

O cenário atual de desenvolvimento da Inteligência Artificial no Brasil

Mapeamento dos centros de Inteligência Artificial no Brasil: iniciativas, ações e projetos

Por Rodrigo Brandão

Atualmente, diferentes países e territórios têm fomentado o desenvolvimento da Inteligência Artificial (IA), guiados pelo entendimento de que essa tecnologia é um ativo valioso no enfrentamento de desafios domésticos, na aceleração do crescimento econômico e na consolidação de posições geopolíticas estratégicas. No caso brasileiro, uma das principais iniciativas com esse fim é a criação de Centros de Pesquisa em Engenharia/Centros de Pesquisa Aplicada (CPE/CPA)¹ em IA pela Fundação de

Amparo à Pesquisa de São Paulo (Fapesp), sobretudo no âmbito de uma colaboração firmada com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Ministério das Comunicações (MC) e o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br). Neste artigo, são mapeados os CPE/CPA em IA existentes no país, seu contexto de criação e sua situação atual, e apontados os desafios enfrentados para se consolidarem institucionalmente.

Contexto institucional

Atualmente em processo de revisão, a Estratégia Brasileira de IA (EBIA)² prevê – em sua formulação original – um conjunto de 73 ações estratégicas voltadas ao desenvolvimento da IA no Brasil, divididas entre eixos verticais e horizontais (Figura 1). A implementação dessas ações é responsabilidade do EBIA, que conta com o auxílio de nove subcomitês temáticos.

¹ Saiba mais: <https://bv.fapesp.br/pt/604/centros-de-pesquisa-em-engenharia/>

² A EBIA foi instituída pela Portaria MCTI n. 4.617, de 6 de abril de 2021, alterada pela Portaria MCTI n. 4.979, de 13 de julho de 2021. Em dezembro de 2023, o MCTI deu início a um processo de revisão da EBIA, o qual deve ser concluído até maio de 2024 (MCTI, 2023).

Foto: Arquivo pessoal



Rodrigo Brandão

Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br|NIC.br).

Figura 1 – ESTRUTURA GERAL DA EBIA



Fonte: MCTI (s.d.-c).

Ao longo do tempo, o órgão passou a considerar como prioritárias algumas das 73 ações estratégicas, com o objetivo de afunilar o foco de cada eixo. Em alguns casos, a alteração foi significativa. Exemplo disso é o Eixo 2 (“Governança da IA”). De suas 15 ações estratégicas, optou-se pela priorização de uma, qual seja, “Criar um observatório de Inteligência Artificial no Brasil, que possa se conectar a outros observatórios internacionais”³ (MCTI, s.d.-a). No Eixo 6 (“PD&I e Empreendedorismo”), as sete ações estratégicas iniciais foram reorganizadas em torno de três iniciativas prioritárias, as quais, para serem concretizadas, dependem, direta ou indiretamente, da criação de CPE/CPA em IA.

Características gerais dos centros

Um dos programas da Fapesp é a criação de CPE/CPA, que funciona por chamadas. Inspirados pelos programas Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPID) e Pesquisa em Parceria para Inovação Tecnológica (PITE) – ambos da própria Fapesp –, os CPE/CPA buscam criar aproximações entre empresas e instituições de pesquisa. A expectativa do programa é que as empresas não apenas cofinanciem pesquisas, mas também auxiliem na definição de temas focais a serem investigados, participem ativamente das atividades investigativas e utilizem os resultados obtidos (Fapesp, s.d.-a). Desse modo, a instituição consegue financiar a produção de conhecimentos voltados à resolução de desafios específicos.

³ A implementação desta iniciativa é abordada nesta edição do Panorama Setorial da Internet (PSI), em entrevista concedida por Luiz Alexandre Reali Costa, gerente do Observatório Brasileiro de Inteligência Artificial (OBIA).

Em 2019, a Fapesp divulgou os editais *Centro de Pesquisa de Engenharia em Inteligência Artificial IBM-Fapesp*⁴, em parceria com a International Business Machines Corporation (IBM) (Fapesp, 2019a), e *Chamada de Propostas Fapesp – MCTIC – CGI.br para Centros de Pesquisas Aplicadas em Inteligência Artificial*⁵. O primeiro deles culminou na criação do Centro de Inteligência Artificial (C4AI), sediado pela Universidade de São Paulo (USP). O segundo previa a seleção de quatro propostas, mas seis foram selecionadas, em virtude da qualidade apresentada. Já em 2021, a Fapesp realizou uma segunda chamada em parceria com o MCTI e o CGI.br, a qual contou também com a participação do MC⁶. Assim como na chamada anterior, a quantidade de centros aprovados foi superior à inicialmente prevista: em setembro de 2023, foi anunciada a criação de mais quatro CPE/CPA, em vez de apenas dois como previsto no edital. Logo, o Brasil dispõe, atualmente, de 11 CPE/CPA em IA criados pela Fapesp: um deles em parceria com a IBM, e dez em parceria com MCTI-MC e CGI.br. A entrevista do Professor Fábio Cozman nesta edição do Panorama Setorial da Internet (PSI) traz informações sobre o C4AI USP-Fapesp-IBM. A seguir (Tabela 1), é apresentada uma visão geral dos outros dez centros, a qual é detalhada ao final deste artigo (Seção “Um panorama dos centros”).

Em relação aos centros, quatro observações se fazem necessárias. Primeiramente, muitos foram criados a partir de projetos em andamento; portanto, o enquadramento como CPE/CPA serviu ao fortalecimento institucional e financeiro de esforços de pesquisa previamente existentes. A segunda observação é que, de modo geral, o financiamento dos centros selecionados em 2021 teve início em 2023. Os centros selecionados em 2023, por sua vez, ainda estão se estruturando como CPE/CPA. Em terceiro lugar, dos dez centros, seis estão na região Sudeste e quatro na região Nordeste. Por fim, “indústria” e “saúde” são as áreas focais da maioria dos centros; também são abordados os temas “cidades”, “agropecuária” e “segurança cibernética”.

Os editais foram definidos a partir do estado da arte da IA no Brasil e no mundo. Na sequência, reúnem-se alguns dados referentes a cinco preocupações presentes nos três documentos: (a) ampliação dos investimentos públicos em IA; (b) internacionalização da produção brasileira; (c) desconcentração geográfica da pesquisa nacional sobre IA; (d) disseminação dessa tecnologia; e (e) formação de mão de obra.

(...) o Brasil dispõe, atualmente, de 11 CPE/CPA em IA criados pela Fapesp: um deles em parceria com a IBM, e dez em parceria com MCTI-MC e CGI.br.

⁴ Saiba mais: <https://fapesp.br/12504/centro-de-pesquisa-de-engenharia-em-inteligencia-artificial-ibm-fapesp>

⁵ Saiba mais: https://fapesp.br/cpe/chamada_de_propostas_fapesp_%E2%80%93_mctic_-_cgi.br_para_centros_de_pesquisas_aplicadas_em_inteligencia_artificial/20-e

⁶ Saiba mais: <https://fapesp.br/15116/chamada-de-propostas-fapesp-mcti-mc-cgibr-para-centros-de-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial-cpas-ia-2021>

Tabela 1 – VISÃO GERAL DOS CPE/CPA EM IA FAPESP-MCTI-MC-CGI.BR

| Ano da seleção | Centro | Instituição-sede | Áreas focais |
|----------------|---|---|---------------------------------|
| 2021 | Inteligência Artificial Recriando Ambientes (IARA) ⁷ | Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da USP | Cidades |
| 2021 | Brazilian Institute of Data Science (BIOS) ⁸ | Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) | Saúde e Agropecuária |
| 2021 | Centro de Excelência em Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial para a Indústria ⁹ | Faculdade de Tecnologia do Centro Universitário SENAI CIMATEC | Indústria |
| 2021 | Centro de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial para a Evolução das Indústrias para o Padrão 4.0 ¹⁰ | Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do Estado de São Paulo | Indústria |
| 2021 | Centro de Inovação em Inteligência Artificial para a Saúde (CIA-Saúde) ¹¹ | Instituto de Ciências Exatas (ICEx) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) | Saúde |
| 2021 | Centro de Referência em Inteligência Artificial (CEREIA) ¹² | Reitoria da Universidade Federal do Ceará (UFC) | Saúde |
| 2023 | Centro de Pesquisa em Engenharia Ciência de Dados para a Indústria Inteligente (CDI2) | ICMC-USP; Instituto de Computação (IC) da Unicamp; Departamento de Computação da Universidade Estadual Paulista (Unesp), em Bauru; e Instituto Avançado para Inteligência Artificial (AI2) da Unesp | Indústria (formação) |
| 2023 | Centro de Excelência em Inteligência Artificial para Energias Renováveis | Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) | Indústria (energias renováveis) |
| 2023 | Centro de Excelência em Inteligência Artificial para Segurança Cibernética | Centro de Informática (CIn) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) | Segurança cibernética |
| 2023 | Pesquisa Realmente Aplicada em Inteligência Artificial: educação para a 4ª revolução industrial (PRAIA Educação) | Cin-UFPE | Indústria (formação) |

Fonte: Elaboração própria, com base em MCTI (s.d.-b) e Agência Fapesp (2023).

⁷ Saiba mais: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/111390/iara-inteligencia-artificial-recriando-ambientes/>

⁸ Saiba mais: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/109243/bi0s-brazilian-institute-of-data-science/>

⁹ Saiba mais: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/111046/centro-de-excelencia-em-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial-para-a-industria/>

¹⁰ Saiba mais: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/110902/centro-de-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial-para-a-evolucao-das-industrias-para-o-padrao-/>

¹¹ Saiba mais: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/110077/centro-de-inovacao-em-inteligencia-artificial-para-a-saude-cia-saude/>

¹² Saiba mais: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/109947/cereia-centro-de-referencia-em-inteligencia-artificial/>

Em relação ao primeiro tópico, cabe apontar que, em conjunto, os 11 CPE/CPA em IA envolverão um investimento público e privado de, aproximadamente, R\$ 240 milhões em dez anos (R\$ 4 milhões anuais no C4AI, excluídas as contribuições da USP; e cerca de R\$ 2 milhões em cada um dos dez CPE/CPA Fapesp-MCTI-MC-CGI.br, excluídas as contribuições de cada uma das instituições-sede). À título de comparação, os Estados Unidos pretendem investir, até 2025, US\$ 360 milhões na criação de 18 centros de IA distribuídos entre 40 Estados (National Science Foundation [NSF], 2021), enquanto o Canadá dedicou C\$ 125 milhões para a criação ou para o fortalecimento de três centros (Canada Newswire [CNW], 2017). A Austrália deve investir quase 54 milhões de dólares australianos na criação de seu “National Artificial Intelligence (AI) Centre”, que será acompanhado por quatro “Digital and AI Capability Centres” (Governo Australiano, 2021), ao passo que a França anunciou, para o período 2019-2023, investimentos de € 225 milhões em quatro centros semelhantes aos brasileiros (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico [OCDE], s.d.).

Os recursos destinados aos CPE/CPA podem ajudar a ampliar a produção brasileira em IA, contribuindo para que o país se mantenha entre os 20 países ou territórios com maior volume de publicações acadêmicas na área. O Brasil foi parte desse grupo nos períodos de 2014-2018 e 2019-2023 (Tabela 2 e 3)¹³. A comparação entre os dois períodos analisados sugere, no entanto, que o “fôlego” da pesquisa nacional em IA diminuiu em comparação com outros países ou territórios, ainda que – em números absolutos – ele tenha aumentado. Já a exigência dos editais para que os CPE/CPA tenham conexões internacionais pode tornar a produção brasileira mais estratégica no plano global. Entre 2019 e 2023, o Brasil esteve longe dos países que mais apresentaram artigos científicos em uma das principais conferências acadêmicas sobre IA, a Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI) Conference on Artificial Intelligence (Tabela 4).

