo prazo para a economia Europeia?

b) Como é que é possível a Europa conseguir promover junto das empresas uma competição saudável com o objetivo de manter um equilíbrio entre as empresas líderes e as restantes, minimizando os efeitos negativos oriundos de uma economia “*winner take it all*” amplificada pela ML?

c) Que consequências podemos prever para Portugal? Teremos as capacidades financeiras e as instituições tecnológicas e científicas para apoiarmos as empresas privadas e os organismos públicos que queiram tirar proveito dos mecanismos de *Machine Learning*?

d) Como é que o aumento dos gaps devido ao desenvolvimento da *Machine Learning* vai afetar as diferentes indústrias e sectores Europeus?

Capítulo 6. Conclusões

É claro que a IA, promovida pelos avanços da ML já está a revolucionar as sociedades e as economias um pouco por todo o mundo, mas principalmente na China e nos EUA. Também é claro que na Europa não estamos preparados para tal revolução, nem estão a ser construídas as fundações necessárias para apoiar uma transição responsável e de sucesso para IV Revolução Tecnológica.

Se os governantes continuarem por este caminho não será possível alcançar uma posição mais competitiva nos mercados digitais, que estão totalmente dominados por empresas dos EUA e da China. As políticas públicas implementadas pela Comissão Europeia e individualmente por cada país não são suficientes, pois ainda é necessário consolidar os pilares fundamentais da Revolução Digital para se poder efetivamente avançar em direção à IA.

Foi um desafio encontrar produção científica sobre a temática no âmbito da Europa, e em especial sobre o panorama nacional. A grande maioria dos trabalhos de investigação foca-se essencialmente nas realidades Norte Americanas e Chinesa. Neste sentido, esta dissertação é um esboço teórico que por um lado demonstra bastante bem as falhas existentes tanto em termos da academia, empresas e governança como a nível da União Europeia e, claro, a nível nacional. Por outro lado, também estamos perante uma tentativa de começar a abordar as principais temáticas relacionadas com os primeiros impactos socioeconómicos que já estão a emergir.

O termo Inteligência Artificial é frequentemente utilizado para definir diversos tipos de tecnologias, na maioria das vezes confundido com os próprios mecanismos de *Machine Learning*, que nos últimos anos tem vindo a ter um grande impacto nas nossas sociedades e economias. O Top 5 das empresas mais valiosas do mundo encontram-se ativamente, e em grande escala, a investir em tecnologias de Inteligência Artificial, mas principalmente em tecnologias de *Machine Learning*. Estes investimentos são motivo suficiente para refletir e aceitar que é este o momento para começar a olhar para estas tecnologias e analisar cuidadosamente o seu impacto e implicações económicas e sociais.

O tipo de análise que foi realizada, ao longo dos **Capítulos 2 e 3**, é determinante para o desenvolvimento da restante dissertação, pois só após se entender as potencialidades deste tipo de tecnologia e a sua extensão real nos é possível começarmos a questionar-

nos sobre decisões políticas e as próprias “*policies*” (que têm de se basear em evidências empíricas para serem eficazes).

Esta revolução tecnológica que tem vindo a ser construída na base de tecnologias anteriores (*internet*, *cloud* ou *big data*), como já tivemos a possibilidade de constatar, está de facto a revolucionar a economia e os efeitos já conseguem ser medidos empiricamente. Mas, o entendimento entre os economistas acaba aqui, não existe consenso nas várias formas em que a economia pode estar a alterar-se ou quais as características que se estão realmente a transformar.

Os primeiros artigos no âmbito dos impactos económicos da Inteligência Artificial são bastante recentes e escassos. No artigo “*Global Economic Impacts Associated With Artificial Intelligence*” (2017) os autores tentam medir o impacto da IA de forma quantitativa usando como referência o impacto das tecnologias da informação e comunicação, *internet*, telemóveis e robótica na economia internacional. A principal conclusão, segundo os autores, é que poderemos contar com um impacto económico entre os 1.49 triliões de dólares e os 2.95 triliões de dólares nos próximos 10 anos. Por outro lado, o artigo “*Artificial Intelligence, Automation, and the Economy*” (2017) tenta medir qualitativamente os impactos económicos (nível macroeconómico). Deste modo, os autores referenciam, principalmente, o desaparecimento de postos trabalhos e até profissões que serão substituídas por mecanismos de IA e como as políticas públicas e a educação terão de se adaptar à nova realidade.

