

Automação inteligente e transformação digital e suas transformações até 2045 no Brasil

Elaine C. Marcial elaine.marcial@socialport.com.br

Sócia fundadora da SocialPort, é doutora em Ciência da Informação pela UnB. Coordenadora da Linha de Pesquisa Estruturação Científica do Foresight (NEP/EGN). É autora de livros e artigos na área de estudos de futuro. Atua na área de foresight desde 1996 e foi agraciada com as medalhas Honra ao Mérito de Defesa, Ordem do Mérito Militar no grau de Cavaleiro e Medalha Exército Brasileiro.

João Tribouillet M. Menezes jotatri@gmail.com

Engenheiro de Redes de Comunicação pela UnB. Autor de artigos científicos e de capítulos de livros na área de estudos de futuro. Já apoiou a condução de projetos, no campo de estudos de futuro, como: Inovaelétrica 2040 (ANEEL); Brasil +25 (APEX-Brasil); Projeto Brasil 2045 (NEP-UCB e ASSECOR); Megatendências Mundiais 2040 (NEP-UCB). Apoio à linha de pesquisa de Guerra do Futuro da Escola de Guerra Naval. Ministrou como utilizar a plataforma SocialPort Enterprise para estudos de futuro e facilitou seu uso junto aos alunos de capacitações ocorridas para servidores do Ministério da Defesa, Governo de Sergipe, Superior Tribunal de Justiça e Escola de Guerra Naval. Analista de sistemas no Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO) em equipe de parcelamento de dívidas do FGTS.

1 Introdução

A convergência de tecnologias emergentes, como a Inteligência Artificial (IA), a Internet das Coisas (IoT) e a computação em nuvem, está impulsionando uma profunda transformação digital em diversos setores da sociedade. A automação inteligente de processos e serviços, aliada à crescente presença de dispositivos autônomos, promete otimizar a eficiência e a produtividade, redefinindo a maneira como interagimos com o mundo. Paralelamente, a busca por soluções inovadoras para a segurança cibernética e a gestão de dados torna-se crucial em um cenário de crescente complexidade e volume de informações.

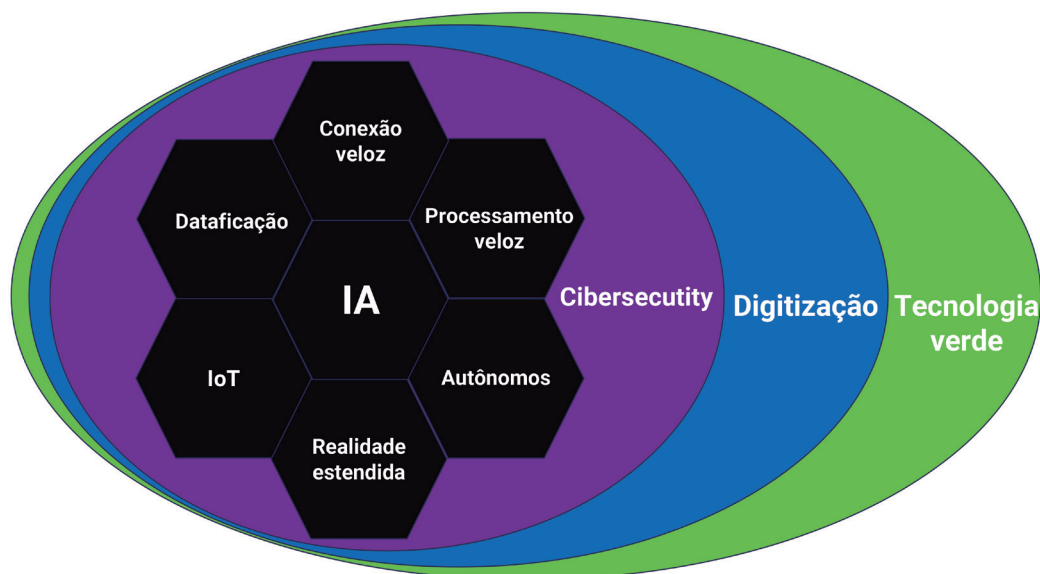
A realidade estendida, que engloba a realidade virtual, a realidade aumentada e a realidade mista, desponta como uma ferramenta poderosa para a criação de experiências imersivas e interativas, com potencial de revolucionar setores como educação, saúde e entretenimento. A crescente preocupação com a sustentabilidade impulsiona a busca por tecnologias verdes, que visam reduzir o impacto ambiental e promover um futuro mais equilibrado e consciente.

Nas últimas duas décadas, segundo Marcial e Menezes (2023), as mudanças tecnológicas foram significativas e impactarão as próximas décadas. A evolução e avanços em inteligência artificial, internet das coisas¹ (IoT), realidade estendida e os autônomos ocorrerão em um ambiente que demandará cada vez mais transmissão de dados e voz seguras, em uma

¹ A Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things*-IoT) é uma evolução tecnológica que busca conectar dispositivos eletrônicos utilizados no dia a dia (como aparelhos eletrodomésticos, eletroportáteis, máquinas industriais, meios de transporte etc.) à Internet, cujo desenvolvimento depende da inovação técnica dinâmica em campos tão importantes como os sensores wireless, a inteligência artificial e a nanotecnologia.

sociedade digitizada², e envolta em um esforço de tornar as tecnologias cada vez mais verdes e que possibilitarão o surgimento de cidades inteligentes³, dos veículos autônomos e da ubiquidade⁴. Essa visão está sintetizada na Figura 1.

Figura 1 – As 10 tendências tecnológicas para 2024 que se manterão até 2045



Fonte: Marcial e Menezes (2023).

Para avançar nessas áreas, o Brasil ainda terá que superar os parques investimentos em ciência, tecnologia e inovação (C&TI) e a falta de profissionais competentes para atuarem nesses segmentos. Nesse contexto, é possível observar a *aceleração do desenvolvimento tecnológico no mundo, aumentando o gap existente entre os países desenvolvidos e os subdesenvolvidos*. Por outro lado, os avanços nessas áreas poderão melhorar significativamente a gestão pública e das cidades, tornando-as inteligentes.

Outros pontos emergem, que também necessitam de mais atenção, como as crescentes preocupações com a governança, com os impactos no meio ambiente e na sociedade, preocupação esta que o Estado brasileiro deve estar atento. Esses *drivers* de mudança impõem questões desafiadoras para as organizações públicas e privadas, exigindo até *novas regulamentações que deverão se manter em evolução até 2045 para adequarem-se aos seus avanços*. Os impactos no mercado de trabalho também serão enormes até 2045, apresentando novos desafios ao Estado brasileiro. Eles vão desde a redução de vários postos de trabalho, ao crescimento da demanda por novas profissões que o mercado ainda não está preparando para atender, deixando muitos postos de trabalho em aberto.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar as tendências e os desafios relacionados à automação inteligente, à realidade virtual e ampliada, ao uso de dispositivos autônomos, às ameaças cibernéticas, a transformação digital e como a tecnologia se tornará verde no Brasil até o ano de 2045. Serão examinados os impactos dessas tecnologias em diferentes setores da sociedade, buscando compreender como essas tecnologias moldarão o futuro do país. A pesquisa abordará os desafios e as oportunidades associados à adoção dessas tecnologias, considerando aspectos como infraestrutura, regulamentação e qualificação profissional. Além disso, serão discutidas as implicações éticas e sociais relacionados ao avanço da IA.

² O Glossário do Gartner oferece esta definição: "Digitização é o processo de passar da forma analógica para a digital, também conhecida como capacitação digital. Em outras palavras, a digitização transforma um processo analógico em uma forma digital sem nenhuma mudança no tipo do processo em si."

³ Cidades inteligentes são projetos nos quais um determinado espaço urbano é palco de experiências de uso intensivo de tecnologias de comunicação e informação sensíveis ao contexto (IoT), de gestão urbana e ação social dirigidos por dados (*Data-Driven Urbanism*).

⁴ Ubiquidade significa estar presente ao mesmo tempo em todos os lugares. O termo é muito utilizado no meio tecnológico pois diz-se que a tecnologia pode, no futuro, viabilizar esse conceito.

Espera-se que este estudo contribua para a compreensão do papel dessas tecnologias na construção de um futuro mais conectado, inteligente e sustentável para o Brasil, oferecendo *insights* relevantes para a formulação de políticas públicas e estratégias organizacionais que impulsionem o desenvolvimento tecnológico e social do país.

Este artigo está dividido em dez seções. A primeira refere-se a esta introdução, que será seguida pelo detalhamento do método utilizado. A terceira, refere-se ao tema automação de forma inteligente, seguido pela apresentação do tema sobre computação quântica e *edge computing*. A seção cinco apresenta os dispositivos autônomos seguidos pelo tema da ameaça cibernética. Na seção sete, é destacado o processo de transformação digital seguido pela abordagem da tecnologia se tornando verde. A nona seção apresenta a síntese de todas as sementes de futuro identificadas seguido pela de conclusão.

2 Método

O método utilizado contou com quatro etapas. A primeira delas foi o levantamento, à distância, junto a *experts* de quais seriam as principais tendências, incertezas e rupturas associadas a seguinte questão orientadora do processo de cenarização: “Que caminho o Brasil poderá trilhar até 2045 para que tenhamos um país desenvolvido, com uma sociedade mais livre, justa e solidária em 2122?”

Também foram solicitados que os respondentes atentassem ao sistema de cenarização cujo objeto era o desenvolvimento do Brasil, o objetivo seria “identificar elementos que subsidiem a formulação de estratégias de desenvolvimento para o Brasil”, com um horizonte temporal de 2024-2045. O estudo seria destinado a dirigentes e empreendedores dos setores público e privado, com subsídios que contribuam para a tomada de decisão e a formulação de estratégias de longo prazo. Seus aspectos fundamentais foram: sociedade e demografia; relações internacionais; segurança e defesa nacional; Estado, planejamento, articulação federativa e gestão; macroeconomia, regras fiscais e financiamento do desenvolvimento; agricultura e bioeconomia; indústria e serviços; ciência, tecnologia e inovação; saúde; previdência; assistência social; desenvolvimento regional e ordenamento fundiário; água e meio ambiente; educação; trabalho; segurança pública; energia; mineração; tecnologias da informação e comunicação; e exploração espacial.