(...) os 11 CPE/CPA em IA envolverão um investimento público e privado de, aproximadamente, R\$ 240 milhões em dez anos (...).

¹³ As Tabelas 2, 3, 4 e 5 foram construídas a partir da base de dados Scopus, pertencente à Elsevier. A busca utilizou os seguintes parâmetros: (a) título, resumo, palavras-chave (“artificial intelligence”); (b) ano (“2019”, “2020”, “2021”, “2022”, “2023”); (c) estágio da publicação (“final”); e (d) tipos de documento (“conference paper”, “article”, “review”). Mais precisamente, foram utilizados os seguintes parâmetros em “Busca Avançada”: TITLE-ABS-KEY (“artificial intelligence”) AND PUBYEAR > 1990 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE, “final”)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, “cp”) OR LIMIT-TO (DOCTYPE, “ar”) OR LIMIT-TO (DOCTYPE, “re”))

Tabela 2 – QUANTIDADE DE DOCUMENTOS SOBRE IA, POR PAÍS OU TERRITÓRIO¹⁴ (2014-2018)

| Posição | País ou território | Quantidade de documentos |
|-----------|--------------------|--------------------------|
| 1 | Estados Unidos | 20.973 |
| 2 | China | 17.456 |
| 3 | Índia | 9.378 |
| 4 | Reino Unido | 6.854 |
| 5 | Alemanha | 5.339 |
| 6 | França | 4.345 |
| 7 | Japão | 4.310 |
| 8 | Itália | 4.048 |
| 9 | Espanha | 4.015 |
| 10 | Canadá | 3.615 |
| 11 | Austrália | 3.187 |
| 12 | Coreia do Sul | 2.343 |
| 13 | Brasil | 2.202 |
| 14 | Polônia | 2.113 |
| 15 | Rússia | 1.751 |
| 16 | Países Baixos | 1.730 |
| 17 | Taiwan | 1.665 |
| 18 | Irã | 1.637 |
| 19 | Turquia | 1.523 |
| 20 | Portugal | 1.333 |

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Scopus (Elsevier) (<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>), consulta realizada no dia 13 de março de 2024.

¹⁴ Um documento científico pode estar ligado a mais de um país.

Tabela 3 – QUANTIDADE DE DOCUMENTOS SOBRE IA, POR PAÍS OU TERRITÓRIO (2019-2023)

| Posição | País ou território | Quantidade de documentos |
|---------|--------------------|--------------------------|
| 1 | China | 49.791 |
| 2 | Estados Unidos | 33.298 |
| 3 | Índia | 20.449 |
| 4 | Reino Unido | 12.257 |
| 5 | Alemanha | 10.878 |
| 6 | Itália | 9.105 |
| 7 | Canadá | 6.544 |
| 8 | Coreia do Sul | 6.440 |
| 9 | Espanha | 6.174 |
| 10 | França | 5.932 |
| 11 | Austrália | 5.854 |
| 12 | Japão | 5.332 |
| 13 | Rússia | 4.827 |
| 14 | Arábia Saudita | 4.270 |
| 15 | Países Baixos | 3.693 |
| 16 | Taiwan | 3.564 |
| 17 | Brasil | 3.367 |
| 18 | Turquia | 3.296 |
| 19 | Irã | 2.858 |
| 20 | Malásia | 2.813 |

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Scopus (Elsevier) (<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>), consulta realizada no dia 13 de março de 2024.

Tabela 4 – QUANTIDADE DE DOCUMENTOS NA AAAI, POR PAÍS OU TERRITÓRIO (2019-2023)

| Posição | País ou território | Quantidade de documentos |
|-----------|--------------------|--------------------------|
| 1 | China | 1.994 |
| 2 | Estados Unidos | 1.649 |
| 3 | Reino Unido | 308 |
| 4 | Austrália | 251 |
| 5 | Singapore | 233 |
| 6 | Alemanha | 210 |
| 7 | Hong Kong | 200 |
| 8 | Canadá | 196 |
| 9 | Índia | 170 |
| 10 | Japão | 154 |
| 11 | Coreia do Sul | 154 |
| 12 | Itália | 119 |
| 13 | França | 105 |
| 14 | Israel | 104 |
| 15 | Suíça | 73 |
| 16 | Áustria | 61 |
| 17 | Taiwan | 50 |
| 18 | Países Baixos | 47 |
| 19 | Polônia | 41 |
| 20 | República Checa | 35 |
| (...) | | |
| 30 | Brasil | 17 |

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Scopus (Elsevier) (<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>), consulta realizada no dia 8 de março de 2024.

A preocupação dos editais Fapesp-MCTI-MC-CGI.br em criar centros em diferentes estados pode contribuir para a desconcentração geográfica da produção acadêmica, e, conseqüentemente, para a formação de polos de articulação acadêmica em diferentes regiões do país. O volume da produção brasileira recente sobre IA tem sido liderado por um conjunto de universidades paulistas (Tabela 5).

Tabela 5 – QUANTIDADE DE DOCUMENTOS SOBRE IA, POR INSTITUIÇÃO DO BRASIL¹⁵ (2019-2023)

| Instituição | Quantidade de documentos |
|--|--------------------------|
| Universidade de São Paulo | 479 |
| Universidade Estadual de Campinas | 195 |
| Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho | 141 |
| Universidade Federal do Rio Grande do Sul | 134 |
| Universidade Federal de Minas Gerais | 134 |
| Universidade Federal do Rio de Janeiro | 131 |
| Universidade Federal de Pernambuco | 128 |
| Universidade Federal de São Paulo | 118 |
| Universidade de Brasília | 111 |
| Universidade Federal do Paraná | 87 |
| Universidade Tecnológica Federal do Paraná | 87 |
| Universidade Federal Fluminense | 86 |
| Universidade Federal de Santa Catarina | 82 |
| Universidade Federal do Ceará | 81 |
| Universidade Federal de Goiás | 72 |

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Scopus (Elsevier) (<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>), consulta realizada no dia 7 de março de 2024.

Sobre a geração de *startups* ou *spin-offs* que incorporam resultados de pesquisas desenvolvidas pelos CPE/CPA em seus produtos ou serviços, faz-se oportuno notar que o Brasil carece de indicadores sobre a difusão social e econômica da IA. Algumas pistas desse fenômeno podem ser encontradas em pesquisas realizadas pelo Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), um departamento do Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br), ligado ao CGI.br¹⁶.

¹⁵ Um documento científico pode pertencer a mais de uma instituição.

¹⁶ Em edições recentes, as pesquisas TIC Empresas, TIC Governo Eletrônico e TIC Saúde trouxeram informações sobre a adoção de tecnologias de IA, respectivamente, por empresas, órgãos públicos, e estabelecimentos de saúde. A TIC Educação, por sua vez, tem apresentado dados sobre atividades de ensino referentes ao desenvolvimento responsável e ético de diferentes tecnologias, como a IA. Alguns desses dados estão reunidos na seção “Tire suas Dúvidas” desta edição do PSI.

(...) a preocupação com a formação de mão de obra especializada em IA (...) encontra eco no baixo número de graduados e de doutores em ciência da computação e engenharia da computação no Brasil, frente ao número exibido por outros países.

Por fim, a preocupação com a formação de mão de obra especializada em IA – seja para desenvolvê-la, seja para utilizá-la – encontra eco no baixo número de graduados e de doutores em ciência da computação e engenharia da computação no Brasil, frente ao número exibido por outros países. Conforme registrado no documento *Recomendações para o avanço da inteligência artificial no Brasil* (preparado pela Academia Brasileira de Ciências [ABC] e republicado nesta edição do PSI), dados de 2019 da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) apontam que “o número de doutores formados anualmente em computação ficou abaixo de 400 em 2016, e não se espera que tenha aumentado durante a pandemia de Covid-19” (ABC, 2023). Nos Estados Unidos, em contrapartida, o número de doutores formados nessas duas áreas tem se mantido em torno de 1.800 nos últimos 11 anos, sendo que, neste período, a quantidade de doutores especializados em IA saltou de 10% para 19%.

Um panorama dos centros

Nesta seção, apresenta-se um breve perfil de cada um dos CPE/CPA selecionados nas duas chamadas Fapesp-MCTI-MC-CGI.br, destacando o principal objetivo e as linhas de pesquisa de cada um deles. Para levantar essas informações, recorreu-se, entre fevereiro e março de 2024, aos pesquisadores responsáveis pelos centros. Os perfis a seguir foram constituídos a partir de adaptações de redação das respostas recebidas. Em alguns casos, contudo, a consulta a essas figuras não foi possível. Por essa razão, recorreu-se a informações disponíveis na Internet¹⁷.

Box 1 – IARA¹⁸

Informações gerais

- **Áreas do conhecimento:** Ciências Exatas e da Terra; Ciência da Computação; Metodologia e Técnicas da Computação
- **Assunto(s):** aprendizado computacional; cidades inteligentes; IA; Internet das Coisas
- **Pesquisador responsável:** André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho
- **Instituição sede:** ICMC-USP
- **Município/estado:** São Carlos/São Paulo

À época da primeira chamada Fapesp-MCTI-MC-CGI.br, um projeto apoiado pelo programa Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPID), o Centro de Ciências Matemáticas Aplicadas à Indústria (CeMEAI), procurava criar uma

¹⁷ Cabe notar ainda que a Biblioteca Virtual da Fapesp tem uma página dedicada a cada um dos seis CPE/CPA selecionados em 2021.

¹⁸ Saiba mais: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/111390/iara-inteligencia-artificial-recriando-ambientes/>

rede de cidades inteligentes, tendo a cidade de Canaã dos Carajás (Pará) como ponto de partida. O anúncio da criação dos CPE/CPA em IA serviu como oportunidade para integrar os esforços científicos feitos nessa seara às pesquisas de um grupo de pesquisadores em IA que trabalhavam com diferentes aplicações, grande parte com contribuições sociais. Dessa soma, nasceu o centro IARA, com a missão de transformar ambientes, em diferentes patamares tecnológicos e sociais, por meio de ferramentas tecnológicas aliadas a políticas sociais, para que ofereçam melhores serviços para sua população. Essa transformação procura atender aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidas pela Organização das Nações Unidas (ONU), fazendo com que esses ambientes se tornem locais nos quais serviços são disponibilizados de forma eficiente e eficaz.

Guiado por essa missão, o centro IARA assumiu como principal objetivo gerar pesquisa e soluções aplicadas baseadas em IA para não apenas transformar cidades convencionais em cidades inteligentes, mas também para que cidades inteligentes se aprimorem continuamente, melhorando a qualidade de vida de seus habitantes. O professor André Ponce de Leon observa que a consecução desse objetivo depende do cumprimento de objetivos específicos, como a realização de pesquisas básicas que servirão de apoio para as pesquisas aplicadas e o desenvolvimento de ferramentas computacionais para implementação das aplicações demandadas a fim de tornar os ambientes urbanos inteligentes. Para o cumprimento desses objetivos, o centro explora duas linhas de pesquisa ligadas a cidades: (a) infraestrutura, que abarca água e saneamento, energia, meio ambiente, mobilidade e telecomunicações; e (b) aplicações, que compreende agricultura, cultura, desenvolvimento social, educação, esportes e lazer, saúde, segurança e turismo.

