

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E AS PERSPECTIVAS DO MUNDO DO TRABALHO

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE PERSPECTIVES OF THE WORLD OF WORK

Gustavo Pilon Carvalho<sup>1</sup>

**Resumo:** Com este trabalho, objetivou-se realizar uma análise do mundo do trabalho, com especial destaque para a inteligência artificial, avaliando como ela pode contribuir para a formação das competências dos funcionários, quais os conhecimentos necessários para os futuros profissionais e os impactos nos setores produtivos. Tratou-se, portanto, de uma pesquisa descritiva com características de um estudo qualitativo do tipo bibliográfico e documental com a inteligência artificial em perspectiva. Constituindo um interessantíssimo campo de estudo multidisciplinar, também é um dos principais motores da mais nova revolução industrial em curso, batizada de indústria 4.0, que causará impactos pelo mundo. Com o levantamento dos dados dos setores produtivos e as suas relações com inteligência artificial, especialmente na adoção, há uma expectativa de que a inteligência artificial seja responsável por gerar, em 2030, US\$ 15,7 trilhões do produto interno bruto global. O potencial de aplicação da inteligência artificial se mostra vantajoso em vários setores da economia, verificando-se maiores ganhos para o setor da saúde. Independentemente do setor, há uma aceleração de sua adoção, efeito decorrente dos impactos da COVID-19. A inteligência artificial, ao passo que gerará, concomitantemente, empregos e ganhos de produtividade, traz à tona questões como a qualificação profissional brasileira, que apresenta desempenho insatisfatório nos índices de letramento. Determinadas habilidades serão necessárias para desempenhar as ocupações, como as habilidades de leitura, conversação, pensamento crítico e criatividade, que ganham destaque à medida que a inteligência artificial automatiza as atividades físicas. Portanto, é sugerido uma revisão dos currículos tendo três perspectivas em destaque, a saber, humana, tecnológica e de dados.

**Palavras-chave:** Inteligência artificial. Indústria 4.0. Mundo do trabalho.

**Abstract:** With this work, the objective was to carry out an analysis of the world of work, with special emphasis on artificial intelligence, evaluating how it can contribute to the formation of employees' skills, the knowledge needed for future professionals and the impacts on productive sectors. It was, therefore, descriptive research with characteristics of a qualitative bibliographic and documentary study with artificial intelligence in perspective. Constituting an extremely interesting field of multidisciplinary study, it is also one of the main drivers of the new industrial revolution in progress, dubbed Industry 4.0, which will have an impact around the world. With the survey of data from the productive sectors and its relationship with artificial intelligence, especially in terms of adoption, there is an expectation that artificial intelligence will be responsible for generating, in 2030, US\$ 15.7 trillion of the global gross domestic product. The potential for applying artificial intelligence proves to be advantageous in various sectors of the economy, with greater gains being made for the health sector. Regardless of the sector, there is an acceleration of its adoption, an effect resulting from the impacts of COVID-19. Artificial intelligence, while at the same time generating jobs and productivity gains, raises issues such

---

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Ciência da Computação da Universidade do Sul de Santa Catarina – Unisul. E-mail: gustavo4872@gmail.com. Artigo apresentado como requisito parcial para a conclusão do curso de Graduação em Ciência da Computação da Unisul. 2021. Orientador: Prof.<sup>a</sup> Ivone Junges, Doutora.

as Brazilian professional qualification, which has an unsatisfactory performance in terms of literacy. Certain skills will be needed to perform occupations, such as reading, speaking, critical thinking and creativity skills, which gain prominence as artificial intelligence automates physical activities. Therefore, a review of the curricula is suggested with three highlighted perspectives, namely, human, technological and data.

**Keywords:** Artificial Intelligence. Industry 4.0. World of work.

## 1 INTRODUÇÃO

Inteligência artificial é considerada como um dos campos de pesquisa mais promissores, ainda que não haja um consenso amplo sobre o que ela realmente seria. Dadas as interpretações divergentes e a multidisciplinariedade, existem diversas tentativas de se classificar o que seria este amplo campo de estudo. Uma das mais pertinentes define a inteligência artificial como a união entre dados, algoritmos e conceitos matemáticos e estáticos, na intenção de simular certas estruturas do funcionamento do cérebro humano e visando a obtenção de conhecimento para a tomada de decisão. Em suma, a inteligência artificial se vale de uma ampla base de dados para gerar conhecimento e melhorar a capacidade de aprendizagem. De posse dessas bases de dados robustas, estes sistemas são capazes de processar e tomar decisões precisas, automatizadas e autônomas. (IEL, 2020).

A inteligência artificial no escopo de campo de pesquisa recebe uma influência direta de outros campos, geralmente relacionadas com a matemática e a estatística. Estas formam a base das pesquisas realizadas em inteligência artificial, que costumam se dividir em algumas frentes, em especial para as pesquisas direcionadas na resolução de problemas individuais. Estes problemas, como o reconhecimento de voz, tradução de textos e reconhecimento de imagem, geram aplicações utilizadas não somente em outros domínios, como na genética e na econômica, como também são responsáveis pelo surgimento de uma série de aplicações comerciais. Para resolver estes problemas, certas técnicas foram desenvolvidas, como o aprendizado de máquina e as redes neurais, inventadas no escopo da inteligência artificial, mas que atualmente constituem seu próprio campo. (BARUFFALDI et al., 2020).

Tal qual o seu conceito, a aplicação comercial das técnicas de inteligência artificial não é um fenômeno proeminentemente recente. Para Nolan (2021), o estabelecimento da relação entre inteligência artificial e indústrias se deu 40 anos atrás. Naquela época, a inteligência artificial ainda se encontrava nos seus primórdios, com a sua aplicação sendo restrita para apenas em algumas atividades rotineiras, como agendamento de tarefas, se valendo dos sistemas especialistas para tal. Todavia, seu uso não está mais restrito, agora participando de todas as

fases produtivas por meio de sistemas que se utilizam dos dados para entregar previsões, entre outros.

De acordo com Schwab (2016), o mundo atualmente caminha de forma acelerada para uma nova revolução industrial. No contexto dessa nova indústria, os conceitos e as ferramentas da inteligência artificial se tornarão cada vez mais presentes em todos os setores produtivos da economia global. Schwab (2016) também pontua que graças ao avanço contínuo e acelerado da capacidade de processamento das máquinas, a automação se tornará uma realidade para diversos profissionais das mais variadas categorias, como médicos, advogados, jornalistas, contadores. Hoje, profissões que requerem um trabalho repetitivo já sentem os impactos da substituição do homem por máquinas dotadas de inteligência artificial, que executam as atividades humanas com maior precisão e um menor custo agregado.

A incorporação da digitalização à atividade industrial resultou no conceito de Indústria 4.0, em referência ao que seria a 4ª revolução industrial, caracterizada pela integração e controle da produção a partir de sensores e equipamentos conectados em rede e da fusão do mundo real com o virtual, criando os chamados sistemas ciberfísicos e viabilizando o emprego da inteligência artificial. (CNI, 2016, p. 11).

A implementação dessa nova indústria, denominada indústria 4.0, apesar de englobar várias tecnologias disruptivas, como o amplo uso de sensores, abordagens relacionadas com a biotecnologia, entre outros, tem como pano de fundo o uso de técnicas de inteligência artificial. Cada uma dessas novas tecnologias disruptivas se relacionam e se amplificam os impactos positivos. De tal modo que, segundo Cabrol e Sánchez Ávalos (2021), essa quarta revolução industrial poderia permitir a reorganização do estado de bem-estar social, já que a inteligência artificial se mostra como uma ferramenta estratégica para a elaboração de políticas públicas.

Ainda no âmbito governamental, a transição digital deve continuar sendo pautada pelos governos da América Latina, tendo em vista que já existem impactos socioeconômicos positivos resultantes da digitalização dos serviços públicos. Ademais, já se verificam melhorias por conta da digitalização, entre outros, no pagamento eletrônico, serviços de saúde, acessibilidade e no aumento da transparência, possibilitando uma maior fiscalização por parte dos atores da sociedade. Todos esses fatores, quando combinados em um determinado contexto, abrem um caminho para a implementação da inteligência artificial nas políticas públicas. (CABROL; SÁNCHEZ ÁVALOS, 2021).

Entretanto, quando a realidade do setor industrial brasileiro é posta em evidência, ainda que seja líder na aplicação da tecnologia no país, se verifica uma momentânea e transitória baixa taxa de adesão e interesse. Segundo a CNI (2018), somente 9% das indústrias nacionais investiam em inteligência artificial nos seus processos produtivos no ano de 2018. Em 2021,

segundo uma pesquisa da ABDI (2021) com 401 empresas brasileiras, a inteligência artificial era vista como uma estratégia para o futuro do negócio da indústria para apenas 13% da parcela pesquisada, com míseros 3% de toda a parcela elencando esta tecnologia como uma estratégia primária. Como uma estratégia secundária e terciária, representavam, respectivamente, 4% e 6% do total. De 100 respondentes, outros 2% afirmaram deliberadamente que possuíam projetos em andamento envolvendo alguma tecnologia de inteligência artificial.

As razões para esse engajamento baixo com a inteligência artificial são várias, a depender de circunstâncias e condições nacionais. Entretanto, há uma tendência de aumento para os próximos anos, tanto de interesse e investimento. Essa mudança, decorrente de alguns acontecimentos recentes, está precipitando e antecipando uma mudança no paradigma da indústria nacional. Mesmo que inteligência artificial e a automação resultante afetem os setores produtivos de diversas formas, ainda não totalmente claras, é certo que as novas tecnologias demandarão novos conhecimentos, resultando na criação de novas profissões. Em relação aos impactos da adoção de IA, é esperado que haja um aumento das profissões consideradas emergentes em 26 economias até meados de 2025. (SCHWAB; ZAHIDI, 2020).

Os reflexos dessa crescente necessidade das indústrias nacionais por profissionais qualificados em inteligência artificial, ainda que os investimentos industriais estejam em um patamar aquém do ideal, já estão sendo notados nas empresas nacionais. Ainda de acordo com os autores, os especialistas em inteligência artificial e aprendizagem de máquina, seguido por analistas e cientistas de dados, já se destacam como os profissionais que serão mais requisitados pelas empresas brasileiras no período entre 2020 e 2025. (SCHWAB; ZAHIDI, 2020).

Em decorrência disso, já é certo que o contexto do mundo do trabalho mudará radicalmente nos próximos anos como parte da maior mudança de paradigmas nunca vista num espaço de tempo surpreendentemente curto. Com novas profissões e a massificação da inteligência artificial nos setores produtivos, será necessário identificar as novas competências que serão exigidas dos futuros profissionais, que por sua vez terão que lidar com a inteligência artificial no centro desta mudança. Tendo em vista esse fenômeno em andamento, este trabalho é de suma importância para a compreensão dessas competências neste novo contexto, objetivando responder questões pertinentes e contribuir com as discussões acerca do tema.

Neste contexto, o presente estudo objetiva realizar uma análise do mundo do trabalho, com especial destaque para a inteligência artificial, avaliando como ela pode contribuir para a formação das competências dos funcionários, quais os conhecimentos necessários para os futuros profissionais e os impactos nos setores produtivos.

## **2 TRABALHOS RELACIONADOS**

A inteligência artificial é amplamente considerada como um dos campos de estudo mais inovadores da atualidade, justamente por agregar diversas áreas de estudo em uma só. É de tal importância que grande parte das ferramentas e técnicas, em algum nível, já são empregadas em muitos dos serviços utilizados, principalmente em aplicativos e dispositivos tecnológicos mais recentes, muitos dos quais sem o usuário saber.

Devido ao fato de ainda ser um campo relativamente novo e promissor, ainda há muito a ser explorado, especialmente no que diz respeito aos seus impactos. Tendo em vista que a presença da inteligência artificial já é perceptível em vários níveis, e que seus impactos sociais não são totalmente entendidos, muito se discute sobre os ganhos e as consequências de sua adoção, com pesquisadores se dividindo entre aqueles que acreditam em cenários distópicos, utópicos, ou em algum ponto entre ambos.

Telles, Barone e Da Silva (2020), em seu artigo, pontuam sobre o processo de migração da inteligência artificial, saindo da ficção para uma aplicação real como tecnologia disruptiva no mercado. Para tal, os autores apresentaram a relação da área com a nova revolução industrial em curso, conhecida como indústria 4.0, expondo os aspectos de cada tema e os possíveis benefícios.