Ao todo, participaram desse primeiro levantamento 252 *experts*, que ocorreu entre 10 de junho a 3 de julho de 2022. Foi utilizada a Plataforma SocialPort Enterprise⁵ para a realização desse levantamento. Os resultados foram agrupados por aspecto fundamental e encaminhados para um grupo de pesquisadores responsáveis pelos temas centrais.

Cada pesquisador foi orientado a realizar um levantamento da literatura sobre o tema, com o objetivo de obter dados e fatos que fossem capazes de justificar as sementes de futuro identificadas pelos *experts*. Com base nesse levantamento, tanto ajustes foram realizados nas redações das sementes de futuro, quanto novas foram incorporadas e devidamente justificadas. Entende-se por sementes de futuro aqueles sinais, sejam eles fortes ou fracos, existentes no passado ou no presente, que fornecem informação sobre o futuro.

O método utilizado neste trabalho seguiu os seguintes passos: levantamento de documentos relacionados aos temas das sementes de futuro identificadas para o aspecto fundamental “ciência, tecnologia e inovação, com ênfase em automação inteligente e transformação digital”. Buscou-se utilizar fontes tradicionais nacionais e internacionais de produção e análise dos dados vinculados a esses temas bem como reportagens nas quais especialistas de renome nas áreas eram entrevistados e apresentavam perspectivas futuras; leitura e análise do material levantado; avaliação das sementes propostas pelos *experts* frente aos dados levantados, ajustes nas redações das sementes de futuro, quando necessário, e inclusão de novas, redação da justificativa das sementes de futuro selecionadas baseado nos dados e fatos levantados. Este trabalho foi realizado no primeiro semestre de 2024.

⁵ A plataforma SocialPort Enterprise é uma solução composta por um conjunto de software projetados para a obtenção de dados e informações de especialistas de forma digital, automatizada e remota. Utilizando métodos estabelecidos, a plataforma permite a captura das percepções de participantes internos e externos (especialistas) da organização, fornecendo informações valiosas para a tomada de decisões e formulação estratégica.

3 Crescimento da automação de processos e serviços de forma inteligente

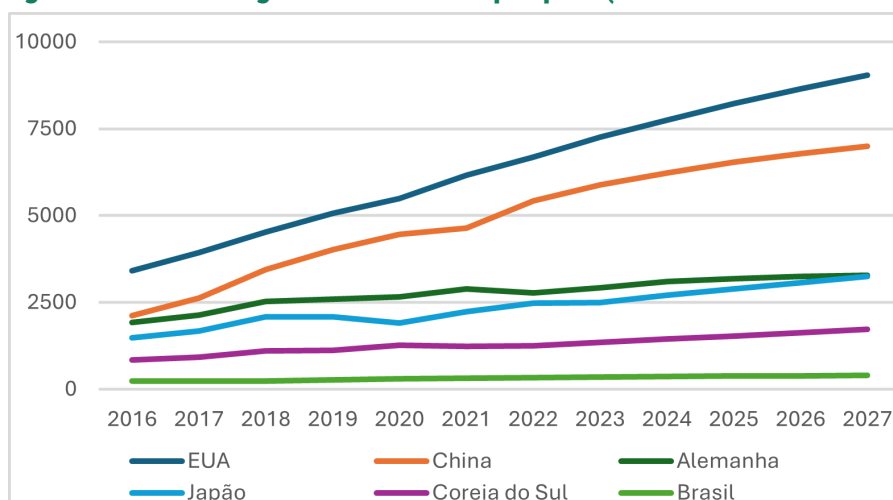
A automação já é parte do dia a dia de grande parte da população brasileira. Com a massificação de equipamentos eletrônicos no mercado brasileiro, a automação vem ganhando espaço cada vez mais significativo. Na indústria, a automação é uma prática antiga e tem sido utilizada para aumentar a eficiência, a qualidade, a velocidade de produção e, principalmente, a redução de custos. A automação industrial, para o senso comum, é bem vinculada à robótica, mas não se restringe apenas a isso. Também incluem, entre outras coisas, sistemas computacionais, sensoriamento e atuação, *software* de produção e desenvolvimento que são controlados ou executados por meio de dispositivos mecânicos ou eletrônicos que são controlados e executados por meio de dispositivos mecânicos ou eletrônicos (ex.: CAD, CAE, CAM⁶).

A automação que antes era vista como um investimento industrial, principalmente quando o foco estava associado à robótica, foi também absorvida pelo setor de serviços e tem apresentado significativo crescimento. Destaca-se que os investimentos sempre foram mais centrado em *software* do que em *hardware*, tais como: bancos *on-line*, sistemas controle de estoques, contas a pagar e receber, folha de pagamentos, identificação de mercadorias, leitores de códigos de barras, etiquetas (RFID⁷), cartões de segurança etc. Entretanto, o uso de robôs também tem sido testado na área de serviço em várias partes do mundo, como por exemplo os robôs para hotéis, hospitais, restaurantes, aeroportos e bibliotecas. Essa tecnologia chegou ao Brasil em final de 2023, pela empresa brasileira Quality System⁸, em parceria com a empresa chinesa Keenon, maior fabricante do mundo neste segmento. Ela vai oferecer robôs descritos como “concierge” e “garçom” para hotéis e restaurantes no Brasil.

Nesse contexto, outro ramo que avança é a automação residencial. Destaca-se os investimentos em controle de acesso (biometria, senha, catraca eletrônica), porteiro e portões eletrônicos, circuitos fechados de televisão, controle de luminosidade de ambientes (sensores de presença), controle de umidade, temperatura e ar-condicionado (HVAC) etc. Verifica-se também, no Brasil, o crescimento da venda de robôs que aspiram a casa e passam pano no chão e que podem ser controlados a distância. Esse mercado de 2019 para 2020 cresceu, no Brasil, cerca de 800%, segundo reportagem publicada no Tecnoblog⁹.

De uma forma geral, o mercado de robôs no Brasil cresce, entretanto, de forma ainda lenta, quando comparado com países como o EUA, China, Alemanha, Japão e Coreia do Sul (Figura 2). Se hoje os robôs já estão mais próximos de nós, dentro até das nossas casas, é esperado que teremos robôs em todo lugar até 2045. Entretanto, não se pode saber o quanto isso será uma realidade no Brasil.

Figura 2 – Mercado global de robótica por país (em milhões de dólares)



Fonte: Statista. Disponível em: <https://www.insper.edu.br/noticias/emprego-de-robos-cresce-tanto-na-industria-quanto-nos-servicos/>.

⁶ CAD: Computer-Aided Design; CAE: Computer-Aided Engineering; CAM: Computer-Aided Manufacturing.

⁷ RFID: Radio-Frequency Identification. Ex: etiquetas que acionam alarmes na entrada e saída das lojas; Pedágios pós pagos nas rodovias nacionais; Cartão de ponto eletrônico.

⁸ Disponível em: <https://gq.globo.com/tecnologia/blog/2023/10/robos-entregam-comida-pegam-elevador-sozinhos-chegam-brasil.ghtml>. Acesso em: 19/07/2024.

⁹ Disponível em: <https://tecnoblog.net/especiais/a-vez-dos-aspiradores-robos-no-brasil/>. Acesso em 19/07/2024.

É esperado que até 2030 o mercado de robôs no mundo deve crescer 10 vezes mais. Também se espera um crescimento muito maior do mercado de robôs voltados para o setor de serviços¹⁰. Entretanto, o país possui condições de avançar nesse mercado dado a sua expertise em produção de veículos automotores e peças automotivas, *só não é possível saber se o país investirá nesse campo*.

Destaca-se que boa parte desses robôs estão conectados, em alta velocidade, a dispositivos digitais, podendo ser controlados à distância e contribuirão com o avanço da IoT no Brasil e no mundo. Muitos também serão munidos de inteligência artificial (IA), outro ramo da automação que avança rápido no Brasil e no mundo.

3.1 Avanço da inteligência artificial (IA), caracterizando-se como movimento transformador, com destaque para a IA generativa e o machine learning

Em 2024, observa-se que a maior parte do avanço da inteligência artificial (IA) se dá em duas áreas: IA generativa e *machine learning*. A evolução da *machine learning* para as próximas décadas estará focada no aprendizado acelerado a partir de dados, e a IA generativa, na geração de conteúdo novo. Esses avanços se caracterizarão como forças revolucionárias, impactando o avanço de outras tecnologias e todos os setores da economia (Marcial e Menezes, 2023).

IA generativa e *machine learning* também constam na lista dos principais investimentos das organizações para 2024, que buscarão o desenvolvimento de aplicações cada vez mais sofisticadas para as próximas décadas. Para um avanço mais rápido da IA no Brasil, os desafios devem ser superados pelas organizações até 2045, como: preencher as lacunas de talento, nas infraestruturas, nos dados, na governança e na cultura (Marcial e Menezes, 2023). Outro movimento esperado até 2045 associado à IA será o avanço em sua regulamentação que iniba a ocorrência de fraude, violações de direitos autorais e outros crimes cibernéticos, em especial em torno da IA generativa. Questões éticas associadas à IA também entrarão fortemente na pauta até 2045 (Marcial e Menezes, 2023).

De acordo com o relatório da consultoria International Data Corporation (IDC), o Brasil tem a maior taxa de aplicações de tecnologias de IA da América Latina. As estatísticas mostram que 63% das empresas brasileiras usam aplicações relacionadas à IA superando em muito a média latino-americana (47%). A consultoria revela ainda que 70% das empresas brasileiras usam tecnologias de IA para melhorar a análise de históricos de dados e aprimorar processos decisórios. Isso indica que a transformação digital é o novo meio para melhorar a competitividade do mercado, prever situações econômicas futuras e criar oportunidades de negócios.