Além de contribuir para o avanço das pesquisas sobre cidades inteligentes, o centro pretende atingir outros quatro resultados nos próximos cinco anos: (a) atender a pelo menos 20 cidades brasileiras; (b) ter a Plataforma inteli.gente, ferramenta digital disponibilizada pelo MCTI, apoiando políticas públicas nas cidades brasileiras; (c) desenvolver pelo menos 40 projetos com as empresas que participam do centro; e (d) formar pelo menos 100 novos pesquisadores no tema.

Box 2 – BIOS¹⁹

Informações gerais

- **Áreas do conhecimento:** interdisciplinar
- **Assunto(s):** IA; aprendizado computacional; processamento de imagens; agricultura de precisão; obstetrícia; saúde da mulher; institutos de pesquisa
- **Pesquisador responsável:** João Marcos Travassos Romano
- **Instituição sede:** FEEC-UNICAMP
- **Município/estado:** Campinas/São Paulo

¹⁹ Saiba mais: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/109243/bi0s-brazilian-institute-of-data-science/>

O BIOS aspira a ser um líder na transformação digital do país, contribuindo para a expansão da fronteira aplicada da IA e fomentando uma cultura de dados nas organizações brasileiras, com capacitação e geração de negócios de alto valor agregado. Para cumprir essa missão, o centro aposta no desenvolvimento de trabalhos em duas linhas de pesquisa: saúde (trilha focal) e agropecuária (trilha secundária).

O professor João Marcos Travassos Romano observa que, na trilha saúde, o foco de atuação ocorrerá no enfrentamento de problemas associados à saúde da mulher nos diversos momentos de seu ciclo de vida. Em uma primeira etapa, os principais problemas abordados serão relacionados à mortalidade materna e neonatal e à mortalidade precoce de mulheres por doenças preveníveis e potencialmente curáveis, como o câncer de colo e câncer de mama. Na trilha agro, o objetivo principal é ampliar a disponibilidade e a qualidade de informações úteis para a tomada de decisões na agropecuária, tanto em escala local como regional, ou mesmo global, com soluções para a agricultura de precisão, abordando também problemas como os impactos das mudanças climáticas.

O BIOS conta ainda com uma trilha de método, cujo objetivo é subsidiar as frentes de aplicação com ferramentas de IA, além de abordar questões caras à sociedade no que diz respeito ao uso adequado e ético das ferramentas de IA. Finalmente, cabe destacar que a atuação em duas trilhas temáticas posiciona o BIOS como um centro capaz de abordar problemas transversais de grande interesse atual, que estão na fronteira entre as trilhas saúde e agro, como as relações entre uma determinada estratégia de cultivo e seus efeitos na saúde humana.

Box 3 – CENTRO DE EXCELÊNCIA EM PESQUISA APLICADA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA A INDÚSTRIA²⁰

Informações gerais

- **Áreas do conhecimento:** Ciências Exatas e da Terra; Ciência da Computação
- **Assunto(s):** IA; institutos de pesquisa; pesquisa aplicada; indústrias
- **Pesquisador responsável:** Davidson Martins Moreira
- **Instituição sede:** Faculdade de Tecnologia do Centro Universitário SENAI CIMATEC
- **Município/estado:** Salvador/Bahia

O centro tem como foco o desenvolvimento de uma plataforma digital, aberta e multiusuário de ciência de dados e IA, com foco na solução de problemas de diversas verticais da indústria (I-AI), contribuindo, assim, para o

desenvolvimento, alavancagem e modernização da indústria brasileira, a fim

²⁰ Saiba mais: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/111046/centro-de-excelencia-em-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial-para-a-industria/>

de alcançar os padrões em contínua evolução da Indústria 4.0. Mais precisamente, o centro atuará, de acordo com o professor Davidson Martins Moreira, como facilitador, por identificar e ajudar a construir soluções em IA para as empresas, e a plataforma será o meio para se atingir tal fim. Ele observa ainda que, diferentemente das plataformas proprietárias, esta será apropriada pelo governo brasileiro, permitindo o acesso a micro, pequenas e médias empresas a ferramentas capazes de acelerar seus processos de inovação e manufatura inteligente, podendo também ser incorporada pelas empresas privadas em sua própria infraestrutura de computação.

A plataforma permitirá que suas funcionalidades, seus recursos e sua arquitetura sejam incrementados e expandidos para soluções específicas de maior impacto para cada segmento industrial, ofertando, por exemplo, aplicações nas áreas de: manutenção preditiva para plataformas de petróleo, integração e otimização de processos de plantas produtivas, monitoramento inteligente de minas e barragens, gestão de ativos, digital *twins*, dentre outros. A plataforma também servirá como um agente habilitador de projetos integrados em rede, pois facilitará a pesquisadores, empresas, *startups* e estudantes o acesso aos dados, modelos e ferramentas de aceleração. Por fim, ela permitirá o ganho de escala de aplicações e poderá ser utilizada como ambiente compartilhado para realização de experimentos e treinamentos, fomentando e acelerando a adoção da IA em empresas.

O centro explora oito linhas de pesquisa: visão computacional; processamento de linguagem natural; séries temporais; otimização de processos industriais; processamento na borda (IoT); armazenamento distribuído; reconhecimento de padrões; e virtualização de ambientes industriais. Dentre essas linhas de pesquisa, a plataforma focará, inicialmente, nas que se referirem aos interesses dos parceiros da indústria e da academia que apoiarão o desenvolvimento do centro.

Box 4 – CENTRO DE PESQUISA APLICADA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA A EVOLUÇÃO DAS INDÚSTRIAS PARA O PADRÃO 4.0²¹

Informações gerais

- **Áreas do conhecimento:** interdisciplinar
- **Assunto(s):** robótica; IA; interoperabilidade; controle em tempo real; digital *twin*; indústria 4.0
- **Pesquisador responsável:** Jefferson de Oliveira Gomes
- **Instituição sede:** IPT
- **Município/estado:** São Paulo/São Paulo

O centro explora seis linhas de pesquisa: monitoramento e controle em tem-

²¹ O centro também é conhecido como Plataforma IA_{sm}in – A Evolução da Indústria Brasileira para o Padrão 4.0. Saiba mais: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/110902/centro-de-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial-para-a-evolucao-das-industrias-para-o-padrao/> e <https://plataformaiasmin.org.br/>

po real; digital *twin*; interoperabilidade e integração da cadeia; manutenção prescritiva e operação inteligente; sistemas autônomos, robótica e máquinas-ferramentas; segurança cibernética. A partir do desenvolvimento de projetos nessas frentes, o centro tem como principal objetivo “estruturar uma Plataforma de IA para viabilizar a aceleração e a digitalização da indústria brasileira, por meio da aplicação do estado da arte focado no atendimento das necessidades da indústria, realizando P&D e executando provas de conceito e instalando os conceitos em plantas de demonstração” (Fapesp, s.d.).

Box 5 – CIA-SAÚDE²²

Informações gerais

- **Áreas do conhecimento:** interdisciplinar
- **Assunto(s):** algoritmos; aprendizado computacional; aprendizagem profunda; IA; redes neurais (computação); confiabilidade; modelos; otimização; predição; simulação; usabilidade; diagnóstico; gestão da informação em saúde; epidemias; qualidade de vida
- **Pesquisador responsável:** Virgílio Augusto Fernandes Almeida
- **Instituição sede:** ICEX-UFMG
- **Município/estado:** Belo Horizonte/Minas Gerais

O principal objetivo do centro é pesquisar e desenvolver soluções avançadas de IA,

[...] capazes de auxiliar profissionais de saúde no diagnóstico e tratamento de doenças, e orientar gestores de saúde na programação de ações de prevenção e organização da assistência à saúde. Isso permitirá a otimização dos recursos e melhora da atenção à saúde da população no Brasil. (CIA-Saúde, s.d., para. 1)

Para tanto, o centro desenvolve trabalhos em quatro linhas de pesquisa: ética e valores humanos; modelos e algoritmos; gerenciamento e engenharia de dados; e sistemas computacionais. Atualmente, os pesquisadores ligados ao CIA-Saúde estão envolvidos em pelo menos sete projetos distintos: prevenção de doenças crônicas; telemonitoramento e tecnologias móveis; diagnóstico orientado por IA; medicina personalizada em oncologia; cirurgia guiada por IA; prevenção e mitigação de epidemias; e integração de bases de dados do SUS e saúde suplementar.

²² Saiba mais: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/110077/centro-de-inovacao-em-inteligencia-artificial-para-a-saude-cia-saude/>

Box 6 – CEREIA²³

Informações gerais

- **Áreas do conhecimento:** interdisciplinar
- **Assunto(s):** ciência de dados; IA; transferência de tecnologia; medicina de precisão; assistência médica; tecnologias da saúde; saúde
- **Pesquisador responsável:** José Soares de Andrade Júnior
- **Instituição sede:** Reitoria da UFC
- **Município/estado:** Fortaleza/Ceará

De acordo com o Professor José Soares de Andrade Júnior, o CEREIA tem como objetivo ser o principal centro do Ceará e da região para iniciativas em IA e Ciência de Dados (IA/CD). O projeto começa com um enfoque especial em aplicações de saúde alinhadas às necessidades específicas do mercado e às políticas governamentais estaduais, mas também considera outras aplicações em IA/CD em desenvolvimento na UFC.

Durante os primeiros cinco anos de operação, o CEREIA concentrará suas atividades de pesquisa no uso de IA aplicada à resolução de desafios na área da saúde. Mais precisamente, o centro desenvolve projetos em seis linhas de pesquisa: predição de doenças crônicas; suporte para avaliação de exames radiológicos; engajamento de pacientes em programas de promoção da saúde e prevenção de doenças crônicas; sistema inteligente para monitoramento remoto de pacientes; anamnese assistida por IA; e interface de alta qualidade para ciência de dados em saúde. Vale mencionar que essas frentes de investigação foram definidas em parceria com a Hapvida & NotreDame Intermédica, empresa-parceira do centro.

Box 7 – CDI2²⁴

Informações gerais

- **Pesquisadores principais:** José Alberto Cuminato (USP), Sergio Ferraz Novaes (AI2), João Paulo Papa (Unesp) e Alexandre Xavier Falcão (Unicamp). O grupo trabalhará em parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) de São Paulo
- **Instituições sede:** ICMC-USP, IC-Unicamp, Departamento de Computação da Unesp (Bauru) e AI2 da Unesp

²³ Saiba mais: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/109947/cereia-centro-de-referencia-em-inteligencia-artificial/>

²⁴ Saiba mais: <https://agencia.fapesp.br/fapesp-anuncia-a-criacao-de-quatro-centros-de-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial/44775>

Inspirado pelos trabalhos do CEPID CeMEAI e do AI2, o CDI2 pretende incrementar a formação de recursos humanos em Ciências de Dados e Inteligência Computacional. A missão do centro, por sua vez, é promover a interação entre academia e indústria para aumentar o conteúdo de Ciências de Dados nas indústrias do estado de São Paulo. Nesse contexto, observa o professor José Alberto Cuminato, todas as linhas de pesquisa do CDI2 são relacionadas com a utilização de IA/CD para a solução de problemas da indústria, visando aumentar o conteúdo dessas disciplinas na vida das empresas; para isso, o centro conta com o apoio do SENAI. Os membros do projeto acreditam que, com maior conhecimento interno nas empresas dos benefícios e capacidades das tecnologias da informação, menor será a resistência para sua utilização.