As primeiras abordagens sobre o tema têm as suas limitações. Na verdade, todas tendem a ter uma amplitude geográfica muito limitada focando-se essencialmente nos investimentos e desenvolvimentos das grandes potências como EUA, China e muito raramente na União Europeia (sem especificação de países). Fora deste espectro não existem quase nenhuma análises de relevo a serem desenvolvidas.

Outro entrave da produção académica, a nível macroeconómico, é ter-se limitado na substituição do capital humano por mecanismos de Inteligência Artificial, mas nunca ficaram bem delimitadas as repercussões dessa substituição e falta identificar os restantes impactos económicos ao nível macro (Bughin et al., 2018). Mesmo as abordagens macroeconómicas tendem a ser bastante quantitativas.

Também dessas análises tem sido excluído o facto que os impactos microeconómicos dependem da capacidade de penetração e adoção por parte do tecido empresarial e dos governos nos mecanismos de IA.

Por último, estas primeiras análises tendem a não ter em conta os custos de implementação destas novas tecnologias, nomeadamente, os custos socioeconómicos que a introdução de uma tecnologia disruptiva poderá originar (externalidades negativas) em determinados grupos económicos (Bughin et al., 2018). Na verdade, estas externalidades podem ser suficientes para atrasar o desenvolvimento e implementação da Inteligência Artificial limitando o potencial e produzindo crises sociais.

A divergência de opiniões sobre o assunto e as limitações nas produções científicas produzidas até agora mostram a importância do debate sobre esta importante questão, tanto a nível macroeconómico como a nível microeconómico. Para além das divergências detetadas é possível verificar que em todas as análises surge, ainda que tenuemente, o problema da distribuição dos rendimentos pela sociedade, que poderá conduzir a crises sociais e colocar em causa a penetração da própria tecnologia no tecido económico. Não obstante toda a problemática, a grande maioria dos autores não investem tempo a tentar compreender com maior rigor as implicações destas dinâmicas, partindo apenas para previsões quantitativas e qualitativas, ignorando um dos maiores desafios que as economias desenvolvidas terão de ultrapassar- o desafio da IA.

Tendo em conta esta lacuna detetada, no **Capítulo 5** foram formuladas duas hipóteses:

Hipótese 1: A substituição dos trabalhadores pelos mecanismos de IA irá aumentar a vantagem do capital na luta pelo poder, passando-se de uma lógica de produtividade para uma lógica de distribuição - de uma era tecnológica para uma era política.

Hipótese 2: O capital está a acumular-se nas mãos de uma elite tecnológica que está a criar um fosso entre estas empresas líderes e as restantes, o que pressupõe que a utilização e desenvolvimento de mecanismos de IA está a levar ao domínio da lógica “*winner take it all*” promovida pelas economias de escalas.

6.1 Principais conclusões

As primeiras Revoluções Industriais possibilitaram o crescimento económico e o aumento da qualidade de vida das sociedades até a um nível nunca antes registados. O desenvolvimento tecnológico possibilitou a produção de bens em grande escala juntamente com o progresso dos meios de transporte.

A Revolução Digital, com o desenvolvimento dos computadores e da internet, permitiu a automatização de muitos processos, potenciou a globalização e revolucionou o mundo do trabalho. Muitos sectores profissionais mostraram-se relutantes e desconfiados, no entanto, surgiram muitas outras atividades profissionais que até ao momento não existiam, conseguindo remunerações bastante mais aliciantes do que aquelas que foram descontinuadas.

