



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE ECONOMIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

ALEXANDRE DE OLIVEIRA BITTENCOURT MACHADO

**A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA COMO NOVO AGENTE
DISRUPTOR DE MERCADO**

SALVADOR

2023

ALEXANDRE DE OLIVEIRA BITTENCOURT MACHADO

**A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA COMO NOVO AGENTE
DISRUPTOR DE MERCADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no curso de Ciências Econômicas da Faculdade de Economia da Universidade Federal da Bahia como requisito final à obtenção do grau de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Bispo de Jesus Júnior.

SALVADOR

2023

Ficha catalográfica elaborada por Vânia Cristina Magalhães CRB 5- 960

Machado, Alexandre de Oliveira Bittencourt

M149 A inteligência artificial generativa como novo agente disruptor de mercado./ Alexandre de Oliveira Bittencourt Machado. – Salvador, 2023. 75 f. Il.; fig.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Economia, Universidade Federal da Bahia, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Bispo de Jesus Júnior.

1. Inteligência artificial – Aspectos sócio-econômicos. 2. Mercado de trabalho. 3. Tecnologia – Emprego. I. Jesus Júnior, Leonardo Bispo de. II. Título. III. Universidade Federal da Bahia.

CDD – 006.3

ALEXANDRE DE OLIVEIRA BITTENCOURT MACHADO

**A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA COMO NOVO AGENTE
DISRUPTOR DE MERCADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no curso de Ciências Econômicas da Faculdade de Economia da Universidade Federal da Bahia como requisito final à obtenção do grau de bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovado em 13 de dezembro de 2023.

Banca examinadora

Documento assinado digitalmente
 **LEONARDO BISPO DE JESUS JUNIOR**
Data: 13/12/2023 23:37:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Leonardo Bispo de Jesus Júnior
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Documento assinado digitalmente
 **HAMILTON DE MOURA FERREIRA JUNIOR**
Data: 14/12/2023 14:09:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Hamilton de Moura Ferreira Júnior
Universidade Federal da Bahia - UFBA

Documento assinado digitalmente
 **BERNARDO PEREIRA CABRAL**
Data: 14/12/2023 08:46:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Bernardo Pereira Cabral
Universidade Federal da Bahia - UFBA

RESUMO

Este artigo explora o cenário atual da Inteligência Artificial Generativa, destacando o crescente interesse nesse campo, e as altas expectativas da sociedade como um todo. A empolgação em torno da IA Generativa é impulsionada pela sua acessibilidade, e pelo potencial de impactar diversos setores das mais diversas organizações. Já é possível observar alguns efeitos decorrentes do uso dessa tecnologia, sinalizando uma mudança na maneira como as empresas operam e competem. As organizações são encorajadas a adotar essas tecnologias para manterem-se competitivas, mas devem também estar atentas às incertezas que cercam a área, incluindo questões éticas, privacidade de dados e outras implicações. Paralelamente, é vital que os trabalhadores reconheçam a presença crescente da tecnologia no ambiente corporativo e aprendam a utilizar essa tecnologia a seu favor, adaptando-se às novas exigências e oportunidades que ela apresenta. Este estudo visa proporcionar uma compreensão abrangente sobre esse campo, suas aplicações atuais, expectativas futuras, e os desafios e oportunidades que ela oferece para indivíduos e organizações.

Palavras chave: inteligência artificial generativa; mercado de trabalho; empresas.

ABSTRACT

This article explores the current landscape of Generative Artificial Intelligence, highlighting the growing interest in this field and the high expectations of society. The excitement around Generative AI is driven by its accessibility and the potential to impact various sectors across diverse organizations. The effects of using this technology are already observable, signaling a shift in the way companies operate and compete. Organizations are encouraged to adopt these technologies to remain competitive but must also be aware of the uncertainties surrounding the area, including ethical issues, data privacy, and other implications. Concurrently, it is vital for workers to recognize the growing presence of this technology in the corporate environment and learn to use it to their advantage, adapting to the new demands and opportunities it presents. This study aims to provide a comprehensive understanding of this field, its current applications, future expectations, and the challenges and opportunities it offers for individuals and organizations.

Keywords: generative artificial intelligence; labor market; enterprises.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	06
2 ENTENDENDO A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA	10
2.1 O PROCESSO EVOLUTIVO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO UM CAMPO CIENTÍFICO	10
2.2 DEFININDO O CONCEITO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	13
2.3 PRINCÍPIOS POR TRÁS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA.....	16
3 O PAPEL DA IA NA EXPANSÃO DA REVOLUÇÃO 4.0	20
3.1 CONTEXTUALIZANDO A REVOLUÇÃO 4.0	20
3.2 O IMPACTO DA IA NA REVOLUÇÃO 4.0	23
4 TRANSFORMAÇÕES SOCIOECONÔMICA PELA IA GENERATIVA.....	27
4.1 PERSPECTIVAS ECONÔMICAS PELA IA GENERATIVA	27
4.2 HORIZONTE DE ALTERAÇÕES NO MERCADO DE TRABALHO	34
4.3 IMPLICAÇÕES SOBRE O AMBIENTE EMPRESARIAL	44
5 DESAFIOS DO CAMPO QUE PRECISAM SER SUPERADOS	54
5.1 DESAFIOS ÉTICOS E MORAIS	54
5.2 ATUAÇÃO GOVERNAMENTAL PARA REGULAMENTAÇÃO	57
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

No cenário contemporâneo, a confluência entre avanços tecnológicos e a economia tem produzido transformações profundas que reverberam através das diferentes camadas socioeconômicas. Nesse contexto, a Inteligência Artificial (IA) emerge como uma força impulsionadora, provocando mudanças e redefinindo as formas tradicionais de interação social e comercial.

O surgimento da IA generativa fez com que essa tecnologia assumisse uma nova posição perante a sociedade, demonstrando um potencial significativo para reconfigurar as estruturas de mercado, além de poder desencadear mudanças de alcance e proporções inéditas. Com algoritmos que sugerem e criam informações, e que aprendem com dados e interações, a IA generativa é capaz de fornecer *insights* valiosos, prever tendências, personalizar produtos e serviços, automatizar tarefas e, até mesmo, tomar decisões complexas de maneira autônoma.

A IA é um campo vasto e em rápida evolução, que engloba o desenvolvimento de máquinas e sistemas capazes de executar tarefas que, normalmente, exigiriam inteligência humana. O conceito teve origem na ideia de que as máquinas podem ser projetadas para imitar ou simular a inteligência humana, incluindo a capacidade de aprender, raciocinar, resolver problemas e comunicar (Grewal, 2014). Entende-se que a definição de IA pode variar dependendo do contexto, mas, em geral, refere-se à capacidade das máquinas de executar tarefas inteligentes, incluindo a compreensão de dados complexos, o reconhecimento de padrões, a tomada de decisões e, até mesmo, a participação em conversas em linguagem natural.

A pesquisa em IA é muito influenciada por diversos campos, em particular a matemática e a estatística, que constituem a base dessas investigações, como deixa claro Baruffaldi *et al.* (2020). Apesar de muito associada à robótica, a atuação da tecnologia tem impacto significativo não apenas em áreas dessa vertente, mas, também, impulsiona o desenvolvimento de uma ampla gama de aplicações comerciais. Assim, foram desenvolvidas técnicas avançadas, como o aprendizado de máquina (*machine learning*) e redes neurais, que, embora tenham suas raízes na inteligência artificial, evoluíram para se tornar campos de estudo independentes e especializados exclusivamente nesses temas.

Um dos aspectos-chave da IA é a aquisição de conhecimento. As máquinas precisam adquirir e processar grandes quantidades de informações para realizar tarefas inteligentes. Essa aquisição de conhecimento pode ser feita por meio de vários meios, incluindo coleta de dados, algoritmos e sistemas especialistas. Ao analisar e aprender com conjuntos de dados extensos, esses sistemas podem identificar padrões, extrair *insights* significativos e adaptar seu comportamento de acordo.

Falando especificamente das IAs Generativas. A tecnologia tem essa denominação visto que conseguem gerar conteúdo, a partir de um conjunto de dados coletados, ao invés de somente analisar ou agir com base neles. Pode-se dizer que as soluções mais comuns, vistas para essa inovação, são voltadas para a geração de conteúdos, extração de informações, *chatbots*

inteligentes, tradução de idiomas e, até geração de códigos. A própria tecnologia *Generative Pre-Trained Transformer* (GPT), tão notável por conta da popularização do ChatGPT, é uma IA avançada, que emprega modelos de rede neural, chamados transformadores, para processar sequências de palavras em textos (Maxime, 2019). Isso permite a geração de conteúdo mais preciso e coerente, incorporando informações contextuais detalhadas.

No que diz respeito ao processo evolutivo dessa tecnologia, Chen e Shen (2019) apontam que desde a década de 1950, especialmente nos anos 70, a pesquisa em redes neurais artificiais já estava lançando as bases para o que conhecemos hoje como “aprendizado de máquina”. Já nos anos 80, apesar de o termo “IA” ser popular na academia (e, principalmente, na ficção), a implementação prática enfrentou desafios pela falta de tecnologias alternativas, quando comparadas àquelas já disponíveis no mercado, como microprocessadores e computadores pessoais, o que acabou atrasando seu desenvolvimento mais amplo.

É, a partir da década de 1990, que a IA ganhou novamente destaque. A tecnologia, que vinha sendo balizada em décadas de pesquisas científicas, passa a ter aplicações mercadológicas, muito por conta das mudanças sociais que já se encontravam, referente à massificação das tecnologias digitais e da *internet*, disponibilidade massiva de dados e aumento da capacidade computacional (Agrawal *et al.*, 2019). Para Nolan (2021), é importante considerar que a aplicação comercial dessa tecnologia não é um fenômeno recente, como se aparenta, devido à popularização da IA generativa. O autor aponta que a industrialização da IA ocorreu 40 anos atrás, em sistemas especialistas em aumento na produtividade de atividades rotineiras, como, por exemplo, o agendamento de tarefas.

A IA, embora tenha sido incorporada nos mercados, laboratórios de pesquisa, instituições acadêmicas e empresas de tecnologia de ponta, permanecia como um tema relativamente desconhecido para o público em geral. Esta realidade foi destacada por Fonseca (2017), que argumentou que a dificuldade de difusão da IA estava ligada à falta de compreensão por parte dos usuários sobre como essa tecnologia operava em suas ferramentas diárias, como *smartphones* e computadores, por exemplo. O uso pode ser, também, imperceptível, como na utilização empresarial para a análise de dados de consumidores em larga escala. A ausência de regulação adequada nesse cenário acaba gerando impactos socioeconômicos que passam despercebidos.

Atualmente, é possível encontrar sobre o tema em *blogs*, vídeos *online*, cursos e tutoriais, que oferecem informações acessíveis sobre o assunto, tornando-o mais compreensível para uma audiência mais ampla. Isso fez com que a IA deixasse de ser um tópico obscuro para se tornar uma parte integral das conversas em tecnologia, negócios, ética e sociedade em geral.

Embora o potencial disruptivo da IA possa não estar completamente claro para o senso comum, ele é indiscutivelmente de grande significado. Como aponta Baily *et al.* (2023), a difusão da IA generativa, ao contrário da automação física, tem ocorrido muito mais rapidamente devido as ferramentas digitais e a *internet*. Isso é exemplificado pelo sucesso rápido do *ChatGPT*, que alcançou 100 milhões de usuários em apenas dois meses. Além

disso, novos modelos de IA generativa, como Bard, do Google, Claude, da Anthropic, e sistemas multimodais, que combinam texto, imagens, vídeo, áudio e funções robóticas, estão surgindo. Essas tecnologias, baseadas em redes neurais profundas e treinadas com grandes volumes de dados, têm a capacidade de se adaptar à uma ampla gama de tarefas.

Em pesquisa recente, Chui *et al.* (2023) estimam que a IA generativa pode adicionar entre US\$ 2,6 trilhões a US\$ 4,4 trilhões anualmente de impacto sobre a produção das empresas, considerando os usos de casos analisados pela pesquisa. Trazendo um comparativo, todo o PIB do Reino Unido, em 2021, foi de US\$ 3,1 trilhões. De acordo com os autores, essa estimativa quase dobraria se fosse incluído o impacto da IA aplicado à *softwares*.

A rápida assimilação de tecnologias com impacto amplo e profundo na economia é denominada "*General Purpose Technologies*", ou Tecnologias de Uso Generalizado. Essas tecnologias têm a capacidade de reconfigurar a sociedade e alterar o panorama empresarial de uma era (Forbes, 2021). A Inteligência Artificial generativa é uma candidata a alcançar esse *status*, com previsões de influenciar diversas aplicações nos próximos 30 anos. Para tirar o máximo proveito dessas inovações, é necessário implementar mudanças substanciais tanto na estrutura das empresas quanto no quadro regulatório. É relevante observar que, historicamente, tanto a eletricidade quanto os computadores levaram décadas para se integrarem completamente aos processos produtivos e terem um impacto significativo na produtividade.

Impulsionado pela IA, o mundo está ingressando rapidamente em uma nova revolução industrial, caracterizada pelo avanço da automação, particularmente em ocupações que envolvem tarefas repetitivas. Esse fenômeno resulta na substituição de trabalhadores humanos por sistemas de IA, capazes de executar tarefas com maior precisão e eficiência. Como observa Schwab (2016), essa tendência abrange todos os setores da economia global. Logo, é evidente que o mercado de trabalho passará por uma transformação radical nos próximos anos. Com o surgimento de novas profissões e a proliferação da IA nos setores produtivos, será uma obrigatoriedade para os trabalhadores e empregadores identificarem as novas competências necessárias para os futuros profissionais que terão que interagir com a IA no cerne dessas mudanças (Carvalho, 2021).

Enquanto a implementação da IA vem evoluindo de maneira exponencial na sociedade, os impactos que permeiam a dimensão ética e de políticas de uso dessa tecnologia não evoluíram de maneira equivalente, como traz Fonseka (2017). Ainda existe uma ausência na transparência e na regulamentação, principalmente no uso de algoritmos de automação, que tem a capacidade de impactar nossas escolhas e tomar decisões significativas e que afetam vidas sem supervisão adequada.

Os governos terão um papel importante a ser desempenhado em promover os diálogos sobre a formulação de regulamentações e marcos legais. Ainda mais quando se considera a crescente importância que dados pessoais têm. Na era da revolução digital, é preciso considerar a importância da privacidade e da confidencialidade dos dados. Assim, faz-se necessário

aprimorar o controle sobre a aplicação desse tipo de tecnologia, preservando a privacidade e a segurança pessoal.

Considerando a importância que um tema tão recente pode ter na sociedade e na economia, este estudo visa realizar uma análise exploratória do cenário atual da Inteligência Artificial Generativa. Pretende-se analisar a evolução da tecnologia, sua expansão, saindo das indústrias para a popularização do uso, considerando sua ação impulsionadora no avanço da revolução 4.0, assim como os impactos sobre aqueles setores sociais e econômicos que estão sendo atingidos pela tecnologia e que devem passar por mudanças consideráveis nos próximos anos. Para atingir esse objetivo, este trabalho se baseará em pesquisas bibliográficas e qualitativas, utilizando fontes como artigos científicos, reportagens, livros e relatórios, a fim de proporcionar uma compreensão mais abrangente desse fenômeno.

Além da presente introdução, este trabalho está estruturado em cinco seções subsequentes. A seção dois abordará a evolução da tecnologia e os princípios que diferem o modelo generativo dos demais. A terceira seção examinará os impactos dessa tecnologia sobre a economia e seu papel na nova revolução industrial. A quarta seção discutirá como a IA generativa já tem alterado estruturalmente as empresas e o mercado de trabalho. Na quinta seção serão abordados os desafios e incertezas no uso dessa inteligência artificial e como a atuação governamental terá um papel fundamental para um uso regulamentado da tecnologia. Por último, na sexta seção, serão apresentadas as conclusões finais desta pesquisa.

2 ENTENDENDO A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

2.1 O PROCESSO EVOLUTIVO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO UM CAMPO CIENTÍFICO

Não se pode negar o quão impactante é a IA, ao ser capaz de transcender as fronteiras da ciência. Desde as primeiras concepções de máquinas inteligentes delineadas em obras de ficção científica até os avanços tecnológicos contemporâneos, a IA tem percorrido um caminho que se desdobra entre especulações literárias, fictícias e mitológicas, e a sua efetiva implementação tecnológica. Essa trajetória tem exercido uma influência significativa e duradoura na forma como compreendemos e interagimos com o nosso entorno, estabelecendo uma relação entre a imaginação humana e a materialização progressiva das capacidades da IA.

O desejo de criar autômatos capazes de agir com inteligência, simulando a capacidade humana, tem raízes profundas na história, remontando à antiguidade, como evidenciado em narrativas mitológicas antigas, como as histórias de Talos e gigantes de bronze na mitologia grega, ou na criação de seres inanimados que adquirem inteligência, no mito hebraico de Golem (Barbosa, 2020).

A IA, conforme definida pela literatura especializada, consiste em uma forma de inteligência manifestada por máquinas, assim se diferenciando da inteligência inerente de seres humanos e até outros animais (Poole *et al.*, 1998). Uma das primeiras concepções de máquinas com capacidade cognitiva autônoma pode ser identificada no romance "Erewhon," escrito por Samuel Butler, e publicado em 1872. Influenciado pela revolução industrial e pelas teorias darwinianas, o autor delineia uma sociedade em distopia, onde existem máquinas que, supostamente, desenvolvem consciência por meio do mecanismo de seleção natural. Ainda nesse contexto, emerge a destacada figura de Isaac Asimov, como uma das figuras proeminentes do gênero da ficção científica. Obras como "Eu, Robô" (1950) e "O Homem Bicentenário" (1976), destacaram-se como pioneiras neste domínio, uma vez que exploram profundamente questões cruciais que permeiam a relação entre a humanidade e a Inteligência Artificial.¹

Foi nesse mesmo período que a IA passou a se estruturar como um campo científico. O considerado marco-zero da IA ocorreu no ano de 1956, quando diversos pesquisadores se reuniram no Dartmouth Summer Research Project para mapear caminhos futuros para investigação sobre o tema, criando, assim, um campo de estudo científico e o termo IA. (Russel; Norvig, 2013).

No entanto, é importante observar que as raízes do campo da tecnologia em questão remontam um período anterior ao ponto de partida reconhecido. Em 1943, foi concebido um

¹ Disponível em: <https://www.aquare.la/ia-na-ficcao-cientifica/>

modelo matemático que desempenhou um papel fundamental na formulação de estruturas de raciocínio artificial destinadas a emular o sistema nervoso humano. O trabalho elaborado por McCulloch e Pitts estabeleceu um alicerce sólido para pesquisas e modelos subsequentes no âmbito da IA. Além disso, é relevante mencionar que durante o contexto da Segunda Guerra Mundial, os avanços tecnológicos direcionados ao desenvolvimento de armamentos desempenharam um papel significativo na, ainda embrionária, evolução tecnológica desse campo (Teixeira, 2009).

Em 1948, um grupo de pesquisadores se reuniu no Simpósio de Hixon, um evento concebido com o propósito de disseminar estudos concernentes à psicologia da mente humana e às inovações que uniam a disciplina da eletrônica com mecanismos que procuravam emular as atividades humanas. Em 1950, através de seu estudo, Alan Turing introduziu o célebre "Teste de Turing." Este experimento propunha uma situação na qual uma máquina seria capaz de replicar a comunicação textual de um ser humano, enquanto interlocutores humanos se esforçariam para discernir se estavam em uma conversa com um ser humano ou com uma máquina. Turing estipulou que, se a máquina conseguisse enganar com sucesso um terço dos participantes, ela poderia ser categorizada como "inteligente". Ainda que a definição de máquina "inteligente" tenha recebido críticas na época, esse experimento foi um pioneiro para o campo da IA (Barbosa, 2020).

Na segunda metade do século XX, mais precisamente nas décadas de 1950 e 1960, ocorreu um notável progresso no domínio da IA suscitando interesse tanto na comunidade acadêmica, quanto no setor comercial. Nesse período, instituições privadas e entidades governamentais passaram a direcionar investimentos consideráveis para impulsionar pesquisas neste campo. É relevante observar que, no final da década de 1950, o ilustre John McCarthy, amplamente reconhecido por sua contribuição ao campo e por cunhar o termo "Inteligência Artificial", criou a linguagem de programação LISP, exercendo uma influência marcante sobre o desenvolvimento de linguagens subsequentes, como Python, que é amplamente utilizada na atualidade (Barbosa, 2020).

Em 1963, Leonard Uhr e Charles Vossler publicaram um artigo que lançou as bases do reconhecimento de padrões, uma aplicação essencial na IA. Nas décadas seguintes, eventos significativos moldaram esse campo, incluindo a formulação da Lei de Moore, em 1965, que previu o aumento constante no número de transistores em *chips* de computador. Além disso, o *chatbot*, hoje comum em comércio eletrônico e suporte ao cliente, foi pioneiramente desenvolvido por Joseph Weizenbaum, em 1964, utilizando-se palavras-chave e estrutura sintática para simular interações como um psicanalista (Luger, 2004).

De acordo com Luger (2004), entre a década de 60 e 70, a pesquisa em IA se concentrou em sistemas baseados no conhecimento, dando origem aos primeiros sistemas chamados "especialistas". Esses sistemas eram responsáveis por extrair e codificar conhecimento humano para resolver problemas. Essa época, também, viu o desenvolvimento de algoritmos eficientes para classificar resultados. Nesse contexto, surge, também, a primeira máquina de rede neural artificial, que é projetada para explorar capacidades de aprendizado, testando,

através da navegação de um labirinto virtual, se essa era capaz de aprender e passar no teste de forma autônoma (Barbosa, 2020).

A pesquisa em redes neurais artificiais estabeleceu as bases conceituais para o campo do "*machine learning*", ou Aprendizado de máquina, em português (Chen; Shen, 2019). O termo "*machine learning*" foi introduzido por Arthur L. Samuel, e surgiu no final da década de 1950. Ele se refere à capacidade das máquinas de aprender com dados, utilizando algoritmos e dados para imitar o processo de aprendizagem humana, treinando o sistema para aumentar a precisão do aprendizado.

Na década de 1980, apesar da ampla popularidade do termo "IA" na literatura acadêmica e de ficção, obstáculos como limitações políticas, econômicas e tecnológicas resultaram em um período de estagnação no campo. Isso se refletiu em progresso lento e desafios persistentes (Russel; Norvig, 2013). Entretanto, houve avanços no campo, principalmente no âmbito do mercado privado. Nessa época surge o primeiro sistema especialista comercial, criado pela Digital Equipment Corporation (DEC), sendo uma ferramenta capaz de configurar pedidos para a aquisição de novos sistemas de computador. De acordo com Gomes (2010), essa ferramenta foi responsável por impulsionar os resultados financeiros da empresa, alcançando um faturamento anual de aproximadamente 40 milhões de dólares.

Na década de 1990, a IA começou a ser adotada no setor empresarial, expandindo seu alcance além da pesquisa acadêmica. Esse avanço foi impulsionado pelo aumento na capacidade computacional, impulsionado pelas tecnologias digitais e pela ascensão da *internet*. Além disso, o acesso a grandes volumes de dados desempenhou um papel crucial, ao viabilizar aplicações práticas no mercado, que antes eram predominantemente acadêmicas. Ainda nessa década, um marco notável ocorreu quando o supercomputador Deep Blue, da IBM, derrotou o campeão mundial de xadrez Garry Kasparov, demonstrando a capacidade da IA em competir, em certas circunstâncias, com a cognição humana. No entanto, esse evento foi marcado por controvérsias, devido à falta de divulgação pública de informações substanciais e à incerteza que cercava o entendimento da IA naquela época (Barbosa, 2020).

Com a vinda do século XXI, a evolução substancial na capacidade de processamento computacional impulsionou significativamente o desenvolvimento e a aplicação da IA em diversos domínios. O advento de máquinas mais robustas e compactas proporcionou uma abordagem mais eficiente para a resolução de problemas de extrema complexidade. Simultaneamente, a ascensão da computação em nuvem desempenhou um papel fundamental na ampliação das aplicações da IA abarcando áreas diversas, como a interpretação de imagens, o processamento de linguagem natural, a condução autônoma de veículos, a segurança de sistemas e a tomada de decisões estratégicas (Anyoha, 2017).

A IA tem provocado transformações irreversíveis na sociedade, com sua crescente integração em objetos cotidianos, como *smartphones*, apesar de muitos não reconhecerem seu papel nesse contexto. A IA automatiza tarefas repetitivas, processa informações a partir de dados, superando limitações humanas, como a fadiga, e tem a capacidade de adicionar inteligência a produtos existentes (Silva, 2020). Como exemplo da Siri, assistente de voz dos *Ipshones*, e a

Alexa da Amazon, grande parte da atuação da IA não está em um produto finalizado, mas, sim, como uma “*feature*”, uma ferramenta à um produto que já existe, dando um crescimento de valor ao produto que a tecnologia está agregada.

Essa evolução da IA é uma característica marcante da sociedade contemporânea e antecipa mudanças futuras significativas. Assim, a inteligência artificial está passando por avanços significativos e tem o potencial de trazer mudanças substanciais em várias áreas da sociedade, abrangendo economia, ciência, educação, agricultura, entretenimento e diversas indústrias.

2.2 DEFININDO O CONCEITO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A IA, enquanto campo científico de estudo, tem demonstrado uma capacidade notável para influenciar não apenas o domínio acadêmico, mas, também, áreas abrangentes da cultura, sociedade e economia. Essa interseção tem levantado o interesse tanto de especialistas do campo, quanto do público em geral.

Muito se deve ao fato de que seu campo de atuação, muitas vezes, transcende delimitações em termos de domínios ou aplicações restritas, abrangendo outros campos de conhecimento, como a saúde, finanças, transporte, robótica e entretenimento. Como aponta Grewal (2014), um exemplo dessa atuação pode ser a utilização da IA em sistemas de saúde, contribuindo desde o planejamento de tratamentos, a diagnósticos efetivos. Já veículos autônomos, como os da empresa Tesla, usam algoritmos de IA para a navegação e tomada de decisões em ruas e estradas. Assim, os sistemas de IA ostentam um potencial de transformação nas indústrias e aprimoramento em múltiplos aspectos da vida cotidiana.

Ao longo da história, diversos autores se debruçaram sobre a tarefa de definir o que é a IA. Muitos desses autores focaram na concepção da IA como um campo que busca conferir a máquinas a capacidade de deter comportamentos humanos, que são considerados inteligentes.