Box 8 – CENTRO DE EXCELÊNCIA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA ENERGIAS RENOVÁVEIS²⁵

Informações gerais

- **Pesquisador responsável:** Alvaro Luiz Gayoso de Azeredo Coutinho
- **Instituição sede:** Coppe-UFRJ

Segundo o professor Alvaro Luiz Gayoso de Azeredo Coutinho, a missão do centro é avançar e implantar ferramentas e processos de IA para a transição energética rumo às energias renováveis e à sustentabilidade, por meio de: avanço e integração de tecnologias para aumentar a geração, armazenamento, distribuição e consumo de energia; colaboração com a indústria na concepção, desenvolvimento e transferência de soluções; e educação e formação profissional em resposta a uma situação em constante mudança no mundo. Os trabalhos do centro serão estruturados em torno de Grupos de Trabalho (GT). O GTO, transversal, emprega tecnologias digitais e IA para aplicações nos grupos de trabalho verticais em energia eólica, solar, fontes de biogás, e hidrogênio (GT1 a GT4). As áreas de aplicação têm diferentes graus de maturidade e diversas demandas por soluções de IA. Um dos desafios do centro é promover progresso consistente de todos os grupos de trabalho no sentido da melhor utilização das tecnologias de IA adequadas aos seus propósitos, buscando sempre a integração do GT e uma ampla gama de colaborações.

²⁵ Saiba mais: <https://agencia.fapesp.br/fapesp-anuncia-a-criacao-de-quatro-centros-de-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial/44775>

Box 9 – CENTRO DE EXCELÊNCIA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA SEGURANÇA CIBERNÉTICA²⁶

Informações gerais

- **Pesquisador responsável:** Teresa Bernarda Ludermir
- **Instituição sede:** CIn-UFPE

O principal objetivo do centro é investigar, propor e monitorar soluções de segurança cibernética envolvendo técnicas de IA, em três linhas de pesquisa: ataque e defesa, aprendizagem adversária, e aplicações ciber físicas (CIn, 2023a).

Box 10 – PRAIA EDUCAÇÃO²⁷

Informações gerais

- **Pesquisador responsável:** Geber Lisboa Ramalho
- **Instituição sede:** CIn-UFPE

Com o apoio do SENAI Nacional, o centro tem como principal objetivo “construir soluções baseadas em IA que ajudem a promover a educação de qualidade, inclusiva e atualizada, além de fortalecer o aprendizado orientado a competências e novos modelos de educação” (CIn, 2023b).

Conclusão

A criação de CPE/CPA em IA ocupa lugar central na formulação atual da EBIA (Seção 1 deste artigo). Por essa razão, é estratégico entender quais obstáculos devem ser superados para que possam ser aprimorados tanto o processo de criação de novos centros quanto o funcionamento dos centros existentes.

Uma das dificuldades mencionadas pelos entrevistados é o volume de recursos para bolsas e experimentos computacionais, o qual não estaria à altura dos investimentos demandados pelo desenvolvimento e pela difusão de sistemas de IA. Nesse sentido, um dos pesquisadores consultados apontou que:

[...] a baixa atratividade do valor das bolsas em relação ao mercado de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) tem limitado a nossa capacidade de reunir talentos adequados para o projeto. Além disso, a impossibilidade de contratar pesquisadores em modalidades que não envolvem bolsas de estudo ou pesquisa dificultou ainda mais a montagem da equipe, pois restringiu nossas opções de recrutamento.

²⁶ Saiba mais: <https://agencia.fapesp.br/fapesp-anuncia-a-criacao-de-quatro-centros-de-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial/44775>

²⁷ Saiba mais: <https://agencia.fapesp.br/fapesp-anuncia-a-criacao-de-quatro-centros-de-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial/44775>

(...) dada a atratividade de empregos na área de TIC fora do universo acadêmico, os recursos disponibilizados por Fapesp-MCTI-MC-CGI.br precisariam ser complementados com financiamentos de outras organizações.

A observação aponta para outros dois obstáculos: operacionalização dos CPE/CPA e obtenção de fontes adicionais de financiamento. Em relação ao primeiro, para um dos entrevistados, as regras e os fluxos do programa da Fapesp – sobretudo o fluxo de contato para dúvidas – podem tornar morosa a criação de centros em IA. Já em relação às fontes adicionais de financiamento, dada a atratividade de empregos na área de TIC fora do universo acadêmico, os recursos disponibilizados por Fapesp-MCTI-MC-CGI.br precisariam ser complementados com financiamentos de outras organizações. Ainda que os editais permitam que essa complementação aconteça, ela seria de difícil execução, segundo os entrevistados. De acordo com alguns deles, essa dificuldade deve-se, ao menos em parte, à falta de conhecimento das empresas sobre como tornar a IA parte de suas atividades de negócio.

Superado esse obstáculo, um outro se coloca: construir alinhamentos sólidos e fluidos entre as várias instituições que compõem os CPE/CPA em IA. Como observa um dos entrevistados:

[...] a natureza do trabalho de pesquisa de um Centro como esse precisa manter a autonomia e a descentralização da operação e, ao mesmo tempo, seguir princípios e diretrizes comuns, e permitir a visão centralizada de informações de resultados e do andamento dos projetos.

A essa dificuldade interna, segue o entrevistado, somam-se duas de natureza externa: a falta de lastro na regulamentação para o uso de IA no Brasil e a revisão da EBIA, que poderá alterar as orientações atuais.

Referências

Academia Brasileira de Ciências. (2023). *Recomendações para o avanço da Inteligência Artificial no Brasil*. <https://www.abc.org.br/wp-content/uploads/2023/11/recomendacoes-para-o-avanco-da-inteligencia-artificial-no-brasil-abc-novembro-2023-GT-IA.pdf>

Agência Fapesp. (2023). *Fapesp anuncia a criação de quatro Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial*. <https://agencia.fapesp.br/fapesp-anuncia-a-criacao-de-quatro-centros-de-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial/44775>

Centro de Inovação em Inteligência Artificial para a Saúde. (s.d.). *Centro de Inovação em Inteligência Artificial para a Saúde*. <https://ciia-saude.dcc.ufmg.br/>

Centro de Informática. (2023a). *Conheça o Centro de Excelência em Inteligência Artificial para Segurança Cibernética sediado no CIn-UFPE*. <https://portal.cin.ufpe.br/2023/09/11/conheca-o-centro-de-excelencia-em-inteligencia-artificial-para-seguranca-cibernetica-sediados-no-cin-ufpe/#:~:text=A%20miss%C3%A3o%20da%20equipe%20%C3%A9,seguran%C3%A7a%20cibern%C3%A9tica%20usando%20Intelig%C3%Aancia%20Artificial>

Centro de Informática. (2023b). *PRAIA, encabeçado pelo CIn-UFPE e SENAI, é um dos centros brasileiros de pesquisa aplicada em Inteligência Artificial aprovados em edital da Fapesp/MCTI/CGI*. <https://portal.cin.ufpe.br/2023/09/11/prai-a-encabecado-pelo-cin-ufpe-e-senai-e-um-dos-centros-brasileiros-de-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial-aprovados-em-edital-da-fapesp-mcti-cgi/>

Canada Newswire. (2017). *Canada funds \$125 million Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy*. <https://www.newswire.ca/news-releases/canada-funds-125-million-pan-canadian-artificial-intelligence-strategy-616876434.html>

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. (s.d.). *Centro de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial para a Evolução das Indústrias para o Padrão 4.0*. <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/110902/centro-de-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial-para-a-evolucao-das-industrias-para-o-padrao/>

Governo Australiano. (2021). *Australia's AI Action Plan*. https://wp.oecd.ai/app/uploads/2021/12/Australia_AI_Action_Plan_2021.pdf

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. (s.d.-a). *Eixo 2: governança de Inteligência Artificial*. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/inteligencia-artificial-estrategia-eixo2>

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. (s.d.-b). *Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial apoiados pelo MCTI-Fapesp-CGI*. https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/inteligencia-artificial-centros_mcti_fapesp_cgi

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. (s.d.-c). *Inteligência Artificial*. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/inteligencia-artificial>

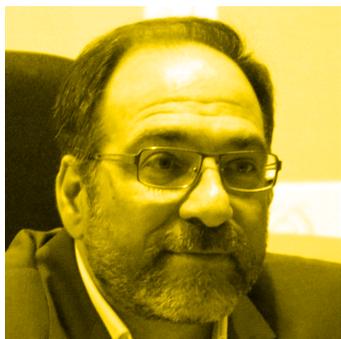
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. (2023). *MCTI anuncia revisão da Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial*. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/12/mcti-anuncia-revisao-da-estrategia-brasileira-de-inteligencia-artificial>

National Science Foundation. (2021). *Expanding the geography of innovation: NSF AI Research Institutes 2021*. <https://new.nsf.gov/science-matters/expanding-geography-innovation-nsf-ai-research>

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. (s.d.). *National Strategy of AI*. <https://oecd.ai/en/dashboards/policy-initiatives/http:%2F%2Faiipo.oecd.org%2F2021-data-policyInitiatives-25374>

Entrevista I

Foto: IEA-USP



Fabio Gagliardi Cozman

Professor titular da Universidade de São Paulo (USP).

A produção acadêmica sobre Inteligência Artificial no Brasil

Nesta entrevista, Fabio Gagliardi Cozman, professor titular da Universidade de São Paulo (USP), discute a produção acadêmica brasileira sobre Inteligência Artificial (IA), apresenta os avanços feitos pelo Centro de Inteligência Artificial (C4AI) e avalia aspectos relevantes para a pesquisa brasileira em Grandes Modelos de Linguagem (*Large Language Models* [LLM]).

Panorama Setorial da Internet (P.S.I.)_ Em entrevista ao Jornal da USP, em novembro de 2023, o senhor afirmou que “o Brasil não está completamente perdido ou atrasado quanto aos usos e às aplicações da IA”. Em sua avaliação, quais são os elementos de destaque da produção acadêmica brasileira sobre IA? Existem setores econômicos e áreas específicas da IA que deveriam receber maior atenção da comunidade científica brasileira?

Fabio Gagliardi Cozman (F.G.C.)_ O Brasil tem uma tradição acadêmica considerável em IA. Por anos, o país esteve por volta da décima segunda posição como maior produtor de publicações nessa área, no mundo. Essa posição caiu um pouco nos últimos anos, provavelmente porque a velocidade de investimento em IA cresceu muito em vários outros países. Porém, temos um substrato acadêmico forte que pode galgar muitas posições caso investimentos sejam realizados de forma apropriada. Além disso, o Brasil tem um conjunto de instituições que produzem dados de qualidade, como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br); existem também sistemas nacionais que geram dados importantes, como o Sistema Único de Saúde (SUS), e registros únicos, como o Cadastro de Pessoas Físicas (CPF). O país conta com regulações sobre uso de dados, já tendo uma base importante para aplicações de IA que beneficiem a população, que é bastante positiva em relação a novas tecnologias em geral. Ademais, o Brasil tem instituições de fomento à inovação, como Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPPI), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) bem como uma rede de financiadores e *startups* que, embora geograficamente concentradas, exploram muitos aspectos aplicados da IA.

Algumas áreas têm despontado como foco de interesse de novas empresas: serviços financeiros, agronegócio, saúde e recursos humanos. Há bastante espaço também na área de educação, tanto para jovens quanto para adultos, que precisam ser treinados ou re-treinados. Ao mesmo tempo, empresas de grande porte também estão atentas às novas tecnologias, e é notável o

número de empresas que estabeleceu grupos de estudos voltados a IA nos últimos anos. É preciso organizar melhor todos esses vetores, tanto públicos quanto privados, e adicionar investimentos bem direcionados. É necessário também procurar legislar de forma ponderada, identificando problemas localizados e regulando por meio de regras setoriais quando possível, em vez de construir leis gerais e restritivas que podem coibir a inovação.

P.S.I._ Desde que o C4AI foi estabelecido, em 2020, quais foram os principais avanços e as principais dificuldades enfrentadas por ele até aqui? Nos próximos cinco anos, quais resultados o centro pretende alcançar?