A Inteligência Artificial que tem por base as tecnologias digitais anteriores, tem o poder de transformar a sociedade e a economia e levar à criação de riqueza, o que leva a colocar a questão essencial: de que forma a riqueza criada por as tecnologias de IA irá ser redistribuída pela sociedade?

A problemática da redistribuição da riqueza, nas suas diversas pluralidades, nunca foi tão fulcral como atualmente. Algumas soluções já começaram a ser debatidas, tanto em termos académicos como em termos políticos e sociais. Independentemente dos resultados é importante começar a equacionar quais serão as melhores formas de redistribuir os rendimentos gerados pela IA por toda a sociedade, para que não sejam mais um fator impulsionador do aumento das desigualdades.

A nível mundial a monopolização da riqueza por uma elite tecnológica, ou seja, apenas numa pequena fração da população, será um dos principais fatores de exclusão social e um impedimento para o progresso e desenvolvimento económico sustentável. Tornar-se-á cada vez mais evidente que a evolução dos sistemas económicos é sempre acompanhada pela evolução das desigualdades.

Devido a acumulação do capital apenas numa minoria das empresas e conseqüentemente das pessoas, a noção de capital está a sofrer grandes transformações. Alguns economistas, anteriormente citados, até já propõem que a análise do capital passe a ser realizada da perspectiva de quem possui o poder decisivo.

A problemática distribuição dos rendimentos pode influenciar a economia e a sociedade em dois níveis muito importantes. Num primeiro nível, a hipótese que se coloca é que a assimetria irá emergir dentro da distribuição dos rendimentos, onde uma elite detém a grande maioria do capital que já concentra em si a maior parte dos ganhos. É mais que evidente que o modelo atual (executado em praticamente todas as economias modernas) necessita de ser reformulado, no sentido de mitigar os impactos negativos desta revolução tecnológica. Apontemos como exemplo, o caso do decréscimo do número de postos de trabalho e, conseqüentemente, a polarização da sociedade que leva ao aumento do fosso entre o trabalho e o capital e a concentração do poder nas mãos de um segmento restrito.

Num segundo nível, a hipótese que se coloca é que as cinco maiores empresas do mundo constituem monopólios tecnológicos nos seus mercados, sendo dominantes em áreas de grande atividade conseguindo concentrar a riqueza num número cada vez menor de trabalhadores e acionistas. Os lobbies criados pelas empresas *superstars*, nomeadas anteriormente, estão a colocar grandes desafios à economia Europeia, que não foi capaz de acompanhar a Revolução Digital como os Estados Unidos da América ou a China. Desde 1995 que o *gap* (das condições produtivas) entre a Europa e os EUA não tem parado de aumentar. O tecido empresarial Europeu não tem acesso aos mesmos recursos que as empresas dos EUA, tanto a nível, de recursos tecnológicos, recursos financeiros, como de recursos humanos para entrar na corrida da IA e encontram-se vários passos atrás no processo da digitalização condição esta, essencial e obrigatória para se poder adotar uma estratégia sustentável de IA.

Neste sentido, a Comissão Europeia procura assumir uma posição mais competitiva delineando uma estratégia mais ativa, que engloba por exemplo as redes 5G, o que permitirá criar infraestruturas que vão produzir enormes quantidades de dados que serão essenciais para alimentar os mecanismos de Inteligência Artificial potencializados pela *Machine Learning* e que irá dar sentido à complexidade dos dados geradas pelo 5G. Não basta disponibilizar verbas se não existe uma estratégia delineada para esses fundos.

No que diz respeito ao panorama Português, podemos constatar que apesar de já existirem alguns programas de Mestrado e Doutoramento que abordam tópicos relacionados com a Inteligência Artificial, a existência de uma oferta totalmente

focalizada na área é ainda muito restrita. O que nos leva a um dos principais constrangimentos, é que existe uma grande carência de recursos humanos especializados.