Esse pensamento é reforçado por autores como Rich (1988), que postula a IA como um domínio de pesquisa estritamente voltado à concepção e capacitação de sistemas computacionais aptos a emular atividades normalmente associadas à cognição humana. Essa visão encontra respaldo em Luger (2004), que define esse domínio como a automação de máquinas com o propósito de alcançar comportamentos que possam ser caracterizados como inteligentes.

Para Nilsson (2009), a IA esta intrinsecamente ligada à ciência da computação, mas que permeia distintas esferas das ciências. O autor define esse campo como um conjunto de técnicas voltadas para o desenvolvimento de máquinas, que solucionam problemas que, normalmente, demandam capacidade humana. Para definição do campo, parte-se da pressuposição de que a capacidade das tecnologias desenvolvidas com IA podem, através de um computador, replicar funções cognitivas humanas com precisão, como raciocínio, aprendizado, percepção (Ganascia, 2018).

Nesta mesma esteira argumentativa, Pereira (2020) levanta a ideia de que a IA constitui um corpus de conhecimento cuja missão primordial consiste na emulação de comportamentos inteligentes de sistemas computacionais como seu principal veículo de materialização. Tais definições não abarcam com profundidade os significados inerentes a definição de “Inteligência”, e se prendem à IA como um domínio da ciência da computação.

É entendido que o termo “Inteligência artificial” teve sua origem em 1956, em reunião no campus do renomado Dartmouth College, nos Estados Unidos, e sua criação é comumente atribuído à John McCarthy, então professor de matemática em Dartmouth. McCarthy e outros renomados pesquisadores se reuniram entre junho e agosto daquele ano, para discutir tópicos como automação, neurociência, e a capacidade de máquinas exercerem tarefas humanas.²

Em artigo de 2007, o próprio McCarthy descreve que inteligência é a habilidade de solucionar problemas do mundo, podendo ocorrer com humanos, animais e, até, em certas máquinas, não havendo limitação para organismos vivos. Além disso, o autor considera que Inteligência artificial não pode se restringir a emular o pensamento do homem, mas se trata da capacidade de resolver astutamente problemas que o mundo tem. Nesse sentido, o autor entende que os pesquisadores do tema têm a total liberdade para tentar criar comportamentos inteligentes, independentemente do método, para resolver esses problemas (McCarthy, 2007).

Essa visão é compartilhada por Pascual (2017), que diz ser essencial entender que o campo da IA é vasto, e que, por isso, pode ser abordado de maneiras diferentes. Dessa maneira, seria primeiro abordar a concepção de “Inteligência”, para depois definir o campo, como um todo.

Essa dualidade conceitual tem sido abordada por diversos estudiosos, com a perspectiva do termo “artificial” sendo caracterizado pela ausência de fontes naturais, em sua origem. Já o conceito de “inteligência” engloba um conjunto de atividades mentais, tais como aprendizado, raciocínio, compreensão, aquisição de conhecimento e conexões lógicas. Essa abordagem segmentada permite uma compreensão mais profunda do termo complexo e multifacetado da IA (Mueller; Massaron, 2019).

A IA pode ser definida como um campo interdisciplinar, que se baseia em várias áreas do conhecimento, como Filosofia, Matemática, Economia, Neurociência, Psicologia, Engenharia de Computação, Teoria de Controle, Cibernética e Linguística. No entanto, é importante destacar que os conceitos de "racionalidade" e "inteligência" na IA não devem ser confundidos com os conceitos humanos de inteligência, visto que "racionalidade" se refere à capacidade de agir de maneira lógica e tomar decisões que levem ao melhor resultado esperado, com base em critérios predefinidos. Portanto, um programa de IA que lida com linguagem natural e pode interpretar, sintetizar e selecionar a melhor resposta com base em dados e regras predefinidos é considerado racional, independentemente de possuir consciência ou autoconsciência (Russel; Norvig, 2013).

²Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2019/03/leia-o-texto-do-convite-que-criou-o-termo-inteligencia-artificial.html>

A IA é uma disciplina que integra princípios científicos e técnicas de engenharia, com o intuito de compreender a inteligência e criar sistemas computacionais capazes de desempenhar tarefas que, normalmente, requerem intervenção humana. Isso implica na análise do processo de pensamento humano como base para desenvolver modelos e teorias que orientem a programação desses sistemas, conforme apontam (Barbosa, 2020). O destaque dos sistemas de IA reside na sua capacidade de armazenar, manipular e adquirir conhecimento, bem como na habilidade de solucionar problemas complexos através do uso de técnicas de representação e dedução.

As tecnologias desenvolvidas a partir desse campo operam mediante sinergia entre vasta quantidade de dados, algoritmos inteligentes e um processamento ágil e interativo. A partir disso, tem-se *softwares* capazes de identificar padrões e informações que estão contidos nos dados. (Chui *et al.*, 2023). Dentro do campo da IA, existem várias formas de desenvolvimento, cada uma com metodologias diferentes e que buscam atuar em uma solução específica, por conta da sua complexidade e vasta capacidade de atuação.

Em artigo de Alves (2020), é apontada a separação das aplicações em IA em nove subáreas, sendo essas as de Pesquisa; *Machine Learning*, *Data Mining* e *Big Data*; Planejamento Automatizado; Representação de Conhecimento; Raciocínio (Probabilístico ou não); Processamento de Linguagem Natural; Robótica; Sistema de agente e Multiagente e Aplicações. Essa divisão foi realizada pela *Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI)*, que é amplamente reconhecida como referência para a área.

Dentro do vasto campo da IA, destaca-se o aprendizado de máquina. Este campo se concentra no desenvolvimento de algoritmos capazes de permitir que sistemas aprendam informações e identifiquem padrões a partir de um tratamento selecionado de dados disponíveis (Malone *et al.*, 2020). Outro campo de destaque diz respeito às redes neurais, que busca emular o funcionamento do cérebro humano, a partir de neurônios artificiais, permitindo que *softwares* reconheçam padrões e resolvam problemas comuns ou mais complexos (IBM, 2020). Atualmente, as redes neurais figuram como um dos ramos de maior relevância e impacto na aplicação prática da IA.

A utilização de IA na robótica também tem impacto contundente na academia e no mercado. Entretanto, é preciso explicitar que a Robótica é um campo mais amplo, e que envolve a projeção, construção e programação de robôs físicos, como os encontrados em fábricas e indústrias, e que realizam atividades programadas e repetitivas. A ponte entre a robótica e a IA são os robôs artificialmente inteligentes, que são máquinas capazes de realizar tarefas autônomas, interagindo com o ambiente e as pessoas (Azaña; Ruiz, 2018).

O Processamento de Linguagem Natural (PLN), sendo um ramo da IA, utiliza *machine learning* para permitir a compreensão e geração de linguagem humana de forma natural, em máquinas. Aplicativos que possuem PLN são usados para extrair informações de textos não estruturados, sendo fundamental no desenvolvimento de *chatbots*, tradução automática e resumos automáticos (Google Cloud, 2023).

Os sistemas especialistas são computadores dotados de bases de conhecimento especializado, os quais são projetados para fornecer soluções a problemas, oferecer orientações e tomar decisões consideradas mais perspicazes do que aquelas que, se apresentadas a humanos, demandariam processos heurísticos, conforme indicado por Pascual (2017). Esses sistemas aplicam essa capacidade para abordar desafios em diversos domínios, abrangendo áreas como medicina, finanças e engenharia.

Os sistemas especialistas são computadores treinados, que incorporam regras lógicas e heurísticas específicas daquele domínio em que irão atuar. Esses sistemas são capazes de analisar dados, diagnosticar problemas, fornecer recomendações ou tomar decisões com base nesse conhecimento especializado, conforme aponta Pascual (2017). Tais sistemas empregam essa capacidade para resolver problemas em diferentes domínios, como medicina, finanças e até engenharia.

Já os sistemas de Visão Computacional, buscam imitar as capacidades do cérebro humano, como define a Amazon (2023), em seu blog. Os computadores com essa tecnologia são treinados para reconhecer dados visuais (imagens e vídeos) e, a partir desses, identificar padrões comuns, e até classificar essas informações com precisão. Essa tecnologia é comumente utilizada para detecção de objetos, identificação facial, entre outros.

A IA aplicada pode ser encontrada em celulares, como o Google Assistant e a Siri, do Iphone, ou em dispositivos como a Alexa, treinadas para cumprir tarefas e encontrar soluções, a partir de comando de voz e alimentação de dados constantemente alimentados. Empresas como Spotify e Netflix utilizam IA para entender e aprender com as preferências dos usuários e recomendar informações, até de maneira preditiva. Além dessas aplicações, pode ser utilizado em sistemas vigilantes, monitoramento remoto, ferramentas de sequenciamento genético e, até análise preditiva de safras (Mialhe; Hodes, 2017). No geral, empresas de plataforma, que são normalmente vistas em *e-commerce* e publicidade, são estruturadas para coletar dados dos consumidores.

Como pode-se notar, cada subcampo se dedica à criação de aplicações específicas, aprendendo com dados, entendendo a linguagem humana e interpretando informações. Essas atuações possibilitam a contínua evolução da IA, como também a criação de novos subcampos e aplicações. Considerando esse campo, e as tecnologias que são desenvolvidas a partir dele, fica esclarecido que, atualmente, os dados são os objetos mais valiosos, e as pessoas e organizações que os detém pode estar à frente na corrida pela melhor posição competitiva e de mercado.

2.3 PRINCÍPIOS POR TRÁS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

A IA Generativa se refere a um tipo específico de IA, que é capaz de criar conteúdo a partir de conjuntos de dados específicos, pré-existentes. diferente dos demais modelos tradicionais,

que comumente são desenvolvidos para fazer revisões e reconhecer padrões, passam a ter a capacidade de criar conteúdo originais. Essa capacidade tem impactado e revolucionado a interação da sociedade com o campo, tendo um crescente interesse não somente de acadêmicos e cientistas, mas, do mercado e de pessoas para benefício próprio.

Nos últimos anos, os modelos baseados em IA Generativa têm crescido exponencialmente, muito em virtude da capacidade de executar tarefas mais complexas. Antigamente, para realizar certas atividades com IA, eram necessários “modelos especialistas” desenvolvidos por engenheiros com conhecimento específico no tópico a ser executado. Os modelos mais recentes, de última geração, destacam-se pela versatilidade e excelência, ao executar atividades de tradução, classificação, produção de conteúdo criativo e geração de códigos (Elandou *et al.*, 2023).

Desde o recente lançamento do *Chat GPT*, em 2022, pela empresa OpenAI, as IAs Generativas passaram a ter uma grande repercussão, principalmente por ultrapassarem os círculos acadêmicos e de grandes empresas. Essa extrapolação se dá, principalmente, pelo fato deste produto ter simplificado o uso de uma IA, com uma interface de linguagem natural, como o *chat*, tornando, assim, a tecnologia mais acessível, até para os usuários com pouco ou sem conhecimento no campo da IA (Ramos, 2023).

Apesar desse sucesso mais recente, o conceito de IA Generativa não é novo, pois tem sua origem oriunda do subcampo do Processamento de Linguagem Natural que, desde a década de 70, vinha se desenvolvendo, principalmente com a criação de modelos focados em ensinar máquinas a entender e criar conteúdo em linguagem humana, passando por uma evolução na década de 1980, com o desenvolvimento mais aprofundado nas redes neurais artificiais e aplicações de *machine learning*. Entretanto, somente com a aplicação das técnicas como as Redes Neurais Recorrentes (RNNs) e Redes Generativas Adversariais (GANs), que houve uma revolução na capacidade desses modelos gerar conteúdo.

Em artigo do Routley (2023), IA generativa é definida como uma categoria de algoritmos de IA, capazes de gerar resultados novos, a partir de treinamento, e com base em dados previamente mapeados. Essa modalidade de IA é comumente construída por meio de modelos fundamentais, cuja aplicação não se restringe somente à geração de conteúdo, atuando, também, na classificação e rotulagem de dados. Essa versatilidade confere a esses modelos uma maior abrangência e recursos mais avançados em comparação às IA anteriores (McKinsey, 2023).

Os modelos que usam a IA Generativa partem dos Large Language Models (LLMs), que são grandes modelos de linguagem capazes de aprender com grandes quantidades de texto e resolver uma ampla gama de tarefas. Esses modelos consistem em uma rede neural profunda e com muitos parâmetros, que calculam a probabilidade de ocorrência das informações dispostas na base de dados, e de forma automática. Assim, esses modelos de IAs podem ir além do machine learning convencional, e aprender por conta própria (Google Cloud, 2023).

Esse tipo de aprendizagem contínua consiste em duas redes neurais, sendo um gerador que cria dados, e um discriminador que avalia dados, e ambos trabalham simultaneamente.

Conforme for recebendo feedbacks, o discriminador avalia as informações e repassa para o criador, e assim em diante, até gerar um conteúdo indistinguível, de acordo com o Routley (2023). Como descreve estudo da McKinsey (2023), a IA generativa funciona com base em um modelo subjacente chamado "modelo de fundação". Esses modelos, conhecidos como GPT (transformador pré-treinado generativo) representam uma "família" de grandes modelos de linguagem (LLMs). Os GPTs possuem uma gama enorme de parâmetros, e são treinados com grande quantidade de dados.

A IA generativa pode ser aplicada em diversos contextos. As tecnologias são capazes de criar imagens com base em imagens existentes, gerar textos originais, traduzir idiomas e produzir áudio, incluindo faixas musicais, efeitos sonoros, até dublagens, revolucionando a forma como se é produzido e consumido conteúdo multimídia em diferentes áreas, aponta o Routley (2023). Como resultado dessa capacidade ampliada, já se observam pesquisadores e profissionais explorando mais aplicações em áreas como educação, saúde e ciência da informação.

Enquanto ferramenta multifuncional, a IA generativa se destaca em gerar respostas textualizadas, material visual e formatos de comunicação que fomentam uma experiência amigável, e considerada até mais acessível. Do ponto de vista da relação empresa-cliente, as aplicações em IA podem otimizar a análise de dados, apoiar na criação de pesquisas, e gerando textos para a comunicação, ampliando a qualidade das relações empresa-cliente. Quando se fala principalmente da exploração de grandes volumes de dados, a IA pode analisar mais rapidamente e gerar resumos, levantando as informações de maneira eficiente. Além desses, pode atuar na execução de tarefas repetitivas, como por exemplo, responder ao contato inicial de clientes, gerar textos para Marketing, verificar conformidade em contratos. Essas e outras atuações podem garantir para os usuários e as empresas que as utilizam uma grande economia de tempo e recursos em operações, sendo assim, crucial para a popularização desse campo (Google Cloud, 2023).

Em estudo sobre os riscos e os potenciais recompensas nos negócios da Inteligência Artificial Generativa, a KPMG (2023) aponta que as aplicações nesse campo podem ser divididas em cinco categorias. Entre elas estão os aplicativos de "Geração de Conteúdos", usado para criar textos de blogs, E-mails, postagens para mídias sociais, artigos e anúncios. Existem também os aplicativos em "Extratores de informações", que podem criar resumos, extrair informações de notícias, blogs, criar documentos, e mais.

Além desses, as aplicações em "Chatbots inteligentes" têm chamado a atenção das empresas, pois são treinados e evoluem a cada contato com os clientes, além de ter uma comunicação mais "humanizada" se comparada aos chatbots comuns. Por fim, existem as aplicações em "Tradução de Idioma" e "Geração de códigos", com esse último impactando diretamente no desenvolvimento de softwares, pois é capaz de transformar inputs de texto em trechos de código ou aplicativos, fazendo com que pessoas leigas possam desenvolver coisas que antes somente programadores e especialistas da área poderiam (KPMG, 2023).

A partir de 2023, passamos a ter uma aceleração no desenvolvimento de tecnologias generativas, como o ChatGPT, Dalle, Perplexity, Bard, Copy.ai, Jasper, Writesonic, Claude e muitas outras. Cada aplicação desenvolvida busca ser disruptiva e trazer ainda mais importância que a anterior (Hughes, 2023). No que diz respeito ao ChatGPT, pode-se afirmar que foi um divisor de águas para o campo. Lançado para uso público em 2023, passou rapidamente a ser um dos sistemas mais utilizados do mundo, acumulando mais de um milhão de usuários, em apenas uma semana após o lançamento. O motivo dessa popularidade se dá pela acessibilidade gerada pela ferramenta. Qualquer pessoa, com internet, pode acessar a plataforma e gerar diferentes tipos de conteúdo, em linguagem natural, semelhante à humana, através de uma interface simples de chat (Lopezosa, 2023). Após o sucesso do ChatGPT, diversas empresas passaram a desenvolver suas próprias ferramentas, como foi o caso da Google, Microsoft, Baidu e até chinelas Alibaba.

Observa-se uma tendência ascendente na criação e implementação de tecnologias de Inteligência Artificial Generativa, que vêm acompanhada pelo esforço contínuo de acadêmicos no sentido de aprimorar a confiabilidade e a eficácia desses modelos, também por empresas que se estruturam e nascem a partir desse campo, por empresas que utilizam tecnologias com IA para melhorar a eficiência da organização, e até do indivíduo comum que quer aumentar a sua produtividade. Como descreve Ramos (2023), essas tecnologias estão sendo progressivamente incorporadas em aplicativos especializados que abarcam uma ampla gama de setores, indicando um cenário potencial onde modelos de linguagem de última geração podem desempenhar tarefas diversificadas anteriormente realizadas por meio de computadores.

A inteligência artificial generativa representa um marco significativo, possibilitando que o público em geral possa utilizar tecnologias baseadas em seus modelos, de maneira autônoma. Esse avanço está reconfigurando substancialmente as dinâmicas da relação entre o homem e a tecnologia, ao passo que essa confere vantagens notáveis na criação de conteúdos, facilitação do acesso ao conhecimento, análises de informações e otimização do tempo. O grande potencial dessas aplicações pode aumentar a produtividade dos colaboradores de uma empresa, e reduzir custos pra organizações.

Contudo, além de entender os impactos positivos que essas tecnologias têm sobre a sociedade, é necessário reconhecer que existem desafios que são inerentes ao uso dessas aplicações, como a ética de uso, a ausência de supervisão dos dados, e as alterações no mercado de trabalho. Logo, se torna essencial acompanhar o funcionamento, desenvolvimento e limitações das ferramentas de IA generativa, para que se possa explorá-las com ética, e focado no bem-estar social.

3 O PAPEL DA IA NA EXPANSÃO DA REVOLUÇÃO 4.0

3.1 CONTEXTUALIZANDO A REVOLUÇÃO 4.0

Os avanços tecnológicos emergentes têm desencadeado transformações notáveis em diversos setores, como medicina, transportes, biotecnologia, engenharias e tecnologias da informação e comunicação (TICs). Essas significativas mudanças, tanto no âmbito social quanto econômico, têm sido observadas ao longo dos séculos 20 e 21. A par dessas transformações, destaca-se, especialmente, a ascensão de tecnologias como a *internet*, sendo peça central de uma reconfiguração das cadeias de valor produtivas e financeiras em escala global (Wu; Gereffi, 2018).

A Revolução 4.0 representa uma alteração no paradigma das relações entre organizações e sociedade diante das novas tecnologias, conforme destacado por Lamb (2020). O termo "Indústria 4.0" foi introduzido em 2011, durante a Feira de Hannover, na Alemanha, que se trata de um evento globalmente reconhecido pela apresentação de soluções inovadoras e tecnologias de ponta para diferentes setores industriais. No entanto, o termo ganhou notoriedade ao se tornar uma iniciativa do governo, que junto à acadêmicos e políticos, buscavam fortalecer a competitividade manufatureira alemã, em face das transformações causadas pela informatização e da transformação dos meios industriais (Kagermann *et al.*, 2013).

Após esse ponto de partida, o conceito se incorpora ao discurso empresarial, e em ações governamentais. O governo alemão passa a endossar o conceito, e o integra na formulação de suas políticas públicas, com programas que tinham como estratégia os aprimoramentos nos processos produtivos, na arquitetura de sistemas, promoção de interoperabilidade, entre outros fatores importantes, criando as chamadas *Smart Factories*, ou Fábricas Inteligentes, capazes de fabricar produtos de forma mais eficiente. O conceito se expande para outros países e com diferentes terminologias. Os Estados Unidos, por exemplo, passam a utilizar o termo "Manufatura Avançada" para as iniciativas e investimentos na área, para não somente reconquistar a liderança do país em produção de manufaturados em alta tecnologia, mas, também, em produtos de baixa tecnologia (Kagermann *et al.*, 2016).

Os autores Freeman e Louçã (2001) explicam que uma revolução tecnológica pode ser caracterizada como uma profunda transformação no potencial de geração de riqueza na economia, e é responsável por desbravar um horizonte de oportunidades para inovação. São essas revoluções que proporcionam novos conjuntos de tecnologias, e, com eles, modificações estruturais na sociedade. Sob a ótica progressista, cada revolução subsequente é o motor para uma transição entre tecnologias. Análises históricas apontam que as revoluções tecnológicas nascem em países com maior índice de industrialização e se propagam para os demais. Assim, cada revolução industrial se torna responsável por rejuvenescer setores industriais não só dos países em que se iniciam, mas de outros espalhados pelo globo. Essas transformações

permitem que a indústria alcance novos patamares de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento, possibilitando novas estratégias, assim como modelos de negócios para as empresas (Sacomano *et al.*, 2018).

A Primeira Revolução Industrial teve seu início na Inglaterra, na segunda metade do século 18, caracterizando-se por iniciar a transição do sistema de produção manufatureiro para a maquinofatura. Uma das primeiras indústrias afetadas foi o setor têxtil, com a substituição da mão-de-obra humana por máquinas à vapor (Iglésias, 1984).

Enquanto na primeira revolução o vapor se destacava como a principal fonte de energia, a partir da Segunda Revolução Industrial se vê um avanço na produtividade industrial, com a utilização da eletricidade e do Petróleo. Descrito por Schafer (2015) como a fase que utilizou a ciência para obter aumento produtivo e maximização dos lucros nas indústrias, a Segunda Revolução surge na metade do século 19, e seu movimento não ficou restrito somente à um país, como na primeira revolução, e, com o colonialismo, expandiu-se para além do continente europeu, chegando aos Estados Unidos e ao Japão.

É neste período que surge a filosofia de produção em massa e divisão do trabalho, representados pelo Fordismo e Taylorismo, respectivamente. Enquanto no Fordismo foi estabelecido um sistema de produção em massa, na busca de elevar a oferta dos produtos a preços mais baixos, no Taylorismo havia uma especialização na produção, com cada operário responsável por uma determinada parte do processo (Shcafer, 2015; Cardoso, 2016).

Denominada Revolução Tecno-Científica, foi na Terceira Revolução Industrial que a concepção de produção em massa deu lugar à globalização dos meios de produção, com a introdução de inovações tecnológicas relacionadas a eletrônica e a informática (Pena, 2016). Tendo seu início no século 20, essa fase foi marcada pela expansão de unidades fabris, antes localizadas nos países mais desenvolvidos, para países emergentes e subdesenvolvidos. Nesse período, há uma difusão da microeletrônica, da informática e da robótica, com o objetivo de impulsionar o nível de produção, ao mesmo tempo que se fazia necessário reduzir os custos por meio da diminuição da mão-de-obra humana (Pettrin, 2014).

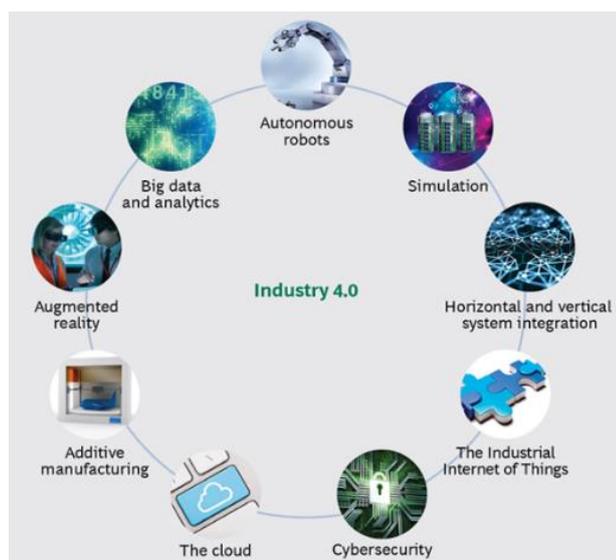
Na visão de Schwab (2016), o termo "Quarta Revolução Industrial" reflete o pensamento dos especialistas sobre a transição que vem ocorrendo, com inovações que se distanciam das características comuns à revolução anterior. O movimento atual é caracterizado pela rapidez e amplitude dos avanços tecnológicos, diferente da linearidade das revoluções anteriores (Hermann *et al.*, 2016). Essa nova fase surge oferecendo um salto de produtividade, com custos reduzidos e maior integração entre o físico e o virtual (Cassapo, 2016).

A Revolução 4.0 se destaca por uma série de avanços tecnológicos sem precedentes, centrados em um intenso processo de digitalização, alta demanda pela integração dos sistemas nas diferentes etapas de produção e, principalmente, pela incorporação das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) (Schwab, 2016; Davies, 2015). Outros autores apontam que essa revolução engloba as principais inovações vivenciadas pela sociedade, pois, agregam, em seus processos, tecnologias com inteligência artificial, robótica, impressão 3D, *internet* das coisas e, até nanotecnologia (Macedo, 2016; Silveira, 2016).

Nessa conjuntura, a *internet* pode ser determinada como a tecnologia responsável por interligar todas as demais, visto que garante a digitalização das produções, e permite a comunicação entre as máquinas e demais dispositivos. É nesse âmbito que surge o termo *internet das coisas* (*internet of things - IoT*), referindo-se à conexão entre objetos físicos e dispositivos digitais. Esses sistemas *cyber-físicos* se conectam e são capazes de trocar e coletar dados em tempo real, utilizando *machine learning* para determinar as ações das máquinas. Assim, a fase se caracteriza pela integração entre humanos e máquinas que, através da *internet*, formam novos modelos de negócios, por meio de grandes redes, a fim de fornecer com mais eficiência seus produtos e serviços (CNI, 2016).

Conforme descreve Estévez (2016), a “Indústria 4.0” possui nove pilares fundamentais que guiam as inovações nas empresas, em busca da eficiência e competitividade de mercado, sendo eles, a Robótica avançada, Simuladores, Integração de Sistemas, *Internet das Coisas*, Segurança Cibernética, Computação em nuvem, Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada e *Big Data Analytics*.