Já a IA Generativa¹¹ é uma tendência tecnológica considerada transformadora e que dominará os investimentos e revolucionará alguns setores da economia nos próximos anos, permitindo a criação de conteúdos originais e cativantes com uma eficiência sem precedentes. Apresentou progresso significativo em 2023 e tende a acelerar a partir de 2024. Segundo o Gartner, até 2024, prevê-se que 40% das empresas ao redor do mundo utilizarão esta tecnologia, contra menos de 5% em 2020. Segundo as previsões do Gartner, até 2026, mais de 80% das empresas terão incorporado APIs e modelos de IA generativa, ou implementado aplicativos habilitados para IA generativa, em ambientes de produção. Espera-se o crescimento de plataformas que fornecerão ferramentas para as empresas aproveitarem a IA generativa sem a necessidade de conhecimentos técnicos internos profundos¹² (Marcial e Menezes, 2023). *Resta saber se a IA*

¹⁰ Disponível em: <https://febrabantech.febraban.org.br/blog/mercado-de-robos-deve-crescer-10-vezes-ate-2030-e-faturar-us-260-bi>. Acesso em 19/07/2024.

¹¹ Esta tecnologia aproveita o aprendizado de máquina para criar novos conteúdos, desde imagens realistas até música e até código, desde geração de texto até síntese de imagens e até composição musical. – IA que pode gerar conteúdo original, como textos, imagens, vídeos a partir de dados e instruções. Como aprendem com o tempo são capazes de criar algo original baseado nesse histórico. Chat GPT, Google Bard, Microsoft Bing, Midjourney, servem para otimizar a tomada de decisão quanto para democratizar o conhecimento e as competências dentro das empresas.

¹² Gartner. Top Strategic Technology Trends 2024. 2023. Disponível em: <https://www.gartner.com/en/articles/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2024>. Acesso em 17 dez. 2023.

Generativa irá realmente fornecer às organizações brasileiras os retornos esperados, em especial em eficiência e geração de novos produtos. Também não é possível saber se o Brasil se tornará um grande provedor de soluções nacionais no âmbito da IA Generativa.

Outro campo da IA em grande *expansão* é o do uso de *machine learning*. É esperado que o *machine learning* proporcione experiências mais personalizadas aos clientes, a partir do entendimento de seu comportamento, por meio da coleta e análise de grandes volumes de dados (*big data* e *data science*), fornecendo *insights* que antes eram inatingíveis. Também se espera *avanços nas áreas de cibersegurança e preditivas*, tornando as decisões mais autônomas e levando a ganhos de eficiência em vários setores. Um dos principais gargalos a serem superados serão a gestão do volume de dados, que crescerá com maior velocidade, e a *disponibilidade suficiente de profissionais com conhecimento para atuar na área*, em especial em *data analytics*, *data science*, automação e curadores de conteúdo (Marcial e Menezes, 2023).

De acordo com o relatório da consultoria IDC, 90% das empresas investem em ferramentas de análise de dados para melhor identificar as situações atuais do mercado e os padrões de comportamento do consumidor. Afirma que 84% dos executivos usam essas ferramentas para aumentar a confiabilidade e a segurança de suas atividades. Esses dados mostram que o Brasil avança em um componente-chave da nova infraestrutura digital que é o fortalecimento da construção de bancos de dados nacionais e centros de computação, com parcerias que incluem empresas, universidades e instituições governamentais. Essa infraestrutura deve aumentar a soberania nacional de dados e a segurança¹³.

Relatório recente da Deloitte, feito para o Ministério da Economia, mostra que os setores de agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura devem gerar uma demanda por soluções de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), inteligência artificial e em CLOUD estimada em R\$ 19,0 bilhões até 2031¹⁴. Esses resultados fazem muito sentido, pois referem-se a atividades econômicas as quais representam *core competences* brasileira. A popularização dessas tecnologias teve início em 2023, segundo a pesquisa da IDC e o avanço da IA estará associado a capacidade de obtenção e gestão dos dados coletados bem como de sua capacidade analítica¹⁵.

Segundo levantamento realizado pela McKinsey (2018, p. 33), o Brasil encontrava-se abaixo da média mundial em relação ao nível de adoção e absorção da IA para a obtenção de impacto econômico, destacando a falta de profissionais qualificados, de um mercado de trabalho estruturado e da capacidade de aumento da produtividade com automação. O Brasil encontra-se classificado no 4º Grupo, atrás da China (líder dessa avaliação), Chile, Índia e África do Sul. O relatório também mostra que a expectativa de receita mundial é de US\$ 13,0 trilhões, até 2030 com o crescimento das aplicações de IA em diversos setores.

É esperado que até 2040, os usos e aplicações da IA se tornem generalizados, integrando-se a várias áreas de nossas vidas e setores econômicos. A IA se tornará uma presença onipresente desde seu uso em assistentes virtuais pessoais altamente inteligentes até em sistemas de tomada de decisão complexa em setores como saúde, finanças e transporte¹⁶.

Apesar de observa-se um crescimento exponencial da IA generativa no Brasil, contando, inclusive, com o Projetos de Lei (PL 2338), de 2023, em tramitação no Senado Federal, que dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial, sinalizando a busca por um avanço em suas regulamentações, o país se posiciona muito aquém do restante do mundo. Segundo o Estudo da McKency, o país apresenta um crescimento mediano e abaixo da média mundial. Além disso, não é possível afirmar que *essa regulamentação da IA, que avança no país, será capaz de impedir seu uso de forma criminosa, resguardando a privacidade das pessoas, direitos autorais, dentre outros.*

¹³ Disponível em: <https://exame.com/inteligencia-artificial/os-fatores-que-colocam-o-brasil-como-o-centro-da-ia-na-america-latina/>. Acesso em 19/07/2024.

¹⁴ Disponível em: <https://exame.com/inteligencia-artificial/os-fatores-que-colocam-o-brasil-como-o-centro-da-ia-na-america-latina/>. Acesso em: 19/07/2024.

¹⁵ Disponível em: <https://telesintese.com.br/gastos-com-ia-generativa-devem-mais-do-que-dobrar-no-brasil-em-2024/>. Acesso em 19/07/2024.

¹⁶ Disponível em: <https://maniacosdatecnologia.com.br/2050-esta-logo-ali/>. Acesso em 18/08/2024.

Segundo artigo produzido pela Goldman Sachs¹⁷, o impacto da IA ainda é incerto, mas há uma grande expectativa em relação ao retorno dos investimentos realizados pelas organizações. Entretanto, é esperado que o investimento em IA generativa pode levar ao crescimento do PIB global em 7% nos próximos 10 anos. Cabe destacar o impacto nos postos de trabalho do uso da IA nas próximas décadas. Espera-se que dois terços das ocupações existentes atualmente possam ser automatizadas pela IA nas próximas décadas, por outro lado, espera-se o surgimento de uma quantidade ainda maior de novas profissões. O artigo ressalta, como exemplo, o fato de que em 1940, 60% das profissões existentes hoje em dia, não existiam naquela época. Entretanto, essas novas profissões que irão surgir demandarão profissionais com maior nível de conhecimento, mas *não é possível saber quais serão as competências que serão demandadas para o exercício de tais profissões*.

O Brasil tem investido em centros de pesquisa em IA. Há centros em Fortaleza, Natal, Recife, Campina Grande, Salvador, Brasília, Goiânia, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo, Campinas, São Carlos, Curitiba e Porto Alegre. Em 2023, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) anunciou o lançamento de mais quatro centros de pesquisa em IA. Em 2021, haviam sido lançado seis novos centros¹⁸. Apesar de o foco desses centros ser a realização de pesquisa aplicada, *não é possível afirmar que o Brasil se tornará um grande provedor de soluções no campo da IA, ou se vamos nos manter como consumidores de soluções internacionais*.

3.2 Processamento veloz com os avanços da computação quântica e do edge computing

O ano de 2024 é marcado pelos avanços significativos tanto na computação quântica quanto na ascensão da computação na borda (*edge computing*). Enquanto os computadores quânticos prometem revolucionar a computação convencional, a *edge computing* emerge como uma mudança revolucionária no gerenciamento de dados e na eficiência operacional, especialmente em um contexto de crescente volume de informações e uso intensivo de inteligência artificial (IA), tornando o processamento mais rápido (Marcial e Menezes, 2023).

*Espera-se que, em 2025, teremos computadores quânticos com 4.158-qubits ampliando o acesso e a escala aos benefícios reais dessa tecnologia, resultado dos significativos investimentos que tem recebido e que se ampliarão*¹⁹. A tecnologia, ainda em estágio inicial, promete impactar fortemente áreas como o desenvolvimento de software, criptografia, otimização de algoritmos e simulações complexas em análise de dados industriais, gerenciamento de risco, em especial no setor financeiro, otimização da cadeia de abastecimento e logística, por exemplo (Marcial e Menezes, 2023). Destaca-se os investimentos e experimentos realizados pela IBM, desde 2022 quando lança o Oprey²⁰; a Intel, que lançou a versão 1.0 do kit de desenvolvimento de software quântico em 2022²¹; e o Google, que investe desde 2019 em 2023 afirmou ter atingido a supremacia quântica²² em seus experimentos. Em 2023, o SENAI-SP recebeu o primeiro computador quântico educacional. Na Bahia, foi lançado o QuILN (*Quantum Industrial Innovation*), primeiro centro de desenvolvimento de competência em tecnologias quânticas do Brasil²³.

Em maio de 2024, foi criada a primeira rede física de comunicação quântica, que liga instituições parceiras, a Rede Rio Quântica. A ligação por fibra óptica conecta PUC-Rio, CBPF, UFRJ e IME, no RJ, enquanto a UFF, em Niterói, se conecta

¹⁷ Generative AI could raise Global GDP by 7%, april 2023. Disponível em: <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/generative-ai-could-raise-global-gdp-by-7-percent>. Acesso em 18/08/2024.

¹⁸ Disponível em: <https://bv.fapesp.br/linha-do-tempo/2408/centros-de-pesquisas-aplicadas-em-inteligencia-artificial/>. Acesso em 19/07/2024.

¹⁹ Expanding the IBM quantum roadmap to anticipate the future of quantum-centric supercomputing. Disponível em: <https://www.ibm.com/quantum/blog/ibm-quantum-roadmap-2025>. Acesso em: 19/07/2024.