Junqueira (2020) reúne dados coletados com uma pesquisa de campo qualitativa com indivíduos do Brasil e de Portugal, visando o entendimento dos impactos das novas tecnologias da indústria 4.0 nos empregos e a consciência popular sobre o tema. O pesquisador conclui que a inteligência artificial tem o potencial de substituir uma grande parte da mão de obra, corroborando os resultados de outras pesquisas.

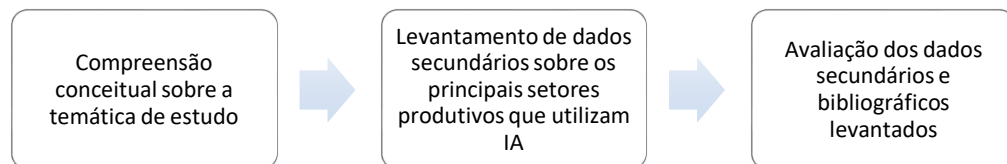
Eugenio e Simonetto (2016) tratam das perspectivas do mercado brasileiro acerca da indústria 4.0, verificando que a indústria 4.0 já reúne tecnologias disponíveis para uso e concluindo que o mercado nacional necessita agilizar o processo de adoção, tendo em vista o notório ganho de produtividade e de competitividade internacional do mercado como um todo.

## **3 ASPECTOS METODOLÓGICOS**

Este estudo se baseou, quanto aos objetivos, em uma pesquisa descritiva. Em relação à abordagem, se caracterizou como um estudo qualitativo. Em relação aos procedimentos, a pesquisa se constituiu num estudo bibliográfico e documental.

Para esta pesquisa, foi elaborada uma base de dados contendo artigos, publicações, pesquisas e dados secundários. Elencando artigos e outras mídias dos especialistas do tema, a avaliação das mudanças no mundo do trabalho a partir da utilização da inteligência artificial pôde ser elaborada.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia do trabalho.



Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

A Figura 1 apresenta o esquema de fluxograma da elaboração da pesquisa. Na primeira etapa, foi realizada a construção de uma base de dados. Nesta base, constaram uma série de artigos, pesquisas, dados, entre outros meios. É necessário garantir a procedência das informações visando um controle de qualidade, que por sua vez influencia os resultados objetivados. Visando este controle, para inclusão de um material nas fontes de pesquisa, certos critérios foram seguidos para garantir o controle da qualidade, como publicações de órgão de classe confiáveis, associações, bem como dos dados advindos do mundo do trabalho.

Com todos os dados em mãos, o último passo se deu com a demonstração dos impactos da inteligência artificial nos principais segmentos produtivos e respectivas áreas de atuação. Para a análise dos dados foram utilizadas as seguintes técnicas de pesquisa:

- a) Análise documental para analisar legislações, códigos de profissões entre outros documentos pertinentes à pesquisa.
- b) Análise de conteúdo para os dados secundários e bibliográficos, onde pretende-se criar categorias de análise (codificação) a partir do material selecionado, segundo os critérios de Bardin (2016), codificação em unidades de análise dos textos analisados.

#### **4 OS BENEFÍCIOS DO USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Nos últimos tempos, certos fatores convergiram para uma situação em que a base industrial nacional tem sido afetada pelo fenômeno da desindustrialização, isto é, da diminuição da participação da indústria no produto interno nacional. Este fenômeno terminou por resultar em uma perda de protagonismo, além do aumento das taxas de desemprego, o que também foi potencializado pela recente crise econômica e política que afetou o país. Entretanto, a indústria

nacional também apresenta outros fatores que impactam negativamente na sua atividade, como o baixo índice de produtividade e de eficiência, por vezes registrados nos últimos anos. (IEL, 2020).

Portanto, há uma necessidade de se implementar meios que possam realizar uma mudança substancial na indústria nacional. Essa mudança, visando a restauração da competitividade e do protagonismo, necessariamente passaria pelo aumento da produtividade nacional, o que também resultaria na geração de empregos. De acordo com a IEL (2020), a inteligência artificial como uma tecnologia disruptiva, pode contribuir para a superação de algumas barreiras industriais significativas, como na diferenciação do produto, como também pode estar contribuindo com a eficiência e a qualidade.

Eficiência e qualidade são cada vez mais necessários no mundo globalizado, onde há competitividade entre setores de vários países. A inteligência artificial, portanto, representa uma oportunidade não apenas de alguma margem de lucro, mas também agrega ao proporcionar a possibilidade de mudança da situação nacional. Entretanto, em seu relatório, PWC (2017) destaca que a inteligência artificial ainda se encontra no estágio inicial de desenvolvimento, com amplas oportunidades para os mercados emergentes, ainda que certos setores se encontrem mais avançados do que outros. Do ponto de vista macroeconômico, a contribuição da inteligência artificial para a economia global pode ser estimada em até US\$ 15,7 trilhões em 2030, com US\$ 6,6 trilhões resultantes de um provável aumento de produtividade.

Figura 2 – Potenciais impactos da inteligência artificial de acordo com a cadeia produtiva e a projeção, produção, promoção e o fornecimento esperados.

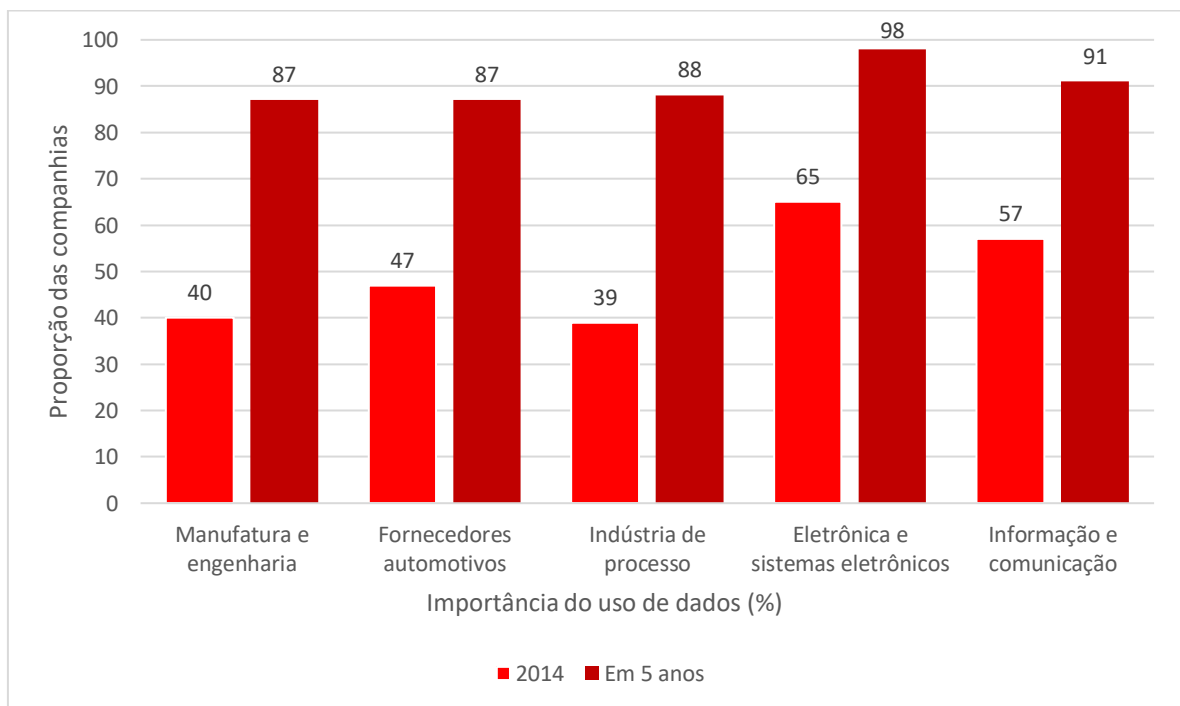
	Project	Produce	Promote	Provide
	<b>Accurate demand forecasting, smart sourcing, and enlightened R&amp;D</b>	<b>Higher productivity and minimized maintenance and repairs</b>	<b>Products and services at the right price, with the right message, to the right targets</b>	<b>Enriched, tailored, and convenient user experience</b>
<b>Retail</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>1–2% EBIT<sup>1</sup> improvement</b> using machine learning to anticipate fruit and vegetable sales</li> <li>▪ <b>20% stock reduction</b> using deep learning to predict e-commerce purchases</li> <li>▪ <b>2 million fewer product returns</b> per year</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>30% reduction of stocking time</b> using autonomous vehicles in warehouses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>50% improvement of assortment efficiency</b></li> <li>▪ <b>4–6% sales increase</b> using geospatial modeling to improve micromarket attractiveness</li> <li>▪ <b>30% online sales increase</b> by using dynamic pricing and personalization</li> </ul>	
<b>Electric utilities</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Objective to <b>cut 10% in national electricity usage</b> by using deep learning to predict power demand and supply</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>20% energy production increase</b> using machine learning and smart sensors to optimize assets' yield</li> <li>▪ <b>10–20% EBIT improvement</b> by using machine learning to enhance predictive maintenance, automate fault prediction, and increase capital productivity</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>\$10–\$30 savings on monthly bills</b> by using machine learning to automatically switch electricity supply deals</li> </ul>
<b>Manufacturing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>10% yield improvement</b> for integrated-circuit products using AI to improve R&amp;D process</li> <li>▪ <b>39% IT staff reduction</b> by using AI to fully automate procurement processes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>30% increase of material delivery time</b> using machine learning to determine timing of goods' transfer</li> <li>▪ <b>3–5% production yield improvement</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>13% EBIT improvement</b> by using machine learning to predict sources of servicing revenues and optimize sales efforts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>12% fuel savings</b> for manufacturers' customers, airlines, by using machine learning to optimize flight routes</li> </ul>
<b>Health care</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>\$300 billion possible savings</b> in the United States using machine learning tools for population health forecasting</li> <li>▪ <b>£3.3 billion possible savings</b> in the United Kingdom using AI to provide preventive care and reduce nonelective hospital admissions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>30–50% productivity improvement</b> for nurses supported by AI tools</li> <li>▪ <b>Up to 2% GDP savings</b> for operational efficiencies in developed countries</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>5–9% health expenditure reduction</b> by using machine learning to tailor treatments and keep patients engaged</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>\$2 trillion–\$10 trillion savings</b> globally by tailoring drugs and treatments</li> <li>▪ <b>0.2–1.3 additional years</b> of average life expectancy</li> </ul>
<b>Education</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Virtual teaching assistants can <b>answer 40% of students' routine questions</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>1% increase in enrollment</b> by using a virtual assistant to follow up with applicants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>85% match with human grading</b>, using machine learning and predictive modelling</li> </ul>

Fonte: Mckinsey (2017b).

Apesar da expressividade nos valores, a inteligência artificial pode proporcionar outros ganhos. Na Figura 2, é perceptível que as aplicações dessa tecnologia podem fornecer outros ganhos significativos. O setor da educação pode ser impactado positivamente pelo uso de assistentes virtuais capazes de responder as questões dos estudantes. Setores como a manufatura podem aproveitar uma redução em até 14% do uso de combustíveis, além da personalização da entrega de materiais, que pode gerar um aumento de produtividade de até 5%. Contudo, os maiores benefícios provenientes da aplicação estão relacionados com o setor da saúde. Nele, o suporte da inteligência artificial produz um ganho expressivo de produtividade de até 50%, dependendo da forma como são aplicadas. Também é possível perceber ganhos na expectativa de vida como um resultado proveniente do aumento de eficiência. Isto se justifica por conta da capacidade que a inteligência artificial proporcionaria para a identificação de enfermidades com maior rapidez e precisão, na elaboração de estratégias e definição de tratamentos, entre outras aplicações.

Dadas as necessidades dos sistemas de inteligência artificial, que se caracterizam pela produção de resultados a partir de um conjunto de dados, no novo paradigma de produção da indústria 4.0, os dados gerados nos processos produtivos estão ganhando cada vez mais importância no sentido da geração de competitividade no mercado. Neste novo paradigma, os dados resultantes das atividades rotineiras dos setores, mais especificamente uma quantidade enorme deles, provenientes das mais diversas fontes, como os sensores, aliados aos algoritmos de inteligência artificial, consubstanciam um pilar central da nova forma de manufatura avançada. Capazes de proporcionar a inovação e passíveis de aplicação na resolução de problemas rotineiros, historicamente são renegados e utilizados somente como parte específica de suas operações. (ROGERS, 2017).