Figura 1: Nove tecnologias estão transformando a produção industrial



Fonte: Rüssmann *et al.* (2015)

A Robótica Avançada compreende a integração de robôs inteligentes aos processos industriais, capazes de executar tarefas repetitivas com precisão, aumentando o desempenho da indústria. Os simuladores são computadores capazes de criar modelos digitais para simular processos complexos das operações na planta das indústrias. A integração de sistemas pode ser definida como a unificação dos sistemas gerenciais, responsáveis por conectar os diversos processos, sendo fundamentais para a otimização do trabalho (Rüssmann *et al.*, 2015; SENAI, 2019). A *internet das coisas* se refere a conexão de diferentes plataformas e tecnologias, que permitem integração em diferentes níveis dentro dos processos das empresas (Schwab, 2016).

A *Cyber* segurança se trata de práticas e *softwares* cruciais na proteção dos sistemas e dados industriais de ataques maliciosos. Já a computação em nuvem, permite o armazenamento e processamento de grandes quantidades de dados de forma eficiente e segura, com acesso a

qualquer momento, e sem necessidade de *hardwares* físicos. A Manufatura Aditiva consiste na fabricação de produtos personalizados, a partir de desenhos digitais, e através de impressão 3D (Rüssmann *et al.*, 2015; Microsoft, 2019).

Os sistemas de Realidade Aumentada, apesar de se encontrarem em estágios iniciais de desenvolvimento, buscam permitir uma visualização digital das fábricas inteligentes, permitindo a rastreabilidade e monitoramento remoto. Esses sistemas também têm sido utilizados para treinamentos, permitindo que operadores aprendam a interagir com máquinas em ambientes virtuais. Por fim, tem-se *Big Data e Analytics*, que se referem à estruturas de dados extensas e complexas, e análise desses grandes conjuntos de dados, respectivamente, sendo a base para a transformação digital nas empresas, permitindo processos mais rápidos, flexíveis e eficientes (Rüssmann *et al.*, 2015; Silveira, 2017).

As empresas necessitarão reavaliar seus métodos tradicionais de criação de valor, liderança e gestão, por conta das transformações abrangentes que se evidenciam nas tecnologias que compõe a Revolução 4.0, e que se distanciam dos princípios predominantes da revolução anterior (Morgan, 2014). Isso exigirá que as empresas ampliem a capacidade de se conectarem nas cadeias globais de valor, sendo necessário uma alteração na maneira que se relacionam com o mercado, fornecedores e clientes (CNI, 2016). Para Davies (2015), o desafio significativo das empresas está nos investimentos necessários para desenvolver e implementar essas tecnologias inovadoras, sendo um caminho mais árduo para as empresas e países que são economicamente menos desenvolvidos.

3.2 O IMPACTO DA IA NA REVOLUÇÃO 4.0

O surgimento de novas tecnologias disruptivas são a base para a nova revolução industrial, visto que são responsáveis por impulsionar uma série de rupturas de paradigmas, reconfigurando o “*modus operandi*” das indústrias, como, também, os processos que fazem um produto chegar até o consumidor final (Portes, 2023). Para a CNI (2016), a sociedade se encontra imersa na era da customização em massa, com esse paradigma sendo viabilizado pela comunicação instantânea e pela digitalização, que se encontram entre os diversos elos da cadeia produtiva.

Diante dessas novas tecnologias que compõem os pilares da Indústria 4.0, análises recentes destacam a IA como catalisadora de uma nova onda, com seus efeitos sendo alavancados pela digitalização e aumento exponencial da capacidade computacional. Observa-se uma rápida incorporação da IA nos diferentes domínios, seja na robótica, na análise de dados, nos simuladores e nos sistemas de realidade aumentada. Essas tecnologias têm o potencial de prontamente substituir o trabalho em diversas tarefas, sendo repetitivas ou não (Shimula, 2009).

As inovações em IA ocupam um papel proeminente nessa nova fase, pois se encontram intrinsecamente relacionadas às criações de *softwares* inteligentes, caracterizados pela capacidade processual, autonomia de aprendizado e adaptação ágil. Além disso, o autor reforça o papel das instituições privadas na Indústria 4.0, apontando que as revoluções industriais são movimentos empresariais orientados para o lucro, com os investimentos atuais atingindo cifras bilionárias, anualmente (Estrada, 2017).

A disseminação da IA pode ser definida como uma das principais transformações decorrentes da Revolução 4.0, sendo um dos pilares que tem permitido o aumento da performance das empresas que estão em fase de amadurecimento digital. As tecnologias desse campo combinam *machine learning*, com equipamentos que simulam o raciocínio humano, além de atuar na análise e conversão de grande volume de dados para tomada de decisão, e, muitas vezes, com o uma interferência humana mínima. O uso de IA considerando o aumento no acesso à informação, tornou-se essencial para impulsionar a automatização, dentro dos processos produtivos, impactando positivamente no padrão de qualidade dos produtos, como na gestão de custos das empresas. Esse impacto pode ser visto nos mais diversos segmentos, como eletroeletrônicos, eletrodomésticos, automobilísticos, comércio, saúde e alimentação (Fundação Certi, 2023).

A aplicação de IA na Indústria 4.0 tem se tornado uma estratégia para potencializar a lucratividade e produtividade empresarial. Com essas tecnologias, as máquinas adquirem um aprendizado contínuo das atividades, desencadeando um aprimoramento constante das capacidades operacionais, evoluindo e dando maior autonomia e eficiência para as empresas, à medida em que seus custos tendem a diminuir (TOTVS, 2018). Sua implementação viabiliza um dinamismo nas configurações e no arranjo das produções, que antes eram fixas e lineares, passam a ter uma abordagem modular, capaz de se adaptar conforme necessidade que se apresenta no mercado. Ou seja, a IA gera flexibilização da produção e adaptação mais rápida de novas demandas (Telles *et al.*, 2020).

Em artigo do SENAI - RS (2019), sobre a contribuição da IA para a disseminação da Indústria 4.0, é apontado que as tecnologias em IA são usadas para manter as fábricas modernas, competitivas e produtivas. Segundo aponta, o diferencial dessa nova fase da revolução é a marcante interação entre máquinas e seres humanos, com uma conexão integrada e orquestrada, dando impulso à eficiência produtiva. Em concordância, para Zhong *et al.* (2017) existe uma interação cada vez mais estreita e colaborativa entre os trabalhadores e as máquinas na indústria, com modelos de *machine learning* aplicados a robôs inteligentes, que se aprendem com a interação humana e desenvolvem habilidades complementares, aprimorando os processos nas empresas e ampliando as capacidades dessas em se adaptar às demandas crescentes de mercado.

Antes, a expressão “Indústria 4.0” se destacava como uma terminologia mais apropriada para a transformação que se seguia em curso nas fábricas e no setor industrial como um todo, com as aplicações das tecnologias muito focadas no aumento da produtividade e eficiência operacional (Kagermann *et al.*, 2013). No entanto, com advento da IA generativa, a sociedade está experimentando uma mudança acelerada, com essas novas tecnologias desempenhando

um papel ativo no trabalho junto aos humanos e, muitas vezes, substituindo suas necessidades (Pérez, 2019).

Considerando que a Quarta Revolução Industrial é caracterizada pelas tecnologias emergentes, a IA Generativa, como uma esfera inovadora oriunda da IA tradicional, vem sendo difundida pela sua capacidade de ser aplicada às ferramentas, seja nas mais usuais, na rotina de trabalho, até os processos operacionais. Inseridas no contexto da revolução digital, essas tecnologias representam uma mudança significativa na maneira com que as pessoas interagem com as informações, como acessam conhecimento e se relacionam nos ambientes digitais contemporâneos (Schwab, 2016).

Para Stefanini Group (2023), empresa multinacional de consultoria, a IA tem o potencial para revolucionar a indústria, otimizando processos, aumentando a eficiência e reduzindo os custos, apoiando nas tomadas de decisões mais precisas. E com o advento do campo generativo, os benefícios podem ser ainda maiores, seja na otimização de *design* e prototipagem, simulações avançadas, manutenções preditivas e inovações contínuas, e contando com a colaboração humana se torna possível elevar a interação homem-máquina à outro patamar. Com essa combinação, tem-se uma melhoria na qualidade das entregas e dos produtos, garantindo sustentabilidade aos negócios e operações.

A IA generativa pode ser utilizada nas indústrias, otimizando os processos de produção, logística, entre outras áreas. As tecnologias desenvolvidas a partir dela são capazes de identificar pontos a serem melhorados e sugerir soluções. Além disso, podem ser utilizados para automatizar a análise de dados, fornecendo informações importantes para os gestores. (Dino, 2023). A capacidade analítica é um elemento essencial no uso do campo generativo. Os sistemas que se utilizam dessa tecnologia conseguem coletar diferentes fontes de informação, em tempo real, e vão aprendendo com as próprias experiências. Assim, os próprios sistemas, de forma autônoma, conseguem encontrar as soluções dos problemas que encontram nas produções (Zhong *et al.*, 2017).

As tecnologias em IA generativa são capazes de impactar todo tipo de empresa e de qualquer porte, sejam no segmento industrial, comércio ou, até, prestação de serviços, dada a sua capacidade de contribuição, seja para o desenvolvimento de novos produtos, serviços personalizados, apoiar campanhas de vendas e *marketing*, ou analisar grandes volumes de dados (Fernandes, 2023). Essa abordagem inovadora promove transformações em diferentes níveis da sociedade, sinalizando uma reconfiguração profunda em nossas formas de interação, produção e compreensão do mundo ao nosso redor (Schwab, 2016).

As IAs generativas têm aplicações diversas; comumente são utilizadas nas empresas em *chatbots*, realizando atendimentos especializados e autônomos, e na análise de grandes volumes de dados, na identificação de padrões, recomendação de *insights* e ações. Considerando a conjuntura da Indústria 4.0, a automação aliada a IA passará a exigir menos força humana para atividades repetitivas, mas, demandará de mão-de-obra especializada, que fique a frente dessas tecnologias. Paralelamente, as aplicações potenciais da IA generativa impactam no treinamento de aplicativos, maquinários e robôs, que, a partir de informações

que já possuem, treinam, continuamente, e de maneira autônoma, reduzindo a quantidade de erros em tarefas repetitivas (Fernandes, 2023).

Em artigo sobre o impacto da IA Generativa para a humanidade, Folkerts-Landau *et al.* (2023) descreve como uma notável distinção entre os efeitos da IA generativa e as tecnologias anteriormente desenvolvidas no campo da IA tradicional. Tal distinção é, em grande parte, devido à natureza dessa tecnologia, visto que seu desempenho é diretamente proporcional à expansão do poder computacional. Isso se difere das gerações anteriores, que podiam realizar poucas tarefas, ou seja, eram apoiadas em dados “estritos”. Um outro ponto importante são as baixas barreiras à adoção da tecnologia. Qualquer pessoa com acesso à *internet* pode utilizar um aplicativo baseado em um grande modelo de linguagem, sem nenhum custo e com pouco, ou nenhum, conhecimento. Uma terceira e impactante distinção se dá pela velocidade de adoção, inédita e sem precedentes.

Neste cenário dinâmico, de transformações contínuas e inovações disruptivas, a IA surge como uma força relevante, com significativos potenciais para reconfigurar os mercados, impactando os domínios socioeconômicos, culturais e políticos. Essa influência tem se estendido da Indústria até o comércio e serviços, com uma rápida assimilação das tecnologias desenvolvidas (Lamb, 2020). A sociedade está testemunhando uma democratização da IA, que antes se concentravam nas academias, grandes empresas e seus departamentos especializados ou focados em inovação. Agora, encontram-se espalhadas em diversas áreas e funções, apoiando os trabalhos dos funcionários (Folkerts-Landau *et al.*, 2023).

Conforme se destacam o uso crescente da tecnologia, e a sua relação com a Revolução 4.0, se torna extremamente importante compreender os fatores que determinam a impulsão dos modelos generativos na sociedade, quais são os impactos que eles geram dentro dos diferentes setores, empresariais e industriais. Será demandada a transição das empresas para um modelo que abarque os pilares dessa nova fase, para que essas continuem competitivas no cenário global (Telles *et al.*, 2020).

Além das empresas, com diversas mudanças já ocorrendo, e as expectativas que se geram para o futuro, um dos desafios mais críticos enfrentados na revolução 4.0 está relacionado ao mercado de trabalho, com os profissionais precisando se adaptar à essa nova realidade. Para as empresas, será fundamental qualificar os profissionais a usarem tecnologias que estão inseridas nessa fase, além de competências socioemocionais (Alkaya *et al.*, 2015). Esses novos cenários terão impacto na concepção, fabricação, operação dos produtos e sistemas de produção. Essas transformações no mundo do trabalho terão impacto determinante sobre políticas governamentais, para garantir uma melhoria de bem-estar social (Rüssmann *et al.*, 2015).

4 TRANSFORMAÇÕES SOCIOENÔMICAS PELA IA GENERATIVA

4.1 PERSPECTIVAS ECONÔMICAS PELA IA GENERATIVA

A expansão da IA Generativa, a partir de aplicações acessíveis na *internet*, tem gerado um otimismo considerável para as pessoas que as utilizam, e ainda mais para as empresas, que podem utilizar dessas ferramentas na execução dos trabalhos rotineiros. Essa tecnologia, que até então vinha sendo inserida gradualmente na sociedade, ampliou a sua utilidade e aparece como uma ferramenta revolucionária, oferecendo novas perspectivas de uso no campo da Inteligência Artificial, à medida que setores da sociedade se apressam para compreendê-la e adaptá-la à sua realidade (Henrique; Penha, 2023).

Estudo recente da KPMG (2023) aponta que os modelos em IA Generativa tem o potencial para revolucionar negócios, dado que oferecem um suporte às habilidades humanas, expandindo através da automação e execução de tarefas com velocidade e eficiência excepcionais. Os modelos generativos são versáteis para executar uma grande quantidade de tarefas; resumo de documentos legais, respostas inteligentes à consumidores, geração de desenhos arquitetônicos e de engenharia e, geração de relatórios de negócios, apresentações de *marketing* e, até, criação de códigos para *softwares*.

Não à toa, as aplicações em IA generativa são consideradas disruptivas por sua ampla gama de atuação, não se limitando à um único setor ou função. Nesse novo paradigma, a implementação da IA é reconhecida como estratégia central na busca por melhorias no processo produtivo das empresas, ocupando espaços proeminentes nas organizações. No contexto da competitividade global, a eficiência e qualidade se tornam imperativos. A inteligência artificial surge como uma oportunidade não apenas para obter lucro, mas, também, para promover uma mudança significativa na situação nacional (Nolan, 2021).

A indústria nacional de diversos países tem enfrentado desafios, como baixa produtividade e eficiência. Diante desse cenário, torna-se crucial implementar estratégias que promovam uma transformação significativa, visando a restauração da competitividade e protagonismo do setor. Essa mudança, centrada no aumento da produtividade, é fundamental para a geração de empregos. A IA surge como elemento crucial para superar barreiras industriais, diferenciando produtos e impulsionando eficiência e qualidade. A implementação de soluções baseadas em IA é tida como essencial para reverter o quadro desfavorável e revitalizar a indústria nacional (IEL; 2020).

Nos últimos tempos, a base industrial nacional enfrentou diversos desafios, que culminaram na situação preocupante da desindustrialização, caracterizada pela redução da participação da indústria no produto interno nacional. Este fenômeno não apenas resultou na perda de protagonismo, mas, também, exacerbou as taxas de desemprego, agravadas pela recente crise econômica e política que assolou o país.

Ao longo da história, transformações tecnológicas foram responsáveis por gerar impactos ambivalentes, na economia e no mercado de trabalho. Essa ambivalência se dá pelo aumento de produção, produtividade e riqueza, ao passo que reduziu salários e oportunidades de empregos (Littman *et al.*, 2021). O incremento da produtividade é o primeiro reflexo da implementação dessas inovações tecnológicas, independentemente de sua natureza. Dados históricos apontam que as novas tecnologias têm possibilitado, sistematicamente, a produção de um mesmo tipo de bem econômico em um intervalo de tempo reduzido, e com uma diminuição dos custos de produção, o que se caracteriza como um acréscimo na produtividade (Shimula, 2009).

Tratando-se de inovações tecnológicas e como essas são capazes de alterar a sociedade, faz-se necessário entender como essas se relacionam à produtividade das economias. Nesse âmbito, o conceito de produtividade pode ser definido como a relação entre o produto produzido e os recursos utilizados em sua produção, como energia, mão-de-obra, matérias-primas e outros. Ela é responsável por medir o grau de eficiência com que determinada economia utiliza seus recursos, para produzir os seus bens e serviços de consumo. Entre as diferentes abordagens quanto ao uso da produtividade, a mais fundamental é a produtividade do trabalho, também conhecida como produtividade por hora trabalhada, que se refere ao aumento ou diminuição do rendimento em favor da obtenção do produto. Tal indicador é comumente utilizado para avaliar a evolução do padrão de vida dos trabalhadores, e para comparar esse padrão entre diferentes economias (Messa, 2013).

Além desse, outra medida bastante utilizada é a produtividade total dos fatores (PTF). Esse indicador se relaciona ao aumento ou diminuição do desempenho das economias, devido às variações dos fatores que impactam na sua produção, seja trabalho, capital ou conhecimento. Ou seja, aponta a eficiência com que uma economia consegue combinar os seus recursos para gerar o produto. A partir desse conceito, é possível determinar a produtividade como resultado do progresso tecnológico da economia. Para ambos indicadores, existem diversos determinantes capazes de influenciar seus comportamentos, e seus resultados se tornam sensíveis, considerando as diferentes causas que podem afetá-los (Messa, 2013).

De fato, a produtividade surge como um dos temas mais debatidos no campo da economia, e pode ser entendido como um dos principais impulsionadores de mudanças econômicas e sociais, dada a sua relevância. A capacidade de um país de elevar sua qualidade de vida ao longo de um período depende, fortemente, da sua capacidade de aumentar a produção por trabalhador. Além disso, o crescimento da produtividade se associa ao aumento do produto potencial, à volatilidade do crescimento, à melhoria do bem-estar da população, à competitividade das empresas e, até, à redução de riqueza. Um dos principais determinantes da prosperidade e bem-estar ao longo prazo é a taxa de crescimento da produtividade. Esse impacto é determinante, mesmo no curto prazo, quando as mudanças na produtividade não sejam sentidas de maneira imediata, e a percepção sobre a economia é determinada pelo ciclo econômico (Baily *et al.*, 2023).

Diante de uma economia multissetorial, na qual distintos segmentos têm a capacidade de empregar os produtos uns dos outros como insumos intermediários, o Teorema de Hulten

surge como um princípio fundamental na contabilidade da produtividade e do crescimento, estabelecendo que a produtividade total dos fatores (PTF) de um setor sobre a produtividade agregada é equivalente ao produto do tamanho do aumento de produtividade pelo tamanho do setor. Em termos mais simples, o teorema estabelece que a participação nas vendas do produtor é uma estatística suficiente para entender o impacto de uma perturbação no bem-estar agregado, na renda agregada e na produção agregada, até a primeira ordem (Baqaee; Farhi, 2021).

Esse princípio tem suas limitações, com barreiras à sua aplicação cega em economias reais, como exemplo, a produção e o bem-estar, que já não são os mesmos, uma vez que o bem-estar depende dos termos de troca, mas a produção não. Além disso, grande parte da política comercial trata dos efeitos das tarifas, que acaba por eliminar a base da precificação marginal de custos e eficiência de Pareto, sobre os quais o Teorema de Hulten foi construído. Logo, em casos mais complexos, é necessária uma revisão do princípio para se adequar à realidade. De qualquer maneira, o teorema acaba por oferecer um importante perspectiva na ordem de compreender os ganhos de produtividade em diferentes setores, e como esses desempenham um papel de influência sobre o desempenho econômico global (Baqaee; Farhi, 2021).

Para Drucker (2021), os modelos generativos estão prontos para impulsionar a próxima onda de produtividade no fator trabalho, muito graças à sua mobilidade ágil e capacidade adaptativa. Por se tratar do início da implantação, os estudos ainda se encontram buscando compreender os seus efeitos sociais. Entretanto, a rápida assimilação das tecnologias tem indicado que as aplicações em IA Generativa estão no rumo de transformar habilidades, requalificações e melhorias no desempenho de diversos setores e, no processo, agregar valor econômico.

Existe uma literatura emergente, que busca estimar os efeitos da IA na produtividade, seja em ocupações ou atividades específicas, como exemplo, a descoberta de um efeito transformador para engenheiros de *software*, que, utilizando-se de uma aplicação com o modelo de linguagem generativo, passaram a codificar até duas vezes mais rápido. Esse efeito, também, pode ser sentido em atividades de escrita, ou análises de dados (Kalliamvakou, 2022; Noy *et al.*, 2023).

As empresas estão adotando a IA para além da automatização dos serviços, trabalhando, também, na inovação das cadeias produtivas. Esse foco se configura como uma forma de se ter alta performance e se distanciar dos concorrentes, enquanto consegue aumentar as produtividades e ganhos. Dados do estudo com empresas apontam que a integração da IA no processo de inovação pode reduzir o tempo de introdução de novos produtos e serviços no mercado, em 10%, ao passo que pode gerar ganhos na receita de 10% a 15%. Os impactos em IA variam, conforme tipo e área de implementação, podendo resultar na complementação ou na substituição do emprego, apontam os estudos de Bughin *et al.* (2017).

Em artigo que explora o impacto potencial dos modelos generativos no crescimento da produtividade, Baily *et al.* (2023) indicam que a IA pode impulsionar a produtividade através da eficiência da produção, ao tornar mais eficiente os trabalhadores e, consequentemente,

umentando o nível de produção. Utilizando-se dos princípios de Hulten, os autores estimam que o uso da IA Generativa no trabalho poderá provocar um aumento de 18% da produtividade agregada e na produção, ao longo das próximas décadas.

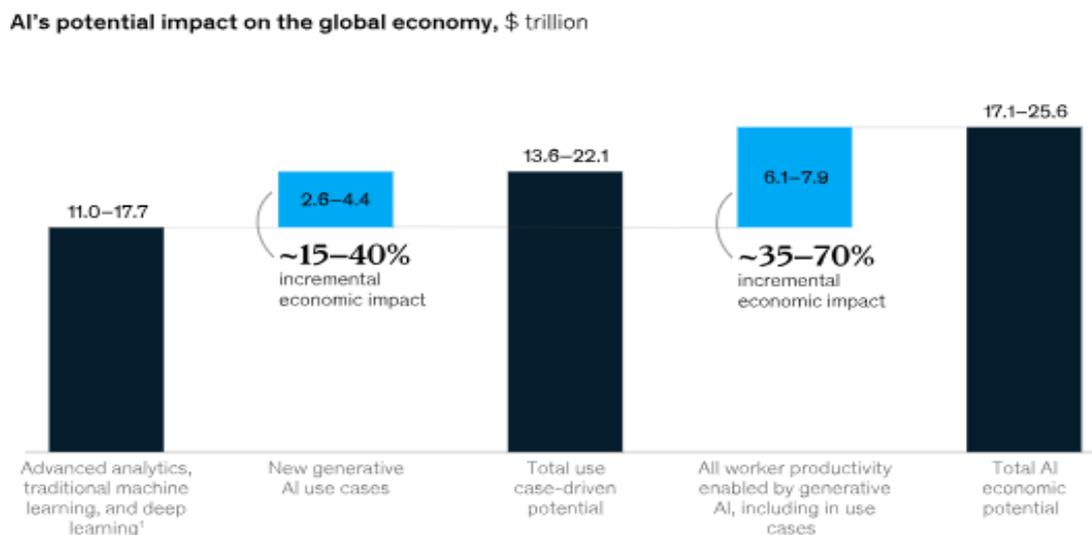
A implementação da IA não só aprimora a eficiência dos trabalhadores e aumenta a produção, mas, também, é responsável por acelerar a criação de inovações, fomentando o crescimento futuro de produtividade. O avanço contínuo na IA não apenas permite melhorias diretas, como, também, serve como catalisador para novas descobertas, acabando por fomentar o progresso tecnológico, estimulando atividades de pesquisa e desenvolvimento (Korinek; Baily, 2023).

Em paralelo a isso, esses modelos, também, terão efeitos positivos sobre a aceleração da inovação e, conseqüentemente, do crescimento futuro da produtividade. Para os autores, os trabalhadores cognitivos também desempenham um papel na geração de inovações em fatores que contribuem para o aumento da produtividade a longo prazo. Nesse contexto, a eficiência aprimorada não apenas será responsável por acelerar o progresso tecnológico, mas, também, ampliar, continuamente, a taxa de crescimento da produtividade. Os autores supõem que um crescimento de produtividade de 2%, aliado a uma melhoria de 20% da produtividade do trabalho, geram uma taxa de crescimento da produtividade de 2,4%. Para eles, embora essa mudança seja imperceptível no curto prazo, principalmente pelas flutuações cíclicas que ocorrem, ao longo de décadas haverá um crescimento considerável. Esse crescimento se intensificará ainda mais ao longo do tempo, considerando a expansão do campo generativo (Baily *et al.*, 2023).

Em relatório que analisa os efeitos da IA Generativa sobre a produtividade, Chui *et al.* (2023), através de óticas distintas e complementares, buscou mensurar onde a IA generativa, com as suas capacidades atuais, poderia proporcionar o maior valor, e quão grande poderia ser esse valor. A primeira análise diz respeito à 63 casos de uso mapeados, abrangendo 16 funções de negócios, em que empresas poderiam adotar a IA Generativa. Os autores denominam “caso de uso” como uma aplicação direcionada de IA generativa a um desafio comercial específico, resultando em um ou mais resultados mensuráveis. Um exemplo seria a utilização de IA Generativa para gerar conteúdos criativos, como *E-mails* personalizados, em que o impacto mensurável engloba potenciais reduções nos custos de criação desse conteúdo e incrementos nas receitas derivadas da maior eficácia em serviços de maior qualidade.

O estudo estima que os modelos generativos poderiam contribuir, anualmente, com um montante entre US\$ 2,6 trilhões e US\$ 4,4 trilhões, em valor à economia global. Os novos usos de modelos generativos representam um acréscimo de 15% à 40%, aos 11 bilhões à 17,7 bilhões de dólares em valor econômico que estimaram serem desbloqueados pelo uso de modelos tradicionais de IA e não generativos (Chui *et al.*, 2023).