(F.G.C.)_ O C4AI tem como missão a pesquisa básica e aplicada em IA no Brasil, não só produzindo novos resultados mas também debatendo e transferindo esse conhecimento para a sociedade. O centro conta hoje com mais de 90 pesquisadores, com interesses em variados aspectos da IA, e investe a maior parte de seus recursos em um conjunto de desafios de pesquisa que abarca um subconjunto importante dos trabalhos realizados por esses pesquisadores.

Em primeiro lugar, o desafio de pesquisa que recebeu mais recursos nesses anos foi o desenvolvimento de ferramentas para processamento da língua portuguesa, tanto escrita quanto falada. Um outro desafio também importante, relacionado conceitualmente ao anterior, é o desenvolvimento de técnicas para preservação de línguas indígenas do Brasil. Um conjunto adicional de desafios de pesquisa foca em aplicações da IA que processam grandes quantidades de dados, em saúde (diagnóstico e reabilitação), agrogotório (em particular, com foco em segurança alimentar), e previsão de variáveis climáticas e oceânicas. Outro desafio importante é a construção de agentes conversacionais com capacidade de raciocinar e argumentar. Finalmente, o centro mantém um desafio voltado a coletar dados e analisar políticas públicas para IA, investigando, assim, impactos dessa tecnologia na sociedade. O trabalho já gerou alguns dos maiores conjuntos de dados linguisticamente anotados para língua portuguesa; algoritmos de previsão de comportamento oceânico em portos, algoritmos de tomada de decisão na distribuição de alimentos e índices de avaliação de produção nacional em IA voltados para a América Latina.

Além disso, o C4AI tem mantido séries de seminários nacionais e internacionais, bem como mesas redondas, que servem para debate e divulgação da área de IA. Finalmente, o C4AI tem procurado construir parcerias com empresas e outras instituições nacionais — por exemplo, associações de magistrados — e internacionais — por exemplo, o Centro Internacional de Pesquisa em Inteligência Artificial (International Research Centre on Artificial Intelligence [IRCAI]) da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), sediado na Eslovênia. A construção de parcerias com empresas requer uma disposição dos dois lados: a universidade precisa ter celeridade e flexibilidade em seus processos, e a empresa precisa compreender a necessidade de maturação exigida por uma boa pesquisa. Esse ajuste de velocidades pede diálogo constante. Mas,

“O C4AI tem como missão a pesquisa básica e aplicada em IA no Brasil, não só produzindo novos resultados mas também debatendo e transferindo esse conhecimento para a sociedade. O centro conta hoje com mais de 90 pesquisadores (...).”

“Um (...) aspecto importante para pesquisadores do Brasil e muito ligado à realidade brasileira é o desenvolvimento de LLM para línguas do Brasil (...). Não podemos esperar que outros países façam esse desenvolvimento para nós (...).”

de forma geral, a universidade tem melhorado seus processos e, quando os contratos seguem padrões pré-estabelecidos, a tramitação é célere. Nesse sentido, todos esses aspectos do C4AI devem continuar recebendo atenção nos próximos anos.

P.S.I._ Dado que a maioria dos modelos de linguagem é desenvolvida fora do Brasil, quais são as possíveis contribuições da comunidade acadêmica nacional para diminuir problemas conhecidos dessa tecnologia, como as “alucinações”, e adaptá-los à realidade brasileira?

(F.G.C.)_ Os LLM tiveram um explosivo êxito nos últimos anos, atingindo níveis de desempenho surpreendentes em processamento de texto e de imagens. Existem dois aspectos relevantes para a pesquisa brasileira em LLM. O primeiro aspecto é o desenvolvimento de técnicas para corrigir problemas encontrados atualmente em todos os LLM. Um óbvio problema desses modelos é a geração de afirmações falsas, as chamadas alucinações. Outro problema é a falta de raciocínio: pesquisas recentes documentam, de forma clara, a incapacidade de esses modelos resolverem questões lógicas com alguma complexidade. Essas dificuldades, encontradas em todos os atuais LLM, não têm solução fácil em virtude da estrutura desses modelos, que é inteiramente baseada em emitir as palavras (ou fragmentos de palavras) mais prováveis devido aos conjuntos de palavras já emitidas. Não existe nenhuma estrutura de raciocínio nesse processo de geração de palavras. Progressos têm sido obtidos ao combinar LLM com algoritmos mais tradicionais de computação, bem como com métodos de verificação de informações. Atualmente, vários pesquisadores brasileiros trabalham nesses tópicos e devem continuar contribuindo para a literatura acadêmica e a criação de novos produtos.

Um segundo aspecto importante para pesquisadores do Brasil e muito ligado à realidade brasileira é o desenvolvimento de LLM para línguas do Brasil, seja a língua portuguesa (em particular, as variedades escritas e faladas no Brasil), sejam línguas indígenas. Não podemos esperar que outros países façam esse desenvolvimento para nós, pois temos aqui uma verdadeira questão de soberania: quem controla os processos de geração de textos, documentos e literatura de uma sociedade controla, de fato, sua cultura. Logo, o Brasil precisa investir seriamente na construção de modelos para línguas do Brasil, o que envolve a aquisição de grandes computadores que possam processar milhões de documentos e o suporte a grupos que enfrentem os desafios inerentes à construção desses modelos.

Entrevista II

Observatório Brasileiro de Inteligência Artificial

Nesta entrevista, Luiz Alexandre Reali Costa, gerente do Observatório Brasileiro de Inteligência Artificial (OBIA), discute a criação, os objetivos e o funcionamento do OBIA, bem como sua relação com os ecossistemas nacional e internacional de Inteligência Artificial (IA).

Panorama Setorial da Internet (P.S.I.)_ O que motivou a criação do OBIA? Quais seus objetivos e modo de funcionamento?

Luiz Alexandre Reali Costa (L.A.R.C.)_ O OBIA atua como ponto focal no Brasil para o monitoramento e a análise da evolução e do impacto da IA e conta com parceiros multissetoriais, tanto nacionais quanto internacionais. O OBIA é o resultado de uma ação estratégica inserida no contexto da Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA), instituída por meio de portaria do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (Portaria MCTI n. 4.617, de 6 de abril de 2021, alterada pela Portaria MCTI nº 4.979, de 13 de julho de 2021)²⁸. O OBIA surge como uma resposta às necessidades de monitoramento e análise dos avanços e impactos da IA no Brasil. Nesse momento, a EBIA está em processo de revisão pelo MCTI.

A criação do OBIA foi motivada pela crescente importância da IA em diversos setores e pela necessidade de uma abordagem coordenada para entender e orientar seu desenvolvimento no país. Seus objetivos principais incluem a coleta e a análise de dados sobre a adoção e uso da IA, a promoção de uma visão multidisciplinar para abarcar as diversas facetas da IA e a cooperação entre múltiplos atores, incluindo governo, academia, setor privado e sociedade civil.

A EBIA, por sua vez, visa nortear as ações do Estado brasileiro, promovendo a pesquisa, a inovação e o desenvolvimento da IA e de suas tecnologias habilitadoras. Inspirada nos princípios de uma IA responsável e ética definidos pela Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), a EBIA estabelece nove eixos temáticos. Entre eles, destacam-se: educação; força de trabalho e capacitação; pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) e empreendedorismo; aplicação nos setores produtivos; aplicação no poder público; segurança pública; legislação, regulação e uso ético; governança de IA; e aspectos internacionais.



Foto: Arquivo pessoal

Luiz Alexandre Reali Costa

Gerente do Observatório Brasileiro de Inteligência Artificial (OBIA).

²⁸ Saiba mais: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/inteligencia-artificial#:~:text=Institu%C3%ADda%20pela%20Portaria%20MCTI%20n%C2%BA,v%C3%A1rias%20vertentes%2C%20que%20estimulem%20a>

“A criação do OBIA foi um processo complexo, que trouxe desafios para acompanhar a velocidade e abrangência dos avanços da IA, e exigiu a integração de múltiplas perspectivas e a superação metodológica e de coordenação entre os parceiros produtores de dados que alimentam o Observatório.”

No eixo transversal de governança de IA, a EBIA propõe a criação do OBIA, um observatório de IA no Brasil que possa se conectar a outros observatórios internacionais.

O Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br) e o Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br), especialmente por meio de seu Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), desempenham um papel crucial na coordenação desse eixo, devido a sua experiência em monitorar a adoção e os avanços das tecnologias de informação e comunicação (TIC) no Brasil.

O OBIA opera com foco em três pilares fundamentais. O primeiro é a multidisciplinaridade, que reconhece que a IA se desenvolve em todos os setores e promove uma abordagem multidisciplinar, envolvendo especialistas de diversas áreas, como ciência e tecnologia, inovação, educação, saúde, capacitação, e segurança pública. O segundo pilar é pautado em dados e evidências. O OBIA fornece dados e informações relevantes como evidências, servindo como base para tomadas de decisão, desenvolvimento de políticas públicas adequadas, assim como pesquisa e desenvolvimento da IA. O terceiro pilar é a cooperação entre múltiplos atores, ou seja, fomenta a cooperação e a participação de diversos atores, como governo, academia, setor privado, sociedade civil e organizações internacionais.

P.S.I_ Durante a criação do OBIA, quais foram as principais referências adotadas e os principais obstáculos encontrados? Como estes últimos foram superados?

L.A.R.C._ A criação do OBIA foi um processo complexo, que trouxe desafios para acompanhar a velocidade e abrangência dos avanços da IA, e exigiu a integração de múltiplas perspectivas e a superação metodológica e de coordenação entre os parceiros produtores de dados que alimentam o observatório. Requereu o estabelecimento de parcerias estratégicas, *workshops* de construção e participação ativa com instituições e fóruns internacionais. Durante a criação do observatório, as principais referências e os obstáculos enfrentados centraram-se na definição de estratégias para monitoramento efetivo da IA no Brasil.

A primeira referência adotada é a definição do que e de como monitorar o desenvolvimento da IA no Brasil, o estabelecimento de indicadores claros para monitoramento, tanto quantitativos quanto qualitativos, incluindo recomendações, avaliações de risco, documentos estratégicos e propostas de regulação. Segunda, parcerias estratégicas, as colaborações com instituições, como o MCTI, o Centro de Gerenciamento e Estudos Estratégicos (CGEE), a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), o Centro de Inteligência Artificial (C4AI) e o Cetic.br|NIC.br foram fundamentais, visto que essas entidades trouxeram conhecimento e valiosos recursos necessários para o sucesso do projeto. Por último, a integração internacional, ou seja, a participação em fóruns globais e a cooperação com organizações como a União Internacional de Telecomunicações (UIT), a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e a OCDE

foram cruciais para alinhar os esforços do OBIA com as práticas internacionais. A OCDE, em particular, ofereceu um modelo de referência sobre IA em seu portal²⁹.

Em relação aos obstáculos, o primeiro foi a diversidade dos setores envolvidos no observatório. Governos, legisladores, acadêmicos, indústria e população geral têm interesses distintos em relação à IA. A superação desse obstáculo veio por meio da adoção de uma abordagem multissetorial, promovendo diálogos inclusivos e *workshops* para produção de dados estatísticos. Inicialmente, com as instituições mencionadas anteriormente, e que segue se expandindo, parcerias com outras instituições, novos centros de IA e acadêmicos com projetos relacionados.

O segundo obstáculo diz respeito aos desafios metodológicos e de visualização de dados. A necessidade de métodos de pesquisa, análise e visualização de dados que acompanhassem a rapidez e a complexidade do desenvolvimento da IA foi um desafio significativo. Esse desafio foi superado com a adoção de tecnologias e práticas inovadoras, como *Big Data*, *web scraping* e parcerias estratégicas para coleta e análise de dados.