²⁰ Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/ibm-lanca-seu-mais-poderoso-computador-quantico-com-433-qubits/#:~:text=A%20IBM%20lan%C3%A7ou%20nesta%20quarta,%E2%80%9CEagle%E2%80%9D%20anunciada%20ano%20passado>. Acesso em: 18/08/2024.

²¹ Disponível em: [https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/newsroom/news/intel-releases-quantum-sdk.html#:~:text=O%20que%20h%C3%A1%20de%20novo,Intel%C2%AE%20Quantum%20\(SDK\)](https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/newsroom/news/intel-releases-quantum-sdk.html#:~:text=O%20que%20h%C3%A1%20de%20novo,Intel%C2%AE%20Quantum%20(SDK)). Acesso em 18/08/2024.

²² Disponível em: <https://tecnoblog.net/noticias/google-atinge-supremacia-quantica/>. Acesso em 18/08/2024.

²³ Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/08/cientistas-apresentam-possibilidades-para-desenvolver-a-computacao-e-internet-quantica-no-brasil>. Acesso em 18/08/2024.

ao CBPF por laser. Logo em seguida, em junho de 2024, o Instituto Venturus inaugurou o Centro de Excelência em Computação Quântica (CDE) na cidade de Campinas (SP). Projetado para ser um núcleo de inovação aberta, o novo centro visa colocar o Brasil na vanguarda da computação quântica na América Latina. Esses são eventos que mostram os investimentos em computação quântica no Brasil.

Segundo estimativa de Kai-Fu Lee (2022), por volta de 2040 essa tecnologia estará em pleno funcionamento. Como o computador quântico tornará obsoleto sistemas de criptografia críticos existentes, pois demandará uma criptografia quântica, espera-se que, em 2024, ocorra a emissão do padrão para “criptografia pós-quântica” pelo Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST)²⁴ americano, visto que seu projeto já foi iniciado em 2023.

A busca por maior controle sobre dados *impulsionará a ascensão do CLOUD computing soberana já em 2025*. A *CLOUD computing* soberana é uma resposta às crescentes regulamentações sobre o uso e localização de dados em suas jurisdições, especialmente em setores sensíveis como serviços financeiros.

Além disso, até 2027, de acordo com o Gartner²⁵, *espera-se a adoção generalizada de Plataformas em CLOUD da Indústria (ICPs)*. Essas plataformas personalizadas atenderão às necessidades específicas de setores como finanças, saúde e manufatura, proporcionando soluções digitais especializadas. Segundo o Gartner, é esperado que mais de 70% das empresas adotem ICPs até 2027, com o objetivo de impulsionar suas iniciativas de negócios. *Em 2027, mais de 50% das empresas usarão plataformas em CLOUD para acelerar os negócios, destacando a necessidade crescente de soluções digitais específicas para diferentes setores da economia*. O surgimento de uma *nova geração de provedores especializados em serviços específicos de IA, como GPU²⁶ de alto desempenho do Google CLOUD, promete transformar o mercado até 2045*.

À medida em que haja um *aumento exponencial da quantidade de dispositivos IoT²⁷*, a necessidade de processamento de dados eficiente torna-se crucial. Espera-se para a próxima década a *adoção generalizada de edge computing*, permitindo o processamento de dados próximo à fonte, reduzindo a carga nas redes e melhorando a eficiência global. Tal adoção representará uma mudança paradigmática na forma como dados são processados e gerenciados e será vital para aplicações críticas, como sistemas de saúde e cidades inteligentes. Em 2024, a computação na borda já atua como mini datacenters, capacitando organizações a processar dados localmente, próximo à sua origem. Isso é particularmente valioso em locais remotos com conectividade limitada, onde a infraestrutura distribuída reduz a dependência de data centers centralizados (Marcial e Menezes, 2023).

A integração entre CLOUD computing e edge computing redefinirá a IA, tornando-a mais acessível e prática para uma variedade de aplicações. O processamento descentralizado abrirá caminho para a utilização mais eficaz da IA na borda (mais próximo do usuário final), contribuindo para um avanço significativo em várias áreas, como saúde, logística e automação industrial. A capacidade de unir o poder computacional da CLOUD com o processamento em tempo real na borda resultará em aplicações mais rápidas, responsivas e sensíveis ao contexto. *A computação em borda facilitará o processamento e a tomada de decisões em tempo real, reduzindo a latência e aprimorando o desempenho das aplicações de IA* (Marcial e Menezes, 2023).

Uma das tendências que fortalecerão o uso do *edge computing* é o fato do *crescimento da demanda por computação em tempo real*. A adoção do *edge computing* também proporciona a realização de análises complexas sem esperar pela CLOUD computing, e fornece resultados em tempo real. A adoção do *edge computing* será crucial para viabilizar

²⁴ NIST divulgou hoje 24 de agosto, projetos de padrões para criptografia pós-quântica. Disponível em: <https://cryptoid.com.br/criptografia-identificacao-digital-id-biometria/nist-divulgou-hoje-24-de-agosto-projetos-de-padroes-para-criptografia-pos-quantica/>.

²⁵ Gartner. Top Strategic Technology Trends 2024. 2023. Disponível em: <https://www.gartner.com/en/articles/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2024>. Acesso em 17 dez. 2023.

²⁶ GPU – Unidade de Processamento Gráfico.

²⁷ IoT – Internet das Coisas.

aplicações como carros autônomos, realidade aumentada e automação industrial. Destaca-se também que o 5G será um grande viabilizador, facilitando a transferência rápida de dados entre dispositivos. Também é esperado a integração do *edge computing*, IA e IoT, proporcionando o processamento da informação coletada pelos dispositivos de IoT. Entretanto, essas aplicações também apresentam o desafio de otimização do consumo de energia e redução da pegada de carbono, viabilizando soluções verdes.

Segundo a IDC²⁸, esses serviços no Brasil, considerando um curto espaço de tempo, até 2025, deverão capitanear investimentos de cerca de US\$ 4,0 bilhões, em especial pelas áreas de óleo e gás, manufatura e mineração.

Enquanto a computação na borda e outras tendências mencionadas prometem avanços extraordinários, desafios como infraestrutura e complexidade de ambientes em CLOUD, bem como os custos associados exigirão uma consolidação cuidadosa de fornecedores e plataformas, não sendo possível saber se até 2045, *o Brasil irá dispor de infraestrutura que permita a utilização plena do edge computing*.

Todo esse movimento fortalecerá a virtualização de infraestrutura, produtos e serviços por meio das TICs, conforme identificado no Brasil 2035 e que se manterá como tendências até 2045.

Espera-se um crescimento da substituição da aquisição de produtos de TICs por serviços no modelo “*everything as a service – XaaS*”. Antes para se ter acesso a um pacote qualquer de *software* era necessário a sua aquisição. Hoje em dia é possível alugar seu uso, tendo acesso à todas as atualizações, assistência técnica ou ainda por pacotes adicionais de serviços sem o pagamento de um valor adicional durante a vigência do contrato. Mesmo no caso de aquisição da licença de um software, o cliente pode optar pela contratação de serviço de manutenção, assistência técnica e atualização do produto adquirido.

Ou seja, o mercado se molda às necessidades do cliente por meio da oferta de serviços atrelados aos *software*. A *CLOUD computing*²⁹ é um exemplo já citado que se enquadra no modelo XaaS. O uso do armazenamento de arquivos digitais em CLOUD só cresce, a exemplo do Google Drive, Onedrive, iCloud e Dropbox. Outros exemplos do modelo XaaS são Netflix, Disney+, Amazon Prime, Spotify, Youtube, Game Pass, ChatGPT, Office 365 etc. tornou-se boa parte do que utilizamos no virtual, intensificando a tendências de virtualização da economia.

4 Crescimento da utilização da realidade virtual, realidade aumentada e realidade estendida, mesclando realidades

A Realidade Virtual (VR) e a Realidade Aumentada (AR) já estão transformando as indústrias de entretenimento, educação e comunicação. *Espera-se, para a próxima década, uma fusão cada vez mais profunda dos domínios físico e digital*. Os avanços dos aplicativos em realidade aumentada (AR) e realidade virtual (VR) devem se tornar mais integrados às nossas vidas, provocando uma revolução e confundindo os limites entre o físico e o virtual e redefinindo a interação com o ambiente (Marcial e Menezes, 2023).

Também é esperado que, até 2050, *essas tecnologias atingirão um nível sem precedentes de imersão e realismo*. As interações digitais se tornarão praticamente indistinguíveis das experiências do mundo real, permitindo a exploração de mundos virtuais, criação de ambientes simulados tanto para facilitar o treinamento profissional quanto aprimorar nossa interação social³⁰.

²⁸ Disponível em: <https://www.abranet.org.br/Noticias/Edge-computing-avanca-e-deve-absorver-US%24-4-bilhoes-ate-2025-no-Brasil-4759.html?User-ActiveTemplate=site>. Acesso em 18/08/2024.

²⁹ O conceito de computação em nuvem (em inglês, *cloud computing*) refere-se à utilização da memória e da capacidade de armazenamento e cálculo de computadores e servidores compartilhados e interligados por meio da Internet, seguindo o princípio da computação em grade.

³⁰ Disponível em: <https://maniacosdatecnologia.com.br/2050-esta-logo-ali/>. Acesso em: 18/08/2024.

Para as próximas décadas, espera-se o uso crescente da realidade virtual e realidade aumentada na transformação de experiências do consumidor, no marketing, na educação e treinamento, na saúde além do seu conhecido uso no campo do entretenimento (Marcial e Menezes, 2023).

A força de trabalho conectada aumentada (ACWF), termo cunhado pelo Gartner³¹, caracteriza-se como outra expectativa para a próxima década, que otimizará o valor dos trabalhadores humanos em ambientes cada vez mais digitais. Espera-se que até 2027, 25% dos CIOs³² utilizem iniciativas ACWF para reduzir pela metade o tempo necessário para adquirir competências essenciais em funções-chave, além de influenciar positivamente a satisfação e o engajamento dos colaboradores (Marcial e Menezes, 2023).