Figura 2: Potencial impacto das IAs sobre a economia global



Fonte: Chui *et al.* (2023)

A segunda análise se configura como uma complementação da primeira, mas direcionando o foco da IA nas atividades laborais exigidas em aproximadamente 850 profissões distintas, a fim de avaliar como as atuais capacidades dessa tecnologia podem influenciar a produtividade do trabalho nas atividades realizadas na força de trabalho. Para isso, os autores modelaram cenários, estimando quando a aplicação generativa poderia desempenhar cada uma das mais de 2.100 atividades de trabalho, como exemplo, “comunicar-se com outras pessoas sobre planos ou atividades operacionais”. Entendendo que parte desse impacto irá se sobrepor às reduções de custos da primeira análise, devido ao impacto sobre os ganhos da produtividade do trabalho, os autores estimam de 6,1 a 7,9 bilhões de dólares anualmente, com um impacto incremental na economia que pode ir de 30% à 70% (Chui *et al.*, 2023).

Conforme relatado pela Chui *et al.* (2023), uma investigação abrangendo 16 áreas funcionais de negócios revelou que aproximadamente 75% do potencial valor dos casos de uso de Inteligência Artificial Generativa está concentrado em apenas quatro áreas principais: operações voltadas para o cliente, marketing e vendas, engenharia de software, e pesquisa e desenvolvimento. Os exemplos do estudo incluem a capacidade da IA em apoiar interações com clientes, gerar conteúdo, redigir código de computador, entre muitas outras tarefas. Os autores salientam que, mesmo com a concentração dos casos de uso em apenas 4 áreas, os modelos generativos têm a capacidade de impactar as empresas de qualquer setor, que poderão ver o maior impacto como porcentagem das suas receitas provenientes da IA generativa. Por mais positivas que sejam as estimativas, os autores ressaltam que a exatidão desse impacto estará condicionada a uma variedade de fatores, abrangendo a combinação e relevância das distintas funcionalidades, bem como a escala das receitas de uma indústria específica.

Para determinar se tarefas específicas podem resultar em melhorias substanciais no mundo real, Brynjolfsson *et al.* (2023), descobriram que a produtividade dos operadores de call

center aumentou em 14% com o uso de novas tecnologias. Este aumento foi ainda mais significativo, superando 30%, para aqueles trabalhadores com menor experiência. Além disso, o sentimento do cliente foi maior ao interagir com operadores que usavam IA generativa como auxílio e, talvez, como resultado, o desgaste dos funcionários foi menor. O sistema parece criar valor ao capturar e transmitir parte do conhecimento organizacional tácito sobre como resolver problemas e agradar os clientes, que, anteriormente, era aprendido apenas através da experiência no trabalho.

Em relatório sobre expectativa de investimentos em Inteligência Artificial, a instituição financeira Goldman Sachs (2023) aponta que os modelos generativos têm um potencial econômico enorme e poderão aumentar a produtividade global do trabalho em mais um ponto percentual por ano, em uma década. Entretanto, para se chegar à essa transformação de grande escala, as empresas terão que fazer significativos investimentos em capital físico, digital e humano, para adquirir e implementar as tecnologias, remodelando seus processos empresariais.

Em estudo, de Carlsson-Szlezak *et al.* (2023) aponta que, embora inovar seja crucial para a organização, as mudanças significativas na produtividade frequentemente impactam mais na redução dos custos em larga escala, do que a introdução de novos produtos. A verdadeira força macroeconômica reside na natureza deflacionária das tecnologias, com empresas que as utilizam sendo capazes de reduzir seus preços, seja na capacidade de produzir mais com menos ou na substituição da mão de obra humana. À medida que esse processo se expande por diversos setores, a macroeconomia vivencia um notável aumento da produtividade.

Em concordância, Candelon *et al.* (2023) indicam que os ganhos imediatos em termos de produtividade provenientes da implementação da IA Generativa se derivam de uma redução substancial nos custos operacionais. Um exemplo disso pode ser definido na capacidade da tecnologia resumir documentos com alta precisão em segundos, enquanto uma pessoa levaria horas para realizar a mesma tarefa, cobrando de US\$ 30 a US\$ 50, por hora.

Por outro lado, faz-se necessário ter cautela ao considerar as previsões realizadas, pois, embora se baseiem em estudos de caso promissores, continuam sendo exercícios sujeitos a suposições e extrapolações, e sua construção e adoção efetiva demandarão tempo significativo. Desafios desconhecidos, como regulamentações, aceitação social, e outros obstáculos podem prolongar prazos e limitar o impacto esperado. Diante disso, o de Carlsson-Szlezak *et al.* (2023) assinala que o impacto resultado da IA generativa será mais modesto.

Como exemplo, o avanço das tecnologias de informação e comunicação levou cerca de 30 anos para atingir uma massa crítica, antes de manifestar um impacto macroeconômico visível, a partir do final da década de 1960. Mesmo considerando serem os atrasos atuais potencialmente mais curtos na era digital, eles persistem. O progresso tecnológico notável nas últimas décadas, embora seja impressionante, ainda não conseguiu impulsionar, de maneira significativa, as taxas de crescimento nas economias avançadas, como nos Estados Unidos. A aceleração do uso de serviços digitais durante a pandemia foi inicialmente vista como um ponto de viragem, mas os impactos exuberantes no crescimento não se materializaram.

Compreender as decepções passadas da tecnologia é essencial para entender seu potencial futuro, visto que a tecnologia, por si só, é apenas o combustível. O crescimento da produtividade requer uma faísca para desencadear uma adoção tecnológica eficaz (Carlsson-Szlezak *et al.*, 2023).

A falta de tecnologia abrangente para substituir a mão de obra tem sido um obstáculo ao crescimento da produtividade, especialmente em setores intensivos em trabalho. A incapacidade da tecnologia em desencadear o efeito tecnologia-custo-preço impactou negativamente o crescimento, especialmente nos serviços em que as interações humanas são recíprocas e não padronizadas. Agora, os promissores modelos generativos oferecem potencial para reduzir custos na economia de serviços, substituindo interações não lineares em áreas como *call centers*, *marketing*, pesquisa e *design*. Este enfoque na redução de custos é crucial para desencadear benefícios macroeconômicos, através do efeito tecnologia-custo-preço (Carlsson-Szlezak *et al.*, 2023).

Contudo, uma avaliação realista do impacto exige uma análise minuciosa dos mecanismos que convertem a tecnologia em um crescimento abrangente da produtividade. De acordo com Baily *et al.* (2023), embora os ganhos potenciais sejam evidentes, os autores destacam que esses benefícios podem levar tempo para se concretizarem, dada a comum defasagem temporal associada a tecnologias de grande impacto. Entretanto, a disseminação da IA generativa pode ocorrer de maneira mais rápida, seja através da automação cognitiva ou do amplo acesso das pessoas à internet, facilitando a eficiente disseminação dessas aplicações por meio de ferramentas digitais.

Por se tratar de uma tecnologia recente, é possível determinar que estamos em um ciclo de adoção, com as empresas experimentando os modelos que se encontram disponíveis. É de se considerar, também, que por serem modelos de livre acesso, os concorrentes também terão à sua disposição os mesmos recursos. Entretanto, o valor maior para as empresas ocorrerá quando essas usarem seus próprios dados, e forem capazes de incorporar a tecnologia às suas necessidades exclusivas (Daugherty, 2023).

Para Littman *et al.* (2021), essa limitação decorre do fato de que seu impacto ainda se encontra restrito à setores específicos, mas há indícios de uma transformação em breve. Conforme evidenciado pelo AI Index Report, de 2021, o investimento global em IA atingiu US\$ 68 bilhões, em 2020, uma quantia significativa, porém proporcionalmente modesta, quando comparada ao investimento total privado nos EUA, que alcançou quase US\$ 4 trilhões no mesmo ano.

Considerando que as empresas e pessoas ainda estão aderindo à tecnologia, espera-se que esses investimentos aconteçam antes dos ganhos de eficiências começarem a gerar os ganhos de produtividade. Contudo, apesar de um crescimento extremamente rápido nos investimentos, esse passa a aumentar a partir de um ponto de partida relativamente baixo e, provavelmente, levará alguns anos para ter um grande impacto na economia, dado que os investimentos relacionados com essa tecnologia representa uma porcentagem ainda baixa do PIB mundial, aponta a Goldman Sachs (2023).

Os Estados Unidos emergem como líderes no mercado de tecnologia de IA, sendo as empresas americanas as prováveis pioneiras em sua adoção, conforme apontado pela pesquisa da Goldman Sachs. Embora países como a China, também, possam experimentar um efeito semelhante, espera-se que o impacto desse investimento seja menor e mais tardio. Embora seja desafiador prever o momento preciso do ciclo de investimento em IA, levantamentos junto às empresas indicam que seu impacto tende a se manifestar na segunda metade desta década. A adoção inicial deve ocorrer, predominantemente, entre empresas de maior porte, especialmente nos setores de informação e serviços profissionais, ciências e serviços técnicos (Carlsson-Szlezak *et al.*, 2023).

Mesmo sendo notório, analisando historicamente, que há um efeito de atraso entre o surgimento de uma nova tecnologia e sua adoção produtiva em grande escala, a IA Generativa marca uma mudança radical na trajetória da evolução da inteligência artificial. À medida que as empresas buscam rapidamente adaptar e implementar essa tecnologia, compreender seu potencial para agregar valor à economia e à sociedade é crucial para orientar decisões críticas. Dada a complexidade e incerteza desse cenário, caracterizar com precisão os impactos dessa onda de inovação continua sendo um desafio considerável. Porém, à medida que a IA generativa continua a evoluir e amadurecer, seu potencial para abrir novas fronteiras, em termos de criatividade e inovação, torna-se cada vez mais evidente (Littman *et al.*, 2021; Chui *et al.*, 2023).

4.2 HORIZONTE DE ALTERAÇÕES NO MERCADO DE TRABALHO

Em contraste com os séculos passados, na economia contemporânea tem se debatido a importância que os indivíduos representam, como um dos principais ativos das organizações, devido ao conhecimento que possuem. Entende-se que a propriedade intelectual das empresas está focalizada não apenas em seus registros formais, mas, também, nas habilidades, competências e formação de seus recursos humanos. Entretanto, há um recente cenário desafiador pelas transformações tecnológicas, evolução da economia e a denominada revolução 4.0, o que têm exigido uma constante atualização e educação dentro das próprias organizações (World Bank, 2019).

Nesse cenário, a transformação digital tem impactado as organizações de diversas maneiras. Tecnologias como a IA deixam de ser apenas vantagens competitivas indispensáveis para as organizações públicas e privadas, e passam a desempenhar um papel no propósito, nos objetivos e nos negócios das organizações, em praticamente todos os setores da economia. Essa influência significativa da evolução tecnológica tem modificado diversas dinâmicas ao longo das décadas, principalmente a da força de trabalho (Manyika; Sneider, 2018; Routley, 2023).

Nos últimos anos, viu-se notáveis avanços no domínio da IA, com este progresso tendo suscitado debates internacionais sobre o papel desempenhado por essa tecnologia no mercado

de trabalho. As discussões englobam uma diversidade de temas, seja reflexões sobre o potencial aumento da produtividade, até especulações acerca da automação integral de ocupações por meio da robótica. Assim, há uma disseminação de estudos que buscam compreender e identificar os impactos eminentes que os profissionais enfrentarão, assim como as competências e habilidades que passarão a ser valorizadas, no contexto em que a IA permeia diversos setores, industriais ou não (Carvalho, 2021).

Os progressos na capacidade computacional, acesso à *internet*, coleta de dados e grande quantidade de dados disponíveis impulsionaram os avanços recentes na IA generativa. De maneira simultânea, as capacidades desses sistemas generativos também estão apresentando um aumento, o que tem possibilitado a execução de uma variedade de tarefas, que antes eram somente reservadas à trabalhos que exigiam esforços cognitivos, incluindo a habilidade de redigir textos, gerar códigos, resumir artigos, organizar planos, traduzir idiomas, entre outras atividades (Sevilha *et al.*, 2022).

Segundo indicam Kagermann *et al.* (2013), a onda de inovações, guiadas pelas aplicações em IA, abre possibilidade de expansão econômica, ao mesmo tempo que permite um salto significativo da produtividade. Em consideração a esse aumento de produtividade, as novas tecnologias poderão produzir em grande volume e com maior velocidade, devido à integração entre sistemas, máquinas inteligentes e IA. Por outro lado, essas mesmas inovações poderão resultar em modificações profundas da necessidade do trabalho humano. O advento da IA sinaliza uma mudança de paradigma nas dinâmicas ocupacionais, abrindo espaço para importantes reflexões sobre suas implicações socioeconômicas e na requalificação profissional.

De acordo com a *The Organisation for Economic Co-operation and Development* (2021), a IA se encontra prestes a transformar a estrutura do trabalho, dando origem a novas ocupações e estabelecendo uma parceria dinâmica entre humanos e tecnologia. Mesmo com a automação total de certas tarefas, emergirão novas tarefas cognitivas, que são menos propensas à automação. Estas serão executadas por trabalhadores e serão vitais para o funcionamento eficaz da IA. Essas mudanças serão possibilitadas através de várias técnicas avançadas. Isso inclui modelos de aprendizado de máquina, processamento de linguagem natural, análise de sentimentos, entre outros. Portanto, enquanto a IA assume tarefas repetitivas, os humanos se concentrarão em funções que exigem pensamento crítico e criatividade. Isso ilustra uma colaboração simbiótica entre humanos e IA, cada um desempenhando papéis que maximizam seus pontos fortes.

A capacidade dos modelos generativos em compreender e utilizar a linguagem natural para uma gama diversa de atividades tem sido o fator destaque para um aumento do potencial de automação do trabalho. Segundo estudo recente da Chui *et al.* (2023), aproximadamente 40% das tarefas desempenhadas pelos trabalhadores demanda um nível médio de compreensão humana de linguagem natural. Alinhada com outras tecnologias, a IA generativa pode automatizar atividades de trabalho que, atualmente, consomem de 60 à 70% do tempo dos funcionários, com sua aceleração oriunda em grande parte devido à essa capacidade aprimorada de compreender a linguagem natural, uma habilidade necessária para atividades

de trabalho que representam 25% do tempo total de trabalho. Dessa forma, atividades laborais que englobam comunicação, documentação, supervisão e interação interpessoal são passíveis de sofrerem automações por meio da IA generativa.

Para Rahman (2021), o impacto da IA se releva como um fenômeno de várias facetas, com resultados que dependem de fatores como o tipo de tecnologia a ser implantada na organização, como, também, das diferenças individuais de cada colaborador. Em seu trabalho, olhando para o impacto de novas tecnologias no mercado de trabalho, o autor concluiu que essas são responsáveis por reduzir e deslocar a mão de obra, e podem resultar em crescimentos salariais mais lentos. Nessas situações, trabalhadores com alto grau de educação têm uma maior tendência de se ajustar de forma mais eficaz, realocando-se no mercado de trabalho ou trabalhando de maneira autônoma. Já trabalhadores com menor grau de instrução são mais suscetíveis ao desemprego. Por outro lado, também existem tecnologias emergentes que têm o potencial de revitalizar a força de trabalho, gerando novas tarefas, elevando os salários e fomentando a criação de empregos.

O fato é que a capacidade das tecnologias que possuem IA e que podem impactar a experiência do trabalho já repercutem nas organizações. Como aponta o relatório sobre o futuro do emprego de Carlsson-Szlezak *et al.* (2023), há uma antecipação das empresas para alterações no mercado de trabalho, com aumento no investimento em IA podendo gerar uma rotatividade, nos próximos anos, de 23% nos empregos, entre a criação e redução de funções. Já em seu estudo, Chui *et al.* (2023), considerando o crescimento no potencial de automação técnica, apontam que o ritmo de transformação da força de trabalho deverá acelerar, com as estimativas de que metade das atividades de trabalho atuais poderiam ser automatizadas entre os anos de 2030 e 2060.

Em estudo apresentando a perspectiva sobre as possíveis implicações dos Modelos Generativos Previsíveis (GPTs) e das tecnologias associadas no mercado de trabalho americano, Elandou *et al.* (2023) identificaram a possibilidade de, aproximadamente, 80% da força de trabalho dos EUA ter, pelo menos, 10% de suas atividades diárias transformadas por esses modelos. Além disso, cerca de um em cada cinco trabalhadores terá metade de suas atividades diárias afetadas pela tecnologia. Um aspecto notável e inovador deste artigo é que as ocupações com salários mais elevados tendem a ser mais afetadas pelos GPTs.

Em concordância com a análise, estudo de Haring (2023) criado para fornecer dados e novos conhecimentos sobre o impacto da IA no mercado de trabalho, aponta que todos os empregos estão sujeitos a alguma exposição potencial às mudanças impulsionadas pela IA Generativa. Apenas 19,8% dos empregos enfrentam o nível mais alto de exposição, enquanto mais de um terço (34,6%) enfrentam o nível mais baixo. Diferentemente dos avanços anteriores em robótica e computação que impactaram principalmente o trabalho manual, as funções dos trabalhadores do conhecimento são as mais expostas às mudanças dos modelos generativos. Enquanto diretores têm a menor exposição, os cargos de desenvolvimento de *software* têm a maior. Interessante salientar que, à medida que o trabalho remoto aumenta, a exposição à essas tecnologias crescem proporcionalmente.

Olhando para o impacto na produtividade, Chui *et al.* (2023) indicam que os modelos generativos têm o potencial de aumentar significativamente a produtividade do trabalho. No entanto, isso exigirá investimentos para apoiar os trabalhadores à medida em que mudam de atividade profissional ou de emprego. Dependendo da taxa de adoção da tecnologia e da redistribuição do tempo dos trabalhadores para outras atividades, essa tecnologia poderia permitir um crescimento da produtividade do trabalho de 0,1 a 0,6% anualmente, até 2040. Quando combinada com todas as outras tecnologias, a automação do trabalho poderia adicionar de 0,2 a 3,3 pontos percentuais anualmente ao crescimento da produtividade.

Segundo Schwab (2016), o mundo avança a passos largos para uma nova revolução industrial, onde os conceitos e ferramentas de IA se tornarão cada vez mais integrados em todos os setores produtivos da economia global. Ele destaca que, com o avanço contínuo e acelerado na capacidade de processamento das máquinas, a automação se tornará uma realidade para profissionais de diversas áreas, incluindo médicos, advogados, jornalistas e contadores. Atualmente, profissões que envolvem trabalho repetitivo já estão sentindo os impactos da substituição humana por máquinas equipadas com essa tecnologia, que são capazes de realizar atividades humanas com maior precisão e menor custo.

Existe uma preocupação crescente com o futuro do emprego devido ao avanço das IAs relacionados à indústria, robotização e à mecanização do trabalho. Segundo Abra (2023), do Instituto Maxx Saúde, estima-se que 12% dos empregos atuais serão substituídos por robôs. No entanto, 13% dos empregos do futuro ainda estão por surgir, e os restantes 75% serão aprimorados com a ajuda da tecnologia. Para Manyika e Sneider (2018), os trabalhadores com níveis educacionais mais baixos, envolvidos em tarefas menos complexas, inicialmente tendem a ser os primeiros a enfrentar o risco de substituição pelas inovações, a menos que sejam requalificados para outras funções.

Um estudo de Bessen *et al.* (2019) sobre a automação e seu impacto nos trabalhadores holandeses, entre 2010 e 2016, revelou consequências significativas: os trabalhadores demitidos devido à automação sofreram uma redução de 9% na renda anual acumulada ao longo de cinco anos. Mesmo com o sistema robusto de seguro-desemprego dos Países Baixos, as perdas salariais não foram totalmente compensadas pelos benefícios. Este cenário indica uma maior vulnerabilidade para trabalhadores em países com sistemas de seguro menos desenvolvidos, sem acesso adequado a treinamento e serviços de colocação profissional, especialmente em contextos de alto desemprego.

A relação entre trabalhadores, competências e tecnologias é delicada e pode ser perturbada pela introdução em larga escala da IA levando ao risco de desemprego. Manyika e Sneider (2018) sugerem que a automação acelerará a necessidade de novas habilidades no local de trabalho, depreciando habilidades físicas e manuais, enquanto valorizará habilidades tecnológicas, sociais, emocionais, cognitivas superiores, criatividade e pensamento crítico.

A Organização Internacional do Trabalho (Gymrek *et al.*, 2023) alerta que, apesar do otimismo em torno do avanço da IA generativa, como o ChatGPT, sua adoção massiva pode acentuar a disparidade de produtividade entre países ricos e pobres. Enquanto países de alta

renda podem se beneficiar significativamente, utilizando esses sistemas para aumentar a produtividade em certas ocupações, países de baixa renda correm o risco de serem abandonados. Até 13% dos empregos nesses países podem melhorar, mas a falta de infraestrutura adequada pode limitar os benefícios potenciais dessas tecnologias.

O acesso global à tecnologia é significativamente limitado por barreiras como a conectividade de banda larga e a disponibilidade de eletricidade. Em 2022, um terço da população mundial ainda estavam sem acesso à internet. Mesmo entre aqueles com acesso, muitos enfrentam desafios, como a baixa qualidade da conexão ou o custo proibitivo dos serviços, impedindo o uso efetivo das tecnologias generativas. Os países de alta renda enfrentarão impactos maiores da automação, principalmente devido à alta proporção de empregos de escritório. Em contraste, os países de renda média e baixa serão menos afetados, embora algumas ocupações, como as de centrais de atendimento, sejam potencialmente vulneráveis à automação (Gymrek *et al.*, 2023).

A automação está transformando as profissões mundialmente, de maneira gradual e, aparentemente, permanente. Com o avanço tecnológico, surgem novas vagas de emprego, mas, principalmente, os trabalhadores menos qualificados, que estão perdendo suas ocupações atuais, podem achar difícil se adaptar e capitalizar as oportunidades da Indústria 4.0. É fundamental oferecer suporte a esses indivíduos para que possam se realocar profissionalmente e mitigar os impactos negativos dessa transição tecnológica, conforme destacam (Finquelievich, 2019; Strack *et al.*, 2021).

Há previsões sobre como a IA pode impactar o trabalho, sendo a mais comum a substituição de empregos e a redução de salários. Avanços tecnológicos podem diminuir os salários de muitas pessoas, já que a IA tem grande potencial disruptivo (Korinek; Juelfs, 2022). A IA pode reduzir a demanda por trabalho a preços atuais, fazendo com que os salários de equilíbrio diminuam, especialmente se a oferta de empregos se mantiver constante. Trabalhadores com menor educação já enfrentam salários reais estagnados ou em declínio, em grande parte devido à automação. No futuro, trabalhadores mais qualificados também podem ser afetados. Avanços tecnológicos podem reduzir os salários em mercados competitivos, mesmo com o aumento da produção, e isso pode acontecer mesmo quando a automação é acompanhada por acúmulo de capital (Korinek; Stiglitz, 2021; Korinek; Juelfs, 2022).

Outra possibilidade é que as máquinas possam se tornar substitutas perfeitas do trabalho humano. Historicamente, o avanço tecnológico tornou a produção mais eficiente e o trabalho humano continuou sendo essencial, o que, muitas vezes, levou a aumentos salariais. No entanto, se a IA e a robótica puderem substituir totalmente qualquer trabalho humano no futuro, o emprego humano poderá deixar de ser essencial. Isso poderia marcar o fim da era do trabalho como conhecemos. Por outro lado, se o emprego, atualmente um recurso escasso e essencial, deixar de ser necessário para a produção, isso poderia levar a um aumento significativo no crescimento econômico (Korinek; Juelfs, 2022).

Entretanto, tratando-se da IA Generativa, a concepção de sua atuação sobre o mercado de trabalho abre espaço para discussões, porém de uma ótica distinta. O impacto dos modelos

generativos em atividades de trabalho físico é menos expressivo, pois suas capacidades de atuação são primordialmente projetadas para tarefas cognitivas. Diferente dos modelos anteriores, essa tecnologia demonstra um potencial mais ampliado de automação em tarefas de gerenciamento de dados, como coleta e processamento de informações, por exemplo (Chui *et al.*, 2023).

O mercado de trabalho enfrenta uma incerteza sobre os efeitos da IA generativa, pois eles dependem de vários fatores, como o tipo de tecnologia (se substitui ou complementa o trabalho), as instituições do mercado de trabalho (sindicatos e leis trabalhistas) e as qualificações dos trabalhadores. Em especial, se o modelo generativo for usado para fazer tarefas que já existem e, assim, substituir em vez de complementar o trabalho, seu impacto pode ser negativo para o emprego e o salário, principalmente para os trabalhadores de menor qualificação (Beauchene *et al.*, 2023).

De acordo com o estudo de Gymrek *et al.* (2023) sobre os efeitos potenciais da IA generativa na quantidade e qualidade do trabalho, a maioria dos empregos e indústrias está apenas parcialmente sujeita à automação por esses modelos. Os autores sugerem que é mais provável que os trabalhos sejam complementados, em vez de substituídos, pela última onda de IA generativa, como o ChatGPT. Portanto, o maior impacto dessa tecnologia provavelmente será em possíveis mudanças na qualidade dos empregos, especialmente na intensidade e autonomia do trabalho. Enquanto em grupos ocupacionais - como gerentes, profissionais e técnicos - apenas uma pequena parcela das tarefas foi considerada altamente exposta, os dados do estudo revelam que o “trabalho de escritório” foi a categoria mais impactada pelas tecnologias de IA, com quase um quarto das tarefas consideradas de alta exposição e mais da metade das tarefas apresentando um nível médio de exposição.

O artigo de Peixoto e Bonat (2023) mostra que as LLMs, como a GPT, têm um impacto profissional maior em atividades que envolvem programação e escrita, que são geralmente mais bem remuneradas. Isso contraria a ideia de que as LLMs só afetam tarefas rotineiras e simples. Por outro lado, as LLMs têm menos influência em atividades que exigem pensamento crítico ou conhecimento científico, que são habilidades variáveis e complexas. O artigo também revela que uma parte significativa (28% à 40%) do impacto das LLMs não é explicada por outras tecnologias anteriores, o que indica uma mudança radical na relação entre IA e trabalho. Os setores mais expostos às LLMs são aqueles que lidam com informações ou que desenvolvem tecnologias complementares. Isso implica em desafios regulatórios, políticos e éticos. Os setores menos expostos são os de manufatura, agricultura e mineração.