Por último, o terceiro desafio foi a coordenação internacional. Diante do rápido desenvolvimento da IA e dos riscos associados, foi necessário estabelecer uma coordenação eficaz com instituições internacionais. Isso tem sido alcançado através de uma participação ativa em grupos de trabalho internacionais, visando definir princípios e mapear riscos, bem como propor recomendações para o desenvolvimento de uma IA confiável e ética.

P.S.I_ Quais são as agendas de trabalho do OBIA no curto e no médio prazo? Os ecossistemas nacional e internacional de IA compreendem inúmeras partes interessadas. Como o OBIA tem procurado dialogar com elas?

L.A.R.C._ O OBIA está em um caminho de contínuo desenvolvimento e aprimoramento. O ano de 2023 foi estruturante, um ano para estabelecer as bases de funcionamento, obtenção de dados e indicadores iniciais, estabelecimento de parcerias estratégicas e relacionamentos internacionais.

À medida que entramos em 2024, o OBIA concentrou-se em apresentar os resultados alcançados até o momento e expandir suas parcerias, o que permitirá incluir novos indicadores. Temas cada vez mais essenciais e relevantes – como o impacto da IA no mercado de trabalho, a ética e a proteção dos dados – destacam a crescente necessidade de uma abordagem regulatória cuidadosa e bem pensada.

Esse tema representa um desafio complexo: equilibrar a regulamentação sem impedir o desenvolvimento inovador da IA. Regulamentações excessivas podem inibir a inovação, impondo cargas burocráticas e legais para as empresas desenvolvedoras, em que o risco de infringir as regras pode ser alto.

Embora os assuntos pertinentes a IA estejam amplamente presentes nas notícias e mídias em geral, percebe-se uma lacuna no entendimento e no esclarecimento público sobre os riscos e as consequências associados a essa tecnologia.

“O OBIA está em um caminho de contínuo desenvolvimento e aprimoramento. (...) À medida que entramos em 2024, o OBIA concentrou-se em apresentar os resultados alcançados até o momento e expandir suas parcerias, o que permitirá incluir novos indicadores.”

²⁹ Saiba mais: <https://oecd.ai>

"(...) o OBIA está ativamente fortalecendo suas relações tanto com entidades globais quanto com parceiros locais, registrando sua presença em fóruns e grupos de trabalho de significativa importância."

A IA surge em um momento acompanhada por expectativas de, por um lado, solucionar problemas sociais, por exemplo, melhorar o acesso à saúde e à educação, incluindo camadas sociais atualmente sem acesso a esses serviços; e, de outro, há acentuar ainda mais as diferenças, inclusive ampliar as disparidades entre as nações, especialmente entre os países desenvolvidos e os países do Sul Global.

No presente momento, o Brasil assumiu a presidência temporária do G20; neste contexto, o Grupo de Trabalho de Economia Digital (DEWG) do G20 definiu como um dos quatro temas prioritários o tema da IA. Essa área prioritária tratará de forma mais aprofundada o tema da IA para o desenvolvimento sustentável e a redução das desigualdades (*Artificial Intelligence for Sustainable Development and Inequalities Reduction*).

Assim, em resumo, o OBIA planeja colocar um portal com indicadores e repositórios dos dados, tanto os dados quantitativos quanto os documentos e os dados qualitativos no ar, de forma pública, estendendo parcerias e novos indicadores advindos de outros centros e pesquisadores e divulgando as questões de riscos envolvendo IA, tais como proteção de dados, uso e implementação ética da IA, segurança, temas como explicabilidade, transparência, vieses, entre outros, por meio do portal e de promoção e participação em debates e *workshops*.

Finalmente, o OBIA está ativamente fortalecendo suas relações tanto com entidades globais quanto com parceiros locais, registrando sua presença em fóruns e grupos de trabalho de significativa importância. O ano de 2023 foi marcado por um esforço concentrado em estabelecer uma base sólida e formar alianças estratégicas. Agora, em 2024, o foco do OBIA volta-se para a divulgação dos resultados obtidos e os preparativos finais visando o lançamento de um inovador portal de visualização de dados, o qual promete ser uma ferramenta valiosa para a transparência e o acesso à informação no campo da IA.

Artigo II

Recomendações para o avanço da Inteligência Artificial no Brasil³⁰

Por Academia Brasileira de Ciências³¹

Introdução

Até pouco tempo atrás, a Inteligência Artificial (IA) soava como algo futurista e distante, mas esta realidade mudou drasticamente há poucos meses. O desenvolvimento de ferramentas como o ChatGPT — e tantas outras que vêm surgindo, de maneira rápida e acessível — fez a IA entrar no debate público e, mais do que isso, em nosso cotidiano. A IA é um poderoso conjunto de tecnologias para uso diverso, oferecendo oportunidades para impulsionar o crescimento econômico e social do Brasil. No ecossistema da pesquisa e inovação, é um elemento essencial para fomentar descobertas em todas as áreas da ciência, atingindo todos os setores da economia e da sociedade.

Aproveitar a gama de oportunidades da IA exige entender bem e gerenciar os benefícios e riscos a ela associados. Por isso, é necessário contar com investimentos efetivos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) e na formação de recursos humanos. Esses investimentos devem pavimentar a busca por soluções para os desafios brasileiros, promover inovação responsável, contribuir para o bem público, proteger os direitos e a segurança das pessoas e fazer avançar os valores democráticos.

Neste relatório, a Academia Brasileira de Ciências (ABC) apresenta uma breve análise sobre IA a nível global e tece recomendações para o avanço da IA no Brasil. O documento é resultado dos esforços de um grupo de trabalho formado por pesquisadores de várias áreas do conhecimento. O grupo procurou traçar um caminho e indicar estratégias para o crescimento da IA no país. O desenvolvimento e uso de sistemas de IA confiáveis, incluindo dados e infraestrutura, visa, também, preparar a força de trabalho atual e futura para a boa aplicação da IA nos vários setores da sociedade, alavancando o desenvolvimento econômico.

³⁰ Versão editada do trabalho homônimo publicado pelo Grupo de Trabalho em Inteligência Artificial (GT-IA) da Academia Brasileira de Ciências, em novembro de 2023. A versão original está disponível em: <https://www.abc.org.br/wp-content/uploads/2023/11/recomendacoes-para-o-avanco-da-inteligencia-artificial-no-brasil-abc-novembro-2023-GT-IA.pdf>

³¹ O GT-IA é coordenado por Virgílio Augusto Fernandes Almeida. A redação do documento ficou a cargo de um grupo de 16 pesquisadores: Adalberto Fazzio; Altigran Soares da Silva; Anderson da Silva Soares; André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho; Edmundo Albuquerque de Souza e Silva; Elisa Maria da Conceição Pereira Reis; Fabio Gagliardi Cozman; Helder Takashi Imoto Nakaya; José Roberto Boisson de Marca; Luís da Cunha Lamb; Mario Veiga Ferraz Pereira; Nívio Ziviani; Soraia Raupp Musse; Teresa Bernarda Ludermir; Virgílio Augusto Fernandes Almeida; Wagner Meira Júnior.

A influência da IA se estende por diversos setores (...). Nos países desenvolvidos, as universidades têm criado centros multidisciplinares de IA para impulsionar avanços no desenvolvimento de medicamentos, análise de dados genômicos e projetos de tecnologias inovadoras para melhorar a qualidade de vida nas cidades.

As próximas páginas serão divididas em quatro seções. A primeira traz uma macroanálise da força de trabalho requerida para avançar no desenvolvimento da IA no Brasil. A segunda descreve o potencial de uso e a aplicação de IA em áreas críticas da economia, da sociedade e do governo, destacando as oportunidades para aumento da competitividade e inovação em áreas como saúde, educação, meio ambiente e energia. Na sequência, é proposta uma reflexão sobre os riscos da IA para a sociedade, indivíduos e organizações. Por fim, a quarta seção apresenta recomendações para que o Brasil avance no uso responsável da IA.

A lacuna tecnológica entre a IA no Brasil e no cenário internacional — diagnóstico dos desafios e oportunidades

Os avanços tecnológicos resultantes da revolução industrial e da agricultura do século 19 levaram ao fim da agricultura intensiva em mão de obra e, conseqüentemente, causaram grandes mudanças nas profissões e no mercado de trabalho. À época, inovações disruptivas (como o motor de combustão, a eletricidade e a indústria química) rapidamente criaram um leque de oportunidades de emprego, absorvendo a força de trabalho deslocada. Essas inovações estimularam investimentos, geraram riqueza, capacitaram uma nova classe de trabalhadores e trouxeram benefícios sociais. Nos últimos anos, essa realidade mudou: o setor industrial perdeu investimentos e competitividade, colocando a inovação da economia brasileira em uma situação particularmente preocupante (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2022).

A revolução atual, no entanto, tem um alcance muito mais abrangente. Impulsionado, em grande parte, pela computação, pela comunicação de dados e, agora, pela IA, esse movimento tem levado à concentração de poder por um grupo relativamente pequeno de países, organizações e pessoas. Isso se deve à natureza altamente especializada dos empregos bem-remunerados, concentrados em profissionais de alta formação acadêmica que dominam essas novas tecnologias. Ao mesmo tempo, as pessoas deslocadas por essa nova demanda de profissionais são relegadas a empregos de menor qualificação e remuneração e poderão, eventualmente, ser substituídas por sistemas baseados em IA e robôs.

A influência da IA se estende por diversos setores, incluindo agricultura, biotecnologia, educação, engenharia, humanidades, meio ambiente, saúde e entretenimento. Nos países desenvolvidos, as universidades têm criado centros multidisciplinares de IA para impulsionar avanços no desenvolvimento de medicamentos, análise de dados genômicos e projetos de tecnologias inovadoras para melhorar a qualidade de vida nas cidades.

As oportunidades associadas a esses avanços contemplam predominantemente aqueles que possuem níveis educacionais mais elevados. Nesse sentido, as perspectivas não são promissoras nem mesmo para aqueles com níveis intermediários na hierarquia socioeducacional. Para citar alguns exemplos, empregos que eram bem remunerados, particularmente nos países em desenvolvimento, como na área da programação de computadores, estão próximos de ser

suplantados pelos avanços da IA. É tangível o risco de que, em um futuro próximo, apenas programadores muito qualificados continuem empregados. Esse risco também ameaça áreas como educação, direito, saúde e administração.

O Brasil não pode correr o risco de ser apenas um usuário de soluções em IA concebidas no exterior. A dependência de outros países e de grandes empresas nesta área pode prejudicar a segurança e a soberania nacional, além da competitividade das empresas nacionais no país e no exterior. Os países que pretendem construir novas tecnologias com base na IA devem ter capacidade de entender os princípios do desenvolvimento dessas soluções. De outra forma, a falta de conhecimento perpetuará uma dependência cada vez maior das grandes corporações e dos países dominantes da tecnologia.

Assim como ocorre em outros países em desenvolvimento, o contexto brasileiro é crítico: sabe-se que apenas uma pequena parcela da nossa população tem acesso à educação de qualidade. Embora o país tenha cientistas mundialmente renomados em diversas áreas — inclusive em IA —, falta a massa crítica necessária para impulsionar avanços tecnológicos significativos, ou mesmo para fazer uso adequado da tecnologia (que está em rápida e constante mudança) em escala que favoreça o crescimento tecnológico sustentável. A situação se torna ainda mais preocupante com os recentes avanços e proliferação dos chamados Grandes Modelos de Linguagem (*Large Language Models* [LLM]) (Ahmad *et al.*, 2023).