Atenta a esta realidade, tem se desenvolvido um trabalho satisfatório na área, construindo vários centros de investigação desde 1980, entre os quais se destacam a APPIA, SPR e a SPRP. A FCT, em 2018, lançou 19 projetos focados na aplicação de tecnologias de Inteligência Artificial no sector público e para 2019 imensas iniciativas na mesma linha estão a ser planeadas – poucas foram implementadas. Os CoLABS têm como objetivo a criação de emprego científico potenciando a colaboração entre as diferentes instituições públicas e privadas com financiamento público e privado para eliminar a lacuna entre a investigação e atividades de inovação. De momento existem cerca de vinte CoLABS e existem quatro Digital Innovation Hub (DIH) no Porto (1), Lisboa (2) e mais recentemente também no Algarve, mas poucos a desenvolver atividades relacionadas com a Inteligência Artificial. Apenas dois CoLABS portugueses e um Digital Innovation Hub (ou DIH) têm como objetivo principal ajudar as empresas a tornarem-se mais competitivas através implementação das tecnologias de Inteligência Artificial (Moniz, 2018). Atualmente, as DIH são um dos principais pilares da difusão do conhecimento e “*know-how*” dentro da comunidade empresarial Portuguesa (Moniz, 2018). Deste modo, aproveitando este destaque que os DIH possuem na comunidade empresarial nacional, dever-se-ia investir nos DIH para terem como uma das principais missões fomentarem a implementação de tecnologias de IA no tecido empresarial nacional, como estes são a principal ponte entre as empresas e as novas tecnologias digitais é claro que se encontra aqui uma oportunidade estratégica que não está a ser equacionada.¹²

A investigação em Portugal, na temática, encontra-se centrada nas instituições académicas, em particular, na área da Engenharia. No entanto, esta continua a ser desenvolvida baseando-se em disciplinas do conhecimento mais teórico, contrariamente aquilo que é realizado nos EUA. Estas investigações são amplamente dependentes de financiamentos Europeus, fator que mostra o fraco investimento dos diferentes governos e entidades particulares no sector da IA (Moniz, 2018). No que diz respeito às empresas portuguesas que têm como o seu negócio principal a IA, as mesmas reconhecem que necessitam de melhorar as suas parcerias com as instituições académicas (Moniz, 2018).

¹² Os dados sobre os investimentos realizados em Portugal no âmbito da Inteligência Artificial foram retirados do *site* da Iniciativa Nacional em Competências Digitais ou IncoDe.2030 - <https://www.incode2030.gov.pt/> (acedido em: 03.12.2019)

Em suma, os efeitos desta revolução vão depender significativamente dos atores sociais e principalmente das políticas adotadas. Note-se ainda que este debate não poderá estar apenas condicionado à disciplina da Economia e da Economia Política, sendo necessária a intervenção de outras disciplinas transversais que consigam articular entre si estratégias de estudo de forma a evitar crises sociais e económicas profundas.

6.2 Limitações e insuficiências do estudo

A presente dissertação apresenta várias limitações dado que o tema de estudo ser recente e não existir suporte científico em quantidade e qualidade suficiente ficando por aprofundar alguns dos temas expostos e analisados. Ao longo da dissertação, alguns exemplos de questões que foram surgindo com o desenvolvimento da investigação ficaram registados na discussão de cada ponto.

Tendo em conta a natureza da investigação, os esforços foram direcionados no sentido de delinear com alguma profundidade teórica as externalidades negativas que poderão colocar em causa a penetração e os impactos da tecnologia se os governos não atuarem. Deste modo, antes de se partir para projeções quantitativas dos impactos económicos é necessário ter em mente todas estas variáveis.

Assim sendo, em primeiro lugar a falta de dados quantitativos no quadro Europeu e principalmente no quadro Português é uma das principais fragilidades que identifiquei nesta dissertação. Devido a este constrangimento, grande parte das análises desenvolvidas são da perspetiva da realidade económica e social Norte Americana. Apesar do esforço realizado que não é suficiente, é essencial aprofundar a análise das implicações macroeconómicas e microeconómicas da Inteligência Artificial na Europa e em especial em Portugal, para que seja possível começar a equacionar as melhores políticas para tirar melhor partido das tecnologias de IA (ao contrário do que aconteceu com a revolução digital).