Estudos mais recentes buscam entender quais áreas estão mais ou menos sujeitas às transformações promovidas pelo campo generativo, evidenciando desafios distintos em comparação com as ondas passadas de automação. Atualmente, muitas das profissões mais valorizadas em um mercado de trabalho já limitado são aquelas menos expostas às mudanças induzidas pela IA generativa. Em contraste com os impactos anteriores da robótica e informática, que afetaram primariamente o trabalho físico, estudos aponta que são os trabalhadores “intelectuais” que enfrentam maior risco de serem influenciados por esta nova

fase da tecnologia. À medida que o mercado de trabalho se adapta ao crescimento do trabalho remoto, a probabilidade de um emprego ser afetado pela IA Generativa aumenta conforme a facilidade de realizá-lo à distância.

De acordo com Ransbotham *et al.* (2017), a IA generativa está afetando especialmente os empregos da classe média. Eles realizaram uma pesquisa para avaliar as percepções dos trabalhadores sobre os efeitos dessa tecnologia na força de trabalho. Os resultados mostram um misto de otimismo e preocupação. Por um lado, a maioria dos entrevistados (70%) não acha que a inteligência artificial possa substituir todas as tarefas humanas e espera que ela aumente a produtividade da organização (79%).

Além disso, eles veem com bons olhos a possibilidade de delegar atividades rotineiras e cansativas para a inteligência artificial (70%), o que lhes permitiria se concentrar em tarefas mais desafiadoras e gratificantes. Por outro lado, quase metade dos entrevistados (47%) teme uma diminuição na força de trabalho devido à inteligência artificial e a maioria (84%) acredita que precisará adquirir novas habilidades e competências para se adaptar às mudanças tecnológicas. Esses dados revelam uma visão cautelosamente otimista sobre o futuro do trabalho, mas, também, uma grande preocupação com as exigências de qualificação que a inteligência artificial impõe (Ransbotham *et al.*, 2017).

Segundo Acemoglu e Restepo (2018), muitas ocupações atuais exigem menos habilidades cognitivas, o que as torna mais vulneráveis à automação. Porém, não se deve esquecer que habilidades, como pensamento complexo, julgamento, aprendizado por analogia, resolução de problemas abstratos, comunicação e empatia são qualidades humanas que a inteligência artificial não consegue automatizar totalmente. Essas habilidades são essenciais em muitas ocupações existentes e devem ser importantes em novas ocupações. Assim, mesmo com o progresso da automação, a demanda por essas habilidades humanas únicas continua relevante.

Essa tecnologia pode alterar o valor e o uso das competências humanas no trabalho. Ela pode substituir algumas habilidades por máquinas, mas, também, pode ajudar e melhorar outras habilidades humanas. As empresas podem usar a IA para fazer do trabalho uma colaboração entre humanos e máquinas, ganhando em eficiência e desempenho. Cada trabalho existente terá um nível diferente de interação com a IA, podendo ser mais automatizado, coassistido ou independente. Além disso, novas atividades humanas podem surgir, como verificar a qualidade e a ética dos sistemas baseados em IA (Daugherty, 2023).

Analisando dados de recrutamento e seleção, a Haring (2023) aponta que, embora os cargos estejam sujeitos à alguma exposição potencial às transformações impulsionadas pela IA generativa, os cargos mais desejados pelos empregadores atualmente estão entre os menos expostos, com a maioria dos cargos mais comuns anunciados representando 22% de todas as ofertas de emprego. A IA generativa foi classificada como fraca ou regular em 41% das habilidades mencionadas na média dos anúncios de emprego. Considerando que os cargos mais desejados no momento estão comparativamente menos expostos às mudanças impulsionadas por essa tecnologia, é improvável que o apertado mercado de trabalho atual seja rapidamente aliviado pela evolução da tecnologia de IA.

Em estudo similar, Beauchene *et al.* (2023), para o Boston Consulting Group realizou uma pesquisa com cerca de 13.000 pessoas de 18 países, incluindo executivos, gerentes e funcionários de diferentes níveis, para entender como eles se sentem e o que eles temem em relação à IA. A pesquisa revelou que o nível de otimismo e confiança na IA aumentou muito nos últimos cinco, mas também mostrou que há duas grandes diferenças entre os grupos de funcionários: os líderes estão muito mais entusiasmados com a IA do que os funcionários que trabalham diretamente com ela (62% contra 42%). Os que usam frequentemente a IA generativa estão muito mais satisfeitos do que os que não usam (62% contra 36%).

O mesmo estudo aponta que o uso da IA nas empresas dobrou nos últimos cinco anos, passando de 22%, em 2018, para 50%, em 2023, segundo uma pesquisa de Beauchene *et al.* (2023), quase metade dos participantes, 46%, diz que já experimentou a IA generativa, uma tecnologia que cria conteúdo original a partir de dados. Desses, 27% dizem que a usa com frequência. No entanto, há uma grande diferença entre os líderes e os funcionários de nível mais baixo: 80% dos líderes usam regularmente a IA generativa, enquanto apenas 20% dos funcionários fazem o mesmo. Isso provavelmente explica por que os líderes são mais otimistas do que os funcionários, sobre a IA. A pesquisa também mostra que as pessoas que conhecem a IA e a IA generativa reconhecem que elas podem fazer certas tarefas melhor do que os humanos (Beauchene *et al.*, 2023).

Em convergência, Sears (2023) aponta que a IA Generativa é vista com otimismo por 33% dos empregadores e empregados, que esperam que ela aumente a produtividade e crie novas formas de trabalho. Além disso, 44% deles acreditam que a tecnologia possibilitará um trabalho mais flexível. No entanto, esse otimismo pode ser baseado mais na expectativa do que na experiência, pois, apenas 49% dos empregados dizem que estão usando ou pretendem usar os modelos generativos nos próximos 12 meses, enquanto 84% dos empregadores dizem o mesmo. Os setores de tecnologia, mídia social e telecomunicações são os que mais usam ou pretendem usar no próximo ano, com 73% dos empregados e 91% dos empregadores.

Como resultado das recentes inovações, espera-se uma transformação radical no mundo do trabalho nos próximos anos, marcando uma das maiores mudanças de paradigma em um curto espaço de tempo. A ascensão da inteligência artificial em diversos setores produtivos e o surgimento de novas profissões demandarão a identificação de competências essenciais para os profissionais do futuro, que estarão cada vez mais envolvidos com a IA no centro dessas mudanças. Portanto, este estudo é crucial para entender as habilidades necessárias nesse novo cenário, visando esclarecer questões relevantes e contribuir para o debate sobre o tema (Carvalho, 2021).

À medida que a tecnologia de IA generativa avança, ela pode começar a assumir não apenas tarefas simples, mas também processos inteiros, potencialmente substituindo empregos. Inicialmente, os trabalhos mais afetados serão os repetitivos e rotineiros, como os administrativos. Com o tempo, porém, a IA pode impactar profissões que exigem maior inteligência humana e educação, como escrita, jornalismo e programação. Isso pode levar a uma redução significativa na necessidade de trabalhadores humanos em certos setores,

deslocando a demanda do mercado de trabalho. Por exemplo, em programação, menos programadores podem ser necessários, já que a IA poderá assumir parte do trabalho, necessitando apenas de revisão e correção humana (Korinek; Baily, 2023; Ahn; Chen, 2023).

Segundo Manyika *et al.* (2017), os trabalhadores do futuro precisarão de habilidades sociais, emocionais e cognitivas, além de criatividade e comunicação, para se destacarem nas profissões futuras. Isso se deve ao fato de que as habilidades físicas de baixa complexidade pode ser facilmente substituídas por tecnologias que usam inteligência artificial. Nachtigall e Squicciarini (2021) também apontam que as competências socioemocionais, como trabalho em equipe, resolução de problemas, criatividade e comunicação são cada vez mais importantes, pois complementam as habilidades técnicas relacionadas à inteligência artificial.

A nova era da IA generativa exige que os funcionários se preparem para as mudanças no trabalho, mas muitos ainda não receberam a formação e o aperfeiçoamento de competências necessários. Além disso, todos concordam que a IA e a sua regulamentação devem ser responsáveis. Os que usam frequentemente a IA generativa sabem que ela pode ter um impacto positivo ou negativo no trabalho. Por isso, os líderes devem envolver e apoiar os funcionários de nível mais baixo na utilização responsável da IA. As duas principais formas de fazer isso são incentivar e treinar os funcionários nas competências da nova era (Rüssmann *et al.*, 2023).

As análises de diversos estudos mostram que muitas habilidades profissionais importantes dependem de qualidades humanas que a IA generativa não pode imitar. A IA generativa pode processar dados e fazer tarefas específicas, mas não tem empatia, intuição ou destreza manual. Essas habilidades são essenciais para vários trabalhos que envolvem trabalho manual, interação humana e tomada de decisão complexa. Essa tecnologia, também, tem impacto nas habilidades que os trabalhadores precisam ter, exigindo que eles se aperfeiçoem para se adaptarem bem às mudanças tecnológicas. Segundo especialistas do setor e formuladores de políticas, a maioria dos empregos requer habilidades digitais básicas, que podem ser aprendidas com o uso cotidiano da tecnologia (Freitas, 2020; Haring, 2023).

Embora ainda esteja em fase de desenvolvimento, a IA generativa promete transformar significativamente o mercado de trabalho, as carreiras e os métodos de aprendizado, bem como a natureza do trabalho em si. Prevê-se um aumento nas categorias de empregos focados em IA e aprendizado de máquina nos próximos cinco anos, o que já está gerando expectativas e investimentos por parte de empregados e empregadores. As primeiras análises sobre o impacto da IA no mercado de trabalho sugerem uma variedade de efeitos potenciais, mas ainda não há conclusões definitivas sobre como a IA influenciará o equilíbrio entre inovação e automação, nem em quais áreas profissionais isso ocorrerá.

Embora a IA generativa traga grande entusiasmo na transformação do trabalho, seu verdadeiro potencial só pode ser alcançado através das pessoas que a operam. Esse potencial está também atrelado ao aumento das habilidades inatas de cada indivíduo, utilizando novas ferramentas e *insights* interconectados, sem perder a essência humana. A adoção dessas tecnologias deve ser vista como parte de uma contínua transformação digital, cujo sucesso

depende de como as questões emocionais e racionais dos colaboradores são consideradas e valorizadas. Uma integração mais sensível da IA generativa pode resultar em um impacto mais positivo na experiência geral dos funcionários (Sears, 2023).

De acordo com Gymrek *et al.* (2023), é fundamental a interação e o diálogo entre empregadores e empregados para administrar as mudanças tecnológicas no ambiente de trabalho, priorizando a requalificação e realocação profissional, ao invés do desemprego. Segundo a Convenção sobre Proteção ao Emprego (Nº 158, 1982) da Organização Internacional do Trabalho (OIT), em situações de demissões motivadas por avanços tecnológicos, principalmente quando em massa, são exigidos processos específicos. Estes incluem discussões com representantes dos trabalhadores, comunicação com autoridades relevantes, adoção de estratégias para limitar as demissões e aliviar seus impactos, definição de critérios para a escolha dos desligamentos e a preferência pela recontração. O propósito dessas diretrizes é atenuar as consequências adversas das demissões e buscar um equilíbrio entre as necessidades dos trabalhadores, dos empregadores e da sociedade como um todo.

Os impactos dos avanços tecnológicos são frequentemente mais evidentes no local de trabalho e, idealmente, devem ser gerenciados ali mesmo. A influência da tecnologia nas condições de trabalho pode ser positiva ou negativa, dependendo principalmente da participação dos trabalhadores no planejamento, implementação e uso dessa tecnologia. Essa participação é influenciada pelas oportunidades de diálogo e envolvimento dos trabalhadores. Isso pode ser alcançado por meio de mecanismos formais, como conselhos de trabalho ou diretrizes estabelecidas em acordos de negociação coletiva, ou de forma menos formal, em ambientes de trabalho que promovem alto envolvimento dos funcionários, como em organizações que favorecem o trabalho em equipe, a resolução de problemas e a tomada de decisões descentralizada (Gymrek *et al.*, 2023).

É imprescindível ter uma legislação específica que oriente a utilização da IA nos ambientes de trabalho, além do diálogo interno nas empresas. Até o presente, a maioria dos debates sobre regulamentação da IA tem falhado em considerar seu impacto nas condições de trabalho. Para Cole *et al.* (2022) apontam que a ênfase nas discussões sobre o tema tem sido principalmente em normas éticas voluntárias para IA, sem levar em conta o desequilíbrio de poder nas relações trabalhistas. O uso de ferramentas de IA pode reforçar desigualdades de poder no local de trabalho, especialmente se os trabalhadores não tiverem acesso às tecnologias. Outra fonte de intervenção política é garantir a qualidade dos novos empregos criados como resultado da mudança tecnológica.

Fato é que, à medida que a adoção das novas tecnologias em IA se expande, ocorrerão transformações significativas nas práticas de trabalho. Os modelos generativos têm o potencial para reforçar ou mesmo substituir algumas funções específicas, levando à redefinição de certos perfis profissionais convencionais. No entanto, deve-se notar que a IA generativa, embora eficiente em muitos aspectos, pode não ser a solução ideal ou pode ser inadequada em outros casos. Consequentemente, competências profundas, diversificadas, especializadas e exclusivamente humanas permanecerão em alta demanda. Além disso, a

habilidade de se adaptar às mudanças no local de trabalho e a importância da educação contínua serão cada vez mais essenciais.

A Sears (2023) explica que não existe uma única ferramenta ou solução capaz de enfrentar todas as mudanças, desafios e oportunidades que a força de trabalho moderna encontra. Conforme as organizações ajustam suas práticas para maior flexibilidade no local e modo de trabalho, elas também devem focar em aprimorar, requalificar, atrair e reter talentos em um mercado competitivo e em constante evolução. É fundamental que as organizações implementem ferramentas e processos eficazes para gerar valor sustentável, enquanto investem no desenvolvimento de habilidades, carreiras e crescimento pessoal dos funcionários, visando proporcionar uma experiência excepcional para a equipe. Para maximizar o potencial da IA generativa ou de qualquer outra tecnologia, as organizações devem adotar uma abordagem holística e centrada nas pessoas em um ambiente de trabalho cada vez mais digital. Além de focar nas capacidades da IA generativa, é crucial considerar como sua aplicação pode aprimorar as realidades operacionais e experiências no "novo normal" do trabalho.

4.3 IMPLICAÇÕES SOBRE O AMBIENTE EMPRESARIAL

Num contexto global de aperto monetário, inflação e crescente complexidade nos negócios, estratégias envolvendo IA e dados ganham prioridade para organizações. Eficiência produtiva, automação e estreitamento de relacionamentos com clientes tornam-se diretrizes fundamentais. Nesse contexto, surge a IA Generativa, que representa um marco significativo na história tecnológica. Em pouco tempo, essa tecnologia mostrou seu potencial para transformar todos os aspectos de nossas vidas, de maneira comparável à revolução causada pelos *e-mails* e mensagens de texto na virada do milênio (Gratton, 2023)

A tecnologia de IA generativa está começando agora e há muito entusiasmo sobre ela. Os primeiros testes mostram resultados promissores. No entanto, levará um tempo considerável para aproveitar todos os seus benefícios. Líderes de empresas e da sociedade enfrentam grandes desafios com essa tecnologia. Eles precisam lidar com os riscos da IA generativa, descobrir quais habilidades e competências são necessárias para os trabalhadores, e mudar processos importantes nas empresas. Embora lições aprendidas em ondas anteriores de adoção de novas tecnologias sejam pertinentes, é crucial reconhecer as peculiaridades do cenário atual. Os modelos generativos apresentam desafios únicos, especialmente no que diz respeito à necessidade de gerenciar uma tecnologia que avança a uma velocidade sem precedentes (Chui *et al.*, 2023).

O campo da IA Generativa, embora popularizado pelo *ChatGPT*, está se tornando cada vez mais competitivo e se aperfeiçoando rapidamente. Lançamentos notáveis incluem o GPT-4 da OpenAI, o Bard, do Google, além de ferramentas de geração de imagens, como Dall-E 2, Midjourney e Craiyon. Além disso, inovações permitindo o carregamento e treinamento de

Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) em máquinas pessoais, embora com certas limitações, estão ampliando o alcance da tecnologia. Essa crescente concorrência está impulsionando avanços significativos na área, com modelos cada vez maiores e conjuntos de treinamento mais amplos que estão criando ferramentas mais versáteis em comparação com a IA restrita, focada em resolver problemas específicos. O progresso contínuo e a integração de diferentes algoritmos de IA estão aumentando a capacidade de generalização dessas ferramentas, tornando-as mais onipresentes no cotidiano. Este é um cenário dinâmico que continuará evoluindo e influenciando diversas áreas (Timpone; Guidi, 2023).

Como aponta Garcia *et al.* (2020), a implementação bem-sucedida em um ambiente corporativo é complexo, pois requer uma reestruturação no modelo de negócios da empresa. As organizações que não acompanham os concorrentes mais eficientes correm o risco de serem extintas. À medida que as organizações olham para o futuro e adotam novas formas de pensar e atender às necessidades dos clientes, os avanços tecnológicos abrem novas oportunidades para elas.

A integração eficaz dessas tecnologias é crucial para o êxito da estratégia de negócios das empresas. Apesar da rápida evolução tecnológica, do interesse das empresas sobre o tema, e da crescente presença dessas ferramentas no ambiente corporativo, muitas organizações enfrentam desafios significativos na implementação bem-sucedida da IA generativa, devido à falta de maturidade ou conhecimento. A compreensão clara do impacto de uma interface inteligente no sucesso da empresa e a falta de entendimento sobre quais tecnologias ou parceiros podem implementar essas soluções são desafios comuns. As principais barreiras para aqueles que atualmente utilizam ou têm planos de adotar essas tecnologias emergentes podem ser consideradas a infraestrutura limitada, a falta de mão de obra especializada, e falta de conhecimento sobre aplicações. Esses pontos impõem limitações e abrem espaço para preocupações éticas e de segurança (MIT Technology Review, 2023).

Nessa perspectiva, as capacidades avançadas de desenvolvimento de produtos são uma das prioridades estratégicas fundamentais para as organizações. Essas capacidades dependem cada vez mais do acesso à tecnologias digitais sofisticadas, juntamente com competências, processos e estruturas organizacionais para as utilizar eficazmente. O aumento da acessibilidade da computação em nuvem foi responsável por abrir um caminho no mercado, viabilizando o acesso à uma infraestrutura robusta, para um maior número de empresas, sem a necessidade de investir em *hardware*. Por consequência, há um incremento no potencial desse fenômeno que emerge, e que podem afetar positivamente a geração de lucro e competitividade das empresas, principalmente as que possuem menos recursos (Santos, 2023).

Os progressos na capacidade computacional, acesso à *internet*, coleta de dados e grande quantidade de dados disponíveis impulsionaram os avanços recentes na IA generativa. De maneira simultânea, as capacidades desses sistemas generativos também estão apresentando um aumento, o que tem possibilitado a execução de uma variedade de tarefas, que antes eram somente reservadas à trabalhos que exigiam esforços cognitivos, incluindo a habilidade de

redigir textos, gerar códigos, resumir artigos, organizar planos, traduzir idiomas, entre outras atividades (Sevilha *et al.*, 2022).

Para Bornstein *et al.* (2023), o desenvolvimento da IA generativa está intimamente ligado ao poder de processamento disponível, o que faz com que uma parcela significativa dos investimentos flua para empresas de infraestrutura computacional. Estima-se que as empresas de IA gastem cerca de 20 à 40% de sua receita na operação de algoritmos e em ajustes personalizados para cada cliente, pagamentos feitos principalmente à provedores de nuvem ou à fornecedores terceirizados. Estes, por sua vez, investem cerca de metade de sua receita na infraestrutura de nuvem. Assim, prevê-se que entre 10 e 20% da receita total gerada pela IA generativa seja destinada à provedores de nuvem de grandes empresas de TI.

Essa nova era da IA demanda uma infraestrutura de dados flexível, escalável e eficiente. Para impulsionar essas iniciativas, as empresas estão adotando infraestruturas de dados da próxima geração. Abordagens avançadas, como *data lakehouses*, têm o potencial de democratizar o acesso à dados e análises, reforçar a segurança e combinar armazenamento de baixo custo com consultas de alto desempenho. Diante disso, as organizações precisam agir com decisão, abraçando a IA generativa para aproveitar suas oportunidades e evitar perder terreno competitivo. Ao mesmo tempo, devem tomar decisões estratégicas sobre infraestrutura de dados, propriedade do modelo, estrutura da força de trabalho e governança da IA, decisões que terão impacto a longo prazo (MIT Technology Review, 2023).

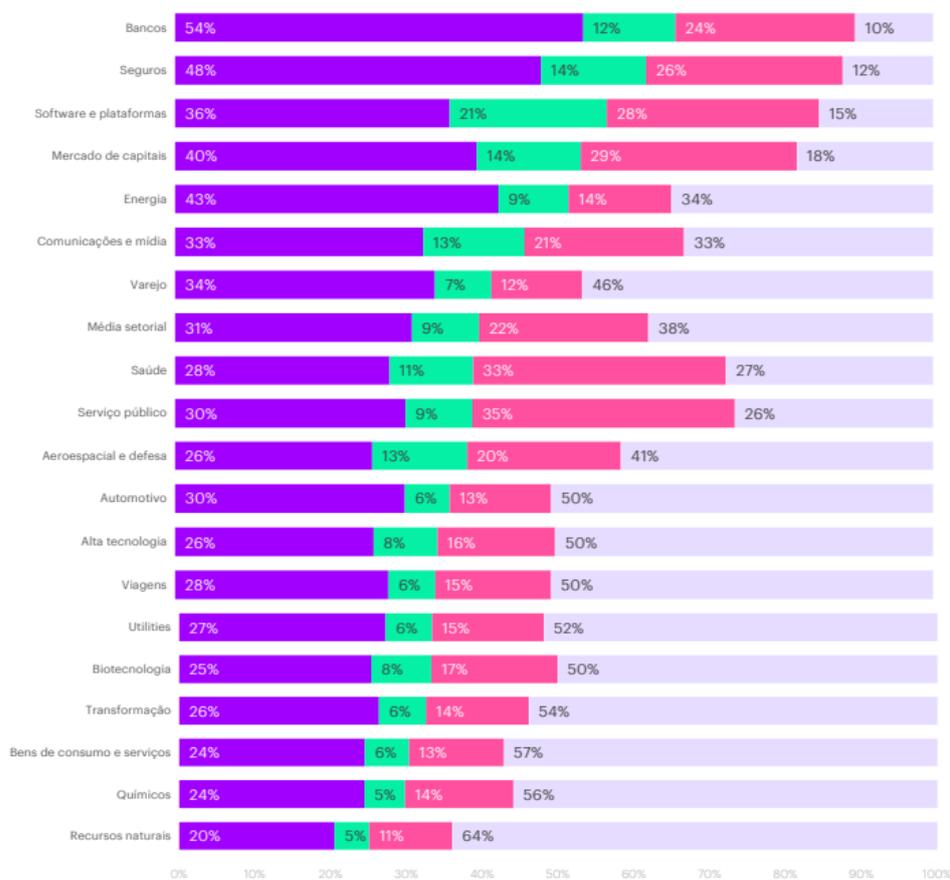
Empresas de tecnologia, incluindo *startups*, têm investido milhões anualmente no treinamento de IA, utilizando serviços de provedores de nuvem ou comprando diretamente de fabricantes de *hardware*. Devido ao alto custo da inovação, o mercado de IA já movimentou grandes somas de capital desde o início. A maior parte desses investimentos vai para os três principais provedores de nuvem: Amazon Web Services (AWS), Google Cloud Platform (GCP) e Microsoft Azure. Estes provedores gastam coletivamente mais de 100 bilhões de dólares por ano para manter suas plataformas abrangentes, confiáveis e competitivas em termos de custo (Bornstein *et al.*, 2023).

Entretanto, as corporações estão tirando vantagem da oferta limitada de *hardware* avançado, essencial para competir no mercado de IA. A falta de processadores de última geração destaca essa situação. A Nvidia, que domina o fornecimento de processadores, beneficia-se enormemente, com receitas de US\$ 3,8 bilhões somente no primeiro trimestre de 2023. Sua liderança de mercado, fruto de décadas de investimento, estabeleceu barreiras significativas para novos competidores nesse segmento vital para as inovações em IA. Pesquisas recentes mostram que os processadores da Nvidia são mencionados em estudos acadêmicos muito mais frequentemente do que as principais *startups* de chips de IA combinadas (Bornstein *et al.*, 2023).

Olhando do ponto de vista do trabalho, a digitalização das organizações impactou diretamente seus propósitos, objetivos e operações. Na economia contemporânea, ao contrário de épocas anteriores, o maior ativo das organizações é seu capital humano, destacado pelo conhecimento que detém. A propriedade intelectual das empresas agora está centrada não apenas em

registros formais (como patentes e propriedade intelectual), mas, também, nas habilidades, competências e formação de seus recursos humanos. Contudo, as transformações tecnológicas dos últimos anos apresentam desafios significativos, tanto para a força de trabalho quanto para acionistas e gestores, exigindo uma constante adaptação e educação dentro das próprias organizações, devido à transformação da economia e à chamada quarta revolução industrial (World Bank, 2019).

Figura 3: Distribuição do tempo de trabalho por indústria e impacto potencial da IA



Fonte: Daugherty (2023)

No relatório da Daugherty (2023) sobre as perspectivas do impacto da Inteligência Artificial (IA) no ambiente de trabalho e nas empresas, são apresentadas estimativas de como essa tecnologia irá transformar o trabalho em diversos setores. Utilizando dados do mercado de trabalho dos Estados Unidos, de 2021, o relatório destaca a distribuição do tempo de trabalho por indústria e o potencial impacto da IA. Segundo a análise, aproximadamente 40% das horas trabalhadas em variados setores podem ser afetadas pela IA generativa.

O setor bancário surge como o mais suscetível, com 54% das horas de trabalho apresentando alto potencial para automação e 12% com elevada probabilidade de impacto. Por outro lado,

24% das horas neste setor possuem baixo potencial de automação ou impacto, enquanto 10% não seriam afetadas. O setor de seguros aparece em segundo lugar na lista de horas de trabalho mais impactadas, seguido por *software* e plataformas, mercados de capitais e o setor energético. O relatório aponta, ainda, que as tarefas linguísticas representam 62% do tempo total de trabalho nos EUA, com 65% dessas tarefas tendo alto potencial de serem automatizadas ou impactadas por modelos generativos (Daugherty, 2023).