O Brasil ainda não conta com um domínio amplo dessa tecnologia essencial para analisar os resultados dos modelos e suas implicações, bem como para exercer a crítica eficaz das aplicações desenvolvidas com base nessa tecnologia.

É evidente que, baseando-se na inovação, no número de artigos publicados e citados, no número de patentes depositadas e no volume de investimentos³², as nações líderes em IA são os Estados Unidos, China, França, Alemanha, Reino Unido, Rússia, Índia, Suíça, Japão, Coreia do Sul, Holanda, Suécia, Finlândia, Irlanda, Singapura, Canadá, Israel e Itália. O Brasil aparece entre os vinte primeiros países em alguns *rankings*, principalmente devido ao bom número de publicações (aproximadamente 10% do número de artigos publicados pelos EUA). No entanto, ao analisar os centros urbanos com maior desenvolvimento em IA (os chamados IA *hotspots*), apenas São Paulo é destaque no Brasil e, embora figure no *ranking* das *top 50* cidades que contam com talentos em IA, está na 44ª posição (quatro posições abaixo de Buenos Aires). São Francisco, por exemplo, ocupa o primeiro lugar em várias ordenações. Em suma, os EUA abrigam aproximadamente 60% dos principais pesquisadores de IA. Na sequência, vêm a China (11%), a Europa (10%) e o Canadá (6%). Essa distribuição não é surpreendente, dada a concentração de universidades de maior reputação internacional, grandes empresas de tecnologia de IA e o número de *startups* nos IA *hotspots* e suas adjacências.

Deve-se notar, ainda, o crescimento contínuo de graduados em ciência da computação e engenharia da computação nos EUA, passando de 10 mil, em 2010, para mais de 33 mil, em 2021, sendo que o número de doutores formados

O Brasil não pode correr o risco de ser apenas um usuário de soluções em IA concebidas no exterior. A dependência de outros países e de grandes empresas nesta área pode prejudicar a segurança e a soberania nacional, além da competitividade das empresas nacionais no país e no exterior.

³² Para mais informações, ver: MacroPolo (2023); Chakravorti (2022); Chakravorti et al. (2021); SClmago Journal & Country Rank (s.d.); China Daily (2023); Savage (2020); e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (2020).

Para o desenvolvimento de IA no Brasil, é imprescindível incentivar a formação de alunos com qualificação no mesmo nível das principais instituições estrangeiras. O corpo de pesquisadores da área deve ser capaz de contribuir para o avanço científico e tecnológico (...).

anualmente tem se mantido estável (em torno de 1.800 nesses 11 anos) (Standford University Human-Centered Artificial Intelligence, 2023). Por outro lado, a fração de doutores que se especializaram em IA cresceu aproximadamente de 10% para 19% no mesmo período (Maslej et al., 2023). No Brasil, segundo o documento de área da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) de 2019, o número de doutores formados anualmente em computação ficou abaixo de 400 em 2016, e não se espera que tenha aumentado durante a pandemia COVID-19.

Para o desenvolvimento de IA no Brasil, é imprescindível incentivar a formação de alunos com qualificação no mesmo nível das principais instituições estrangeiras. O corpo de pesquisadores da área deve ser capaz de contribuir para o avanço científico e tecnológico, propor soluções inovadoras na área e analisar, de forma crítica, as soluções propostas por corporações. Além do baixo crescimento do número de profissionais com a formação necessária, cresce a quantidade desses profissionais que optam por trabalhar no exterior. Um desafio crucial para o Brasil é criar condições de infraestrutura, qualificação e fixação de recursos humanos para acompanhar e assumir algum protagonismo na evolução das tecnologias de IA.

No âmbito das patentes, o cenário é tampouco animador. De acordo com um estudo recente (Machado & Winter, 2023), a grande maioria das patentes depositadas no Brasil relacionadas à IA decorre de tecnologias desenvolvidas nos EUA, apesar do razoável número de publicações em IA por pesquisadores brasileiros.

Estudantes das principais universidades brasileiras têm sido atraídos pelas áreas de IA, mas o número de profissionais qualificados em relação à população nacional permanece bastante baixo (Google for Startups, s.d.). Além disso, como já mencionado, o apelo de mercados de trabalho com cargos e remunerações mais atraentes em outros países tem levado a uma notável fuga de cérebros de estudantes e professores, o que impacta negativamente a capacidade do Brasil criar um ambiente propício à inovação e ao desenvolvimento de *startups* em IA e áreas relacionadas. É importante observar, ainda, que profissionais contratados por grandes empresas estrangeiras e multinacionais de alta tecnologia recebem salários muito superiores às quantias pagas via bolsas de pesquisa nacionais. Isso evidencia o desafio que as *startups* e empresas nacionais de pequeno e médio porte enfrentam para competir por talentos. Adicionalmente, a atual demanda do mercado exige que um aluno dedique mais tempo para estudos avançados. A combinação de bolsas e salários baixos, com condições insatisfatórias de trabalho no âmbito da academia, tem desencorajado estudantes talentosos a seguir carreira acadêmica, criando um ciclo vicioso de declínio na educação das futuras gerações de cientistas.

A IA tem sido objeto de investigação acadêmica há décadas, principalmente em três frentes. Primeiro, existem linhas de pesquisa que buscam entender os mecanismos do comportamento inteligente e apoiar estudos em áreas como linguística, lógica, filosofia, psicologia, sociologia e neurofisiologia. A segunda frente vai no sentido inverso, utilizando conhecimento dessas áreas para propor algoritmos capazes de replicar o “comportamento inteligente” em máquinas. Um exemplo é o projeto de novos algoritmos de aprendizado de máquina. Aqui, é possível fazer um paralelo com o estudo da energia nuclear, cuja exploração

científica ao longo do tempo levou a avanços inesperados, como ocorreu na medicina nuclear. Já a terceira frente é mais relacionada a uma busca por tecnologia e inovação de curto e médio alcance, investigando onde e como a IA pode ser utilizada nas mais variadas aplicações para resolver problemas reais ou ajudar no avanço de outras áreas do conhecimento. Nesse sentido, busca-se a redução de riscos, a diminuição do trabalho braçal e repetitivo, a melhoria de condições ambientais e sociais e o ganho de eficiência. A concretização recente de vários avanços científicos e tecnológicos e de inovação, mesmo que de forma ainda parcial e incompleta, tornou mais tangível o impacto prático que a IA pode ter na sociedade e no planeta. Ao mesmo tempo, esse sucesso tornou mais aguda a percepção de riscos que esta tecnologia traz consigo.

Em suma, este diagnóstico chama a atenção para o contexto brasileiro no cenário internacional. Sem investimentos adequados e políticas públicas duradouras e apropriadas, o quadro global de IA pode empurrar o Brasil para um declínio tecnológico sem precedentes. A lacuna entre os países que estão na vanguarda de PD&I em IA e os demais países cresce a taxas exponenciais. É imperativo que o Brasil estabeleça políticas públicas e investimentos para reverter essa tendência sem demora. Se persistir a inércia, o impacto negativo será sentido a curto prazo na educação, nos demais índices sociais e na economia, com a consequente falta de competitividade empresarial em todas as áreas.

O impacto do aparecimento da IA no século 21 é semelhante ao do surgimento da Internet no século 20. O avanço da IA, no entanto, tem ocorrido em ritmo muito mais acelerado.

Potencial de uso e aplicações

O impacto do aparecimento da IA no século 21 é semelhante ao do surgimento da Internet no século 20. O avanço da IA, no entanto, tem ocorrido em ritmo muito mais acelerado. Isso tem estimulado governos como os da China, dos Estados Unidos, dos países da União Europeia e do Reino Unido a implementar programas estratégicos de investimento em IA com grandes e imediatos aportes financeiros. Nesse contexto, países e corporações que saírem na frente no desenvolvimento e no uso eficaz dessa tecnologia vão aumentar sua competitividade no cenário mundial (Soláiman, 2023).

Como já mencionado, a situação do Brasil nesse cenário é particularmente preocupante, tendo em vista que seu parque industrial perdeu investimentos e competitividade nos últimos anos. O governo federal tem prometido um esforço de reindustrialização, mas, para isso, serão necessárias políticas que coloquem a indústria brasileira em posição competitiva — o que depende do domínio de tecnologias digitais e, em particular, da IA.

Muitos setores da economia devem se beneficiar do uso intensivo de IA. Nos Estados Unidos, por exemplo, a IA vem sendo implantada por empresas em diversas aplicações. Segundo o *Artificial Intelligence Index Report 2023* (Maslej, 2023), as capacidades de IA que tiveram maior adoção nas empresas incluem: automação de processos robóticos (39%), visão computacional (34%), compreensão de texto em linguagem natural (33%) e agentes virtuais (33%). Ressalte-se, também, que, em 2022, o caso de uso de IA mais prevalente foi a otimização de operações de serviço (24%), seguido do desenvolvimento de novos produtos baseados em IA (20%), segmentação de clientes (19%),

A IA (...) pode ser aplicada no diagnóstico e identificação de doenças, na personalização de tratamentos, na descoberta e desenvolvimento de medicamentos e no apoio a tarefas administrativas.

análise de atendimento ao cliente (19%) e melhorias baseadas em IA em produtos existentes (19%).

No Brasil, existem áreas estratégicas que poderão se beneficiar grandemente do uso de IA. A seguir, são abordados alguns setores que poderão propiciar contribuições significativas para o crescimento da economia, bem como para a melhoria da qualidade de vida da população brasileira, incluindo a abrangência e a qualidade dos serviços públicos.

SAÚDE

A IA tem potencial para impactar significativamente o setor de saúde e a esfera mais ampla de políticas públicas relacionadas ao tema. Sua habilidade em analisar grandes volumes de dados, antecipar tendências e realizar previsões pode auxiliar na identificação de doenças, no cuidado com o paciente e na distribuição eficiente de recursos, o que pode salvar vidas e minimizar custos. Há diversos exemplos práticos do uso da IA no setor público, indo desde a identificação de pedidos fraudulentos de benefícios até o rastreamento da propagação de doenças. A IA também pode ser aplicada no diagnóstico e identificação de doenças, na personalização de tratamentos, na descoberta e desenvolvimento de medicamentos e no apoio a tarefas administrativas.

Aliados ao desenvolvimento de sensores de baixo custo, avanços em aprendizado de máquina têm o potencial de melhorar significativamente a assistência à saúde, especialmente pela complementação a sistemas de suporte à decisão clínica já existentes. Esses avanços tecnológicos podem capacitar médicos, cuidadores domiciliares e outros profissionais da saúde, otimizando a prestação de cuidados. Isso é especialmente importante considerando o crescimento da população idosa no Brasil, com uma demanda cada vez mais alta por instalações de saúde tanto em casa quanto em ambientes clínicos.

A telessaúde é um exemplo no qual a IA pode fazer diferença ao ampliar a oferta de serviços médicos a regiões rurais e/ou de difícil acesso. Nesse sentido, essa tecnologia poderia ter impacto no tratamento da doença de Chagas — uma patologia negligenciada, endêmica na América continental, mais frequente entre pessoas pobres que vivem ou viveram no interior. Reconhecer os casos precocemente permite o tratamento antiparasitário quando não há cardiopatia, ou, quando há cardiopatia, tratá-la em tempo hábil. Um algoritmo de IA baseado em uma rede neural já foi desenvolvido para identificar os chagásicos pelo ECG (Jidling *et al.*, 2023).