Gráfico 1 – Importância da análise e uso dos dados para o modelo de negócio de acordo com alguns setores da indústria.



Fonte: Adaptado de PWC (2014).

Essa visão, contudo, tem sido revista nos últimos tempos. No Gráfico 1, é perceptível que a importância atribuída ao uso e análise dos dados já aumentava significativamente em meados de 2014 quando se colocava em perspectiva os 5 anos futuros, em destaque para a indústria de processo. Esse aumento na expectativa com o uso dos dados ainda continua relevante. Para Schwab e Zahidi (2020), a análise de *big data* é uma das tecnologias mais esperadas para serem aplicadas até 2025, em ao menos 90% das companhias pesquisadas, refletindo as expectativas acerca do uso desses dados com o objetivo de gerar benefícios

competitivos. Esses dados serão utilizados, sobretudo, para desvendar e responder questões das quais os métodos tradicionais não são capazes. Dados, quando devidamente utilizados, podem gerar valor agregado ao modelo e tendem a ser um ativo digital de valor significativo para as empresas.

A geração desses dados, contudo, constitui a parte relativamente trivial, sendo geradas por fontes externas, como os dados coletados dos usuários, bem como por fontes internas, como os dados gerados nos processos de produção. Um dos pontos cruciais dessa revolução, todavia, necessariamente passa por uma reformulação das estratégias empresariais na abordagem desses dados. As formas tradicionais de análise, no contexto da indústria 4.0, não são suficientes para explorar o potencial das informações que não são facilmente estruturadas, e que requerem ferramentas de computação para lidar com o que se entende como *big data*, fortemente baseado em dados não estruturados que não se adequam ao modo tradicional de análise, por vezes associada ao uso das planilhas eletrônicas. (ROGERS, 2017).

O *big data*, em um esforço de compreensão de sua origem, pode ser melhor entendido como a soma de duas transformações tecnológicas em curso. De um lado, o progresso tecnológico no gerenciamento de informações e na capacidade de processamento tem cada vez mais possibilitado que empresas possam armazenar uma quantidade cada vez maior de dados sem que o custo inerente desse projeto seja de muita relevância. Do outro, o rápido crescimento dos tipos de dados não estruturados pode revelar novos caminhos para a resolução dos problemas enfrentados. Estas informações, armazenadas em grandes bancos de dados, de difícil estruturação, compreendem esse fenômeno hodierno.

Todavia, esse conceito ainda é amplamente associado com empresas de grande porte, que contam com os meios tecnológicos e de geração de dados necessário para implementá-lo. As empresas de pequeno porte, na contramão dessa tendência, continuam carecendo de recursos necessários para manter uma infraestrutura própria para o pleno desenvolvimento do *big data*. Nesse sentido, o aumento da acessibilidade de outra tecnologia disruptiva da indústria 4.0, a computação em nuvem, abre um caminho viável para que mais empresas possam contar com uma infraestrutura de computação robusta sem a necessidade de aquisição de *hardware* para isso, possibilitando o acesso dessas empresas ao *big data*. Por fim, desencadeia-se um aumento do potencial desse novo fenômeno, que resultaria na geração de lucro e competitividade até mesmo para as empresas menos robustas. (ROGERS, 2017). Nessas novas abordagens baseadas em dados, é esperado que a aplicação da inteligência artificial seja uma estratégia central na busca por melhorias no processo produtivo, além de um esperado aumento resultante na

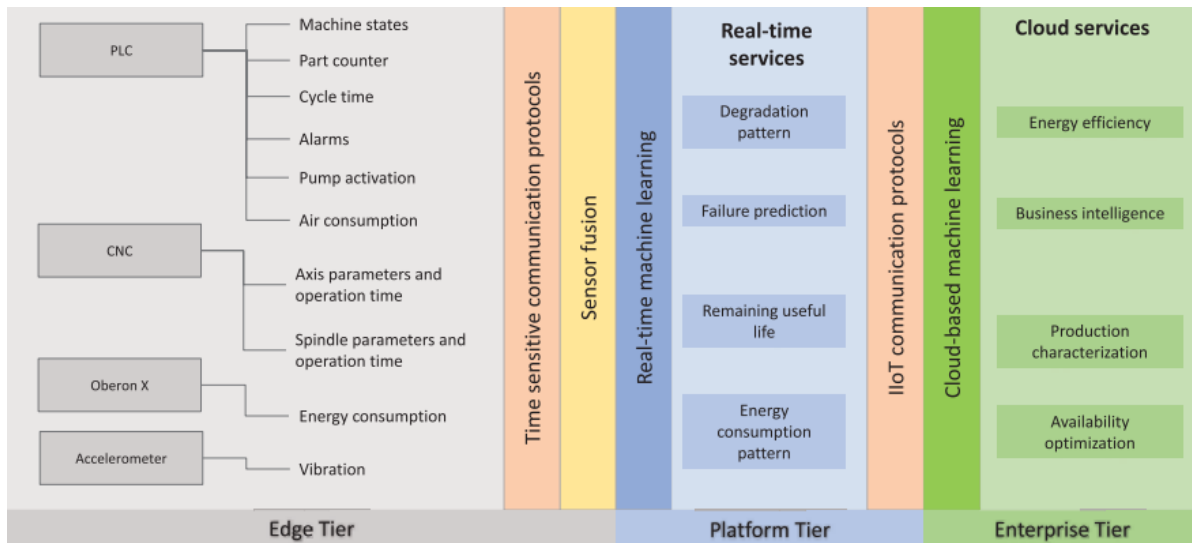
produtividade. Com esse propósito, os algoritmos de aprendizado de máquina ganham cada vez mais espaço nas indústrias, justificando a sua adoção. (NOLAN, 2021).

O aprendizado de máquina possui várias interpretações distintas, assim como a própria inteligência artificial, mas pode ser compreendido como uma vertente da inteligência artificial que se caracteriza como sendo uma abordagem em busca da derivação de regras ou procedimentos, utilizando para isso uma robusta base de dados. Essa técnica poderosa pode ser empreendida para atingir certos objetivos que as técnicas tradicionais não são capazes.

A função destes sistemas pode ser compreendida em três tipos básicos relacionados com o resultado da sua aplicação, que pode objetivar a geração de dados que são capazes prescrever recomendações, descrever eventos, ou até mesmo realizar previsões. A categorização destes sistemas é feita de acordo com o tratamento selecionado para a base de dados disponível. No aprendizado supervisionado, há uma intervenção humana nos dados no sentido de rotulá-los, informando previamente a classificação do dado para o algoritmo. Outras abordagens não necessitam de rótulos nos dados, como no aprendizado não supervisionado. Por fim, no aprendizado por reforço, é estabelecido um sistema de recompensa. Em cada uma destas e de outras categorias, os dados são o ponto chave para obter um resultado satisfatório. Quanto maior, mais confiável e menos tendenciosa for a base de dados disponível, maiores as possibilidades de geração de conhecimento com a sua aplicação. (MALONE; LAUBACHER; RUS, 2020).

Os benefícios podem ser verificados em vários aspectos. Para Nolan (2021), a possibilidade de encurtar o tempo empreendido para realizar uma descoberta proveniente da pesquisa industrial, encontrar novas formas de inovar no design de produto, aprimorar o controle de qualidade no processo de fabricação e montagem dos produtos, verificar a necessidade de manutenção no controle de processo, prever a necessidade de ajustes na gestão da cadeia de abastecimento, evitando perdas ou gastos desnecessários, treinamento e suporte cognitivo, além de poder criar indústrias totalmente novas, são os benefícios chaves da aproximação dos dados com os algoritmos de aprendizado de máquina.

Figura 3 – Estrutura de uma indústria 4.0, dividida em três setores distintos e a relação dos potenciais benefícios da aplicação do aprendizado de máquina.



Fonte: Nolan, 2021.

Na Figura 3, pode-se observar uma ilustração da implementação da arquitetura modelo de uma indústria 4.0 esquematizada em três setores distintos. De acordo com Nolan (2021), o primeiro setor corresponde a produção em si, onde se localizam as máquinas e os respectivos sensores instalados para a medição do consumo de energia, vibração, temperatura, entre outros aspectos. Todos esses dados gerados pelos sensores são coletados e enviados para o segundo setor, onde algoritmos de aprendizado de máquina atuam diretamente sobre a tecnologia. Neste setor, é realizado um monitoramento em tempo real dos ativos empresariais. Caso o algoritmo identifique, com base nos dados enviados em tempo real, anomalias que afetem o ciclo de vida do equipamento industrial, o desligamento preventivo pode ser acionado e reportado. Assim, dando a possibilidade de gestores avaliarem as decisões necessárias previamente, como realizar a manutenção preventiva ou mesmo a substituição do ativo. Outra possibilidade dessa camada seria o auxílio na tomada de decisão por parte dos operadores de máquinas, caso alguma tarefa mais complexa apresente riscos ao ativo. Eventualmente, as informações geradas são transferidas para a camada empresarial, onde atuam os respectivos empresários e líderes setoriais. Nesta camada, o aprendizado de máquina pode ser aplicado para extrair previsões e auxiliar na tomada de decisões de negócio, baseando-se nos reportes gerados pelo setor anterior, podendo auxiliar na previsão de vendas e alocação de recursos, entre outros.

Existem, é claro, outras aplicações do aprendizado de máquina, assim como outras técnicas, mas os resultados esperados pelos setores já são promissores. No setor de manufatura, conforme visto na Figura 2, o aprendizado de máquina seria capaz de gerar um aumento de lucro anterior aos impostos de 13%, além de uma melhoria de produção de 10%. De acordo com a McKinsey (2017b), o resultado da aplicação dessas técnicas também representaria um ganho significativo para as margens de lucro de vários setores. O setor financeiro também

verificaria um aumento expressivo, com mais de 10% de lucro. Para os demais setores, se não houver adoção de inteligência artificial, assim como uma adoção parcial ou experimental, se verificaria uma queda nas margens de lucro, com ganhos em pouquíssimos setores, como o setor logístico e o setor de construção.

## 5 SEGMENTOS PRODUTIVOS E O USO DA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

No cenário nacional, uma das constatações mais pertinentes, segundo a FIRJAN (2016), é de que a indústria nacional se encontra defasada em relação aos países desenvolvidos no que diz respeito ao modelo tecnológico adotado. Segundo a entidade, a indústria brasileira reside em algum ponto entre a indústria 2.0 e a indústria 3.0, que lidam com uma produção em linha de montagem e aplicação da robótica nas linhas de produção, respectivamente. De fato, o país ainda apresenta pouco uso das inovações da indústria 4.0, que possuem o potencial de economizar R\$ 73 bilhões ao ano. (ROTTA, 2017). Na Tabela 1 é apresentada a adesão dessas ferramentas tecnológicas por setor no Brasil.

Tabela 1 – Taxa de uso das tecnologias da informação por setor produtivo brasileiro no ano de 2016.

		<b>(continua)</b>
<b>Setor</b>		<b>%</b>
Empresas que mais usam	Equipamentos de informática, produtos eletrônicos e outros	61
	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	60
	Coque, derivados do petróleo e biocombustíveis	53
	Máquinas e equipamentos	53
	Metalurgia	51
Empresas que menos usam	Outros equipamentos de transporte	23
	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	25
	Produtos farmacêuticos	27
	Minerais não metálicos	28
	Vestuário	29
	Calçados	29

Fonte: adaptado de CNI (2016).

É possível verificar que o setor relacionado com a produção de roupas e calçados apresenta baixa inovação tecnológica, enquanto os setores da própria informática e da produção de máquinas apresentam índices medianos. Algumas barreiras impedem o pleno desenvolvimento e adoção das tecnologias para traçar um caminho em direção ao futuro da indústria, barreiras essas que podem ser divididas em internas e externas. O que se deseja com a adoção das tecnologias sempre envolve lucro e produtividade. Todavia, o custo da adoção

dessas tecnologias ainda representa uma grande barreira interna para a indústria, além da falta de clareza dos investidores sobre o retorno do investimento. (CNI, 2016).