Outra fragilidade é não ter sido possível realizar entrevistas guiadas a alguns elementos chave no âmbito do desenvolvimento da estratégia nacional de inovação em Portugal e aos responsáveis em termos Europeus. Com o objetivo de perceber concretamente quais são as medidas e políticas que estão em marcha e as que estão planeadas para o curto prazo e também a longo prazo para combater tudo aquilo que se

tem vindo a debater ao longo da dissertação. Este tipo de metodologia iria combater a falta de informação para que se conseguisse desenvolver análises mais aprofundadas e detalhadas que demonstrem qual será o impacto quantitativo das tecnologias de Inteligência Artificial a nível da Europa e de Portugal, em particular. A tarefa de concretizar estas entrevista não é uma missão fácil e iria implicar uma estratégia metodológica muito mais complexa que ultrapassa largamente o âmbito de uma tese de mestrado, mas que se tornou claro ser extremamente importante para o desenvolvimento e previsão do futuro socioeconómico condicionado pela explosão da IA e nomeadamente da ML.

O enquadramento teórico pode ser desenvolvido com novos conceitos e teorias que foram identificados ao longo do desenvolvimento das hipóteses exploratórias. É necessário realizar um levantamento bibliográfico no sentido de abranger diversas teorias económicas que aprofundem a questão dos “*winner take it all markets*” no sentido de perceber melhor quais são as implicações já estudadas com as tecnologias digitais anteriores.

O tema dissertado é bastante multidisciplinar, para entendermos a extensão da tecnologia e aquilo que esta é realmente capaz de realizar devermos recorrer aos especialistas na área Computação, IA, Bioinformática ou Engenharia Informática. A grande maioria das produções académicas no âmbito da Ciências Sociais não realiza este esforço inicial de trabalho multidisciplinar, o que muitas vezes gera confusão por parte dos autores que utilizam a Inteligência Artificial e a *Machine Learning* como sinónimos, quando na verdade não o são. Deste modo, esta distinção na literatura ainda não se encontra bem delimitada o que não facilitou a análise aqui desenvolvida. Ao longo da dissertação foram feitos vários esforços no sentido de deixar bem claro a diferença entre a Inteligência Artificial e a *Machine Learning*, porém acredito que pode não estar claro e que em vários momentos essa distinção poderia ser mais precisa.

6.3 Sugestões para investigações futuras

Todas as limitações que aponte anteriormente poderão apresentar-se como ponto de partida para desenvolver e aprofundar a temática, ao longo da dissertação também fui levantando diversas questões que necessitam urgentemente de ser respondidas para

podermos antecipar diversas consequências negativas e começar a desenhar soluções para diminuir os seus efeitos:

- a) Como é que a Europa pode repensar as suas políticas públicas relacionadas com o rendimento para minimizar as externalidades negativas em caso de redução significativa no emprego devido aos desenvolvimentos da Inteligência Artificial? Como é que pode oferecer melhor suporte social no momento da transição?
- b) Quais serão os principais efeitos das dinâmicas de “*winner take it all markets*” tanto a curto prazo como a longo prazo para a economia Europeia?
- c) Como é que é possível a Europa vai conseguir promover junto das empresas uma competição saudável com o objetivo de manter um equilíbrio entre as empresas líderes e as restantes minimizando os efeitos negativos oriundos de uma economia “*winner take it all*” amplificada pela ML?
- d) Que consequências podemos prever para Portugal? Teremos as capacidades financeiras e as instituições tecnológicas e científicas para apoiarmos as empresas privadas e os organismos públicos que queiram tirar proveito dos mecanismos de *Machine Learning*?
- e) Como é que o aumento dos gaps devido ao desenvolvimento da *Machine Learning* vai afetar as diferentes indústrias e sectores Europeus?

Estas questões que foram surgindo com o desenvolvimento das hipóteses demonstram que o caminho a percorrer nesta área ainda é muito longo, principalmente no que diz respeito às análises realizadas no âmbito Europeu e Português.