O relatório do Gratton (2023) salienta a importância da capacitação da força de trabalho para maximizar o potencial dessa nova tecnologia. As empresas são responsáveis por equipar seus funcionários com as habilidades e a confiança necessárias para integrar essas tecnologias de forma eficiente no dia a dia. Conforme as organizações reconhecem o papel da IA em atender prioridades e otimizar processos, a capacitação emerge como um elemento chave, antecipando-se melhorias significativas nos próximos meses. Além disso, é vital para as empresas adotarem uma estratégia que inclua a contratação de talentos especializados em IA. Essa abordagem fomenta uma cultura de inovação e aprendizado contínuo, essencial em um ambiente digital em constante evolução. À medida que a IA se integra em diversos aspectos organizacionais e novas tecnologias surgem, essa estratégia se torna ainda mais crucial.

Para a Chui *et al.* (2023), as organizações enfrentam dois aspectos críticos ao lidar com a IA Generativa. Primeiramente, é vital que preparem sua força de trabalho para implementar os casos de uso da tecnologia, incluindo a contratação de especialistas em *machine learning* para desenvolver modelos generativos e profissionais qualificados em engenharia de dados e *software* para criar ferramentas genéricas, usando modelos e soluções existentes. Em segundo lugar, é importante reconhecer o impacto profundo dessas aplicações no mercado de trabalho. Estima-se que até 70% do tempo de trabalho possa ser automatizado até 2060. Essa transformação exige que tanto indivíduos quanto empresas se adaptem, focando em atividades de maior valor agregado diante das mudanças substanciais trazidas pelos modelos generativos.

A Lightcast (2023), empresa referência em análise de dados do mercado de trabalho, realizou um estudo de mercado de trabalho que revelou um aumento surpreendente de 1.848% nas ofertas de emprego que requerem habilidades em IA Generativa. Enquanto em 2022 havia 519 ofertas de emprego nessa área, o ano de 2023, após a estreia do *ChatGPT*, em dezembro de 2022, registrou 10.113 postagens de emprego relacionadas a IA generativa. No total, houve mais de 385.000 postagens para funções envolvendo todas as formas de inteligência artificial. Essa demanda crescente afeta, principalmente, profissões focadas no desenvolvimento de novas aplicações de IA, como cientistas de dados e engenheiros de *software*. Uma área notavelmente excepcional é a de redação de currículos, que tem ganhado destaque na comunidade educacional como parte dos esforços para integrar o conhecimento de IA em suas ofertas curriculares.

Ainda de acordo com a Lightcast (2023), os principais empregadores na área generativa abrangem uma variedade de setores, incluindo a comunidade social Fud, a empresa educacional Chegg, Meta, Capital One e Amazon. Essa diversidade indica a ampla gama de organizações que estão incorporando a IA generativa em seus serviços. As ocupações mais

demandadas são aquelas já estabelecidas no campo do desenvolvimento de IA, como Engenheiros de Aprendizado de Máquina e Engenheiros de IA, refletindo o processo intensivo de desenvolvimento que as empresas estão realizando para criar aplicativos novos.

Um estudo da empresa de consultoria Capgemini (2023), envolvendo 800 empresas, revelou que 69% delas veem a IA generativa como um meio para aumentar a eficiência, liberando os funcionários de tarefas rotineiras e possibilitando a concentração em aspectos mais estratégicos do trabalho. Além disso, a mesma porcentagem de executivos acredita que a IA generativa impulsionará a criação de novas funções, como auditores de IA e especialistas em ética de IA. A pesquisa também indica que 68% dos executivos preveem que a adoção de funções generativas baseadas em IA na força de trabalho exigirá investimentos substanciais na melhoria das competências existentes e na qualificação cruzada de talentos, enfatizando a necessidade de adaptação às novas demandas trazidas pela tecnologia.

Grennan *et al.* (2022) enfatizam a necessidade de compreensão da IA durante o processo de sua adoção nas empresas. Eles argumentam que tanto desenvolvedores quanto usuários finais devem entender a tecnologia para utilizá-la eficazmente. A confiança e o entendimento são fundamentais para que as pessoas adotem e usem a IA. Portanto, as empresas que simplificam o uso da IA e facilitam sua compreensão podem obter vantagens competitivas. Isso não apenas beneficia os usuários internos da organização, mas, também, ajuda a empresa a se posicionar favoravelmente perante reguladores e consumidores. No entanto, a complexidade inerente à IA pode levar a uma falta de compreensão generalizada sobre como essas tecnologias funcionam, o que representa um desafio significativo. As empresas precisam, portanto, investir em educação e comunicação para superar essas barreiras e promover uma adoção mais ampla e eficaz da IA.

Entretanto, apesar da IA generativa estar ganhando terreno, as tecnologias de IA mais tradicionais continuam dominando o mercado de empregos. Por exemplo, até o estudo da Lightcast, em 2023, houve 163.559 postagens de emprego solicitando competências em aprendizado de máquina, demonstrando que, apesar do crescimento da IA generativa, ela ainda representa uma parcela menor do mercado em comparação com tecnologias de IA mais estabelecidas. Fato é que a transição para a automação e IA representa um desafio significativo para as empresas e seus líderes. Eles devem não apenas aproveitar as oportunidades geradas por essas tecnologias, promovendo pesquisa e desenvolvimento para estimular uma cultura de inovação contínua, mas, também, mitigar riscos e inseguranças para os trabalhadores. Além disso, as empresas devem investir na capacitação de seus empregados para funções em ambientes altamente automatizados (Fernandes, 2023; Lightcast, 2023).

Apesar das preocupações com a automação, as previsões distópicas podem ainda ser consideradas exageradas. As ferramentas de IA generativa, capazes de executar tarefas complexas e variadas, não são vistas por especialistas e acadêmicos como uma ameaça de automação em grande escala. Em vez disso, a expectativa é que a força de trabalho seja redirecionada, de tarefas demoradas para focar em áreas de maior valor, como conhecimento, estratégia e valor empresarial, representando uma libertação para atividades mais

significativas e estratégicas. Para apoiar trabalhadores com menor qualificação, políticas públicas de realocação no mercado de trabalho são cruciais (Gratton, 2023).

A pesquisa do MIT, em colaboração com a Databricks, que incluiu 600 líderes de tecnologia (CIOs), indicou uma evolução nas ambições e na abordagem da IA nas organizações. Um levantamento pré-2022 mostrou que, embora 94% das organizações usassem IA de alguma forma, apenas 14% tinham planos para uma implementação abrangente até 2025, revelando ambições limitadas. No entanto, as características “democratizantes” da IA generativa marcam um ponto de virada significativo. Ela permite a aplicação da IA em todas as esferas da empresa, beneficiando todos os funcionários e alcançando todos os clientes. Esse avanço representa uma mudança de paradigma importante, transformando a IA de uma tecnologia usada para casos de uso específicos para um elemento central, que define a empresa moderna (MIT Technology Review, 2023).

Um artigo de Viola (2023) aborda três métodos principais para empresas implementarem IA generativa: 1) adquirir *software* com IA integrada, 2) usar modelos de terceiros via integrações, e 3) desenvolver modelos próprios com dados públicos e privados. Muitas organizações preferem as duas primeiras opções pela simplicidade, mas empresas visionárias tendem a escolher a terceira, visando proteger dados e cumprir padrões éticos e legais. Desenvolver modelos próprios maximiza o valor da IA oferecendo representações de dados únicas para avanços em várias áreas. O artigo ressalta a importância de desenvolver modelos próprios para manter vantagens competitivas, permitindo controle total sobre a IA, desde treinamento até governança, garantindo propriedade e controle sobre modelos cruciais para inovação e monetização.

Entretanto, apesar da expectativa de aumento da competitividade e produtividade decorrente da aplicação de novas tecnologias de IA nos processos produtivos, esses impactos não serão uniformes. Certos setores demonstrarão maior capacidade de absorver e implementar essas tecnologias, enquanto a diferenciação nos impactos também dependerá do porte empresarial. Grandes empresas, devido à disponibilidade de recursos e conhecimento prático para lidar com a inovação, podem se beneficiar mais, enquanto pequenas e médias empresas, enfrentando dificuldades técnicas, orçamentárias e de recursos humanos, podem subvalorizar a inovação (IEL, 2020).

Nelson e Winter (2002) discutem a tendência de grandes empresas investirem mais em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) do que as menores. Eles argumentam que a inovação bem-sucedida aumenta a lucratividade proporcionalmente à escala da empresa, incentivando um ciclo de crescimento e maior investimento em P&D. Em contrapartida, Patel & Ahmad (2023) focam no uso da IA generativa em sua fase inicial de eficiência. Eles apontam que, embora a adoção massiva da IA generativa possa oferecer vantagens competitivas, enfrenta-se um dilema de custo-benefício. O investimento necessário para expandir os sistemas computacionais a fim de suportar esses algoritmos avançados pode ser proibitivo agora. Isso se deve ao alto custo de *hardware* e outros investimentos necessários para implementar efetivamente a IA generativa, tornando o processo financeiramente inviável para muitas organizações.

Em junho de 2020, Amazon, Microsoft e Apple alcançaram uma capitalização de mercado superior a 1.3 trilhões de dólares cada, enquanto a ExxonMobil, líder no setor de óleo e gás nos EUA, ficou abaixo de 300 bilhões de dólares. Lamb (2020) usa esses dados para ilustrar a transição para uma economia do intangível, na qual organizações centradas em dados, conhecimento e capital intelectual são mais valorizadas pelos investidores. A base de negócios dessas grandes empresas de tecnologia é a ciência da computação, complementada pela adoção recente de tecnologias inovadoras, como IA e aprendizado de máquina. Essa mudança tecnológica tem sido um fator chave para que essas empresas se tornem paradigmas da nova era da economia do conhecimento, marcando uma clara transição da valorização de ativos tangíveis para intangíveis.

Indicadores econômicos das últimas décadas demonstram um aumento significativo na capitalização de mercado das grandes empresas de tecnologia, conhecidas como as "big 5" - Amazon, Microsoft, Google, Apple e Meta (*facebook*). A valorização das ações dessas empresas reflete, em parte, as expectativas de desempenho baseadas nas tecnologias avançadas e na posse de grandes volumes de dados que essas companhias detêm. Considerando as abordagens contemporâneas orientadas por dados, a aplicação da IA é vista como uma estratégia fundamental para impulsionar melhorias no processo produtivo. Além disso, espera-se que a integração da IA resulte em um aumento significativo na produtividade. Neste contexto, os algoritmos de aprendizado de máquina estão ganhando um papel cada vez mais proeminente nas indústrias, o que justifica sua crescente adoção. Essa tendência reflete a evolução e a valorização das tecnologias de IA no cenário industrial moderno, evidenciando seu potencial em otimizar processos e aumentar a eficiência (Lamb, 2020; Nolan, 2021).

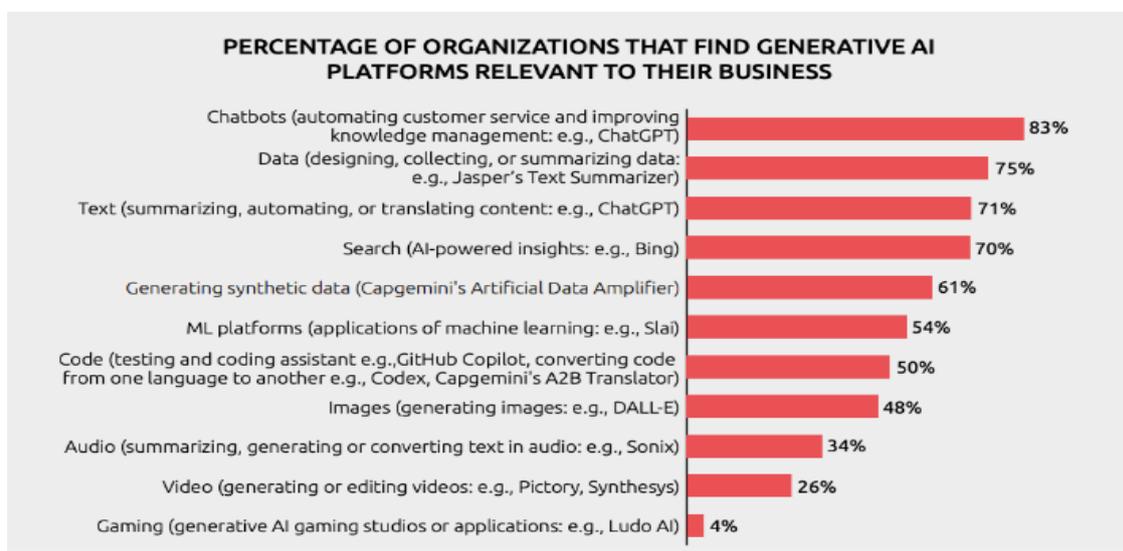
Empresas devem ponderar sobre a perda de vantagem competitiva ao utilizar modelos de IA não proprietários e considerar o valor intrínseco dos *insights* gerados pelos seus próprios dados. A habilidade de criar modelos próprios de IA, mesmo que não sejam de grande escala, é fundamental para uma empresa controlar seu próprio destino. Ao desenvolver seus próprios modelos, as organizações podem treinar, ajustar e gerir sua IA, maximizando o retorno sobre o investimento nessas tecnologias em evolução. Essa abordagem permite às empresas não apenas criar valor, mas, também, manter o controle sobre a proteção, inovação e monetização dos seus dados. Modelos de IA desenvolvidos internamente se tornam ativos valiosos, representando a codificação de dados cruciais para a fundação e o sucesso empresarial. Portanto, a propriedade de modelos de IA é um passo estratégico crucial para empresas que buscam manter a competitividade e inovar no mercado atual (Timpone; Guidi, 2023).

Sabe-se que ter infraestrutura, talento e acesso à dados são fundamentais para estar na fronteira da inovação em IA generativa. Enquanto empresas menores podem ter dificuldades de se inserir nessa onda de inovação, empresas com acesso a grandes volumes desses dados, como Google, Amazon e Microsoft, têm uma vantagem significativa. Além de possuírem enormes reservas de dados, essas empresas também detêm o conhecimento técnico para explorar esses dados no desenvolvimento de modelos avançados de IA. Além do acesso a dados, empresas com a capacidade técnica para desenvolver e implementar modelos complexos de IA estão em uma posição favorável para se beneficiar dessa tecnologia. Entre as organizações a serem observadas, incluem-se a OpenAI, IBM e Baidu, que, além de

investimentos significativos em IA, possuem um vasto *pool* de talentos técnicos fundamentais para o desenvolvimento e implementação de modelos de IA generativa (Globalexft, 2023).

Entretanto, o uso das ferramentas generativas tem se expandido para empresas de diferentes portes, principalmente impulsionadas pelos usuários colaboradores. O estudo da Capgemini (2023) apontou que 74% dos executivos, de 800 empresas analisadas, acreditam que os benefícios da IA generativa superam as preocupações associadas a ela. Enquanto 21% dos executivos antecipam uma disrupção em suas indústrias devido à IA generativa, uma parcela significativa das organizações já está se adaptando ativamente a esta tecnologia. Cerca de 40% das empresas de diferentes setores estabeleceram equipes e alocaram orçamentos específicos para explorar a IA generativa. Adicionalmente, outros 49% planejam seguir o mesmo caminho nos próximos 12 meses, indicando uma tendência crescente de adoção e investimento na tecnologia de IA generativa em diversas indústrias.

Figura 4: Percentual de atividades principais realizadas pela IA



Fonte: Capgemini (2023)

De acordo com o estudo, as organizações consideram as plataformas e ferramentas de IA generativa como essenciais para melhorar várias facetas de seus negócios. Uma grande maioria, 83%, vê os *chatbots* baseados em IA como fundamentais para automatizar o atendimento ao cliente e aprimorar a gestão do conhecimento. Além disso, 75% acreditam na importância dessas tecnologias para projetar, coletar ou resumir dados. A maioria dos executivos (78%) está convencida de que a IA generativa tornará o *design* de produtos e serviços mais eficiente, enquanto 76% acreditam que ela também tornará esses processos mais acessíveis. Eles também preveem que a IA generativa criará experiências de clientes mais interativas e envolventes (71%) e melhorará o atendimento ao cliente com suporte automatizado e personalizado (Capgemini, 2023).

Entre as diversas aplicações da IA generativa, estudo do Gartner (2023) prevê que até 2027, cerca de 30% dos fabricantes terão adotado a IA generativa para melhorar a eficiência dos processos de desenvolvimento de produtos. Em pesquisa de mesmo ano, a Statista (2023)

aponta que, nos Estados Unidos, 37% dos profissionais de publicidade e *marketing* usam IA para auxiliar em suas tarefas. A habilidade da IA de aprimorar as interações e oferecer experiências personalizadas se tornou um elemento chave para que as empresas se destaquem e mantenham uma vantagem competitiva. A excelência na experiência do cliente não é apenas crucial para a fidelização e engajamento, mas, também, constitui uma importante vantagem competitiva. Isso inclui a capacidade de fornecer *feedback* em tempo real e desenvolver interfaces inteligentes, tornando a experiência do cliente mais envolvente e adaptada às suas necessidades específicas.

Para o Carlsson-Szlezakf *et al.* (2023), a adoção ampla da IA generativa pode apresentar desafios econômicos para todos os tipos de empresas, principalmente relacionados à diminuição de lucros. Quando a tecnologia poupadora de trabalho se torna acessível em larga escala, pode resultar em uma competição de preços, levando à lucros decrescentes. Exemplos históricos de setores como o automotivo, transporte marítimo e aviação mostram que os ganhos de produtividade nem sempre se traduzem em lucros crescentes, mas frequentemente resultam em preços mais baixos, concorrência intensa e margens de lucro reduzidas. Para as empresas, isso implica a necessidade de adotar estratégias defensivas, como cortes de custos para manter a viabilidade, e estratégias ofensivas, como cortes de custos para conquistar vantagens competitivas. Essa dualidade de abordagens reflete os desafios estratégicos que a IA generativa impõe às organizações, forçando-as a reavaliar suas estratégias comerciais em um ambiente cada vez mais influenciado por inovações tecnológicas.

A implementação de tecnologia em larga escala é um processo gradual, não instantâneo. A existência de capacidades tecnológicas avançadas em laboratório não implica que elas possam ser prontamente aplicadas em soluções automatizadas para tarefas de trabalho específicas – desenvolver tais soluções demanda tempo. Mesmo após o desenvolvimento de uma solução, seu uso pode não ser economicamente viável se os custos superarem os do trabalho humano. Adicionalmente, mesmo com incentivos econômicos para a implementação, a adoção em escala global requer tempo. Portanto, os cenários de adoção tecnológica das IAs generativas, que levam em conta esses fatores e o potencial de automação técnica, oferecem uma perspectiva sobre a velocidade e magnitude das mudanças nas atividades trabalhistas ao longo do tempo (Chui *et al.*, 2023).

5 DESAFIOS DO CAMPO QUE PRECISAM SER SUPERADOS

5.1 DESAFIOS ÉTICOS E MORAIS

Apesar do grande potencial da IA generativa, é essencial uma avaliação precisa dessas ferramentas em contextos específicos para maximizar seu valor e minimizar riscos. Ao explorar diferentes casos de uso, deve-se ter em mente que, além das inúmeras oportunidades oferecidas pela tecnologia, existem riscos inerentes. Os modelos generativos podem ser extremamente úteis no atendimento ao consumidor, na otimização de processos organizacionais e na liberação de tempo para que profissionais se dediquem a tarefas de maior valor agregado. No entanto, é fundamental reconhecer suas limitações e as potenciais armadilhas que acompanham seu uso (Chui *et al.*, 2023).

A implementação de tecnologias avançadas, como a IA generativa, traz consigo o potencial de riscos que necessitam ser cuidadosamente considerados e mitigados. Esses riscos podem estar diretamente ligados à própria tecnologia. Por exemplo, é crucial estabelecer proteções regulamentares, de conformidade, de segurança cibernética e de privacidade eficientes para que as ferramentas de IA generativa possam acessar fontes de dados variadas com segurança. Além disso, é necessário desenvolver processos que garantam a precisão e a confiabilidade dos resultados gerados pela IA. Os riscos também podem emergir da maneira como os sistemas de IA generativa são integrados, de modo a combater vieses (Sears, 2023).

Há diversas questões delicadas relacionadas ao uso dessa tecnologia. Entre elas, destacam-se a produção de textos coerentes que, apesar de parecerem corretos, configuram-se como *fake news* por serem desenvolvidos com base em informações não filtradas, incorretas ou não confiáveis. Há, também, a ineficácia dos filtros existentes na captura e mitigação de conteúdo impróprio ou ilícito; a presença de vieses discriminatórios com potencial de prejudicar indivíduos, reforçando preconceitos em vez de combatê-los; a programação de códigos maliciosos; o uso de *deep fakes* em fraudes; violações de direitos autorais, marcas e de personalidade; e a falta de transparência. Ademais, os modelos podem gerar conteúdo protegido por direitos de propriedade intelectual, como marcas registradas, textos, artes, imagens e direitos de personalidade (Vainzof, 2023).

À medida que mais indivíduos utilizam os modelos generativos para criar e divulgar textos, fotografias, filmes e outros conteúdos, a *internet* se encontra cada vez mais saturada com materiais gerados artificialmente, resultando em uma degeneração da informação. Embora muitos desses desafios não sejam inéditos nos ambientes digitais, a expansão da tecnologia intensifica essas problemáticas. Os danos decorrentes do uso mal-intencionado por parte de golpistas, assediadores anônimos, agentes estrangeiros ou governos hostis podem ser significativamente mais complexos de prevenir do que o simples prejuízo comercial. Nesse contexto, torna-se plausível e até necessário demandar uma gestão regulatória eficaz dos

riscos, especialmente nas operações das empresas que mais empregam e lucram com essas tecnologias, como aponta Engler (2023).

Pelo ponto de vista do uso das informações de pessoas e empresas, os modelos de IA aprendem com dados inseridos por usuários. Assim, eles podem inadvertidamente expor informações confidenciais ao serem usados para atender solicitações de outros. Com o aumento do uso destas tecnologias pelas empresas, cresce o risco de vazamento de dados sensíveis. Por isso, a KPMG (2023) enfatiza a importância de as organizações implementarem medidas de segurança para proteger sua propriedade intelectual, ao mesmo tempo em que exploram os benefícios da IA generativa.

Segundo a Timpone e Guidi (2023), é crucial evitar o uso de dados de clientes, confidenciais ou de propriedade intelectual (PI), em versões de IA que utilizam feedback para re-treinamento, pois isso pode tratar dados privados como públicos, violando a LGPD e contratos com clientes, além de expor vantagens competitivas. Recentemente, a Itália se tornou o primeiro país ocidental a banir e investigar o *ChatGPT* por preocupações de privacidade.

Cibercriminosos podem utilizar IA generativa para criar golpes de *phishing* mais convincentes e gerar credenciais para invasão de sistemas. Além disso, os algoritmos de IA podem falhar na proteção de conjuntos de dados de treinamento, expondo informações de indivíduos em dados anônimos. Riscos adicionais incluem o 'envenenamento' de dados para manipular treinamentos de IA e tentativas de enganar modelos de IA. Com a adoção crescente de tecnologias como o *ChatGPT*, é vital que as equipes de cibersegurança e gerenciamento de risco criem diretrizes e regulamentações para uso seguro, incluindo conscientização sobre os benefícios e riscos, além de implementar controles de cibersegurança robustos, conforme recomenda a KPMG (2023).

Empresas devem orientar seus funcionários a não usarem *chatbots* públicos para inserir informações sensíveis, pois esses dados alimentam o treinamento contínuo dos modelos de IA generativa. A Microsoft, apesar de seus grandes investimentos na área, aconselhou seus funcionários a evitarem compartilhar informações sensíveis com o *ChatGPT*. Incidentes na Samsung, onde funcionários utilizaram a IA para verificar códigos confidenciais e transformar gravações de reuniões em anotações, levaram a empresa a restringir e posteriormente banir o uso da IA. Outras organizações, como JPMorgan Bank of America e Citigroup, também tomaram medidas semelhantes por preocupações de segurança (Mauran, 2023).

Por outro aspecto, a IA generativa, é incapaz de verificar a credibilidade dos dados que processa, podendo gerar informações incorretas, levando desde equívocos humorísticos, até sérios riscos corporativos, como violação de direitos autorais e vazamento de dados proprietários. Esta situação é agravada pela facilidade de uso da IA, que pode levar funcionários sem especialização a confiarem excessivamente na tecnologia para tarefas que exigem conhecimento específico. O uso legítimo envolve riscos, como a geração de conteúdo

falso ou mal-intencionado, sendo essencial que os profissionais revisem criticamente o conteúdo produzido pela IA para assegurar a qualidade (Candelon *et al.*, 2023).

As tecnologias que derivam dos modelos generativos, incluindo o ChatGPT, podem ser inconsistentes e imprecisos. A natureza conversacional e capacidade de gerar respostas claras e bem estruturadas podem levar os usuários a confiar nelas, mesmo quando estão erradas. Apesar das melhorias, como as do modelo *GPT-4*, que tem 60% menos probabilidade de fornecer informações inventadas, ainda é crucial verificar ativamente a acuracidade e as fontes. O problema das 'alucinações', em que ferramentas geram respostas imprecisas que vão além dos dados de treinamento, permanece como uma preocupação significativa (Timpone; Guidi, 2023).

A IA generativa também suscita questões sobre a originalidade e a propriedade de conteúdo. Textos e imagens gerados por esses sistemas, embora não sejam idênticos a conteúdos preexistentes, são derivados de materiais usados no treinamento dos modelos. Fornecedores desses sistemas afirmam que o conteúdo pertence aos criadores imediatos, mas a natureza derivativa dessas criações inevitavelmente proporcionará desafios significativos para os advogados de propriedade intelectual nos próximos anos (Daportman; Mittal, 2023).

A tecnologia introduz complexidades éticas em relação aos direitos autorais do conteúdo usado em seu treinamento. Surgem dilemas sobre os direitos de artistas e autores, cujos estilos podem ser imitados, e casos em que trechos de texto são acusados de plágio - não só em trabalhos acadêmicos, mas, também, em comunicações corporativas e discursos. Isso levanta questões importantes sobre os direitos e responsabilidades tanto dos criadores originais quanto dos usuários dessas tecnologias (Timpone; Guidi, 2023).

O uso de informações ou códigos gerados por IA em produtos ou entregas de uma organização pode violar direitos autorais ou propriedade intelectual, trazendo riscos legais e danos à reputação. Além disso, usuários sem treinamento adequado podem inadvertidamente expor propriedade intelectual ou segredos comerciais, potencialmente resultando em processos judiciais e impactos financeiros. A falta de transparência no uso de conteúdo de IA também pode prejudicar a reputação, como no caso da editora de tecnologia CNET, criticada por usar IA para escrever artigos, muitos com erros, afetando sua credibilidade, apesar de alegar supervisão editorial em todo o processo, conforme reportado pela KPMG, em 2023.