[...] Em segundo lugar, as transformações em termos produtivos para produtos mais inovadores, processos integrados e uso de tecnologias digitais suscitam a necessidade de redefinições por parte da própria organização (muitas vezes, com uma cultura arraigada e resistências internas) e de fornecedores, associados. Em alguns setores, essa mudança tecnológica está ocorrendo mais rapidamente e em outros mais lentamente. Somam-se a isso as particularidades que as empresas apresentam em termos de porte, grau de consolidação e estratégias assumidas, como a infraestrutura de conexão necessária e as competências dos recursos humanos envolvidos. (CARMONA et al., 2020, p. 40).

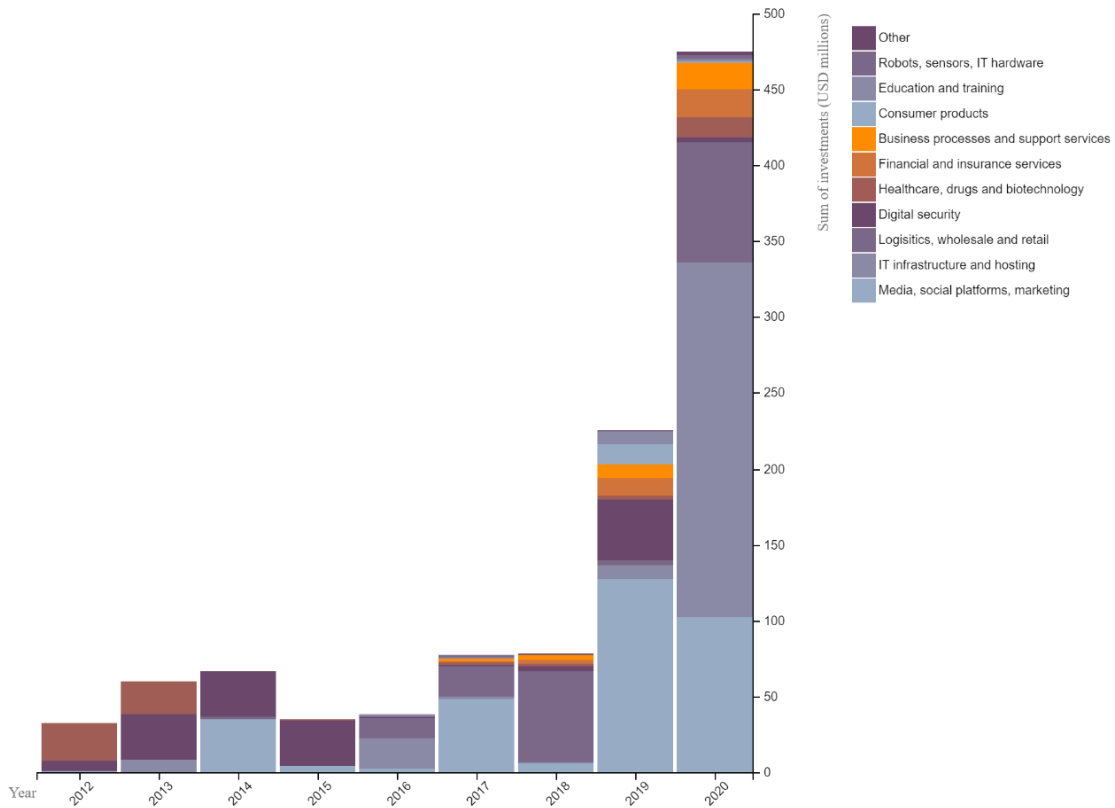
Para além das dificuldades de adoção da tecnologia no setor industrial, historicamente, a falta de trabalhadores qualificados sempre foi uma das principais barreiras, sobretudo para as empresas dos setores de baixa e média-baixa tecnologia. (CNI, 2016). Para as empresas extrativistas e de transformação, em 2019, 50% declararam ter havido problemas com falta de mão de obra qualificada, um problema estrutural do país. (CNI, 2020). A ausência desses profissionais não só representa um problema difícil de equacionar nos moldes do mundo do trabalho atual, como também significa que os esforços nacionais deverão conciliar as perspectivas para um novo formato de indústria, que leva em conta uma imersão ainda maior entre tecnologias e pessoas.

Nesse cenário, em sua carta, a instituição SENAI (2017) argumenta que as empresas brasileiras devem começar o processo de investimento e inovação por meio de tecnologias já existentes e de baixo custo de aquisição. A entidade também aponta que a inteligência artificial, entendida e utilizada como uma ferramenta preditiva, tem a capacidade de reduzir as despesas em manutenção, uma vez que evita que se pare uma produção inteira para inspeções de rotina. Dessa forma, sensores de baixo custo pode ser instalados nas máquinas, que integrados com bancos de dados, podem ser usados para prever eventuais falhas. A IEL (2020), por sua vez, afirma que a adoção dessas tecnologias não deve se limitar somente aos produtores de bens e serviços finais, mas deve estar presente em toda a cadeia de produção, passando também pelos fornecedores de peças e componentes. Na produção de bens finais, onde o custo é relativamente alto, a difusão dessas tecnologias pode levar ao aumento da produtividade.

Todavia, os recentes acontecimentos e os impactos da COVID-19 alavancaram o debate internacional sobre uma necessidade de adaptação e mudança da indústria. Schwab e Zahidi (2020) demonstram em seu relatório que a pandemia global gerou ou aumentou a necessidade das empresas por inovação tecnológica, fruto das dificuldades encontradas neste período. Para 92% das empresas brasileiras consultadas, a chegada da pandemia acelerou o processo de digitalização do trabalho, o que também se verifica na automação de atividades, que conta com

52%. No escopo global, 82% das empresas definem a aceleração da digitalização como plano de resposta para as dificuldades impostas pela pandemia, assim como a automação das atividades, que se verifica em 50%. Na figura 4, é demonstrado um panorama do investimento em inteligência artificial no Brasil.

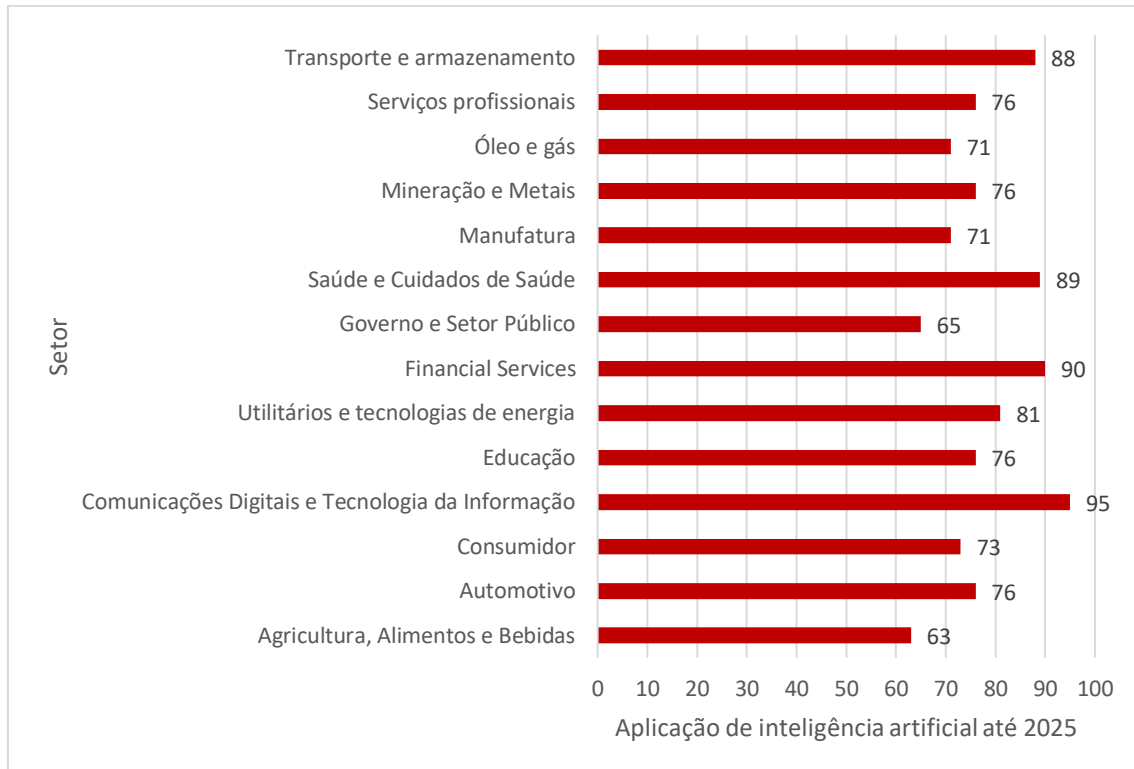
Figura 4 – Investimentos em inteligência artificial por ano e indústria no Brasil.



Fonte: OCDE.IA (2020).

O crescimento dessas novas práticas, em destaque ao uso e investimento em inteligência artificial, já se verificava em meados de 2019. Naquele ano, como se percebe na Figura 4, o salto do investimento se deu muito por conta dos investimentos do setor de mídias, plataformas digitais e marketing, que resultaram em um investimento total de mais de US\$ 200 milhões. Em 2020, o setor de infraestrutura de tecnologia da informação tomou a dianteira nessa tendência e liderou o total de investimentos no ano, chegando ao marco expressivo de superar os investimentos em inteligência artificial do ano de 2019 isoladamente. Ao todo, foram investidos mais de US\$ 450 milhões. No gráfico 4, é apresentada as expectativas de adoção até 2025 por setor.

Gráfico 2 – Expectativa de adoção da inteligência artificial até 2025 nas empresas pesquisas, divididas por setor da economia.



Fonte: Adaptado de Schwab e Zahidi (2020).

Como demonstrado pelo Gráfico 2, alguns setores apresentam maiores expectativas com a inteligência artificial no curto prazo. O setor de comunicações e tecnologia da informação apresenta maior interesse pela aplicação dessa tecnologia, seguido pelo setor da saúde e pelo setor de transporte. Entretanto, o setor de agricultura, alimentos e bebidas, ao lado do setor público, apresentam as menores expectativas em relação ao uso de inteligência artificial.

## 6 PERSPECTIVAS PARA OS FUTUROS PROFISSIONAIS

### 6.1 Inteligência artificial, automação e produtividade

Nos últimos anos, com os recentes avanços da inteligência artificial, decorrente dos avanços conquistados na capacidade de processamento dos dispositivos tecnológicos, aliada ao barateamento de sensores e outros dispositivos com capacidade de coletar e transmitir dados, tem havido um grande debate internacional sobre o papel da inteligência artificial nas ocupações atuais e quais os impactos esperados pela massificação de seu uso, desde aumento de produtividade até a automatização de ocupações inteiras por robôs. Como consequência desse fenômeno, tem havido uma proliferação de estudos buscando entender quais os impactos que os futuros profissionais devem esperar, bem como para apontar quais habilidades serão valorizadas em um mundo onde a inteligência artificial estará presente em vários setores.

Para Gerbert et al. (2017), muitos empregos serão impactados por conta do aumento da aplicação da inteligência artificial nos locais de trabalho, impactando especialmente os empregos relacionados com a classe média. Em sua pesquisa direcionada aos efeitos da inteligência artificial na força de trabalho, foi identificado um certo otimismo contido. É notável que tanto 47% dos entrevistados temem uma redução na força de trabalho, como 70% não acredita que a inteligência artificial seja capaz de automatizar todo trabalho em si, além de 79% que acreditam que a produtividade da organização aumentará como resultado da aplicação. Outros 70% esperam que a inteligência artificial fará certas atividades rotineiras relacionadas ao trabalho desempenhado, o que representa um forte otimismo na aplicação dessa tecnologia na automação de tarefas consideradas desgastantes e repetitivas, o que representaria uma flexibilidade de tempo e prioridade para desempenhar tarefas mais interessantes. Portanto, há uma expectativa de que a inteligência artificial entre como uma ferramenta auxiliadora no desempenho das funções, automatizando atividades consideradas rotineiras e triviais. Contudo, o maior temor em relação ao impacto dessa tecnologia se materializa no fato de que 84% dos entrevistados acreditam fortemente que será necessário adquirir novas habilidades e competências para continuar desempenhando as mesmas funções.