Ainda neste campo, o uso da realidade estendida (XR)³³ crescerá na próxima década. Além de sua presença crescente no cotidiano, a XR expandirá ainda mais os limites das experiências digitais, se integrará de maneira mais profunda em setores como varejo, imobiliário e educação, fornecendo experiências imersivas mais refinadas e envolventes, transcendendo os limites entre os mundos físico e virtual. À medida que essa tecnologia se tornar mais acessível, antecipa-se que ela desempenhe um papel central na inovação e na transformação de diversas áreas. Esse novo mercado também demandará novos profissionais como: Arquiteto de Realidade Estendida; Engenheiro Líder Frontal; Engenheiros de suporte AR/VR; e Diretores Criativos (Marcial e Menezes, 2023).

Verifica-se, no Brasil, investimentos em realidade virtual, como por exemplo o uso pela Roca Brasil Cerâmica e Incepa para apresentar novos revestimentos a clientes. Lançado em 2023, com o uso de óculos VR, os participantes puderam caminhar por um espaço físico pré-determinado, para visualizar, em primeira mão, os novos revestimentos das marcas Incepa e Roca Cerâmica³⁴. No início de 2024, a cidade de Olímpia, no Estado de São Paulo, inaugurou o primeiro parque de diversão temático de realidade virtual da América Latina: o Orionverso. Em Curitiba, a Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) inaugurou, em 2023, o primeiro centro de realidade estendida no Brasil³⁵. Esse espaço, que conta com mais de três mil metros quadrados, está equipado para o desenvolvimento de projetos de realidade virtual, aumentada e 3D.

Apesar de os investimentos no mundo nas áreas de AR/VR estarem iniciando, espera-se que, até 2045, deverão estar disponíveis, tanto para uso na indústria quanto no varejo, além da área de entretenimento. Resta saber se o Brasil será consumidor ou também desenvolvedor dessas tecnologias até 2045.

5 Crescimento do uso dos dispositivos autônomos

O ano de 2024 se revela como um marco na ascensão dos dispositivos autônomos, transformando radicalmente a forma como interagimos com a tecnologia e com o mundo ao nosso redor. Os dispositivos autônomos estarão mais presentes nas próximas décadas e se consolidarão como protagonistas de mais uma revolução tecnológica. Drones, carros autônomos, robôs avançados e outras inovações tecnológicas estão redefinindo a logística, o transporte pessoal e diversos setores da economia. Entretanto, também trarão desafios éticos e regulatórios (Marcial e Menezes, 2023).

A mobilidade elétrica e os veículos autônomos deverão emergir nos próximos anos como protagonistas na transformação do transporte, visando não apenas a redução de emissões, mas também a remodelação da eficiência e segurança. Os avanços na inteligência artificial e sistemas de sensores tornarão os veículos autônomos mais seguros e eficientes, reduzindo os congestionamentos e os acidentes nas próximas décadas (Marcial e Menezes, 2023).

31 Gartner. Top Strategic Technology Trends 2024. 2023. Disponível em: <https://www.gartner.com/en/articles/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2024>. Acesso em 17 dez. 2023.

32 CIO – Chief Information Officer (Chefe ou Diretor de Tecnologia da Informação).

33 A Realidade Estendida (XR), abrangendo realidade virtual (VR), realidade aumentada (AR) e realidade mista (MR).

34 Disponível em: <https://mercadoconsumo.com.br/01/03/2023/tecnologia/roca-brasil-ceramica-investe-na-realidade-virtual-para-apresentar-novos-revestimentos-e-resultado-em-grandes-negocios/?cn-reloaded=1>. Acesso em: 18/08/2024.

35 Disponível em: <https://www.pucpr.br/noticias/pucpr-e-primeira-universidade-do-brasil-ter-um-centro-de-realidade-estendida/>. Acesso em: 18/08/2024.

Entretanto, no Brasil, essa tecnologia ainda é muito incipiente, em especial no que diz respeito ao uso de carros autônomos. Falta legislação e a infraestrutura existentes nas cidades brasileiras também dificulta tais avanços. Além disso, as empresas que mais investem em carros autônomos não são oriundas da indústria automobilística, como é o caso da Amazon e da Apple que não possuem nem centros de pesquisa nem fábricas no Brasil. Nesse contexto, não é possível saber se até 2045, o Brasil possuirá legislação e infraestrutura que permita a utilização de carros autônomos nas cidades.

Outra tendência ascendente, refere-se ao uso crescente de robôs autônomos na indústria e no setor de serviços. Esses dispositivos automatizados executarão tarefas complexas de forma independente, proporcionando eficiência e precisão em diversos setores (Marcial e Menezes, 2023).

A tecnologia de robôs móveis autônomos (AMRs) cresce rapidamente em todo o mundo, possui potencial de crescimento no Brasil. Segundo a Associação Brasileira de Internet Industrial (ABII), o mercado de AMRs cresce no Brasil a uma taxa superior a 30% ano³⁶. Entretanto, não é possível saber se, até 2045, o Brasil será produtor de robôs autônomos para o setor de serviços, ou mesmo se tal tecnologia será amplamente utilizada por esse setor.

Os robôs autônomos domésticos representam um mercado em crescimento no Brasil. O mercado global de robôs domésticos foi estimado em US\$ 8,55 bilhões para 2024, e deve atingir US\$ 22,46 bilhões até 2029, crescendo a um CAGR de 18,81% entre 2024 e 2029³⁷.

Os drones também desempenharão um papel fundamental nas entregas comerciais, o qual se tornará mais difundida na próxima década. Como exemplo, cita-se a Amazon que ampliará a entrega tanto de uma maior diversidade de mercadorias quanto para a maioria das cidades americanas. Ela também irá expandir esse serviço de entrega com o uso de drones para outros países como Itália e Reino Unido até o final de 2024³⁸ (Marcial e Menezes, 2023).

A aplicação de drones na agricultura, na logística, na segurança pública e outros setores mostra sua versatilidade. O crescimento constante desse mercado, impulsionado por inovações tecnológicas, sugere que os drones desempenharão funções cada vez mais diversas, indo além das expectativas iniciais. O mercado global de drones deve saltar de US\$ 30,6 bilhões em 2022 para US\$ 55,8 bilhões em 2030, apresentando uma taxa de crescimento anual de cerca de 8% no período, segundo a Drone Industry Insight³⁹ (Marcial e Menezes, 2023).

Focando especialmente no uso de drones pela agricultura brasileira, esse equipamento tem se multiplicado e é esperado um crescimento exponencial para as próximas décadas. Segundo dados oficiais do Sistema de Aeronaves Não-Tripuladas (Sisant), órgão vinculado à Agência Nacional de Aviação Civil (Anac), existiam em maio de 2024, 5.269 drones agrícolas em operação no país. O número é 375% maior do que o de dois anos atrás (1.109 unidades)⁴⁰.

A proliferação do uso de drones no Brasil, fez com que novas regras fossem instituídas pela Agência Nacional de Aviação (ANAC), regulamentando o voo de drones no Brasil. Segundo dados da ANAC, hoje existem 159.423 registros no país⁴¹. Apesar de a maior parte ser voltado para atividades recreativas no Brasil, verifica-se o seu uso em outras atividades como aero cinematográficas, aerofotografia e levantamento, aero inspeção dentre outros.

³⁶ Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/noticias/21768-mercado-robos-moveis-autonomos-cresce-30-ao-ano-tendencia-processos-logistica>. Acesso em: 18/08/2024.

³⁷ Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/household-robots-market>. Acesso em: 18/08/2024.

³⁸ Amazon fará entrega de drones em mais três locais em 2024. Disponível em: <https://www.mundoconectado.com.br/drones/amazon-fara-entrega-de-drones-em-mais-tres-locais-em-2024/>. Acesso em: 18/08/2024.

³⁹ Por que o mercado de drones não para de crescer? Disponível em: <https://opresenterural.com.br/por-que-o-mercado-de-drones-nao-para-de-crescer/>. Acesso em: 18/08/2024.

⁴⁰ Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2024/05/07/drones-se-multiplicam-nos-ceus-do-agro-brasileiro-numero-de-aparelhos-no-campo-cresce-375percent-em-dois-anos.ghtml>. Acesso em 18/08/2024.

⁴¹ Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/areas-de-atuacao/aeronaves-1/drones-cadastrados/painel-drones>. Acesso em: 18/08/2024.

Outra área em que o uso de drones cresce no Brasil é a de segurança pública. Pesquisa realizada em 2023, mostra que os drones são adotados por 63% das forças de segurança no Brasil⁴². Em abril de 2024, só a Secretaria de Estado da Política Militar do Rio de Janeiro recebeu 24 drones para apoiar as operações urbanas e estratégicas⁴³.

6 Busca por gerenciamento e investimento contínuo para minimizar as ameaças cibernética e o *blockchain*

Espera-se o crescimento das preocupações e dos investimentos na prevenção de ataques cibernéticos, para a proteção dos ativos das organizações e segurança de dados até 2045. Segundo relatório do International Business Report (IBR)⁴⁴, a cibersegurança é prioridade para mais de 80% das empresas de médio porte do Brasil. A Cybercrime Magazine⁴⁵ prevê que estes ataques custarão à economia global cerca de 9,5 trilhões de dólares só em 2024.

Dado a crescente complexidade dos ataques cibernéticos, a segurança cibernética terá uma prioridade crítica nas próximas décadas, elevando a necessidade de investimento em gerenciamento contínuo da exposição a ameaças cibernéticas (Marcial e Menezes, 2023). Até 2026, o Gartner⁴⁶ prevê que as organizações que priorizarem seus investimentos em segurança com base em um programa Gestão Contínua de Exposição a Ameaças perceberão uma redução de dois terços das violações.