Outro exemplo que pode ser usado é a ação coletiva que foi movida contra os desenvolvedores das ferramentas de IA Midjourney, Stable Diffusion e DreamUp, da DeviantArt. Iniciada por três artistas digitais, Sarah Andersen, Kelly McKernan e Karla Ortiz, em janeiro de 2023. Os artistas acusam as organizações responsáveis pelas ferramentas de infringirem os direitos de milhões de artistas, devido ao uso de bilhões de obras de arte coletadas da internet para treinar modelos neurais de geração de imagem (Vincent, 2023).

Angelis *et al.* (2023) destacam os desafios na identificação do uso de IA para geração de mídia sintética, apontando que, apesar dos filtros, modelos de linguagem de grande escala podem ser manipulados para realizar ações proibidas. A crescente produção de conteúdo e a ausência de moralidade em sistemas automáticos ressaltam a necessidade de conscientização

dos desenvolvedores de IA. Eles devem assumir a responsabilidade legal e moral não apenas pelo avanço na criação de mídia sintética, mas, também, pelo desenvolvimento de métodos para identificar essas criações, restringir conteúdo ofensivo e controlar o comportamento de agentes inteligentes que criam realidades falsas.

Korda (2023) destaca os riscos da tecnologia de IA generativa, cujo potencial de interferência é consideravelmente maior que o das IAs anteriores. O estudo de Korda revela como ele e outras pessoas ao redor do mundo encontraram brechas para uso não ético dessa tecnologia, evidenciando a possibilidade de oportunismo. Isso sublinha a necessidade de maior responsabilidade das empresas na implementação de suas IAs e ação regulatória governamental para mitigar esses riscos.

Além disso, a maioria das organizações ainda não aborda eficazmente os riscos da inteligência artificial tradicional, apesar de mais da metade já ter adotado essa tecnologia. A IA generativa requer atenção redobrada a esses riscos e traz novos desafios. Líderes devem estabelecer princípios éticos e diretrizes para seu uso e entender completamente os riscos de casos de uso potenciais. É crucial selecionar casos de uso iniciais que se alinhem com a tolerância ao risco da organização e garantir estruturas para mitigar os riscos associados (Chui *et al.*, 2023).

O controle da qualidade dos modelos generativos pode ser exercido manipulando os dados de treinamento. Por exemplo, a OpenAI usa revisores humanos e um modelo de IA adjacente para remover conteúdos inadequados, como violência e material sexual, dos dados de treinamento do DALL-E 2. Esta abordagem melhora os resultados gerados e pode ser adaptada para outras fases de desenvolvimento, demonstrando ser uma intervenção eficaz. Apesar de seu grande potencial, a tecnologia traz desafios éticos e legais significativos, que exigem atenção cuidadosa. É vital manter discussões e explorar essas questões à medida que avançamos em um futuro dominado pela IA envolvendo toda a sociedade, para assegurar que seu uso seja responsável e benéfico para todos (Engler, 2023).

5.2 ATUAÇÃO GOVERNAMENTAL PARA REGULAMENTAÇÃO

O interesse crescente na IA levou muitos países a desenvolverem estratégias nacionais para maximizar benefícios e mitigar custos sociais e econômicos. Essas estratégias variam desde políticas específicas e orçamentos à estudos e guias para orientar políticas públicas relacionadas à IA. Enquanto a IA oferece benefícios econômicos, como aumento de produtividade, há o desafio de gerenciar seus impactos negativos, como desemprego em massa. A preocupação ética, segurança e a necessidade de regulamentação tornam urgente a adoção de políticas públicas para a IA (Cóbe *et al.*, 2020).

Segundo Nelson e Winter (1982), governos e políticas desempenham um papel crucial no desenvolvimento do setor privado, influenciando inovação e comportamento competitivo.

Aspectos como leis de patentes, legislação antitruste, regimes regulatórios, educação e apoio governamental à pesquisa e desenvolvimento moldam as atividades econômicas. Eles destacam que uma grande parte da atividade econômica é realizada por organizações públicas, fazendo da economia uma mistura de setores público e privado. As políticas públicas evoluem em resposta a mudanças na tecnologia, estruturas de mercado, valores e compreensão, afetando significativamente as capacidades econômicas e comportamentais.

Os autores ainda argumentam que, apesar das políticas serem frequentemente discutidas em termos de interesse público, este 'público' é uma abstração, não uma entidade concreta com objetivos claros. Na realidade, o público é diverso e tem interesses muitas vezes conflitantes. Além disso, as partes interessadas influenciam de várias formas a formulação de políticas, que diferem significativamente entre áreas como defesa, educação e tecnologia. Muitas questões de política pública são complexas, com problemas e opções mal compreendidos e valores subjacentes opacos (Nelson; Winter, 1982).

Os EUA lideram em documentos sobre estratégias nacionais de IA, destacando a importância da regulamentação e do papel do governo. A China, por sua vez, investe maciçamente para se tornar líder na IA, enquanto os países europeus priorizam ética, sustentabilidade e regulamentação (Cóbe *et al.*, 2020). No tocante aos desafios da automação no mercado de trabalho, debates emergem sobre ética, discriminação e eficiência no setor judiciário. O uso de sistemas autônomos, inclusive em armamentos, demanda uma regulamentação rigorosa para garantir responsabilidade e segurança. A IA também impacta o emprego, levantando questões sobre treinamento e políticas informativas para uma transição suave (Pedro, 2023).

No âmbito tributário, a IA levanta questões sobre a distribuição de riqueza e a necessidade de sistemas fiscais adaptáveis. Além disso, a tributação na era da IA destaca a necessidade de sistemas fiscais adaptáveis à nova realidade econômica. Questionamentos sobre se os robôs devem pagar impostos evidenciam a complexidade dessa transformação, que impactará a distribuição de riqueza e exigirá uma revisão dos procedimentos fiscais. A eficácia dos programas de IA responsável varia, sendo essencial políticas públicas que considerem infraestrutura, regulamentação e investimentos em educação (Korinek; Baily, 2023).

Uma economia mais próspera e avançada não assegura benefícios equitativos para todos, podendo resultar em disparidades. O aumento da produtividade impulsionado pela IA pode desencadear significativas perturbações no mercado de trabalho, incluindo o risco de desemprego em larga escala e pressões para redução salarial. Isso sublinha a urgência de fornecer maior assistência e suporte aos indivíduos afetados (Korinek; Baily, 2023).

No processo de substituição do trabalho humano, seja a um custo mais elevado ou mais baixo, as máquinas não necessitam possuir consciência semelhante à humana. Sua eficácia reside na capacidade de executar tarefas com valor econômico de maneira eficiente, inclusive aquelas que envolvem inteligência social e emocional. Para alcançar esse objetivo, é essencial desenvolver teorias avançadas da mente, uma vez que a IA ainda não reproduz integralmente esses aspectos (Korinek; Juelfs, 2022).

Apesar de preocupações expressas, uma parcela significativa, representando 71% dos entrevistados, acredita que os benefícios provenientes da inteligência artificial generativa superam seus riscos. A demanda por uma gestão eficaz dos perigos associados é destacada, com 79% apoiando a regulamentação da IA. Essa atitude representa uma mudança notável em relação à supervisão governamental da tecnologia, indicando uma crescente disposição para reconhecer o papel construtivo do governo na supervisão de tecnologias emergentes. Muitas empresas também têm adotado a prática de implementar sistemas de IA responsáveis, refletindo uma mudança de perspectiva em relação aos primeiros dias da *Internet* (Brynjolfsson; Raymond, 2023).

Além disso, enfatiza-se que, na determinação dos impactos no mercado de trabalho, a política pública desempenha um papel mais crucial do que a própria tecnologia. Propõe-se medidas como o aumento do salário-mínimo federal e políticas fiscais incentivadoras para investimentos em formação de trabalhadores. Independentemente das projeções sobre os efeitos da IA no mercado de trabalho, um futuro com redução das desigualdades depende de políticas públicas abrangentes, que abordem infraestrutura, arcabouço regulatório, investimentos em pesquisas, educação em diversos níveis e qualificação do setor público, incluindo os poderes executivo, legislativo e judiciário (Brynjolfsson; Raymond, 2023).

Uma análise global abrangente destaca discrepâncias notáveis nos impactos da automação da tecnologia em países com diferentes níveis de desenvolvimento. Cerca de 5,5% do emprego total em nações de alta renda enfrenta potencial exposição aos efeitos da automação, contrastando com aproximadamente 0,4% em países de baixa renda. No entanto, o potencial de aumento é quase igual entre esses países, indicando que, com a implementação de políticas adequadas, a transformação tecnológica pode oferecer benefícios significativos para os países em desenvolvimento (Gymrek *et al.*, 2023).

Shearer *et al.* (2020) destacam que a falta de regulamentação clara em IA pode agravar a desigualdade social, especialmente na América Latina, onde as tecnologias de IA avançam mais rapidamente do que a capacidade dos governos de acompanhar e regular. A inclusão de algoritmos em processos empresariais sem regulamentações adequadas pode resultar na negação de benefícios e serviços à grupos sociais já desfavorecidos, ignorando fatores como acessibilidade e representatividade. Essa preocupação é particularmente relevante no setor de saúde, onde os impactos da IA podem ser profundos e difusos.

Em contraste, há um impacto considerável das políticas regulatórias de Inteligência Artificial em aspectos como privacidade de dados, comercialização e responsabilização. É observado que regulações de privacidade rigorosas, como o Regulamento Geral de Proteção de Dados (GDPR) da União Europeia, podem retardar a implementação de novas tecnologias ao restringir o acesso a grandes volumes de dados. Para mitigar isso, sugere-se que acordos comerciais internacionais poderiam definir padrões globais de privacidade, promovendo um equilíbrio entre inovação e neutralidade, sem beneficiar nenhum país em particular (Harhoff *et al.*, 2018; Agrawal *et al.*, 2019).

Abordar tecnologias avançadas implica explorar a ética e a possibilidade de implementar um marco regulatório que equilibre o uso destas em prol do bem comum. Giraldo (2008) sugere que uma abordagem ética proporciona uma compreensão mais ampla da resistência, vista não apenas como uma preocupação, mas, também, como uma 'estética da existência', segundo Michel Foucault. Flores e García (2023) enfatizam que as regulamentações e a ética em IA devem ser alcançadas sem comprometer os valores humanos, a diversidade e sem criar desigualdades.

Para Gmyrek *et al.* (2023), os impactos socioeconômicos da IA generativa dependerão da gestão eficaz de sua difusão. Os autores defendem a necessidade de políticas que apoiem uma transição ordenada, justa e consultiva, destacando a importância da voz dos trabalhadores, formação de competências e proteção social adequada na gestão dessa transição. Adverte sobre o risco de que apenas alguns países e participantes do mercado mais bem preparados se beneficiem da nova tecnologia.

A atuação governamental é determinante na discussão sobre regulamentações e marcos legais, especialmente em relação à privacidade e ao sigilo de dados na era digital. Com a relevância crescente dos dados e seu uso através de algoritmos de IA, torna-se essencial definir limites para controlar essas tecnologias, assegurando privacidade e segurança pessoal. Os desafios normativos e éticos associados ainda estão em debate (IEL, 2020).

Em conclusão, a gestão eficaz da difusão da IA generativa é apontada como crucial para evitar que apenas alguns países mais bem preparados se beneficiem, enquanto outros ficam à margem. Reforça-se a necessidade de uma transição ordenada, justa e consultiva, destacando a voz dos trabalhadores, formação de competências e proteção social adequada. Apesar dos desafios, a nova onda tecnológica oferece oportunidades de crescimento, especialmente se acompanhada por políticas cuidadosamente elaboradas e implementadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo explora o universo complexo e dinâmico da Inteligência Artificial com ênfase especial na IA generativa, uma tecnologia emergente que atrai crescente atenção do mercado, embora seus efeitos práticos ainda sejam limitados, mas com expectativas de significativas mudanças futuras. Nos últimos anos, IA generativa e modelos fundamentais têm transformado sutilmente nossa visão sobre a inteligência das máquinas. Entretanto, com advento do ChatGPT e outras plataformas, a percepção global sobre as potencialidades da IA expandiu consideravelmente.

Muito se deve ao fato de que seu campo de atuação, muitas vezes, transcende delimitações em termos de domínios ou aplicações restritas, abrangendo outros campos de conhecimento, como a saúde, finanças, transporte, robótica e entretenimento. Diferente da IA, que é programada para seguir instruções específicas e realizar tarefas definidas, as tecnologias generativas vão além, aprendendo de dados para criar e inovar autonomamente. Este aspecto do campo permite a geração de conteúdo novo, soluções inovadoras e estratégias disruptivas, abrindo um vasto leque de possibilidades em diversas indústrias.

Olhando para o futuro, a IA generativa tem o potencial de gerar valor substancial para a economia global, ao mesmo tempo que apresenta desafios disruptivos. Com sua capacidade adaptativa e mobilidade ágil, as previsões sobre os modelos generativos indicam uma rápida disseminação da automação cognitiva, com impactos sociais profundos e ainda não totalmente compreendidos. Esta realidade exige uma reflexão cuidadosa sobre as implicações socioeconômicas. Embora ainda em estágios iniciais, a rápida adoção dessas tecnologias sugere que essa tecnologia está transformando habilidades, promovendo requalificação e melhorando o desempenho em vários setores, contribuindo para o valor econômico, principalmente guiado pelo aumento na produtividade do trabalho.

Para os líderes e gestores empresariais, a criação e implantação desses modelos em seus negócios apresenta um "alvo em movimento", com a necessidade constante de se adaptar a uma vanguarda tecnológica sempre evolutiva. Interessante notar que a adoção dessa tecnologia não é uniforme entre os setores, sendo particularmente notável em áreas como desenvolvimento de software, marketing e vendas. As grandes empresas estão integrando modelos generativos em seus processos internos, enquanto as menores se beneficiam da acessibilidade das ferramentas generativas abertas, como o ChatGPT e MidJourney. Este cenário aponta para uma crescente divisão digital, com a complexidade de implementar estas tecnologias, juntamente com as barreiras do mundo real e as incertezas do mercado, criando um ambiente desafiador que exige uma abordagem equilibrada entre inovação e cautela.

Para os trabalhadores, há um cenário de incógnita, com os modelos generativos possuindo o potencial tanto para melhorar a eficiência do trabalho repetitivo, quanto para reduzir a necessidade de mão de obra nessas tarefas. As empresas necessitam reimaginar o cenário laboral para explorar plenamente o valor da IA generativa. Deve-se assumir uma gestão da transformação, iniciando imediatamente com a reestruturação de funções, a reconfiguração de

tarefas e a capacitação contínua dos colaboradores. Em última análise, cada função dentro de uma organização tem o potencial de passar por uma reinvenção, à medida que as responsabilidades atuais são desmembradas em tarefas suscetíveis à automação ou assistência, e são concebidas de forma inovadora para se alinhar com um novo paradigma de trabalho que integra habilidades humanas e tecnologia.

No âmbito regulatório, alguns países já têm adotado práticas para regulamentar não somente o uso dessa inovadora tecnologia. No Brasil, por exemplo, já se está debatendo o Projeto de Lei (PL) nº 21/2020, que visa estabelecer princípios, direitos, deveres e instrumentos de governança para a IA. Este projeto enfatiza o respeito aos direitos humanos, valores democráticos, igualdade, não discriminação, pluralidade, livre iniciativa e privacidade de dados no uso da IA.

A transparência é um ponto crucial, com leis de diversos países exigindo que a IA incluindo modelos generativos como o ChatGPT, cumpra requisitos transparentes e evite gerar conteúdos ilegais. Além disso, a Unesco fornece diretrizes éticas, propondo sete passos para que os governos possam regulamentar a IA generativa e estabelecer orientações éticas, especialmente em setores como educação e pesquisa. Essas iniciativas buscam garantir o uso ético e responsável da IA no mercado de trabalho e nas empresas, protegendo direitos fundamentais e promovendo a inovação sustentável.

Assim, a IA Generativa emerge como um catalisador poderoso de mudanças significativas na sociedade, principalmente através das empresas e do mercado de trabalho. Em uma era em que a tecnologia evolui rapidamente, a inovação ágil se torna uma peça-chave para as organizações e para as pessoas que buscam aproveitar ao máximo a IA generativa como seus aliados. A capacidade de se adaptar rapidamente a mudanças nas demandas do mercado e nas tecnologias emergentes passa a ser crucial, do ponto de vista do mercado. Além disso, políticas ponderadas desempenham um papel fundamental na orientação do desenvolvimento e implementação da IA generativa. Questões éticas, legais e sociais relacionadas ao uso dessa tecnologia exigem uma abordagem equilibrada e sensata. O estabelecimento de diretrizes claras e regulamentações apropriadas é essencial para garantir que a IA seja empregada de maneira ética e responsável, protegendo os direitos individuais e promovendo a confiança pública.

Em síntese, a integração bem-sucedida da IA generativa requer uma abordagem holística, alinhando inovação, políticas sólidas e uma mentalidade de aprendizado contínuo. Ao adotar esses elementos de maneira estratégica, as pessoas e organizações estarão mais bem posicionadas para enfrentar os desafios e colher os benefícios transformadores dessa tecnologia emergente.

REFERÊNCIAS

- A VOZ DA INDÚSTRIA. **Entenda o que é a Indústria 4.0 e quais são seus impactos.** 18 set. 2020. Disponível em: <https://avozdaindustria.com.br/industria-40-totvs/caminho-ate-industria-40-os-destaques-das-revolucoes-industriais>. Acesso em: 11 nov. 2023.
- ACEMOGLU, Daron *et al.* **Automation and the workforce: a firm-level view.** [S.l]: National Bureau of Economic Research, 2019. Disponível em: <https://www.nber.org/system/files/>
- AGRAWAL, Ajay; GANS, Joshua; GOLDFARB, Avi. Economic policy for artificial intelligence. **Innovation Policy and the Economy**, v. 19, n. 1, p. 139-159, 2019. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/epdf/10.1086/699935>. Acesso em: 27 out. 2023.
- AHN, Michael J.; CHEN, Yu-Che. **Building guardrails for ChatGPT.** [S.l]: Brookings, 07 fev. 2023. Disponível em: <https://www.brookings.edu/articles/building-guardrails-for-chatgpt>. Acesso em: 27 out. 2023.
- ALKAYA, Emrah *et al.* Adaptation to climate change in industry: Improving resource efficiency through sustainable production applications. **Water Environment Research**, v. 87, n. 1, p. 14-25, jan. 2015. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/24585755>. Acesso em: 02 dez. 2023.
- ÁLVARO PASCUAL, David. **Inteligencia artificial: un panorama de algunos de sus desafíos éticos y jurídicos.** Girona: Universitat de Girona, 2017. Disponível em: <https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/14950/alvaro-pascual.pdf?sequence=1>. Acesso em: 28 nov. 2023.
- ALVES, Priscila Mello. **Inteligência artificial e redes neurais.** Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada, 11 jun. 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/amazon.com/pt/what-is/computer-vision>. Acesso em: 28 out. 2023.
- ANYOHA, Rockwell. **The history of artificial intelligence.** Massachusetts: Harvard University, 28 ago. 2017. Disponível em: <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/>. Acesso em: 28 out, 2023.
- AZAÑA, Yolanda Sanchez-Urán; RUIZ, Amparo Grau. El impacto de la robótica, en especial la robótica inclusiva, en el trabajo: aspectos jurídico-laborales y fiscales. **Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías**, v. 4, n. 2, 2019. Disponível em: <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/41951b9f-0063-4eb5-ab48-9a531ce3f59a/content>. Acesso em: 20 out. 2023.
- BAILY, Martin Neil; BRYNJOLFSSON, Erik; KORINEK, Anton. **Machines of mind: the case for an AI-powered productivity boom.** Brookings, 10 maio 2023. Disponível em: <https://www.brookings.edu/articles/machines-of-mind-the-case-for-an-ai-powered-productivity-boom/>. Acesso em: 11 set. 2023.
- BAQAEE, David; FARHI, Emmanuel. **Networks, barriers, and trade.** Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2019. Disponível em: <https://www.nber.org/papers/w26108>. Acesso em: 04 nov. 2023.

BARBOSA, Xênia de Castro; BEZERRA, Ruth Ferreira. Breve introdução à história da inteligência artificial. **Revista Jamaxi**, Rio Branco, v. 4, n. 2, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/jamaxi/article/view/4730/2695>. Acesso em: 11 set. 2023.

BARUFFALDI, Stefano *et al.* **Identifying and measuring developments in artificial intelligence: making the impossible possible**. Paris: OECD Science, Technology and Industry, 2020. Disponível em: https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/identifying-and-measuring-developments-in-artificial-intelligence_5f65ff7e-en#page1. Acesso em: 12 dez. 2023.

BEAUCHENE, Vinciane *et al.* **AI at work: what people are saying**. [S.l]: BCG, 07 jun. 2023. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2023/what-people-are-saying-about-ai-at-work>. Acesso em: 27 out. 2023.

BESSEN, James *et al.* What happens to workers at firms that automate? **The Review of Economic and Statistics**, Boston, v. 4, n. 2, fev. 2023. Disponível em: https://direct.mit.edu/rest/article-abstract/doi/10.1162/rest_a_01284/114750/What-Happens-to-Workers-at-Firms-that-Automate?redirectedFrom=fulltext. Acesso em: 27 out. 2023.

BORNSTEIN, Matt; APPENZELLER, Guido; CASADO, Martin. **Who owns the generative AI platform?** [S.l]: Andressen Horowitz, 19 jan. 2023. Disponível em: <https://a16z.com/who-owns-the-generative-ai-platform/>. Acesso em: 27 out. 2023.

BRYNJOLFSSON, Erik; LI, Danielle; RAYMOND, Lindsey R. **Generative AI at work**. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2023. Disponível em: <https://www.nber.org/papers/w31161>. Acesso em: 30 out. 2023.

BUGHIN, Jacques *et al.* **Artificial intelligence: the next digital frontier?** New York: McKinsey Global Institute, 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/advanced%20electronics/our%20insights/how%20artificial%20intelligence%20can%20deliver%20real%20value%20to%20companies/mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.ashx>. Acesso em: 10 out. 2023.

CANDELON, François *et al.* **The CEO's guide to the generative AI revolution**. [S.l]: BCG, 07 mar. 2023. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2023/ceo-guide-to-ai-revolution>. Acesso em: 27 out. 2023.

CAPGEMINI. **4% of executives believe the benefits of generative AI will outweigh the associated concerns**. 06 jul. 2023. Disponível em: <https://www.capgemini.com/news/press-releases/74-of-executives-believe-the-benefits-of-generative-ai-will-outweigh-the-associated-concerns/>. Acesso em: 15 out. 2023.

CARDOSO, Marcelo de Oliveira. **Indústria 4.0: a quarta revolução industrial**. 2016. 43f. Monografia (Especialização em Automação Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/17086/1/CT_CEAUT_2015_08.pdf. Acesso em: 10 nov. 2023.

CARLSSON-SZLEZAK, Philipp; SWARTZ, Paul; CANDELON, Francois. **Por que precisamos ser realistas sobre o impacto econômico da IA gerativa**. [S.l]: World Economic Forum, 10 ago. 2023. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/>

2023/08/generative-ai-realistic-economic-impact/. Acesso em: 17 nov. 2023.

CARVALHO, Gustavo Pilon. **Inteligência artificial e as perspectivas do mundo do trabalho**. 2021. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências da Computação) – Faculdade de Ciências da Computação, Universidade do Sul de Santa Catarina, Curitiba, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstreams/4a7f88d5-aefb-41e6-9806-1e18034f0afe/download>. Acesso em: 10 nov. 2023.

CASSAPO, Felipe. Indústria 4.0. **Revista da FIESP**, São Paulo, v. 10, n. 4, a. 3, abr. 2021.

CEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual. **Artificial intelligence, automation and work**. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2018. Disponível eRiom: <https://www.chapters/c14741/c14741.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2023.

CHEN, Simon Chien-Yuan; MING-CHAN, Shen. The fourth industrial revolution and the development of artificial intelligence. *In*: YU, Fu-Lai Tony; KWAN, Diana S. (ed.). **Contemporary issues in international political economy**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2019. p. 336-346.

CHUI, Michael *et al.* **The economic potential of generative AI: the next productivity frontier**. McKinsey, 14 jun. 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier>. Acesso em: 09 ago. 2023.

CHUI, Michael *et al.* **What every CEO should know about generative AI**. [S.l]: McKinsey, 12 maio 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/what-every-ceo-should-know-about-generative-ai>. Acesso em: 09 ago. 2023.

CÓBE, Raphael M. O. *et al.* Rumo a uma política de Estado para inteligência artificial. **Revista USP**, São Paulo, n. 124, p. 37-48, jan./mar. 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/167914/159995>. Acesso em: 03 dez. 2023.

COLE, Matthew *et al.* Politics by automatic means? A critique of artificial intelligence ethics at work. **Frontiers**, v. 5, n. 4, jul. 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2022.869114/full>. Acesso em: 02 dez. 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para Indústria 4.0 no Brasil**. 10 ago. 2016. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/>. Acesso em: 27 out. 2023.

CONFEDERAL NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Riscos e oportunidades para as micro e pequenas empresas brasileiras diante de inovações disruptivas: uma visão a partir do estudo indústria 2027**. 08 nov. 2019. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/11/riscos-e-oportunidades-para-micro-e-pequenas-empresas-brasileiras-diante-de-inovacoes-disruptivas-uma-visao-partir-do-estudo-industria-2027/>. Acesso em: 16 set. 2023.

DAUGHERTY, Paul. **Uma nova era da IA generativa para todos**. [S.l]: Accenture, 2023. Disponível em: <https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/accenture->

com/document/Accenture-A-New-Era-of-Generative-AI-for-Everyone-PT-v2.pdf. Acesso em: 27 out. 2023.

DAVENPORT, Thomas H; MITTAL, Nitin. Generative AI is changing creative work. **Harvard Business Review**, 14 nov. 2022. Disponível em: <https://hbr.org/2022/11/how-generative-ai-is-changing-creative-work>. Acesso em: 06 nov. 2023.

DAVIES, Ron. **Industry 4.0: digitalization for productivity and growth**. [S.l]: European Parliament, set. 2015. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf). Acesso em: 02 dez. 2023.