Os níveis de educação também produzem chances significativamente diferentes de ocupar um emprego de alto risco. Para trabalhadores com apenas um diploma primário ou menos, a probabilidade de estarem sob alto risco de informatização é 10-30 por cento maior do que para graduados do ensino médio. Ao comparar trabalhadores com educação primária e aqueles com ensino superior ou superior, as taxas de probabilidade aumentam substancialmente. [...] Essas tendências tendem a apoiar a noção de que o ensino superior e o treinamento ajudam a desenvolver as competências necessárias para tarefas complicadas que requerem níveis avançados de percepção e manipulação, inteligência criativa e inteligência social - tarefas consideradas difíceis de automatizar [...]. (CHANG; HUYNH, p. 20, tradução nossa).

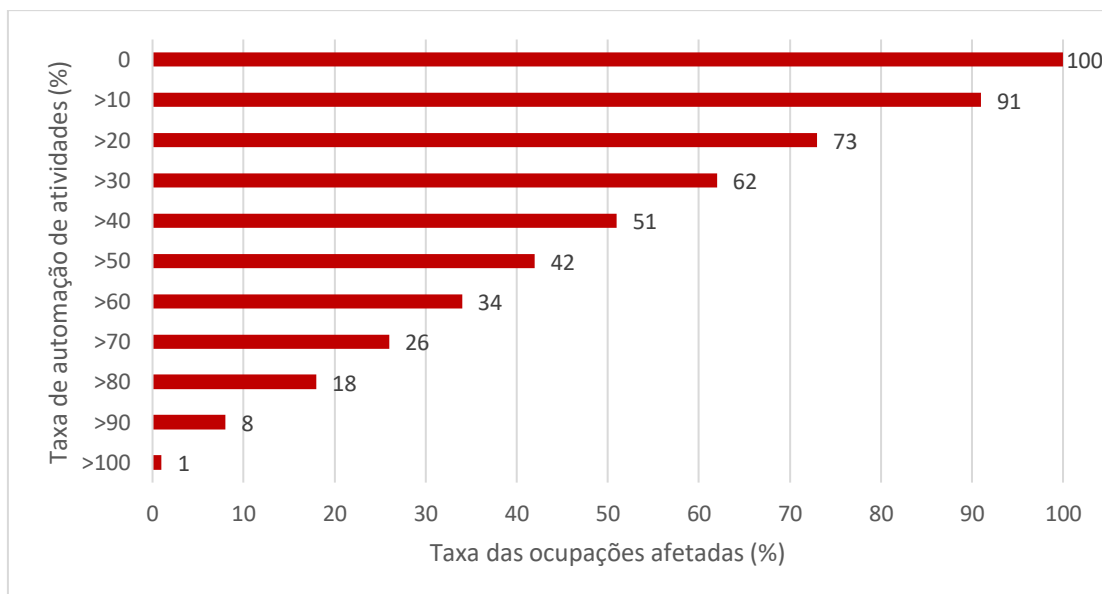
É perceptível a existência de uma relação delicada entre três eixos, a saber, trabalhadores, competências e as tecnologias. A introdução em massa da inteligência artificial, em determinados contextos, pode ocasionar um desequilíbrio nesta relação, conduzindo a situação para a concretização do maior efeito colateral, o desemprego. De acordo com Schwab (2018), quantitativamente, 75 milhões de empregos em todo o mundo desaparecerão por conta dessas mudanças na divisão do trabalho entre trabalhadores e máquinas, fruto das mudanças introduzidas nas qualificações e habilidades necessárias. Todavia, outros 133 milhões de empregos podem ser criados, respeitando as novas divisões e mais adequados aos requisitos técnicos e socioemocionais. Na iminência desse novo mundo do trabalho, o debate acerca do tema deverá se focar na aderência dos trabalhadores, futuros ou novos, com as novas ocupações.

Para a OCDE (2018), a inteligência artificial transformará a estrutura do trabalho de tal forma que essas ocupações completamente novas colocaram o ser humano em uma relação

dinâmica de parceria com uma aplicação dessa tecnologia, de tal forma que haverá um compartilhamento das tarefas inerentes ao trabalho. Mesmo que sejam totalmente automatizadas, haverá novas tarefas cognitivas, pouco sujeitas ao processo de automação, que serão desempenhadas por trabalhadores e essenciais para o funcionamento da aplicação. Essas transformações serão possíveis por conta de modelos de aprendizado de máquina, processamento de linguagem natural, análise de sentimento, além de outras técnicas.

NBER (2018) pontua que muitas das ocupações existentes envolvem tarefas menos cognitivas, altamente suscetíveis ao processo de automação. Ainda assim, há de se considerar que o raciocínio complexo, julgamento, aprendizagem baseada em analogia, resolução abstrata de problemas, comunicação, empatia, entre outros, são habilidades encontradas em seres humanos das quais a inteligência artificial tem baixa capacidade de automatizar. Muitas dessas habilidades são encontradas tanto em ocupações existentes, como se espera que serão fundamentais em novas ocupações. No Gráfico 2, é apresentada a relação do potencial de automação por ocupação.

Gráfico 3 – Potencial de automação das atividades por ocupação nos Estados Unidos.



Fonte: Adaptado de Mckinsey (2017c).

Baseado nas ocupações existentes nos Estados Unidos, o cenário que se pode contemplar no Gráfico 3, diferentemente dos temores recentes associados ao uso da inteligência artificial na substituição completa de ocupações, é de apenas 34% das ocupações tendo mais do que 60% de suas atividades completamente automatizadas. Ainda que se observe as ocupações altamente suscetíveis, essas representam menos de 5% das ocupações verificadas.

Em seu estudo, Manyika e Sneider (2018) defende que a automação das atividades acelerará a criação de um local de trabalho com novas habilidades exigidas dos trabalhadores. A automação causará um efeito disruptivo nas habilidades priorizadas pelas ocupações, com uma depreciação especialmente direcionada em habilidades físicas e manuais, que pelo menos até o ano de 2030 ainda serão as habilidades mais recorrentes na força de trabalho. Na contramão dessa queda, habilidades tecnológicas, sociais, emocionais, cognitivas superiores, criatividade e pensamento crítico, serão cada vez mais valorizados nos futuros trabalhadores, com especial destaque para as habilidades tecnológicas avançadas, com programação.

As dificuldades de obtenção de habilidades necessárias por si só já são um desafio no presente. A automação e seus potenciais efeitos gerarão uma progressiva mudança de paradigma nas sociedades, que segundo Manyika e Sneider (2018), tende a aumentar ainda mais esse cenário da pressão no desafio de obtenção de habilidades, sobretudo para a força de trabalho já existente no mundo do trabalho. No cenário proposto, é esperado que 3% da força de trabalho global mudará de categoria ocupacional até 2030, variando de cenários com 0% a 14%. Essas mudanças podem estar relacionadas com o declínio de atividades físicas e relocalizações dentro de setores empresariais, mas também podem até estar relacionada com mudanças geográficas.

## **6.2 Competências técnicas**

A inteligência artificial, em constante desenvolvimento, envolve uma ampla variedade de técnicas, conhecimentos e ferramentas, que sofrem com os impactos das inovações. A extensão destes impactos pode ser percebida ao longo do tempo, em que se percebe sucessivas mudanças nas necessidades mercadológicas acerca dos profissionais. Novas habilidades surgem ou perdem importância à medida que as inovações em inteligência artificial são introduzidas ou perdem relevância. Identificar essas necessidades constitui um grande desafio para todos os envolvidos. O mapeamento correto dessas necessidades relacionadas será de extrema importância. Afinal, segundo Urquidi e Ortega (2020), não há tecnologia, recente ou antiga, que possa ser bem-sucedida em seus objetivos, como ganho de produtividade e eficiência, sem que haja recursos humanos devidamente treinados para usá-la.

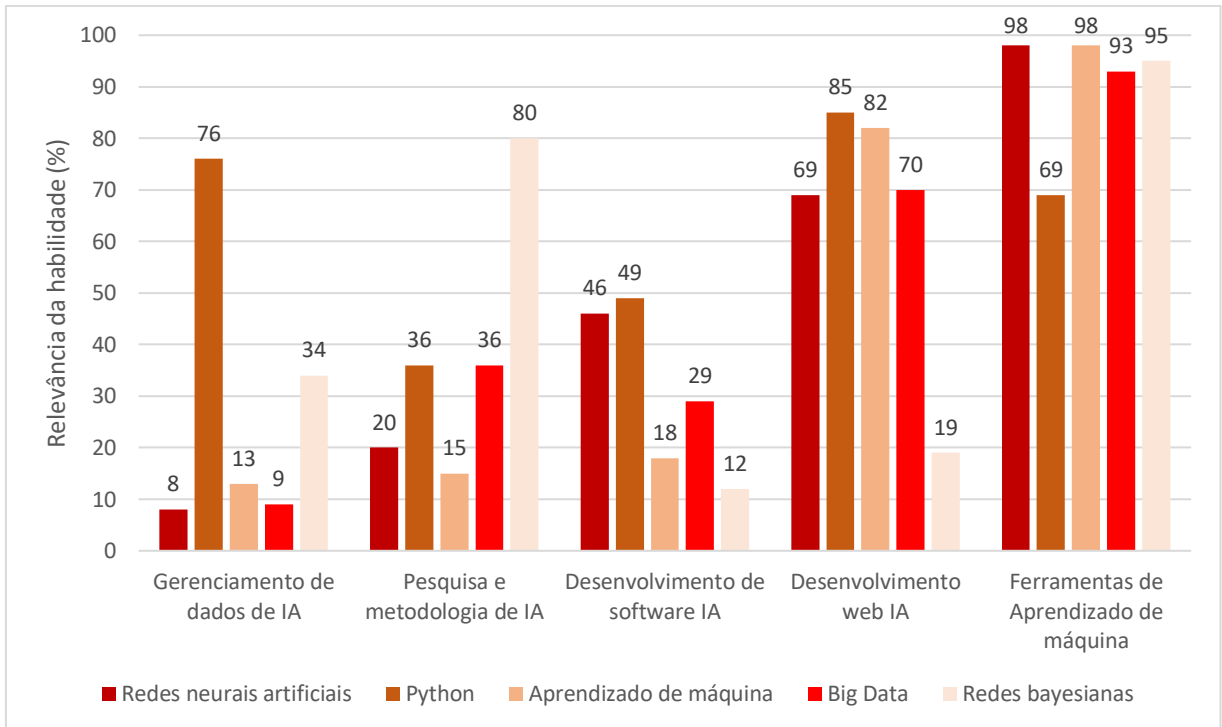
Em sua publicação, NBER (2018) afirma que o desalinhamento na obtenção de habilidades necessárias para a inteligência artificial pode minar os potenciais ganhos de produtividade, assim como pode impactar no aumento da desigualdade. Em tese, isso poderia ocorrer com os profissionais obtendo habilidades diferentes das necessárias por conta da falta

de enfoque dos currículos tradicionais, o que prejudicaria a entrada desses profissionais no mundo do trabalho, gerando uma escassez de habilidades. Um desalinhamento dos currículos com as necessidades não poderia ser resolvido apenas com um aumento de orçamento. Se uma nova combinação de habilidades necessárias for introduzida, deve-se realizar uma revisão das práticas educacionais.

A menos que ações de mitigação sejam tomadas, a crescente adoção da IA pode aumentar as desigualdades existentes nas sociedades e reforçar ainda mais a divisão entre ricos e pobres. Muitos dos empregos que serão substituídos pela IA incluem tarefas rotineiras e repetitivas, que na maioria dos casos empregam trabalhadores menos qualificados. O aumento da aceitação da IA e da robotização poderia, portanto, exacerbar a divisão entre trabalhadores altamente qualificados e pouco qualificados. Esta divisão está aumentando e agravando as desigualdades na força de trabalho. (SERVOZ, 2019, p. 6-7, tradução nossa).

Visando entender as transformações recentes no mundo do trabalho, sobretudo relacionadas à inteligência artificial, Nachtigall e Squicciarini (2021) realizaram um estudo abrangendo o período entre os anos de 2012 e 2018, identificando uma crescente necessidade de múltiplas habilidades relacionadas com inteligência artificial. Nos países considerados na análise, o começo da década de 2010 apresentava um panorama onde somente havia uma necessidade por, no máximo, 7 ou 9 habilidades relacionadas à inteligência artificial, a saber, consideravelmente àquelas relacionadas com engenharia e desenvolvimento de *software*, sistemas operacionais, uso de *software* de inteligência artificial e *big data*. Transitando para 2018, os empregos relacionados aumentaram expressivamente para 150 mil somente nos Estados Unidos. Competências relacionadas com engenharia e desenvolvimento de *software* perderam a relevância, enquanto habilidades de *big data* permanecem como um requisito chave para os empregos, assim como as habilidades em *software* de inteligência artificial. Ao longo do tempo, o aprendizado profundo e o processamento de linguagem natural emergem e contribuem para um novo panorama onde já se verificam em todos os países, empregos com 10 ou mais habilidades de inteligência artificial requisitadas.