Nesse contexto, o Brasil elaborou a Estratégia Nacional de Segurança Cibernética (E-CIBER), publicada no Decreto nº 10.222, de 5 de fevereiro de 2020, cujo objetivo é orientar a sociedade brasileira sobre as principais ações pretendidas. Entretanto, segundo pesquisa realizada pela Check Point Research (CPR), os ataques cibernéticos cresceram cerca de 70% no Brasil em um ano (entre o segundo trimestre de 2023 e o de 2024). O levantamento da CPR apontou que no segundo trimestre de 2024, o Brasil registrou um aumento de 67% de ciberataques em organizações (representando 2.754 vezes de ataques semanalmente), em comparação ao mesmo período de 2023. Um crescimento exponencial quando comparado com o índice de 7% no segundo trimestre de 2023, no qual as organizações no Brasil foram atacadas 1.645 vezes semanalmente, em comparação ao mesmo período de 2022.

Embora avanços em inteligência artificial (IA) e *machine learning* (ML) possam reduzir os riscos, ao prever e prevenir ataques antes que eles causem danos, há desafios emergentes, como a perda de privacidade e de questões éticas envolvidas, temas que crescerão na pauta do debate em torno do avanço da IA em 2024. Além disso, o avanço da computação quântica apresenta novos desafios, demandando a criação de protocolos de segurança robustos (Marcial e Menezes, 2023).

Esse avanço também *ampliara o mercado para os analistas de segurança cibernética; testador de intrusão; engenheiro de segurança; arquiteto de segurança; engenheiro de segurança e analista de segurança de rede, hacker ético; analista de malware nas próximas décadas* (Marcial e Menezes, 2023). Além disso, a crescente digitalização também está associada a uma maior vulnerabilidade de todos os agentes socioeconômicos face aos ciberataques.

Ainda no campo da segurança cibernética, o *blockchain* apresenta-se como uma das soluções possíveis para minimizar o problema nos próximos anos, extrapolando seu uso para além do campo das criptomoedas. Espera-se que o *blockchain*

⁴² Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-03/drones-sao-adotados-por-63-das-forcas-de-seguranca-no-brasil#:~:text=A%20tecnologia%20mais%20presente%20no,das%207%20unidades%20da%20federa%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em 18/08/2024.

⁴³ Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/noticias/mj-sp-entrega-24-drones-para-a-secretaria-de-estado-de-policia-militar-do-rio-de-janeiro>. Acesso em: 18/08/2024.

⁴⁴ Disponível em: <https://tiinside.com.br/06/05/2024/ciberseguranca-e-prioridade-para-mais-de-80-das-empresas-de-medio-porte-do-brasil/>. Acesso em 18/08/2024.

⁴⁵ Disponível em: <https://cybersecurityventures.com/cybercrime-to-cost-the-world-9-trillion-annually-in-2024/>. Acesso em: 18/08/2024.

⁴⁶ Gartner. Top Strategic Technology Trends 2024. 2023. Disponível em: <https://www.gartner.com/en/articles/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2024>. Acesso em: 17 dez. 2023.

cresça em importância e passe a influenciar positivamente transações digitais, gestão da cadeia de suprimentos, saúde, propriedade intelectual e proteção de dados pessoais, tornando-se uma tecnologia cada vez mais predominante (Marcial e Menezes, 2023).

À medida que o *blockchain* passa a transcender seu papel inicial das criptomoedas, seu impacto se estenderá para além das transações financeiras. No campo da cadeia de suprimentos, espera-se que o *blockchain* *proporcionará uma revolução na rastreabilidade e eficiência, eliminando intermediários e aumentando a confiança nas transações já em 2024*. Além disso, a tecnologia *blockchain* *emerge como uma ferramenta essencial na proteção de dados pessoais, oferecendo uma abordagem transparente e segura para gerenciar identidades digitais*. Sua imutabilidade e descentralização garantirão integridade em processos, enquanto os contratos inteligentes automatizam a execução confiável de acordos. Espera-se que até o final de 2024, o *blockchain* também desempenhe um papel significativo na transformação dos sistemas de votação, proporcionando um registro seguro e imutável, fortalecendo a confiança nas práticas democráticas (Marcial e Menezes, 2023).

Nesse contexto, levanta-se a questão de se, até 2045, o Brasil será capaz de garantir níveis mínimos de segurança de informações e comunicações. Isso porque, a segurança de informações e comunicação, bem como da privacidade de dados parece ser a maior incerteza entre os especialistas do setor. Promover a segurança das informações, comunicações não se trata apenas de proteção lógica dos dados ou do conteúdo que está sendo transmitido (normalmente feita por meio de *software*), trata-se também da segurança física de equipamentos (*hardware*), das redes e instalações. Quando se fala em segurança da informação e comunicações (SIC) refere-se a ações que objetivam viabilizar e assegurar a disponibilidade, a integridade, a confidencialidade e a autenticidade das informações (Brasil, 2015). Esse é um conceito abrangente que engloba comunicações televisivas, radiofrequências, satélites, cibernética, documentos físicos (papéis) etc.

7 Aceleração do processo de transformação digital

Nos próximos 20 anos, o mundo será cada vez mais digital, não somente em relação a proliferação de produtos e serviços digitais, que os tornarão invisíveis e imateriais, estando disponíveis somente quando necessitamos deles, mas também a transformação de processos analógicos e humanos em digitais.

Quanto mais objetos se tornaram digitais, como os já ocorridos com a televisão, o relógio, a máquina fotográfica e o telefone, e esses objetivos estiverem mais interconectados entre si, com sistemas e pessoas, em alta velocidade, maior será o processo de transformação digital, pois permitirá que os processos sejam aprimorados em função do volume de dados digitais gerados por esses dispositivos (Marcial e Menezes, 2023).

Espera-se que esse processo, que se acelerou com a pandemia do COVID-19, mantenha-se acelerado nos próximos anos, fruto do avanço de tecnologias transformadoras já citadas, como inteligência artificial, internet das coisas, dataficação, 5G, computação quântica e *edge computing*, *CLOUD computing*, realidade estendida e dispositivos autônomos (Marcial e Menezes, 2023).

Nesse contexto, o processo de transformação digital irá impactar ainda mais a sociedade tanto em sua forma de pensar, de se comunicar e interagir com outras pessoas e com os objetos ao nosso redor, de trabalhar e de se divertir – o *streaming* é um exemplo que impactou significativamente a forma como ouvimos música e assistimos filmes, séries e documentários (Marcial e Menezes, 2023).

Setores como a indústria e o varejo de uma forma geral, o agrícola, o de saúde, o de educação e o de transportes receberão mais investimentos e os impactos desse processo de transformação digital serão significativos. Espera-se como resultados, para os próximos anos e já percebidos em 2024: um aumento de eficiência, redução de custos, fruto de diag-

nósticos mais precisos e melhor experiência do usuário. Entretanto, os desafios nos campos da infraestrutura e na segurança aumentarão bem com uma maior pressão no sentido de regulamentação dos usos dos dados e manutenção da privacidade dos indivíduos (Marcial e Menezes, 2023). Nesse contexto, não é possível afirmar se, até 2045, haverá melhoria na infraestrutura, na segurança e na regulamentação dos usos dos dados e manutenção da privacidade dos indivíduos.

8 A tecnologia se tornará verde

A crescente conscientização ambiental impulsionará outra revolução no setor tecnológico, direcionando seu desenvolvimento para práticas sustentáveis nas próximas décadas. Espera-se o *aumento significativo de investimentos em soluções digitais voltadas para resultados ambientais, sociais e de governança (ESG)* já em 2024 que irão crescer nas próximas décadas (Marcial e Menezes, 2023).

Entretanto, o foco principal será voltado para investimentos que reduzam o consumo de energia e os impactos ambientais, enfatizando a necessidade de tornar as tecnologias da informação (TI) mais eficientes, circulares e sustentáveis. Isso porque espera-se o aumento do consumo de energia resultado da crescente utilização de tecnologias como a inteligência artificial, a criptomoeda, a Internet das Coisas e a *CLOUD computing*. Segundo o Gartner⁴⁷, até 2027, 25% dos CIOs⁴⁸ terão sua remuneração vinculada ao impacto tecnológico sustentável. Espera-se o *crescimento dos investimentos no uso de fontes de energia renovável para data centers e esforços para tornar dispositivos eletrônicos mais eficientes e recicláveis nas próximas décadas* (Marcial e Menezes, 2023).

A contribuição da tecnologia na promoção da sustentabilidade incluirá o uso de redes inteligentes, blockchain e inteligência artificial. Exemplos como o DeepMind AI do Google, GreenWave Reality e IBM Food Trust mostram o potencial da tecnologia em reduzir o consumo de energia, monitorar e diminuir o uso de recursos, e promover o fornecimento sustentável. A Apple estabeleceu uma meta de alcançar 100% de neutralidade de carbono e o Google planeja tornar seus data centers e campi livres de carbono até 2030. Espera-se também o crescimento do desenvolvimento de aplicativos, plataformas e sistemas tecnológicos sustentáveis que ajude a apoiar as práticas de ESG das organizações, reduzindo, por exemplo, a pegada de carbono dos *data centers*, criando algoritmos de eficiência energética e adotando assinatura eletrônica (Marcial e Menezes, 2023).

Espera-se também o crescimento das “Green Tech”, e exemplo da Apple e do Google, que já estão adotando a tecnologia verde, estabelecendo metas de neutralidade de carbono. Preveem-se maiores investimentos em “Tecnologia Verde” nos Estados Unidos, impulsionados pela preocupação dos CEOs com o futuro dos negócios e a crescente preferência dos consumidores por empresas comprometidas com a sustentabilidade (Marcial e Menezes, 2023). De acordo com Statista, os investimentos em “Tecnologia Verde” nos Estados Unidos passaram de 40,6 mil milhões de dólares em 2019 para 83,4 mil milhões de dólares em 2024⁴⁹. Entretanto, não é possível afirmar que, *até 2045, no Brasil haverá o surgimento das “Green Tech” nacionais*.

As promessas de desenvolvimento e bem-estar da digitização serão ainda atenuadas pela persistência e pelo risco de aumento da desigualdade, com pessoas e regiões com acesso limitado à internet e às tecnologias e serviços digitais, ficando ainda mais excluídas no Brasil (Marcial e Menezes, 2023).