O caso Português é ainda mais preocupante, principalmente, porque praticamente não existem dados disponíveis e os trabalhos desenvolvidos são ainda mais escassos. O único trabalho relevante desenvolvido, no panorama Português, é de António Brandão Moniz (2018) que no seu livro “Robótica e Trabalho. O futuro Hoje” desenvolve a relação entre a tecnologia e o trabalho, focando-se, no impacto que a automação e a robótica (uma das subáreas da IA) terão no futuro dos trabalhos em Portugal. A falta de dados quantitativos sobre o contexto Português é uma limitação que Moniz (2018) também identifica na área da Robótica, salientando que é necessário enquadrar os principais estudos internacionais na conjuntura Portuguesa, para começarmos a equacionar o impacto que os desenvolvimentos tecnológicos na área da robótica poderão ter no mercado de trabalho. A mesma mensagem é possível deixar relativamente à ML, é claro

que área da IA e todas as suas subáreas não tem sido a prioridade da academia tanto em Portugal como na Europa.

Através dos diferentes dados apresentados e pelas evidências da conjuntura e dinâmica nacional é evidente que Portugal tem um longo caminho a percorrer e que existe muito trabalho a desenvolver. A escassez de dados e de estudos de impacto em Portugal constitui uma enorme lacuna que necessita ser urgentemente colmatada, no entanto, é necessário, que tanto o governo como as entidades particulares se interessem pela área da IA e pelas suas capacidades e invistam nela como sendo o futuro.

Bibliografia

Agrawal, A., Gans, J. & Goldfarb, A. (2018) *Prediction Machines. The Simple Economics of Artificial Intelligence*. Boston, Massachusetts, Harvard Business Review Press.

Aghion, P., Jones, B. & Jones, C. (2017) *Artificial Intelligence and Economic Growth*. Stanford Institute for Economic Policy Research, Working Paper, 17-027.

Autor, D., Dorn, D., Katz, L., Patterson, C. & Van Reenen, J. (2017) *The Fall of the Labor Share and the Rise of Superstar Firms*. CEP Discussion Papers, Centre for Economic Performance, LSE.

Arthur, B. (2009) *The Nature of Technology What it is and How it Evolves*. London, Simon and Schuster.

Arthur, B. (2014) *Complexity and the Economy*. New York, Oxford University Press.

Arthur, B. (2017) *Where Is Technology Taking The Economy. In Artificial Intelligence Takes Shape - AI Is Poised To Transform The Workplace And The Economy*. McKinsey Global Institute, 4, 33 – 43. Disponível em <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/McKinsey%20Quarterly/Digital%20Newsstand/2017%20Issues%20McKinsey%20Quarterly/Q4-2017-McKQuarterly-Full-Issue.ashx> [Consultado em 26 de Novembro 2018]

Barwise, P. & Watkins, L. (2018) *The Evolution of Digital Dominance: How and Why we got to GAFA*. In: Moore, M. (2018) *Digital Dominance: The Power of Google, Amazon, Facebook, and Apple*, New York, Oxford University Press, 21-49.

Bertsimas, D. & King, A. (2016) An Algorithmic Approach to Linear Regression. *Operations Research*, 64(1), 2-16.

Brynjolfsson, E., McAfee, A. & Cummings, Jeff, (2014) *The Second Machine Age. Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York, W.W Norton & Company.

Bughin, J., Hazan, E., Ramaswamy, S., Chui, M., Allas, T., Dahistrom, P.; Henke, N. & Trench, M. (2017) *AI the Next Digital Frontier*. Londres, McKinsey Global Institute.