Gráfico 4 – Cinco principais carreiras em inteligência artificial e as principais habilidades necessárias.



Fonte: OCDE.IA (2020).

No gráfico 4, é apresentado as cinco principais carreiras da inteligência artificial e as principais técnicas que cada uma exige. Pode-se ressaltar que há uma certa tendência para determinar a linguagem de programação Python como uma das habilidades necessárias para os futuros profissionais, que alterna entre primeira ou segunda mais requerida em pelo menos três carreiras. Outras habilidades, como o conhecimento de redes bayesianas, também apresentam um especial destaque. Na Figura 5, é apresentada uma relação das habilidades em inteligência artificial mais promissoras.

Figura 5 – Habilidades de inteligência artificial em maior crescimento de acordo com as habilidades laborais verificadas.



Fonte: OCDE.IA (2020).

Percebe-se na Figura 5, então, que as habilidades em inteligência artificial estão em constante movimento, seja de ascendência ou declínio. A habilidade de extrair informações se mostra como de extrema relevância, ainda que não figure entre as 10 mais relevantes na relação de 2018. Outras habilidades, como as que envolvem a programação, estão relacionadas com a linguagem Python, atualmente consolidada no mercado e uma das líderes da área, mas também podem estar relacionadas com outras linguagens, como a Julia, uma linguagem relativamente nova.

### 6.3 Competências socioemocionais

Para realizar a transformação da economia de um país, objetivando o desenvolvimento de uma nova economia tecnologicamente avançada, é necessário possuir uma força de trabalho apta para o desempenho das atividades inerentes. Uma força de trabalho técnica, amplamente capaz de desenvolver ideias e inovações, é de suma importância. (AUTOR, 2014). O Brasil, nesse sentido, deve compreender que o único caminho possível atingir este objetivo está diretamente relacionado com a presença de uma base científica e tecnológica nacional, capaz de tirar proveito da relação entre novas tecnologias e os trabalhadores e suas aptidões. (IPEA, 2021).

Com a crescente automação de atividades, ocasionada pela difusão de sistemas de inteligência artificial nas cadeias produtivas, as competências técnicas, como as habilidades relacionadas com programação, ganham cada vez mais destaque entre as habilidades exigidas, mas não significa que sejam as únicas e as mais exigidas. Existem outras habilidades que não necessariamente podem estar contempladas nas vagas de emprego, nos currículos ou nos planos de ensino. Estas competências são geralmente referidas como competências socioemocionais.

As competências socioemocionais são justamente as habilidades humanas das quais a inteligência artificial ainda apresenta dificuldades para automatizar plenamente, ainda que avanços estejam ocorrendo. De acordo com Mckinsey (2017a), os trabalhadores do futuro estarão cada vez mais dependentes dessas competências. Habilidades sociais, emocionais e cognitivas, a capacidade criativa e a comunicação, são habilidades cada vez mais importantes para as futuras profissões, tendo em vista que as habilidades físicas de baixa complexidade são mais suscetíveis ao processo de automação e substituição por tecnologias baseadas em inteligência artificial. Nachtigall e Squicciarini (2021) também afirmam que as aptidões socioemocionais, como criatividade, a capacidade de exercer o trabalho em equipe e a resolução de problemas, assim como a comunicação, estão ganhando uma importância cada vez maior à medida que complementam as habilidades técnicas relacionadas com a inteligência artificial.

## **7 DESAFIOS PARA O PAÍS**

Inteligência artificial, na esteira da quarta revolução industrial, caracteriza uma mudança de paradigma que se estende pelas cadeias produtivas. O Brasil, quando colocado em perspectiva, não se encontra na vanguarda tecnológica dessa revolução, onde países como Alemanha, Estados Unidos e China despontam na atuação dos esforços nacionais. De fato, o papel do Brasil é mais associado ao espaço do subúrbio tecnológico internacional, onde há países com fatores dramaticamente nacionais que ampliam as dificuldades inerentes ao processo de desenvolvimento de novas tecnologias, diminuindo a competitividade internacional destes com os mercados onde há maior adesão de novas práticas. Ainda assim, o papel do país não pode ser baseado inteiramente neste posicionamento terciário, onde se delega à vanguarda o papel da experimentação e desenvolvimento de novas tecnologias, se posicionando no sentido de aguardar até que haja uma maturidade tecnológica e uma robustez com resultados comprovados para que então se inicie um processo de adesão, correndo o risco de haver quebras e aumentar as dificuldades para absorver um aumento da produtividade. (IEL, 2020).

Além de não estar posicionado na frente dessa revolução global, para a PWC (2017), o Brasil se localiza na região com as menores perspectivas de crescimento advindo da automação. No contexto da América Latina, é esperado um impacto de 5,4% no produto interno bruto. Isto representaria um incremento de US\$ 0.5 trilhões na arrecadação dos países do continente. Ainda que expressivos, são ínfimos se comparados com os impactos na China, um dos líderes dessa revolução, onde há uma expectativa de acréscimo de 26.1%, representando um crescimento robusto de US\$ 7 trilhões para a economia do país. A transição para esse modelo, superando as dificuldades nacionais, deverá maximizar estes impactos produtivos, gerando crescimento e novas oportunidades.

Neste sentido, existem algumas ações necessárias para que o Brasil possa concretizar estes benefícios. A transição para uma indústria 4.0, contemplando a inteligência artificial em todos os aspectos, depende da adoção dos paradigmas anteriores, aliado ao desenvolvimento de um projeto contínuo de desenvolvimento macroeconômico, fruto das decisões do país em estreita linha com os interesses com as linhas de apoio industrial. (CARMONA et al., 2020).

Esta transição não acontecerá de forma disruptiva, mas gradualmente, gerando inovação de produtos e novos modelos de negócios, abrindo oportunidades para outros novos atores. Para alavancar este progresso industrial rumo ao modelo de manufatura avançada, certas condições são necessárias para estabelecer um modelo produtivo que consiga se adaptar as novas tecnologias, bem como aproveitar ao máximo as vantagens competitivas que elas podem oferecer. A adoção da inteligência artificial, neste sentido, deverá superar uma barreira tecnológica significativa: a presença dos sistemas legados. A adoção de inteligência artificial depende de uma integração entre diversos sistemas, dentro ou fora das organizações, que forneçam os dados necessários. Sistemas que, na maioria dos potenciais usuários, são legados e apresentam incompatibilidades entre si, representando um importante obstáculo nesse caminho. (LIMA; ARAÚJO, 2021).

Gráfico 5 – Percepção entre as empresas pesquisadas sobre as principais barreiras para a adoção das novas tecnologias.



Fonte: Adaptado de Schwab e Zahidi (2020).

No Gráfico 5, é apresentada uma pesquisa dos principais desafios para uma implementação bem-sucedida da indústria 4.0. Percebe-se que a falta de mão de obra qualificada é um ponto significativo para uma implementação bem-sucedida dessas tecnologias, seja pela lacuna nas competências no mercado de trabalho, ou ainda pela incapacidade de atrair talentos especializados, com ambas representando, respectivamente, 55,4% e 46,7% de relevância. Isso, inevitavelmente, entra em choque com a realidade do país. Se por um lado há escassez de mão de obra qualificada, por outro, segundo dados do IBGE (2021), se verifica uma abundância assustadora de desempregados e desalentados, estimado pelo órgão na ordem de 13,5 milhões e 5,1 milhões, respectivamente.

Entretanto, outros obstáculos são pertinentes para a baixa adesão. Como demonstrado no Gráfico 5, se verifica que a falta de compreensão, falta de habilidades e até mesmo falta de interesse, são barreiras verificadas entre os responsáveis pela gestão das organizações, tendo relação direta com outras questões, como as incertezas sobre os ganhos e os custos relativos. Gerbert et al. (2017) também pontuam que o desconhecimento da acerca da aplicabilidade é uma barreira significativamente maior entre as organizações que não utilizam ou não entendem a inteligência artificial, em comparação com outras organizações que fazem uso em certo nível.

Outras questões menos evidentes também impactam na diminuição da adesão. De acordo com a Lima e Araújo (2021), na estrutura empresarial, a falta de um aparato tecnológico com poder de processamento capaz de lidar com grandes volumes de dados, imprescindíveis para maximizar os resultados provenientes do uso da inteligência artificial, bem como a disponibilidade de uma rede de comunicações de alta velocidade, impactam para o desenvolvimento de uma manufatura 4.0.

De fato, para IPEA (2021), o uso da inteligência artificial se deve justamente aos vários avanços tecnológicos que permitiram uma explosão da capacidade de processamento dos sistemas computacionais modernos, o que também permitiu a aplicação dessa poderosa ferramenta nos mais diversos dispositivos. Entretanto, outras tecnologias relacionadas ainda encontram dificuldades para penetrar nas atividades industriais rotineiras. O motivo, todavia, costuma estar relacionado com a dificuldade na aquisição do aparato necessário.

O sucesso e a eficiência dessas tecnologias dependem diretamente do nível de difusão delas na sociedade. Nesse cenário, há de se destacar certos tipos de aplicações robóticas e veículos autônomos. Apesar do tímido uso de robôs na automação das tarefas dentro das indústrias nacionais, que possibilitaria evitar o uso de trabalhadores em atividades com rotinas exaustivamente repetitivas, as restrições tecnológicas inerentes ao cenário brasileiro não são o fator decisivo para a sua baixa adoção. Todavia, a principal barreira para essa aplicação da inteligência artificial se deve ao preço de aquisição em relação ao custo-benefício da mão de obra capacitada. (IPEA, 2021). No Gráfico 4, também é possível verificar que a escassez de capital para grandes investimentos é um entrave significativo para 32,3% dos entrevistados.

Apesar da produção de competitividade e um aumento esperado da produtividade, resultado das novas oportunidades geradas pela aplicação dessas tecnologias no processo produtivo, estes impactos produtivos não serão observados de forma homogênea. Isto é, determinados setores apresentaram maior capacidade para absorver e aplicar estas tecnologias nos seus processos. Esta diferenciação nos impactos também ocorre por conta de questões como porte empresarial, dada a disponibilidade de meios, recursos e conhecimento prático para lidar com a inovação, contrastando com pequenas e médias empresas que, com as dificuldades e limitações técnicas, orçamentárias e humanas, podem pender para uma subvalorização da inovação. (IEL, 2020).

Não sendo homogêneos, também existem certas barreiras que podem limitar esse crescimento produtivo, até mesmo provenientes das inovações tecnológicas. Se houver um desequilíbrio entre as habilidades existentes e as habilidades necessárias, tanto para trabalhadores, líderes e empresários, novas tecnologias podem produzir o efeito colateral do desemprego resultante da automação das atividades exercidas, o que resultaria na falta de especialistas qualificados. Por último, isto exerceria uma pressão na busca por profissionais, impactando na dificuldade de adoção dessas tecnologias e no estagnamento do crescimento produtivo. (SCHWAB, 2018).

A colaboração estreita entre os eixos empresarial e educacional, líderes do ecossistema de inovação, com a participação da coordenação governamental, pode gerar meios e iniciativas

para um caminho a realizar o potencial de um homogêneo aumento nos níveis de produtividade associadas da atividade industrial, resultantes da aplicação das novas tecnologias. O potencial de realização dos objetivos propostos, visando sua aplicação na atividade industrial, também dependerá do nível de participação e empenho, além do estabelecimento de metas e regulamentos no sentido da proteção à privacidade de dados, segurança e interoperabilidade dos sistemas, destes interessados na inovação, além de outras partes constituintes dos sistemas inovativos, como as associações. (LIMA; ARAÚJO, 2021).

A atuação governamental também terá um destaque especial no sentido de realizar um amplo debate acerca do estabelecimento de regulamentações e marcos legais, sobretudo no que diz respeito à privacidade e sigilo de dados. Dada a importância atribuída aos dados na esteira da nova revolução digital, sobretudo ao seu potencial uso por meio de algoritmos de inteligência artificial, faz-se necessário estabelecer limites que ampliem o controle sobre o uso destas tecnologias, que devem ser direcionadas para um uso que respeite e garanta a privacidade e a segurança pessoal. Estes desafios normativos e éticos ainda permanecem em aberto. (IEL, 2020).