Essas limitações podem ser atribuídas à insuficiência das infraestruturas físicas disponíveis, às dificuldades econômicas associadas à aquisição e manutenção do acesso e à debilidade do nível da qualificação, das competências e capacidades necessárias para o acesso e utilização no Brasil.

⁴⁷ Gartner. Top Strategic Technology Trends 2024. 2023. Disponível em: <https://www.gartner.com/en/articles/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2024>. Acesso em: 17 dez. 2023.

⁴⁸ CIO – *Chief Information Officer* (Chefe ou Diretor de Tecnologia da Informação).

⁴⁹ Global clean tech investments - statistics & facts. Disponível em: <https://www.statista.com/topics/3001/clean-technology-investments/>. Acesso em 18/07/2024.

Espera-se que persista a tendência para uma *crescente concentração de poder nas grandes plataformas digitais no mundo. Esta concentração poderá reduzir o nível de concorrência nos mercados e causar impactos negativos na inovação, coesão social e na própria autoridade das instituições públicas democráticas.*

9 Sementes de futuro

As sementes de futuro representam sinais fortes ou fracos que são encontrados no passado ou no presente que fornecem informação sobre o futuro. As sementes de futuro destacadas neste artigo são: (1) tendências – são eventos cuja perspectiva de direção e sentido é suficientemente consolidada e visível para se admitir sua permanência no período futuro considerado; (2) incertezas – são eventos futuros cuja trajetória ainda é indefinida, representam perguntas sem respostas; (3) surpresas inevitáveis – são eventos futuros com ocorrências previsíveis, pois têm suas raízes em outras sementes de futuro que já estão em operação neste momento, mas não se sabe quando irão se configurar nem podemos conhecer previamente suas consequências e como nos afetarão; (4) fato portador de futuro – é um sinal ínfimo por sua dimensão presente existente no ambiente, mas imenso por suas consequências e potencialidades (Marcial, 2011).

Apresenta-se, a seguir, uma síntese das 81 sementes de futuro levantadas no âmbito das TICs com suas respectivas classificações. Destaca-se que foram identificadas 25 tendências, 36 surpresas inevitáveis, 19 incertezas e 1 fatos portadores de futuro associadas ao avanço das TICs e suas transformações até 2045. Destaca-se a quantidade de surpresas inevitáveis, o que sugere que muito do que percebemos a respeito do futuro ainda não está em operação hoje, mas tem alta probabilidade de ocorrer no futuro. Sendo assim, o tema objeto deste artigo apresenta-se como uma grande oportunidade, desde que os investimentos adequados sejam feitos.

Apresenta-se, a seguir, um consolidado das sementes de futuro identificadas.

1. Manutenção da evolução científica e tecnológica. (Tendência)
2. Crescimento da eficiência, qualidade e velocidade na produção frente aos investimentos em tecnologia, em especial na automação inteligente. (Tendência)
3. Crescimento dos investimentos em automação, inclusive inteligente, pelo setor de serviços. (Tendência)
4. Aceleração do desenvolvimento tecnológico no mundo, aumentando o *gap* existente entre os países desenvolvidos e os subdesenvolvidos. (Tendência)
5. Até 2045, o Brasil aproveitará sua expertise na produção de veículos automotores e peças automotivas, na produção de robôs? (Incerteza)
6. As questões éticas associadas à IA estarão fortemente na pausa até 2045. (Surpresa inevitável)
7. Até 2045, a IA Generativa dominará os investimentos e revolucionará alguns setores da economia nos próximos anos, permitindo a criação de conteúdos originais e cativantes com uma eficiência sem precedentes. (Surpresa inevitável)
8. Até 2045, ocorrerão *avanços nas áreas de cibersegurança e preditivas*, tornando as decisões mais autônomas e levando a ganhos de eficiência em vários setores. (Surpresa inevitável)
9. Até 2045, surgirão novas profissões no campo tecnológico que demandarão profissionais com maior nível de conhecimento. (Surpresas inevitável)

10. Até 2045 é esperado grandes avanços tanto na computação quântica quanto no edge computing. (Surpresa inevitável)
11. O surgimento de uma nova geração de provedores especializados em serviços específicos de IA, como GPU de alto desempenho do Google CLOUD, promete transformar o mercado até 2045. (Surpresa inevitável)
12. Até 2045, a *edge computing* irá provocar uma mudança paradigmática na forma como dados são processados e gerenciados e será vital para aplicações críticas, como sistemas de saúde e cidades inteligentes. (Surpresa inevitável)
13. Até 2045, a integração entre *CLOUD computing* e *edge computing* redefinirá a IA, tornando-a mais acessível e prática para uma variedade de aplicações. (Surpresa inevitável)
14. Até 2045, o processamento descentralizado abrirá caminho para a utilização mais eficaz da IA na borda (mais próximo do usuário final), contribuindo para um avanço significativo em várias áreas, como saúde, logística e automação industrial. (Surpresa inevitável)
15. Até 2045, o *edge computing* junto com o 5G e seus sucessores serão cruciais para viabilizar aplicações como carros autônomos, realidade aumentada e automação industrial. (Surpresa inevitável)
16. Crescimento da automação de processos e serviços de forma inteligente. (Tendência)
17. Crescimento dos investimentos em automação residencial. (Tendência)
18. Manutenção do crescimento lento do mercado de robôs no Brasil. (Tendência)
19. É esperado o uso de robôs em todo lugar, inclusive nos lares, até 2045. (Tendência)
20. Até 2045, o uso de robôs pelo setor de serviços e nos lares será uma realidade na maior parte do Brasil? (Incerteza)
21. Avanço da inteligência artificial (IA), caracterizando-se como movimento transformador, com destaque para a IA generativa e o machine learning. (Tendência)
22. O Brasil conseguirá preencher as lacunas de talento, de infraestrutura, de dados, da governança e da cultura pelo aproveitamento pleno do *machine learning*? (Incerteza)
23. Ocorrência de avanço na regulamentação da IA que iniba a ocorrência de fraude, violações de direitos autorais e outros crimes cibernéticos, em especial em torno da IA generativa até 2045. (Surpresa inevitável)
24. A IA Generativa como tecnológica transformadora e que dominará os investimentos e revolucionará alguns setores da economia nos próximos anos. (Surpresa inevitável)
25. Até 2045, a IA Generativa irá realmente fornecer às organizações brasileiras os retornos esperados, em especial em eficiência e geração de novos produtos? (Incerteza)
26. Até 2045, o Brasil se tornará um grande provedor de soluções nacionais no âmbito da IA Generativa? (Incerteza)
27. Até 2045, o *machine learning* proporcionará experiências mais personalizadas aos clientes, a partir do en-

tendimento de seu comportamento, por meio da coleta e análise de grandes volumes de dados (*big data* e *data science*), fornecendo insights que antes eram inatingíveis. (Surpresa inevitável)

28. Haverá disponibilidade suficiente de profissionais com conhecimento para atuar na área, em especial em *data analytics*, *data science*, automação e curadores de conteúdo até 2045, no Brasil? (Incerteza)

29. Até 2045, a regulamentação da IA, que avança no Brasil, será capaz de impedir seu uso de forma criminosa, resguardando a privacidade das pessoas, direitos autorais, dentre outros? (Incerteza)

30. Até 2045, quais serão as competências que serão demandadas para o exercício das novas profissões que irão surgir baseadas em alta tecnologia? (Incerteza)

31. O Brasil se tornará um grande provedor de soluções no campo da IA, ou se manterá como consumidores de soluções internacionais? (Incerteza)

32. Aumento na velocidade de processamento. (Tendência)

33. Até 2025, teremos computadores quânticos com 4.158-qubits ampliando o acesso e a escala aos benefícios reais dessa tecnologia. (Surpresa inevitável)

34. A “criptografia pós-quântica” estará disponível no Brasil até 2045? (Incerteza)

35. Ascensão da *CLOUD computing* soberana. (Surpresa inevitável)

36. Espera-se a adoção generalizada de Plataformas em CLOUD da Indústria (ICPs) até 2027. (Surpresa inevitável)

37. Em 2027, mais de 50% das empresas usarão plataformas em CLOUD para acelerar os negócios, com oferta de soluções digitais específicas para diferentes setores da economia. (Surpresa inevitável)

38. Aumento exponencial da quantidade de dispositivos IoT. (Surpresa inevitável)

39. Até 2045, haverá uma adoção generalizada de *edge computing*, permitindo o processamento de dados próximo à fonte, reduzindo a carga nas redes e melhorando a eficiência global. (Surpresa inevitável)

40. Até 2045, a computação em borda facilitará o processamento e a tomada de decisões em tempo real, reduzindo a latência e aprimorando o desempenho das aplicações de IA. (Surpresa inevitável)

41. Crescimento da demanda por computação em tempo real. (Tendência)

42. Até 2045, haverá a otimização do consumo de energia e redução da pegada de carbono, viabilizando soluções verdes nas áreas de TICs? (Incerteza)

43. Até 2045, o Brasil irá dispor de infraestrutura que permita a utilização plena do *edge computing*? (Incerteza)

44. Crescimento da virtualização de infraestrutura, produtos e serviços por meio das TICs até 2045. (Tendência)

45. Crescimento da substituição da aquisição de produtos de TICs por serviços no modelo “*everything as a service* – XaaS”. (Tendência)