DIÁZ, Reinaldo Giraldo. La ética en Michel Foucault o de la posibilidad de la resistencia. **Diálogos de Saberes**, Madrid, n. 29, p. 201-213, jul./dez. 2008. Disponível em: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/dialogos/article/view/2043/1566>. Acesso em: 02 set. 2023.

DINO. IA generativa impulsiona inovação industrial no Brasil. **O Globo**, 11 maio 2023. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/patrocinado/dino/noticia/2023/05/ia-generativa-impulsiona-inovacao-industrial-no-brasil.ghtml>. Acesso em: 15 nov. 2023.

ELANDOU, Tyna *et al.* **GPTs are GPTs: an early look at the labor market impact potential of large language models**. Disponível em: <https://arxiv.labs.arxiv.org/html/2303.10130>. Acesso em: 13 out. 2023.

ENGLER, Alex. **Early thoughts on regulation generative AI like Chat GPT**. Brookings, 21 fev. 2023. Disponível em: <https://www.brookings.edu/articles/early-thoughts-on-regulating-generative-ai-like-chatgpt/>. Acesso em: 13 out. 2023.

ESTÉVEZ, Roberto. **Lós 9 pilares de la Indústria 4.0**. [S.l]: Eco Inteligencia, 10 ago. 2016. Disponível em: <https://www.ecointeligencia.com/2016/06/9-pilares-ind%C3%BAstria-40-1/>. Acesso em: 13 out. 2023.

ESTRADA, Manuel Martín Pino. Inteligência artificial e desemprego. **Revista Eletrônica Direito & TI**, Porto Alegre, v. 1, n. 7, set./2017. Disponível em: <https://direitoeti.com.br/direitoeti/article/view/82/80>. Acesso em: 01 dez. 2023.

FERNANDES, Afonso Fonseca. O impacto da IA na gestão de negócios. **Boletim Informativo Unimotrisaúde em Sociogerontologia**, v. 40, n. 34, p. 01-04, out. 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/BIUS/article/view/13100>. Acesso em: 10 nov. 2023.

FLORES-VIVAR, Jesús-Miguel; GARCÍA-PENALVO, Francisco-José. Reflexiones sobre la ética, potencialidades y retos de la Inteligencia Artificial en el marco de la Educación de Calidad (ODS4). **Revista Comunicar**, [S.l.], v. 31, n. 74, set. 2023. Disponível em: <https://recyt.fecyt.es/index.php/comunicar/article/view/96721/70061>. Acesso em: 04 nov. 2023.

FOLKERTS-LANDAU, David; REID, Jim; COX, Adrian. **Generative AI represents a turning point for humanity – for better and for worse**. [S.l]: Deutsche Bank Research, 22 maio 2023. Disponível em: https://www.dbresearch.com/PROD/RPS_ENPROD/

PROD0000000000528233/Generative_AI_represents_a_turning_point_for_human.pdf?undefined&reload=3kCT3LXc6O~GYBpw3fE6oIptrwzfQBnh7SodSAfKov/Q~ACnjRV2M9V8Cp1hZF07. Acesso em: 16 nov. 2023.

FONSEKA, Chamith; SENFT, Rebecca. **Hold artificial intelligence accountable**. Massachusetts: Harvard University, 28 ago. 2017. Disponível em: <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/hold-artificial-intelligence-accountable/>. Acesso em: 13 out. 2023.

FREEMAN, Cristopher; LOUÇÃ, Francisco. **As time goes by: from the industrial revolutions to the information revolution**. New York: Oxford University Press Inc., 2001.

FREITAS, Juarez. Direito administrativo e inteligência artificial. **Revista Interesse Público**, Belo Horizonte, v. 21, n. 114, mar./abr. 2019. Disponível em: <https://dspace.almg.gov.br/handle/11037/35732>. Acesso em: 02 nov. 2023.

FUNDAÇÃO CERTI. **Inteligência artificial na indústria: conheça as aplicações**. Florianópolis, 14 fev. 2023. Disponível em: <https://certi.org.br/blog/inteligencia-artificial-na-industria-conheca-as-aplicacoes>. Acesso em: 23 set. 2023.

GANASCIA, Jean-Gabriel. **Artificial intelligence: between myth and reality**. [S.l]: UNESCO, 25 jun. 2018. Disponível em: <https://courier.unesco.org/en/articles/artificial-intelligence-between-myth-and-reality>. Acesso em: 28 out. 2023.

GARCIA, S. **Gestão 4.0 em tempos de disrupção**. São Paulo: Blucher, 2020.

GLOBAL X TEAM. **Inteligência artificial; oportunidades genuínas de lucro: os potenciais vencedores de IA generativa**. [S.l]: GlobalXetfs, 03 mar. 2023. Disponível em: <https://globalxetfs.com.br/inteligencia-artificial-oportunidades-genuinas-de-lucro-os-potenciais-vencedores-da-ia-generativa>. Acesso em: 03 dez. 2023.

GMYREK, Pawel; BERG, Janine; BERSCONG, David. **Generative AI and jobs: a global analysis of potential effects on job quantity and quality**. [S.l]: International Labour Organization, ago. 2023. Disponível em: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---inst/documents/publication/wcms_890761.pdf. Acesso em: 20 nov. 2023.

GOLDMAN SACHS. **AI investment forecast to approach \$200 billion globally by 2025**. 01 ago. 2023. Disponível em: <https://www.goldmansachs.com/intelligence/pages/ai-investment-forecast-to-approach-200-billion-globally-by-2025.html>. Acesso em: 16 set. 2023.

GOMES, Dennis dos Santos. Inteligência artificial: conceitos e aplicações. **Revista Olhar Científico**, Ariquemes, v. 1, n. 2, ago./dez. 2010. Disponível em: https://www.professores.uff.br/screspo/wp-content/uploads/sites/127/2017/09/ia_intro.pdf. Acesso em: 27 out. 2023.

GOOGLE CLOUD. **Inteligência artificial generativa**. Disponível em: <https://cloud.google.com/use-cases/generative-ai?hl=pt-br>. Acesso em: 22 out. 2023.

GOOGLE CLOUD. **O que é o processamento de linguagem natural?** Disponível em: <https://cloud.google.com/learn/what-is-natural-language-processing?hl=pt-br>. Acesso em: 22 out. 2023.

GRANDI, Alexandre. **Inteligência artificial impactará futuro do trabalho na área da saúde.** [S.l]: Maxx Saúde Instituto, 24 maio 2019. Disponível em: <https://maxssaude.org>. Acesso em: 22 out. 2023.

GRATTON, Lynda. **Quer conhecer melhor a IA generativa?** Experimente muito – e de muitas formas. [S.l]: MIT Sloan Management Review Brasil, 10 out. 2023. Disponível em: <https://www.mitsloanreview.com.br/post/quer-conhecer-melhor-a-ia-generativa-experimente-muito-e-de-muitas-formas>. Acesso em: 28 nov. 2023.

GRENNAN, Liz *et al.* **Why businesses need explainable AI** – and how to deliver it. [S.l]: McKinsey Company, 29 set. 2022. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/why-businesses-need-explainable-ai-and-how-to-deliver-it>. Acesso em: 27 out. 2023.

GREWAL, P. D.S. A critical conceptual analysis of definitions of artificial intelligence as applicable to computer engineering. **IOSR Journal of Computer Engineering**, Boston, v. 16, n. 2, p. 09-13, out. 2014.

HARHOFF, Dietmar *et al.* **Outline for a german strategy for artificial intelligence.** [S.l]: Stiftung Neue Verantwortung, 14 ago. 2018. Disponível em: <https://deliverypdf.ssrn.com/delivery.php?ID=179007082000077114068127080101001011008035001029052027018024017126006117098067102070031119115055051016105084114125100125094070044036091040041109075001112126027007029019075043127095000068072028007065086115086099022091025064083077001097003102028031017098&EXT=pdf&INDEX=TRUE>. Acesso em: 16 set. 2023.

HARING, Annina. **Indeed's AI at work report:** how GenAI will impact jobs and the skills needed to perform them. [S.l]: Indeed Hiring Lab, 21 set. 2023. Disponível em: <https://www.hiringlab.org/2023/09/21/indeed-ai-at-work-report>. Acesso em: 27 nov. 2023.

HERMANN, Mario *et al.* **Design principles for Industrie 4.0 scenarios:** a literature review. Koloa: Technische Universität Dortmund, 2015.

HUGHES, Alex. **Chat GPT:** everything you need to know about Open AI's GPT-4 tool. [S.l]: BBC Science Focus, 25 set. 2023. Disponível em: <https://www.sciencefocus.com/future-technology/gpt-3>. Acesso em: 27 out. 2023.

IBM. **O que são redes neurais?** Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/topics/neural-networks>. Acesso em: 27 out. 2023.

IEL. **Inteligência artificial nas empresas:** como a revolução tecnológica afeta o segmento. Disponível em: <https://www.ielrs.org.br/inspire/inteligencia-artificial-nas-empresas-como-revolucao-tecnologica-afeta-o-segmento>. Acesso em: 16 set. 2023.

IGLÉSIAS, F. **A revolução industrial.** 5 ed. Brasília: Brasiliense, 1984.

KAGERMAN, Henning. Change through digitization – value creation in the age of Industry 4.0. *In:* ALBACH, Horst *et al.* **Management of permanent change.** Wiesbaden: Springer Gabler, 2013. p. 23-45.

KAGERMANN, Henning *et al.* **Indústria 4.0. in a global context: strategies for cooperating with international partners.** Munich: Herbert Utz Verlag, 2016.

KAGERMANN, Henning *et al.* **Recommendations for implementing the strategic initiative indústria 4.0:** final report of the Indústria 4.0 working group. Stockholm: National Academy of Science and Engineering, 2013.

KALLIAMVAKOU, Eirini. **Research:** quantifying github copilot's impact on developer productivity and happiness. [S.l]: GitHub, 07 set. 2022. Disponível em: <https://github.blog/2022-09-07-research-quantifying-github-copilots-impact-on-developer-productivity-and-happiness/>. Acesso em: 27 out. 2023.

KORDA, Matt. **Could a chatbot teach you how to build a dirty bomb?** [S.l]: Outrider, 30 jan. 2023. Disponível em: <https://outrider.org/nuclear-weapons/articles/could-chatbot-teach-you-how-build-dirty-bomb>. Acesso em: 27 out. 2023.

KORINEK, Anton; JUELFES, Megan. **Preparing for the (non-existent?) future of work.** [S.l]: Brookings, 11 ago. 2022. Disponível em: <https://www.brookings.edu/articles/preparing-for-the-non-existent-future-of-work/>. Acesso em: 02 nov. 2023.

KORINEK, Anton; STIGLITZ, Joseph E. **Artificial intelligence, globalization, and strategies for economic development.** [S.l]: National Bureau of Economic Research, fev. 2021. Disponível em: <https://www.nber.org/papers/w28453>. Acesso em: 14 nov. 2023.

KPMG. **Inteligência artificial generativa: riscos e oportunidades.** Disponível em: <https://kpmg.com/br/pt/home/insights/2023/07/kpmg-inteligencia-artificial-generativa-riscos-oportunidades.html>. Acesso em: 27 out. 2023.

LAMB, Luís C. **O futuro do trabalho pós-pandemia de COVID-19:** reflexões sobre os impactos da inteligência artificial, ciência e educação. Disponível em: https://metricas.usp.br/wp-content/uploads/2020/07/M%C3%A9tricasUSP-final09Jul2020-LAMB.LC_.pdf. Acesso em: 27 out. 2023.

LI, Deyvi; DU, Yi. **Artificial intelligence with uncertainty.** 2 ed. Boca Raton: CRC Press, 2016.

LIGHTCAST. **Generative AI demand soars 1,800% for US employers.** 19 out. 2023. Disponível em: <https://lightcast.io/resources/blog/generative-ai-10-19-2023>. Acesso em: 03 dez. 2023.

LITTMAN, Michael L. *et al.* **Gathering strength, gathering storms:** the one hundred year study on artificial intelligence (A1100) 2021 study panel report. [S.l]: Cornell University, 27 out. 2022. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2210.15767>. Acesso em: 03 dez. 2023.

LOPEZOSA, Carlos. Bing chat: havia una nueva forma de entender las búsquedas. **Anuario ThinkEPI**, [S.l.], v. 17, e17a04, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/368971444_Bing_chat_hacia_una_nueva_forma_de_entender_las_búsquedas. Acesso em: 22 out. 2023.

LUGER, G. F. **Inteligência artificial: estruturas e estratégias para a solução de problemas complexos**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

MACEDO, Daniel Almeida de. A quarta revolução industrial. **Jornal Gazeta Digital**, 25 jan. 2016. Disponível em: <https://www.gazetadigital.com.br/editorias/opiniaao/a-quarta-revolucao-industrial/467815>. Acesso em: 03 dez. 2023.

MANYIKA, James *et al.* **What the future of work will mean for jobs, skills, and wages**. [S.l]: McKinsey Company, 28 nov. 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>. Acesso em: 09 ago. 2023.

MANYIKA, James; SNEADER, Kevin. **AI, automation, and the future of work: ten things to solve for**. [S.l]: McKinsey Company, 01 jun. 2018. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/ai-automation-and-the-future-of-work-ten-things-to-solve-for>. Acesso em: 03 dez. 2023.

MASSARON, Lucas; MUELLER, John. **Inteligência artificial para leigos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019.

MAURAN, Cecily. **Samsung band ChatGPT, AI chatbots after data leak blunder**. [S.l]: Mashable, 02 maio 2023. Disponível em: <https://mashable.com/article/samsung-chatgpt-leak-leads-to-employee-ban>. Acesso em: 27 out. 2023.

MCCARTHY, John. **What is artificial intelligence?** 2007. Disponível em: <http://jmc.stanford.edu/articles/whatisai/whatisai.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2023.

MCKINSEY. **What is generative AI?** 19 jan. 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-generative-ai>. Acesso em: 09 ago. 2023.

MEDIUM. **What is transformer?** 04 jan. 2019. Disponível em: <https://medium.com/inside-machine-learning/what-is-a-transformer-d07dd1fbec04>. Acesso em: 11 nov. 2023.

MESSA, Alexandre. Indicadores de produtividade: uma breve revisão dos principais métodos de cálculo. **Revista do IPEA**, Brasília, v. 2, a. 4, ago. 2015. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4045/1/Radar_n28_Indicadores.pdf. Acesso em: 17 nov. 2023.

MIALHE, N.; HODES, C. The third age of artificial intelligence. **Field Actions Science Reports**, v. 17, p. 6–11, 2017.

MIT INDUSTRIAL PERFORMANCE CENTER. **MIT work of the future: new technologies, better jobs**. Disponível em: <https://workofthefuture.mit.edu/wp-content/uploads/2020/12/2020-Research-Brief-Malone-Rus-Laubacher2.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2023.

MIT. **Interfaces inteligentes para a hiperpersonalização**. 04 jan. 2023. Disponível em: <https://mittechreview.com.br/interfaces-inteligentes-para-a-hiperpersonalizacao/>. Acesso em: 03 dez. 2023.

MIT. **The great acceleration**: CIO perspectives on generative AI. MIT Technological Review Insights, 18 jul. 2023. Disponível em: <https://www.technologyreview.com/2023/07/18/1076423/the-great-acceleration-cio-perspectives-on-generative-ai>. Acesso em: 03 dez. 2023.

MORGAN, Jacob. **The future of work**: attract new talent, build better leaders, and create a competitive organization. Hoboken: Wiley, 2014.

NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. Evolutionary theorizing in economics. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 16, n. 2, p. 23-46, 2002. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/0895330027247>. Acesso em: 02 dez. 2023.

NILSSON, Nils John. **The quest for artificial intelligence**: a history of ideas and achievements. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

O QUE é visão computacional? [S.l]: Amazon Web Services, 2020.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Demand for AI skills in jobs**: evidence from online job postings. Paris, 2021. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/3ed32d94-en.pdf?expires=1706293581&id=id&accname=guest&checksum=3136CF9C9A36528231ADF933AE4F64EC>. Acesso em: 16 nov. 2023.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT- OECD. **AI and the future of skills**: capabilities and assessments. Paris, 2021. v.1. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/5ee71f34-en/index.html?itemId=/content/publication/5ee71f34-en>. Acesso em: 10 nov. 2023.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Artificial intelligence, its diffusion and uses in manufacturing**. Paris, 2021. Disponível em: https://goingdigital.oecd.org/data/notes/No12_ToolkitNote_AI&Manufacturing.pdf. Acesso em: 01 dez. 2023.

OXFORD INSIGHTS. **Government AI readiness index 2020**. 2020. Disponível em: <https://oxfordinsights.com/ai-readiness/ai-readiness-index/>. Acesso em: 19 nov. 2023.

PACETE, Luiz Gustavo. Entenda o que são general-purpose technologies. **Forbes**, São Paulo, 22 dez. 2021. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-tech/2021/12/entenda-o-que-sao-general-purpose-technologies/>. Acesso em: 28 out. 2023.

PATEL, Dylan; AHMAD, Afzal. **The interference cost of search disruption** – large language model cost analysis. [S.l]: SemiAnalysis, 09 fev. 2023. Disponível em: <https://www.semianalysis.com/p/the-inference-cost-of-search-disruption>. Acesso em: 11 nov. 2023.

PEDRO, Ricardo. Artificial intelligence on public setor in Portugal: first legal approach. **Juridical Tribune Journal**, Bucharest, v. 13, n. 2, jun. 2023. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/9e97718a39f21b29793b68fa8bf40dea/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2035665>. Acesso em: 02 nov. 2023.

PEIXOTO, Fabiano Hartmann; BONAT, Debora. GPTS e Direito: impactos prováveis das IAs generativas nas atividades jurídicas brasileiras. **Revista Sequência**, Florianópolis, v. 44, n. 93, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/94238/54117>. Acesso em: 27 out. 2023.

PENHA, Christian Muniz; HENRIQUE, Lucas Monir. **Perspectivas futuras da inteligência artificial e o aprendizado de máquina**: discussões sobre o uso da inteligência artificial generativa. 2023. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de Informação) – Faculdade de Sistemas de Informação, Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2023. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstreams/3d7a9358-0f55-4ad1-9d7c-19b8bef127df/download>. Acesso em: 02 nov. 2023.

PEREIRA, Silvio do Lago. **Introdução à inteligência artificial**. São Paulo: IME. USP. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~slago/IA-introducao.pdf>. Acesso em: 25 out. 2023.

PÉREZ, Jonás León. Impacto de las tecnologías disruptivas en la percepción remota: big data, internet de las cosas e inteligencia artificial. **UD y la Geomática**, Bogotá, n. 14, p. 54-61, 2019. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/UDGeo/article/view/15658/15296>. Acesso em: 02 nov. 2023.

PETRIN, Natália. **Terceira revolução industrial**. [S.l.]: Estudo Prático, 10 jun. 2014. Disponível em: <http://www.estudopratico.com.br/terceira-revolucao-industrial/>. Acesso em: 28 nov. 2023.

POOLE, David; MACKWORTH, Alan; GOEBEL, Randy. **Computational intelligence: a logical approach**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

PORTES, Rodrigo. **A quarta Revolução Industrial e seus impactos nos modelos de negócios**. [S.l.]: StartSe, 25 maio 2023. Disponível em: <https://www.startse.com/artigos/quarta-revolucao-industria-modelos-de-negocios/>. Acesso em: 23 set. 2023.

RAHMAN, Hatim A. The invisible cage: worker's reactivity to opaque algorithmic evaluations. **Administrative Science Quarterly**, v. 66, n. 4, p. 934-988, dec. 2021. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/00018392211010118>. Acesso em: 02 nov. 2023.

RAMOS, Anátalia Saraiva Martins. Inteligência artificial generative baseada em grandes modelos de linguagem: ferramentas de uso na pesquisa acadêmica. **Scielo Preprints**, 24 maio 2023. Disponível em: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/6105/11736>. Acesso em: 02 dez. 2023.

RANSBOTHAM, Sam *et al.* **Reshaping business with artificial intelligence**. [S.l.]: MIT Sloan Management Review, 06 set. 2017. Disponível em: <https://sloanreview.mit.edu/projects/reshaping-business-with-artificial-intelligence/>. Acesso em: 13 out. 2023.

RICH, E. **Inteligência artificial**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

ROUTLEY, Nick. **Generative AI**: explaining how algorithms work. [S.l.]: World Economic Forum, 06 fev. 2023. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2023/02/generative-ai-explain-algorithms-work/>. Acesso em: 04 nov. 2023.

RUSSEL, Stuart; NORVING, Peter. **Inteligência artificial**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

RÜSSMANN, Michael *et al.* **Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries**. BCG, 09 abr. 2015. Disponível em: https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries. Acesso em: 27 out. 2023.

SACOMANO J. B.; GONÇALVES, R. F.; BONILLA, S. H.; SILVA, M. T. da; Sátyro, W. C (org.). **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Blücher, 2018.

SANTOS, António Duarte. **A inteligência artificial generativa e o avanço social: um exercício sobre os efeitos na produtividade do trabalho**. 2023. 09 f. Disponível em: <https://repositorio.ual.pt/handle/11144/6645>. Acesso em: 19 nov. 2023.

SCHAFER, Gabriel. **Revolução industrial (2º fase)**. 2015. Disponível em: <http://schafergabriel.blogspot.com.br/2015/02/revolucao-industrial-2-fase.html>. Acesso em: 28 nov. 2023.

SCHAWB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SEARS, Jonathan. **Como a IA pode aumentar uma força de trabalho centrada nas pessoas**. [S.l]: Ernst & Young, 09 out. 2023. Disponível em: https://www.ey.com/pt_br/workforce/how-artificial-intelligence-can-augment-a-people-centered-workforce. Acesso em: 28 nov. 2023.

SERVIÇO NACIONAL DE APOIO À INDÚSTRIA - SENAI. **Como a inteligência artificial contribui para a disseminação da Indústria 4.0**. Disponível em: <https://blog-tecnologia.senairs.org.br/como-a-inteligencia-artificial-contribui-para-a-disseminacao-da-industria-4-0/>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SERVIÇO NACIONAL DE APOIO À INDÚSTRIA - SENAI. **Tudo sobre simulação digital, um dos principais pilares da Indústria 4.0**. Disponível em: <https://www.senairs.org.br/industria-inteligente/tudo-sobre-simulacao-digital-um-dos-principais-pilares-da-industria-40>. Acesso em: 10 dez. 2023.

SEVILLA, Jaime *et al.* **Compute trends across three eras of machine learning**. 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2202.05924.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2023.

SHIMULA, Daniel. The waves of the technological innovations of the modern age and the present crisis. **Studia Politica Slovaca**, Bratislava, p. 32-47, 2009. Disponível em: <https://deliverypdf.ssrn.com/delivery.php?ID=188070086031107067068088007088106110004011091052061061010086124126026068086007096119037011125063116000098100026075081101024105020075007033072005091117087119068019103006065034067010091076067117069089089123108100125112023119018104093107095123115022076116&EXT=pdf&INDEX=TRUE>. Acesso em: 01 nov. 2023.

SILVA, Bárbara Jennifer Paz de Abreu da. **Inteligência artificial e suas implicações ético-jurídicas**. 2020. 107 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Faculdade de Direito,

Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2020. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/104098/1/Silva_2020.pdf. Acesso em: 02 nov. 2023.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **Indústria 4.0: o que é, e como ela vai impactar o mundo.** [S.]: Citisystems, 11 fev. 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SOUSA, Rafaela. Terceira revolução industrial. **Brasil Escola**, 10 set. 2016. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>. Acesso em: 28 nov. 2023.

STEFANINI GROUP. **Como a IA Generativa está moldando o futuro da manufatura.** 13 nov. 2023. Disponível em: <https://stefanini.com/pt-br/insights/como-a-ia-generativa-esta-moldando-o-futuro-da-manufatura-2>. Acesso em: 15 nov. 2023.

STRACK, Rainer *et al.* **The future of jobs in the era of AI.** [S.l]: BCG, 18 mar. 2021. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2021/impact-of-new-technologies-on-jobs>. Acesso em: 11 nov. 2023.

THE ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **AI and the future of skills: capabilities and assessments.** Paris: OECD Publishing, 2021. v.1. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/5ee71f34-en/index.html?itemId=/content/publication/5ee71f34-en>. Acesso em: 10 nov. 2023.

TEIXEIRA, João. **O que é inteligência artificial.** Rio de Janeiro: Paulus, 2009.

THORMUNDSSON, Bergur. **Rate of generative AI adoption in the workplace in the United States 2023, by industrie.** Statista, 05 dez. 2023. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1361251/generative-ai-adoption-rate-at-work-by-industry-us/>. Acesso em: 05 dez. 2023.

TIMPONE, Rich; GUIDI, Michel. **Explorado a mudança de cenário da IA: da IA analítica à IA generativa.** 2023. Disponível em: https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/publication/documents/2023-05/PORTUGUESE_20230403-GenerativeAI_POV_v3.pdf. Acesso em: 01 dez. 2023.

TURNER, Jordan. **7 technology disruptions that will completely change sales.** Gartner, 10 out. 2022. Disponível em: <https://www.gartner.com/en/articles/7-technology-disruptions-that-will-completely-change-sales>. Acesso em: 16 set. 2023.

VAINZOF, Rony. A inteligência artificial chamada de ‘Chat GPT da química’. **Nexo Jornal**, 10 fev. 2023. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/ensaio/2023/02/10/Intelig%C3%Aancia-Artificial-generativa-reflexos-no-mercado-e-desafios>. Acesso em: 06 nov. 2023.

VIOLA, Thiago. **Os quatro princípios necessários para lidar a revolução da IA Generativa.** IBM, 05 out. 2023. Disponível em: <https://www.ibm.com/blogs/digital-transformation/br-pt/os-quatro-principios-necessarios-para-liderar-a-revolucao-da-ia-generativa>. Acesso em: 27 out. 2023.

WORLD BANK. **World development report 2019: the changing nature of work.** Washington, 2019. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2019>. Acesso em: 02 nov. 2023.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The future of jobs report 2023.** 30 abr. 2023. Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/>. Acesso em: 16 set. 2023.

WU, Xinyi; GEREFFI, Gary. **Amazon and Alibaba: internet governance, business models, and internationalization strategies.** Emerald Publishing Limited, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328711863_Amazon_and_Alibaba_Internet_governance_business_models_and_internationalization_strategies. Acesso em: 03 nov. 2023.

ZHONG, Ray Y. *et al.* Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. **Engineering**, Beijing, v. 3, n. 5, p. 616-630, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809917307130>. Acesso em: 01 nov. 2023.