As regulamentações, seja pela ausência ou pela falta de clareza, também levantam o debate sobre o papel da inteligência artificial na manutenção ou aumento da desigualdade social. Florescem os debates sobre suas consequências nocivas para a sociedade brasileira, como uma trágica contribuição da inteligência artificial para a desigualdade, sobretudo em um dos continentes mais desiguais do mundo. Técnicas de inteligência artificial se desenvolvem em uma velocidade mais rápida do que os governos da América Latina são capazes de compreender e estimar, o que traz impactos difusos para o contexto em que está sendo aplicada. Dada a falta de regulamentação e estabelecimento de marcos legais, a inclusão dos algoritmos nos processos empresariais pode ocasionar na situação em que determinados benefícios e serviços são negados com muito mais facilidade para determinados grupos sociais que já enfrentam estas dificuldades, tendo como determinante o resultado da aplicação de um algoritmo extremamente eficiente, que poderia desconsiderar questões como acessibilidade e representatividade em consideração para análise. Isto, além de outros fatores, representa um dos maiores temores na relação entre inteligência artificial e as aplicações no setor da saúde. (SHEARER et al., 2020).

O desafio da inclusão social, isto é, o desafio da implementação de uma conectividade ampla em um contexto de falta de acesso digital, fortemente influenciada por questões socioeconômicas, sobretudo para as nações desiguais, também apresenta um ponto de inflexão nos ganhos. Para Cabrol e Sánchez Ávalos (2021), os algoritmos de inteligência artificial

podem ocasionar uma invisibilidade social e digital, ou seja, na ausência de políticas, estratégias e formulações que levem em conta os excluídos digitais. Por conta da falta de acesso aos meios tecnológicos, se estabelecem barreiras para a geração e uso de dados referentes ao comportamento, tendências, preferências e necessidades, entre outros, que poderiam ser utilizados para beneficiar estes indivíduos.

Apesar das questões nocivas em aberto, o processo de inovação estará diretamente relacionado com o uso destas novas tecnologias, assim como trará questões de qualificação da mão de obra capacitada para um uso eficiente e da obtenção dos benefícios esperados. Nesse sentido, o setor empresarial estará na linha de frente dos impactos dessas relações, especialmente quando se traz à tona a questão da qualificação e das habilidades necessárias, atuais ou nova, para os trabalhadores, futuros ou atuais. Estes setores deverão direcionar suas ações para a identificação das habilidades necessárias para o exercício das atividades, ao invés da priorização dos títulos e das atividades exercidas. (BID, 2018).

A identificação e o desenvolvimento dessas habilidades novamente passam por uma parceria entre setor público e setor privado, com um relevante destaque para o último. Na ponta das mudanças tecnológicas, o setor privado deve atuar identificando as habilidades necessárias, atuando em conjunto com o setor público para o desenvolvimento de iniciativas para qualificação profissional com base nessas habilidades. (BID, 2018). Entretanto, os desafios enfrentando no sentido da qualificação não são novos ou desconhecidos, muito menos fáceis de serem mitigados.

De acordo com o relatório Pisa (2018), o Brasil apresentou resultados abaixo da média em três áreas chaves que foram avaliadas: matemática, ciência e leitura. O relatório aponta que a proficiência média dos jovens brasileiros em matemática é de 384 pontos, 108 pontos abaixo da média dos países da OCDE. A proficiência média em ciência é de 404 pontos, 85 pontos abaixo da média da OCDE. Em leitura, a proficiência média foi 413 pontos, novamente abaixo da média dos países da OCDE, neste caso, em 74 pontos.

Estes dados são alarmantes no sentido que constituem uma grande barreira para a adoção da nova economia, onde estas competências são cada vez mais valorizadas para o exercício dos empregos. De tal modo, o modelo tradicional de educação deverá passar por uma reformulação em suas estruturas para se adequar as novas realidades da economia digital, ao mesmo tempo que enfrenta os problemas já existentes e que podem se agravar com a inserção de novas tecnologias da automação. Habilidades sociais e criativas devem ser instigadas nos jovens, especialmente quando se coloca em perspectiva que as atividades repetitivas ou sem criatividade são as mais suscetíveis e amplamente consideradas as primeiras no processo de

automação. De acordo com Aoun (2019), é necessário entender e estruturar estratégias de educação focadas em três novas alfabetizações, diretamente relacionadas com as transformações em curso e com a tendência de um mundo cada vez mais voltado ao ambiente digital.

Nesse cenário, as tradicionais universidades e os institutos tecnológicos contribuem de forma significativa para o desenvolvimento do recurso humano e da ciência nacional, além de contribuírem no processo de inovação da indústria, de modo que costumam abrigar o local de nascimento das empresas disruptivas, popularmente conhecidas como *startups*. (CNI, 2018).

Entretanto, os sistemas tradicionais de educação precisam ter em mente esta nova realidade tecnológica, afinal, a educação desponta como um dos meios para superar os desafios propostos, talvez o único. Para isso, de acordo com Aoun (2019), o primeiro domínio de alfabetização dos jovens e adolescentes se dará no campo tecnológico. Mais do que necessário ter um conhecimento empírico do uso de uma ferramenta tecnológica, será necessário compreender o funcionamento detalhado dos sistemas ciberfísicos existentes, o que possibilitará uma maior compreensão e absorção das novidades tecnológicas. Esse letramento tecnológico visa mitigar uma constatação que Schwab e Zahidi (2020) destacam, que o Brasil apresenta índices tímidos nessas habilidades. Da população economicamente ativa, apenas 36,9% possuem estas habilidades tecnológicas, contrastando com outros países, como Argentina e Singapura, onde a taxa de alfabetização digital é estimada em 50,1% e 77%, respectivamente.

A requalificação desses trabalhadores também deve ser considerada no cálculo das mudanças necessárias para aqueles que já estão no mundo do trabalho. Ainda segundo os autores, entre a parcela de trabalhadores do país nas empresas pesquisadas, a necessidade média de tempo para treinamento e requalificação é de 1 mês para 21,4% dos trabalhadores, entre 3 e 6 meses para 20,9% e mais de 1 ano para 21%. Curiosamente, entre as mesmas empresas pesquisadas, 93% entendem que o fornecimento do treinamento necessário é uma resposta para este déficit das habilidades, assim como a automação do trabalho em si é significativa para 97%.

Estes dados novamente trazem à tona a questão da qualificação nacional, explicitando a necessidade de diversas ações para a qualificação da população brasileira, tanto para trabalhadores atuais e futuros. Nesse sentido, uma das ações para o futuro da qualificação poderia envolver o ensino da lógica de programação, que se fará cada vez mais necessário e sua inclusão no currículo elementar para jovens e adolescentes se tornará indispensável, além da ampliação do acesso à internet para populações, principalmente para as que se encontram em

condições economicamente frágeis. O ensino das linguagens de programação poderia possibilitar um contato precoce com a tecnologia, o que eventualmente poderia incentivar o desenvolvimento profissional em áreas tecnológicas. Outras questões, como a qualificação de trabalhadores, dependeriam das dificuldades relativas ao exercício da profissão, mas podem envolver treinamentos se valendo de tecnologias digitais avançadas, como a realidade virtual.

É preciso deixar claro que as tecnológicas não podem se tornar uma ferramenta principal para o processo de ensino-aprendizagem, mas sim, um mecanismo que proporcione a mediação entre aluno, professor e saberes escolares; com isso, são imprescindíveis que possa ser superado a didática da pedagogia tradicional é, introduzindo o novo (a educação moderna com a transformação digital) ao velho (a educação tradicional com livros, giz e quadro negro). Dessa forma, entendemos que, a introdução das TIC no espaço escolar, vai depender da formação do professor em um entendimento que venha trazer um avanço na maneira de pensar e rever os conceitos para transformar o ensino em aulas dinâmicas e desafiadoras com o auxílio das tecnologias. (LIMA; ARAÚJO, 2020, p.3).

Historicamente, a evasão tem sido também uma das questões pertinentes quando se reflete sobre a formação de novos profissionais, em especial para a qualificação no uso das tecnologias disruptivas. De acordo com Brasscom (2019), dos ingressos em cursos superiores na área de tecnologia da informação e comunicação, é estimado que 69% desistam alegando motivos socioeconômicos. Mais do que alarmante, a estimativa de desistência elevada entra diretamente em choque com o aumento da demanda por profissionais capacitados, estimada em 75 mil profissionais por ano entre 2019 e 2024, com inteligência artificial e Big Data representando 11,5% do total.

Com um contingente populacional com habilidades satisfatórias nas tecnologias digitais, é possível traçar um caminho mais curto rumo ao segundo domínio, que apresenta uma estreita relação o uso de algumas tecnologias. Com o progressivo aumento de sensores e coletores de dados sendo instalados em praticamente toda a cadeia de produção, a consequência dessa prática é um grande acúmulo de dados brutos armazenados nos bancos de dados. Esta tendência de *big data*, é um fenômeno inerente ao novo mundo do trabalho, dado que o custo destes dispositivos tende a diminuir ao longo do tempo. Com tal volume de dados brutos gerados, faz-se necessário a realização de análises para gerar vantagens competitivas. A personalização dos serviços, a identificação dos clientes, estratégias e posicionamentos, todos estão diretamente ligados com a análise dos dados provenientes da operação das empresas e de fontes externas. Portanto, a utilização de métodos tecnológicos avançados nessas bases pode resultar em um melhor desempenho de todos os setores envolvidos na operação.

Dessa forma, Aoun (2019) pontua que o letramento em dados, além de suas aplicações, deve estar presente na formação dos novos profissionais. Com o barateamento das tecnologias, as inovações serão capazes de apresentar todos os dados relativos em tempo real. Portanto, é

necessário possuir a capacidade de analisar, compreender e extrair *insights*. Estas habilidades, portanto, são extremamente desejáveis nos futuros profissionais.

Ainda que ambos os domínios sejam relevantes para o exercício das profissões, o componente humano ainda será o fator chave no mundo do trabalho. Não se vislumbra, portanto, uma automação completa, nem à longo prazo. A participação humana continua como um ponto importante pela capacidade de agregar todos estes componentes, dados, tecnologias inovadoras e a inteligência artificial. Nesse cenário, a automação retirará tarefas físicas repetitivas, mas incrementará a participação do trabalho intelectual.

Por este ângulo, a colaboração entre os trabalhadores será cada vez mais importante para traçar o direcionamento dos objetivos em comum. Há, portanto, uma necessidade de se qualificar os trabalhadores, futuros ou novos, para que consigam desfrutar ao máximo de suas próprias capacidades, potencializando e consagrando a habilidade de atuar em equipe. O terceiro e mais importante domínio do letramento, o domínio humano, é a congregação dos demais no sentido de que a qualificação em tecnologias digitais necessariamente precisa de uma qualificação humana para ser bem aproveitada. Habilidades relacionadas ao domínio humano, como se comunicar, a capacidade de tomada de decisão, o pensamento crítico e pensamento sistêmico, além de outras habilidades relacionadas como o empreendedorismo, são de especial importância para uma qualificação que potencialize a produtividade e a renda do trabalho. (AOUN, 2019).

## **8 CONCLUSÃO**

A inteligência artificial, um conceito antigo e relativamente amplo, apresenta cada vez mais relevância no cenário nacional e internacional. As tecnologias aplicáveis e que se utilizam de inteligência artificial, conforme visto, são uma solução viável para um aumento de produtividade e lucro, tão necessários no contexto competitivo atual. Tendo em vista o panorama futuro as mudanças tecnológicas, de acordo com SENAI (2017), são necessárias medidas no sentido de que as indústrias brasileiras invistam em tecnologia, pesquisa e inovação. Empresas que investem em tecnologias que compõem a indústria 4.0, entre elas a inteligência artificial, são aquelas propensas em ganhar competitividade no cenário internacional.

Compreendendo uma atual vanguarda disruptiva, as atuais economias de mais alta industrialização estão empreendendo estas políticas públicas e promovendo as transformações nos seus processos produtivos com o objetivo de atingir o novo paradigma de produção da indústria 4.0. (CNI, 2018). Nesta perspectiva, verifica-se que o papel da coordenação estatal é

fundamental na elaboração de políticas públicas e regulamentações voltadas para a inteligência artificial, contando também com a participação das indústrias e das organizações e associações relacionadas.