46. Virtualização da economia. (Tendência)

47. Crescimento da utilização da realidade virtual, realidade aumentada e realidade estendida, mesclando realidades. (Tendência)
48. Espera-se, para a próxima década, uma fusão cada vez mais profunda dos domínios físico e digital com os avanços e ampliação do uso de aplicativos em realidade aumentada (AR) e realidade virtual (VR). Essas tecnologias atingirão um nível sem precedentes de imersão e realismo. (Surpresa inevitável)
49. Espera-se o uso crescente da realidade virtual e realidade aumentada na transformação de experiências do consumidor, no marketing, na educação e treinamento, na saúde além do seu conhecido uso no campo do entretenimento. (Surpresa inevitável)
50. A força de trabalho conectada aumentada (ACWF) otimizará o valor dos trabalhadores humanos em ambientes cada vez mais digitais. (Surpresa inevitável)
51. O uso da realidade estendida (XR) desempenhará um papel central na inovação e na transformação de diversas áreas. (Surpresa inevitável).
52. O Brasil será consumidor ou desenvolvedor das tecnologias de realidade aumentada (AR) e de realidade virtual (VR) até 2045? (Incerteza)
53. Crescimento do uso dos dispositivos autônomos. (Tendência)
54. Drones, carros autônomos, robôs avançados e outras inovações tecnológicas permanecerão redefinindo a logística, o transporte pessoal e diversos setores da economia. (Tendência).
55. Até 2045, a mobilidade elétrica e os veículos autônomos deverão emergir nos próximos anos como protagonistas na transformação do transporte, visando não apenas a redução de emissões, mas também a remodelação da eficiência e segurança. (Surpresa inevitável).
56. Até 2045, o Brasil possuirá legislação e infraestrutura que permita a utilização de carros autônomos nas cidades. (Incerteza)
57. Uso crescente de robôs autônomos na indústria e no setor de serviços. (Tendência).
58. Até 2045, o Brasil será produtor de robôs autônomos para o setor de serviços, ou mesmo se tal tecnologia será amplamente utilizada por esse setor? (Incerteza)
59. Ampliação das modalidades e do uso de drones no Brasil, que desempenharão funções cada vez mais diversas, indo além das expectativas iniciais. (Tendência)
60. Agência Nacional de Aviação (ANAC) regulamenta voo de drones no Brasil. (Fato portador de futuro)
61. Crescimento das preocupações e dos investimentos na prevenção de ataques cibernéticos. (Tendência)
62. Crescimento do número e da complexidade dos ataques cibernéticos. (Tendência).
63. Até 2045, os avanços em inteligência artificial (IA) e *machine learning* (ML) poderão reduzir os riscos de ataques cibernéticos, ao prever e prevenir ataques antes que eles causem danos. (Surpresa inevitável),
64. Ampliação do mercado para os analistas de segurança cibernética; testador de intrusão; engenheiro de se-

gurança; arquiteto de segurança; engenheiro de segurança e analista de segurança de rede, *hacker* ético; analista de *malware* nas próximas décadas (Tendência).

65. Até 2045, o *blockchain* crescerá em importância e passará a influenciar positivamente transações digitais, gestão da cadeia de suprimentos, saúde, propriedade intelectual e proteção de dados pessoais, tornando-se uma tecnologia cada vez mais predominante. (Surpresa inevitável)

66. O *blockchain* proporcionará uma revolução na rastreabilidade e eficiência, eliminando intermediários e aumentando a confiança nas transações. (Surpresa inevitável)

67. Até 2045, a tecnologia *blockchain* irá emergir como uma ferramenta essencial na proteção de dados pessoais, oferecendo uma abordagem transparente e segura para gerenciar identidades digitais. (Surpresa inevitável).

68. Até 2045, o Brasil será capaz de garantir níveis mínimos de segurança de informações e comunicações. (Incerteza)

69. Aceleração do processo de transformação digital. (Tendência)

70. Até 2045, os setores industriais e de varejo obterão um aumento de eficiência, redução de custos, fruto de diagnósticos mais precisos e melhor experiência do usuário, fruto dos investimentos da transformação digital. (Surpresa inevitável)

71. Até 2045, haverá melhoria na infraestrutura, na segurança e na regulamentação dos usos dos dados e manutenção da privacidade dos indivíduos no Brasil. (Incerteza)

72. A tecnologia se tornará verde. (Surpresa inevitável)

73. Até 2045, espera-se o aumento significativo de investimentos em soluções digitais voltadas para resultados ambientais, sociais e de governança (ESG) até 2045, em especial os voltados para a redução do consumo de energia. (Surpresa inevitável)

74. Até 2045, espera-se o crescimento dos investimentos no uso de fontes de energia renovável para *data centers* e esforços para tornar dispositivos eletrônicos mais eficientes e recicláveis nas próximas décadas. (Surpresa inevitável).

75. Até 2045, a contribuição da tecnologia na promoção da sustentabilidade incluirá o uso de redes inteligentes, *blockchain* e inteligência artificial. (Surpresa inevitável)

76. Espera-se o crescimento das “*Green Tech*”. (Surpresa inevitável).

77. Até 2045, no Brasil haverá o surgimento e o crescimento de “*Green Tech*” nacionais? (Surpresa inevitável)

78. Aumento da desigualdade, com pessoas e regiões com acesso limitado à internet e às tecnologias e serviços digitais, ficando ainda mais excluídas no Brasil. (Tendência)

79. Crescente concentração de poder nas grandes plataformas digitais no mundo. (Tendência)

80. Até 2045, haverá redução do nível de concorrência nos mercados ao ponto de causar impactos negativos na inovação, coesão social e na própria autoridade das instituições públicas democráticas? (Incerteza)

10 Conclusão

O estudo identificou 81 sementes de futuro, sendo 25 tendências, 36 surpresas inevitáveis, 19 incertezas e um fato portador de futuro, revelando a dinâmica complexa do avanço tecnológico no Brasil até 2045. As tendências e incertezas apontadas pelas sementes de futuro fornecem um guia estratégico para a tomada de decisão e formulação de políticas públicas e estratégias para organizações públicas e privadas no contexto da automação inteligente e transformação digital no Brasil.

A pesquisa contribui para a ciência propondo uma metodologia que permite o aprofundamento da análise prospectiva no campo da automação inteligente e da transformação digital no Brasil. A metodologia qualitativa utilizada, combina levantamento de percepções de *experts* a respeito do futuro com levantamento de dados e fatos, seguido de análise das sementes de futuro identificadas, oferece uma estrutura robusta para a identificação e análise de tendências, surpresas inevitáveis e incertezas, preenchendo uma lacuna na literatura e oferecendo insights acionáveis para a formulação de políticas públicas e estratégias para organizações públicas e privadas.

Para as organizações, o estudo destaca a importância da gestão estratégica da tecnologia, com foco em planejamento e tomada de decisão ágeis e flexíveis, para se adaptar às transformações tecnológicas e às incertezas do futuro. As organizações devem se preparar para os desafios e oportunidades da automação inteligente e transformação digital, investindo em infraestrutura, segurança cibernética, tecnologias verdes e desenvolvimento de talentos, a fim de garantir a competitividade e sustentabilidade a longo prazo.

Este estudo aprofunda a compreensão das implicações da automação inteligente e da transformação digital no Brasil, delineando um caminho para o desenvolvimento tecnológico e social do país até 2045. A análise prospectiva dessas questões, com base em um conjunto abrangente de 81 sementes de futuro identificadas, oferece uma visão estratégica do que moldará o futuro do país, contribuindo com a tomada de decisão e a formulação de políticas públicas e estratégias para organizações públicas e privadas.

Em suma, o estudo contribui significativamente para a construção de um futuro mais conectado, inteligente e sustentável para o Brasil, ao analisar as tendências e desafios da automação inteligente e transformação digital até 2045. A pesquisa oferece *insights* relevantes para a formulação de políticas públicas e estratégias para organizações públicas e privadas, visando impulsionar o desenvolvimento tecnológico e social do país, e destaca a importância da adaptação e da formulação estratégicas para enfrentar as incertezas e oportunidades do futuro das tecnologias emergentes, foco do estudo.

Referências

- Lee, Kai-fu; Qiufan, Chen. **2041**: como a inteligência artificial vai mudar sua vida nas próximas décadas. Rio de Janeiro, GloboLivros, 2022.
- McKinsey. **Notes from the AI frontier**: modeling the impact of AI on the world economy. Discussion Paper. McKinsey Global Institute, set. 2018.
- Marcial, E. C.; Menezes, J. T. M. **As 10 principais tendências tecnológicas que prometem revolucionar 2024**. Brasília: SocialPort, 2023. Disponível em: <https://socialport.com.br/as-10-principais-tendencias-tecnologicas-que-prometem-revolucionar-2024/>
- Marcial, E. C. et al. **Brasil 2035**: Cenários para o desenvolvimento. Brasília: Ipea/Embrapa, 2017.
- Marcial, E. C. **Análise estratégica**: Estudos de futuro no contexto da Inteligência Competitiva. v.2. Brasília: Thesaurus, 2011.

Intelligent automation, digital transformation and its transformations in Brazil up to 2045

Resumo O artigo investiga o futuro da automação inteligente e da transformação digital no Brasil até 2045, destacando questões éticas, os impactos no mercado de trabalho e no meio ambiente. O objetivo foi identificar e analisar sementes de futuro associadas ao tema, por meio de abordagem qualitativa, combinando o levantamento de percepções de expert brasileiro a respeito do futuro e revisão bibliográfica para a compreensão e elaboração de justificativas. Foram identificadas 81 sementes de futuro, sendo 25 tendências, 36 surpresas inevitáveis, 19 incertezas e 1 fato portador de futuro. O estudo revela um futuro complexo e dinâmico para a automação inteligente e a transformação digital no Brasil, repleto de desafios. A análise prospectiva contribui para a formulação de políticas e estratégias, tanto para o setor público quanto privado, e para a construção de um futuro mais conectado, inteligente e sustentável para o Brasil.

Palavras-chave: Automação inteligente. Transformação digital. Brasil. Sementes de futuro. Prospectiva.

Abstract: The article investigates the future of intelligent automation and digital transformation in Brazil until 2045, highlighting ethical issues and impacts on the labor market and the environment. The goal was to identify and analyze future seeds associated with the topic through a qualitative approach, combining the survey of perceptions of Brazilian experts regarding the future and a bibliographic review to understand and elaborate justifications. Eighty-one future seeds were identified, including 25 trends, 36 inevitable surprises, 19 uncertainties, and one future-bearing fact. The study reveals a complex and dynamic future for intelligent automation and digital transformation in Brazil, which is full of challenges. The prospective analysis contributes to formulating policies and strategies for the public and private sectors and constructing Brazil's more connected, intelligent, and sustainable future.

Keywords: Intelligent automation. Digital transformation. Brazil. Future Seeds. Foresight.