- Bughin, J., Hazan, E., Ramaswamy, S., Chui, M., Allas, T., Dahistrom, P.; Henke, N. & Trench, M. (2018) *Notes from the AI Frontier – Modeling the Impact of AI on the World Economy*. Londres, Mckinsey Global Institute.
- Cantweel, J. (2006) *Innovation and Competitiveness*. In Fagerberg, J.; Mowery, D. e Nelson, R. (Editores) (2006), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford, Oxford University Press, 543-567.
- Chen, N., Christensen, L., Gallagher, K., Mate, R., & Rafert, G. (2016) *Global Economic Impacts Associated with Artificial Intelligence*. Boston, Analysis Group Study.
- Clayton, C. (1997) *The Innovator's Dilemma - When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston, Harvard Business School Press.
- Cruz, M.B. (1989), *Teorias Sociológicas. Os Fundadores e os Clássicos*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Daugherty, P. & Wilson, J. (2018) *Human + Machine. Reimagining Work in the Age of AI*. Boston, Massachusetts, Harvard Business Review Press.
- Dosi, G., Orsenigo, L., & Sylos, M. (2005). *Technology and the Economy*. In Smelser, N. & Swedberg, R. (Editores) (2005) *The Handbook of Economic Sociology*. Princeton, Princeton University Press; and Russell Sage Foundation, 678-702.
- Domingos, P. (2015) *The Master Algorithm. How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World?* New York, Basic Books.
- Frankish, K. & Ramsey, W. (2014) *The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Frey, C. & Osborne, M. (2013) *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?* Oxford Martin Programme on Technology and Employment, Working Paper.
- Furman, J., Holdren, J., Muñoz, C., Smith, M. & Zients, J. (2016) *Artificial Intelligence, Automation, and the Economy*. Washington, D.C, Executive Office of the US President (EOP).
- Gordon, R. (2016), *The Rise and Fall of American Growth: The U.S. Standard of Living since the Civil War*. Princeton, Princeton University Press.

- Harnad, S. (1990) The Symbol Grounding Problem. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 42, 335-346.
- Hurwtiz, E. & Marwala, T. (2017) *Artificial Intelligence and Economic Theory - Skynet In the Market*. Switzerland, Springer.
- Iansiti, M. & Lakhani, K. (2018) *Managing Our Hub Economy*. In On AI, Analytics, and the New Machine Age. Boston, Massachusetts, Harvard Business Review Press.
- Kangas, O. (2019). *First Results from The Finnish Basic Income Experiment*. ESPN Flash Report 2019/2017. Brussels: European Commission, European Social Policy Network (ESPN).
- Oliveira, A. (2017) *The Digital Mind: How Science is Redefining Humanity*. Massachusetts, The MIT Press.
- Mitchell, T. (1997) *Machine Learning*. Maidenhead, McGraw-Hill.
- Mokyr, J. (2014) Secular Stagnation? Not in Your Life. In Teulings, C. & Baldwin, R. (2014) *Secular Stagnation: Facts, Causes and Cures*. London, Centre for Economic Policy Research (CEPR), 83-89.
- Moniz, A. (2018) *Robótica e Trabalho: o Futuro Hoje*. Lisboa, Glaciar Edições.
- Piketty, T. (2014) *Capital in the Twenty- First Century*. Cambridge, Massachusetts, The Belknap Press of Harvard University Press.
- Rapp, F. (1989) *Analytical Philosophy of Technology*. London, D. Reidel Publishing Company.
- Russell, S., Dewey, D. & Tegmark, M.E (2015) Research Priorities for Robust and Beneficial Artificial Intelligence. *AI Magazine*, 36 (4), 105-114.
- Russel, S. & Norving, P. (2010) *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. New Jersey, Practice Hall
- Schumpeter, J. (1912). *Theory of Economic Development*. Reprint (1996), Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press,
- Silva, M. (2018) *Economia e Sociedade. Pensar o Futuro*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

Tirole, J. & Rendall, S. (2017) *Economics for the Common Good*. New Jersey, Princeton University Press.

Verspagen, B. (2006) *Innovation and Economic Growth*. In Fagerberg, J., Mowery, D. & Nelson, R. (Editores), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford, Oxford University Press, 487-513.

Widerquist, K. (2004) A Failure To Communicate: What (If Anything) Can We Learn From The Negative Income Tax Experiments? *Journal of Socio-Economics*, 34, 49-81