Por fim, a inteligência artificial causará uma pressão pelas buscas de emprego no mundo. Há, portanto, uma perspectiva de desemprego associada ao uso de tecnologias para automação de atividades, sobretudo para atividades braçais e repetitivas. Isso também se relaciona com a baixa qualificação em habilidades digitais. Neste processo, um grande contingente de trabalhadores será forçado a deixar seus postos de trabalho. Ainda que isso seja um efeito colateral da inteligência artificial, há também uma perspectiva de geração de emprego que supere esse declínio.

Para estes trabalhadores deslocados, é essencial fornecer a capacitação para o exercício das funções não automatizáveis, que apresentam uma grande relação com as atividades intelectuais. As competências emocionais, o raciocínio, a criatividade, a comunicação, o pensamento crítico, entre outras, serão cada vez mais exigidas no novo mundo do trabalho. Outras habilidades tecnológicas, como as relacionadas com a inteligência artificial, serão importantes também. Neste sentido, a inteligência artificial, caso haja coordenação de diversos setores, deve ser o motor responsável por outra revolução, neste caso, uma revolução da educação. O desafio, portanto, está em administrá-la para um cenário onde todos ganham.

Como limitação de pesquisa, o estudo apresenta como fontes de evidências estudos bibliográficos, análise documental, e dados setoriais secundários da indústria 4.0; não constando pesquisas de dados primários. Nesta direção, como pesquisas futuras, sugere-se estudos de campo com entrevistas e/ou levantamento de dados da indústria 4.0.

## REFERÊNCIAS

ABDI. **ABDI: conectividade e indústria**. Brasília: ABDI, 2021. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/uso-de-tecnologias-inovadoras-nao-faz-parte-da-agenda-estrategica-das-empresas>. Acesso em: 30 nov, 2021.

AOUN, Joseph. **Robot-Proof: higher education in the age of artificial intelligence**. [S. l.]: MIT Press, 2017. *E-book*. Disponível em: <https://direct.mit.edu/books/book/3628/Robot-ProofHigher-Education-in-the-Age-of>. Acesso em: 23 nov. 2021.

AUTOR, David. **Skills, education, and the rise of earnings inequality among the "other 99 percent"**. Cambridge: MIT, 2014. Disponível em: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/96768>. Acesso em: 22 abr. 2021.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. 3. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARUFFALDI, Stefano *et al.* **Identifying and measuring developments in artificial intelligence: making the impossible possible.** Paris: OCDE, 2020. Disponível em: <https://www.oecd.org/fr/numerique/identifying-and-measuring-developments-in-artificial-intelligence-5f65ff7e-en.htm>. Acesso em: 22 nov. 2021.

BID. BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. **Human capital 2.0: the future of work in the Americas.** Washington, D.C.: BID, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18235/0001064>. Acesso em: 21 nov. 2021.

BRASSCOM. ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) E DE TECNOLOGIAS DIGITAIS. **Formação educacional e empregabilidade em TI: achados e recomendações.** [São Paulo, 2019]. Disponível em: <https://brasscom.org.br/pdfs/estudo-brasscom-formacao-educacional-e-empregabilidade-em-tic/>. Acesso em: 25 nov. 2019.

CABROL, Marcelo; SÁNCHEZ ÁVALOS, Roberto. **Quem tem medo da inteligência?:** Possibilidades e riscos da inteligência artificial no Estado digital . Washington: BID, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18235/0003012>. Acesso em: 30 nov. 2021.

CARMONA, Rodrigo *et al.* **Industria 4.0 en empresas manufactureras del Brasil.** Santiago: CEPAL, 2020. Disponível em: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46389-industria-40-empresas-manufactureras-brasil>. Acesso em: 28 nov. 2021.

CHANG, Jae-Hee; HUYNH, Phu. **Asean in transformation: the future of jobs at risk of automation.** Genebra: ILO, 2016. Disponível em: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---act\\_emp/documents/publication/wcms\\_579554.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---act_emp/documents/publication/wcms_579554.pdf). Acesso em: 25 abr. 2021.

CNI. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Sondagem especial nº 66: indústria 4.0.** Brasília: CNI, 2016. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-66-industria-4-0/>. Acesso em: 19 abr. 2021.

CNI. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Investimentos em indústria 4.0.** Brasília: CNI, 2018. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/pqt-investimentos-em-industria-4-0/>. Acesso em: 19 abr. 2021.

CNI. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Sondagem especial nº 76: falta de trabalhador qualificado.** Brasília: CNI, 2020. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-76-falta-de-trabalhador-qualificado/>. Acesso em: 19 abr. 2021.

FIRJAN. **Indústria 4.0.** Rio de Janeiro: FIRJAN, 2016. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-1.htm>. Acesso em: 19 abr. 2021.

GERBERT, Philipp *et al.* **Reshaping business with artificial intelligence.** Cambridge: MITsloan, 2017. Disponível em: [https://image-src.bcg.com/Images/Reshaping%20Business%20with%20Artificial%20Intelligence\\_tcm9-177882.pdf](https://image-src.bcg.com/Images/Reshaping%20Business%20with%20Artificial%20Intelligence_tcm9-177882.pdf). Acesso em: 21 nov. 2021.

IBGE. **Desemprego**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/desemprego.php>. Acesso em: 01 dez. 2021.

IEL. INSTITUTO EUVALDO LODI. **Industry 2027**: risks and opportunities for Brazil in the face of disruptive innovations. São Paulo: IEL, 2020. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-2027/publicacoes/>. Acesso em: 21 nov. 2021.

INEP. INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS. **Brasil no Pisa 2018**. Brasília: INEP, 2020. Disponível em: [https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/avaliacoes\\_e\\_exames\\_da\\_educacao\\_basica/relatorio\\_brasil\\_no\\_pisa\\_2018.pdf](https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/avaliacoes_e_exames_da_educacao_basica/relatorio_brasil_no_pisa_2018.pdf). Acesso em: 23 nov. 2021.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **New pathways for innovation in Brazil**. Brasília: IPEA, 2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/en/publications/publications/284-new-pathways-for-innovation-in-brazil-free-access-e-download>. Acesso em: 21 nov. 2021.

JUNQUEIRA, Alexandre. **A quarta revolução industrial e o potencial impacto da indústria 4.0 sobre o emprego**. 2020. Dissertação (Mestrado em Economia Social) – Universidade do Minho, Braga, 2020.

LIMA, Marília Freires de; ARAÚJO, Jefferson Flora Santos de. A utilização das tecnologias de informação e comunicação como recurso didático-pedagógico no processo de ensino e aprendizagem. **Revista Educação Pública**, v. 21, nº 23, 22 de junho de 2021. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/23/a-utilizacao-das-tecnologias-de-informacao-e-comunicacao-como-recurso-didatico-pedagogico-no-processo-de-ensino-aprendizagem>. Acesso em: 20, nov. 2021

MALONE, Thomas W.; LAUBACHER, Robert; RUS, Daniela. **Artificial intelligence and the future of work**. Cambridge: MIT, 2020. Disponível em: <https://workofthefuture.mit.edu/wp-content/uploads/2020/12/2020-Research-Brief-Malone-Rus-Laubacher2.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2021.

MANYIKA, James; SNEADER, Kevin. **AI, automation, and the future of work: ten things to solve for**. Washington: Mckinsey, 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: 20 nov. 2021.

MCKINSEY. **What the future of work will mean for jobs, skills, and wages**. Washington: MCKINSEY, 2017a. 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: 27 nov. 2021.

MCKINSEY. **Artificial Intelligence: the next digital frontier?**. Washington: MCKINSEY, 2017b. 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: 21 nov. 2021.

MCKINSEY. **A future that works: automation, employment, and productivity**. Washington: MCKINSEY, 2017c. Disponível em <https://www.mckinsey.com/featured-insights/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works/de-DE>. Acesso em: 21 nov. 2021.

NACHTIGALL, Heike; SQUICCIARINI, Mariagrazia. **Demand for AI skills in jobs: evidence from online job postings.** Paris: OCDE, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/3ed32d94-en>. Acesso em: 27 nov. 2021.

NBER. NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH. **Artificial intelligence, automation, and work.** Cambridge: NBER, 2018. Disponível em: <https://www.nber.org/papers/w24196>. Acesso em: 21 nov. 2021.

NOLAN, Alistair. Artificial intelligence, its diffusion and uses in manufacturing. **Going Digital Toolkit Note**, n. 12, 2021. Disponível em: [https://goingdigital.oecd.org/data/toolkitnotes/No12\\_ToolkitNote\\_AI&Manufacturing.pdf](https://goingdigital.oecd.org/data/toolkitnotes/No12_ToolkitNote_AI&Manufacturing.pdf). Acesso em: 25 nov. 2021.

OCDE. ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Ai and the future of skills.** Paris: OCDE, 2018. Disponível em: <https://www.oecd.org/education/cei/ai-and-the-future-of-skills-volume-1-5ee71f34-en.htm>. Acesso em: 21 nov. 2021.

OCDE.IA. ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **AI. Live data.** [Paris, 2020]. Disponível em: <https://oecd.ai/en/data-from-partners?selectedArea=investments-in-ai&selectedVisualization=total-vc-investments-in-ai-by-country-and-industry>. Acesso em 28 nov. 2021.

PWC. **Industry 4.0: opportunities and challenges of the industrial internet.** Londres: PWC, 2014. Disponível em: <https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-industrie-4-0.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2021.

PWC. **Sizing the prize: what's the real value of AI for your business and how can you capitalise.** Londres: PWC, 2017. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

ROGERS, David. **Transformação digital: repensando o seu negócio para a era digital.** 1. ed. São Paulo: Autêntica Business, 2017.

ROTTA, Fernando. **Indústria 4.0 pode economizar R\$ 73 bilhões ao ano para o Brasil.** Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/industria-4-0-pode-economizar-r-73-bilhoes-ao-ano-para-o-brasil>. Acesso em: 19 abr. 2021.

SCHAWB, Klaus. **A quarta revolução industrial.** 1. ed. São Paulo: Edipro, 2016.

SCHWAB, Klaus. **The future of jobs report 2018.** [S. l.]: World Economic Forum, 2018. *E-book*. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>. Acesso em: 7 abr. 2021.

SCHWAB, Klaus; ZAHIDI, Saadia. The future of jobs report 2020. [S. l.]: **World Economic Forum, 2020.** *E-book*. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020/digest>. Acesso em: 7 abr. 2021.

SENAI. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Carta da indústria 4.0.** Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.senai40.com.br/>. Acesso em: 19 abr. 2021.

SERVOZ, Michel. **The future of work? Work of the future!** On how artificial intelligence, robotics and automation are transforming jobs and the economy in Europe. Genebra: European Commission, 2019. Disponível em:

[https://skills4industry.eu/sites/default/files/2019-05/AI%20-%20The%20Future%20of%20Work\\_Work%20of%20the%20Future.pdf](https://skills4industry.eu/sites/default/files/2019-05/AI%20-%20The%20Future%20of%20Work_Work%20of%20the%20Future.pdf). Acesso em: 25 abr. 2021.

SHEARER, Eleanor *et al.* **Government AI readiness index 2020**. Oxford: Oxford Insights, 2020. Disponível em: <https://www.oxfordinsights.com/government-ai-readiness-index-2020>. Acesso em: 21 nov. 2021.

SIMONETTO, Eugênio de Oliveira; PEREIRA, Adriano. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. In: **V Fórum Internacional Ecoinnovar. 1ª Conferência Internacional de Sustentabilidade e Inovação**. Santa Maria, RS, 2016.

TELLES, Eduardo Santos; BARONE, Dante Augusto Couto; DA SILVA, Alexandre Moraes. Inteligência Artificial no Contexto da Indústria 4.0. *In: Workshop Sobre as Implicações da Computação na Sociedade (Wics)*, 1., 2020, Cuiabá. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 130-136.

URQUIDI, Manuel; ORTEGA, Gloria. **Inteligência artificial para a busca de emprego: como melhorar a intermediação de mão de obra nos serviços públicos de emprego**. Washington, D.C: BID, 2020. Disponível em: <https://publications.iadb.org/pt/inteligencia-artificial-para-busca-de-emprego-como-melhorar-intermediacao-de-mao-de-obra-nos-0>. Acesso em: 21 nov. 2021.