A IA pode, ainda, ajudar a aprimorar a qualidade do atendimento, aumentar a acessibilidade, economizar recursos, combater a escassez de profissionais da saúde e melhorar a vigilância de doenças e a saúde pública como um todo. Essa tecnologia pode ser utilizada no desenvolvimento de sistemas que auxiliem os tomadores de decisão a navegar por escolhas complexas, fornecendo *insights* e recomendações baseados na análise de dados. Isso pode ser particularmente útil para formuladores de políticas públicas e gestores de saúde. No âmbito da saúde, o emprego da IA em países desenvolvidos já é significativo e crescente, permitindo ao profissional agir com mais precisão, foco e assertividade. A expectativa é que as soluções de IA sejam capazes de auxiliar os indivíduos e pacientes no autocuidado, os médicos e profissionais da saúde no

diagnóstico e tratamento das doenças e os gestores da saúde na programação de ações de prevenção e organização da assistência à saúde, otimizando a utilização de recursos e melhorando a saúde das pessoas e das populações.

ENERGIA

Basicamente, no setor de energia há três grandes áreas de aplicação de IA: (a) descrição, uso de IA para modelar fenômenos físicos (como chuva e temperatura), equipamentos (como um conjunto turbina-gerador) e grandezas de interesse (como a demanda de energia); (b) previsão, uso de IA integrando os modelos descritivos com processos probabilísticos para produzir cenários futuros, como a probabilidade de chuva, a variação da demanda ou “luzes amarelas” no comportamento do conjunto turbina-gerador; e (c) decisão, uso de técnicas de otimização sob incerteza (como aprendizado profundo por reforço [*deep reinforcement learning*]) para apoio à tomada de decisão, por exemplo, na operação de reservatórios ou em manutenções preditivas.

Ainda considerando essas áreas de aplicação, a IA possibilita uma melhor representação de fenômenos difíceis de capturar por modelos probabilísticos tradicionais, como a variabilidade temporal e espacial da produção renovável e da demanda em intervalos mais curtos — temas que ganharam relevância com a forte inserção de fontes eólicas e geração distribuída (GD), entre outras. Há benefícios, ainda, no uso inteligente dos recursos existentes. A manutenção preditiva é um exemplo: pode ser mais eficaz e barata do que a manutenção periódica tradicional. Dois desafios que devem ser considerados no setor de energia são a curadoria adequada dos dados utilizados no treinamento de algoritmos e a possibilidade de alguma falha inesperada e severa da IA, o que pode ocorrer pela dificuldade de entender os caminhos seguidos pelos algoritmos de aprendizado de máquina (*machine learning*).

O Brasil tem condições privilegiadas para fazer a transição energética, processo indispensável para enfrentar as mudanças climáticas. Nesse contexto, a IA pode auxiliar na otimização e integração de diversas fontes de energia, como hidrelétrica, eólica e solar, reduzindo gradativamente a dependência de geradores fósseis. A transição de um *grid* centralizado para *grids* descentralizados exige a criação e o desenvolvimento de novas tecnologias capazes de otimizar as soluções que contenham uma combinação de informações de diversas fontes de energia. Essas novas tecnologias vão exigir a utilização de modernas técnicas de aprendizado de máquina.

Por fim, a IA será fundamental para o processo de descentralização da produção de energia em baixa tensão, que dará aos consumidores a possibilidade de produzir energia por meio de GD e serviços de modulação e flexibilidade com o apoio de baterias. A digitalização (medidores inteligentes, comunicação etc.) é fundamental para esse processo. No caso da descarbonização, os principais benefícios da IA deverão vir de novos modelos de circulação atmosférica, da capacidade de analisar imensas quantidades de informações por satélite para previsão de chuva e temperatura e da já mencionada capacidade de representar melhor a produção das fontes renováveis.

O Brasil tem condições privilegiadas para fazer a transição energética, processo indispensável para enfrentar as mudanças climáticas.

A IA pode ajudar a entender e prever os impactos da mudança climática (incluindo desastres de toda ordem), subsidiar ações de segurança alimentar e hídrica e até mesmo caracterizar e proteger a biodiversidade, entre vários outros cenários de aplicação.

FINANCEIRO

O setor financeiro coleta e armazena um grande volume de dados. Instituições bancárias, financeiras e de seguros podem se beneficiar amplamente com recursos de IA. Uma das áreas que pode ter grande avanço é a da segurança: atualmente, as instituições financeiras travam uma batalha constante com *hackers* e fraudadores. Por meio da IA, padrões poderão ser usados para identificar fraudes antes que elas afetem clientes e instituições. Outros benefícios incluem o relacionamento com clientes, a automação de processos e a previsão de possíveis situações difíceis para os clientes, inclusive inadimplências. Além disso, bancos de dados das instituições financeiras — que refletem o padrão de gastos e de investimentos da população brasileira — podem, com o uso de IA, contribuir para a análise de políticas públicas com impactos positivos na redução da desigualdade social.

BIODIVERSIDADE, BIOTECNOLOGIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Como se sabe, o Brasil tem riqueza e diversidade de fauna e flora, o que gera imenso potencial no campo da biodiversidade e biotecnologia. Existem, no país, bancos de dados importantes relacionados à biodiversidade, como um banco dedicado à flora brasileira com o objetivo de promover aplicações no setor farmacêutico³³. Recuperar e centralizar essas informações para utilização por modelos de IA é um passo crucial para aproveitar o enorme potencial que essa área representa para o Brasil.

Com a aceleração do desmatamento em nosso território, o monitoramento das mudanças nos ecossistemas ganha extrema importância. O acompanhamento de animais da nossa flora, por exemplo, é feito por técnicas chamadas armadilhas fotográficas. No entanto, estudos recentes sugerem que sensores de ar podem revolucionar o rastreamento de animais, analisando o DNA ambiental (eDNA) capturado por estações de monitoramento da qualidade do ar no ambiente (Jidling *et al.*, 2023). Os dados de eDNA resultantes podem ser empregados para realizar previsões sobre as espécies, e os avanços em IA podem melhorar os modelos de distribuição de espécies. Um exemplo de uso dessa tecnologia é aplicado no projeto AquaGen³⁴, financiado pela União Europeia. A iniciativa combina genômica ambiental e aprendizado de máquina para prever o status de qualidade dos ecossistemas aquáticos com base na detecção de DNA de espécies bioindicadoras (Gilbert, 2023).

A chamada IA discriminativa pode ser empregada para decifrar a linguagem dos genomas e, assim, prever novas variantes virais, como demonstrado por pesquisas recentes conduzidas por pesquisadores do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech-EUA) (Ahmad *et al.*, 2023). Essa mesma tecnologia pode ser aproveitada para a previsão do tempo e de mudanças climáticas, o que se torna viável pela significativa aceleração de simulações que o método proporciona. Assim, é possível melhorar as avaliações de risco climático, com o potencial de salvar vidas e impactar positivamente a agricultura, setor suscetível às mudanças climáticas e eventos climáticos extremos.

³³ Saiba mais em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/arquivo-natural>

³⁴ Saiba mais em: <https://cordis.europa.eu/project/id/886209>

No contexto de estudos de meio ambiente, é importante ressaltar o volume de dados e a complexidade de modelos descritivos e preditivos existentes. A IA pode ajudar a entender e prever os impactos da mudança climática (incluindo desastres de toda ordem), subsidiar ações de segurança alimentar e hídrica e até mesmo caracterizar e proteger a biodiversidade, entre vários outros cenários de aplicação.

EDUCAÇÃO

A Educação é uma das áreas nas quais os LLM podem ter um impacto significativo no Brasil. Conforme destacado em um relatório recente da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), a IA tem o potencial de enfrentar alguns dos maiores desafios na educação (UNESCO, 2021). O documento aponta que sistemas de aprendizagem personalizados vêm sendo aperfeiçoados pelo setor privado para implantação em escolas e universidades em todo o mundo. No entanto, no contexto do Brasil, é imperativo que o setor público desempenhe um papel proativo no enfrentamento dos desafios educacionais.

Dados são a base das aplicações de IA e, portanto, é essencial que sejam precisos, imparciais e bem curados. Os modelos que dão suporte às aplicações de IA na educação devem ser transparentes e abertos à sociedade. Desenvolver expertise nessas áreas é fundamental. Além disso, os dados e modelos devem ser adaptados para atender às necessidades específicas dos estudantes brasileiros. Por isso, devem levar em consideração nuances culturais, idiomas locais e o contexto socioeconômico no qual o sistema educacional opera. É essencial, ainda, que educadores e alunos sejam preparados com os conhecimentos necessários para utilizar efetivamente as novas tecnologias de IA.

AGRICULTURA

A agricultura e a produção de alimentos precisam intensificar o uso de tecnologias de IA, *Big Data* e computação de alta performance para criar oportunidades no domínio multidisciplinar das tecnologias agrícolas. Exemplos de setores que podem se beneficiar da ciência de dados intensiva na agricultura incluem os manejos de culturas, de criação de animais (incluindo o bem-estar animal e a produção animal), da água e do solo.

PESQUISA CIENTÍFICA

As tecnologias de IA podem reduzir substancialmente o tempo e os recursos para a realização de experimentos e, ao mesmo tempo, produzir resultados com maior precisão e confiabilidade. A tecnologia dará às equipes de pesquisa uma grande capacidade para identificar novos métodos de otimização de processos existentes e para desenvolver soluções mais eficazes, com mais inovação. Além disso, a IA facilitará a construção de modelos que podem ser usados para prever resultados e, assim, levar pesquisadores a tomar decisões com mais precisão e assertividade. Nesse sentido, a IA também deve impactar empresas positivamente, com possibilidades de melhorias em pesquisa e desenvolvimento (P&D), permitindo apostas em projetos mais ambiciosos e com redução de riscos. A área de materiais se configura como um exemplo atual e interessante de aplicação de IA em pesquisa básica, com expectativa de enormes benefícios

Os modelos que dão suporte às aplicações de IA na educação devem ser transparentes e abertos à sociedade. Desenvolver expertise nessas áreas é fundamental.

A utilização de IA pode trazer contribuição significativa para a relação entre governo e cidadãos.

(Schleder, 2019). A iniciativa *Materials Genome Initiative* (MGI)³⁵, lançada nos Estados Unidos em 2011, busca usar IA para diminuir significativamente o tempo do processo de descoberta de novas propriedades e de novos materiais. Dados de materiais complexos são utilizados para a confecção de novos compostos termoelétricos, novas ligas de manufatura aditivas, novos materiais magnéticos, além de facilitarem a busca dos chamados materiais quânticos, que devem impactar fortemente a área da eletrônica com suas aplicações em computadores quânticos. Os resultados dessas pesquisas devem alimentar a economia mundial pelas próximas décadas: a partir deles, surgirão produtos que trarão não apenas bem-estar para as populações, mas riqueza para as nações que embarcarem nessa nova forma de fazer ciência.

COMPETITIVIDADE DAS EMPRESAS

A competitividade é a capacidade de qualquer organização em cumprir sua missão com mais êxito que seus competidores. Levando-se em consideração que o impacto da IA é cada vez mais claro para as empresas e para a sociedade, com transformações importantes em grandes áreas como educação, energia, saúde e sustentabilidade, é importante entender as dimensões mais estruturais do uso de IA no setor empresarial.

No contexto do avanço da IA no mundo, a competitividade das empresas nacionais traz múltiplos desafios. A definição e implementação de uma estratégia para alcançar metas e objetivos de longo prazo é um deles. Sem estratégias adequadas, não há geração de valor. Em geral, empresas (bem como organizações públicas, incluindo instituições de ensino e pesquisa) sofrem com a falta de entendimento técnico sobre IA, que representa um obstáculo para a incorporação das ferramentas de IA em seus processos.

A sustentabilidade da tecnologia é outro desafio, que ocorre quando não há entendimento adequado sobre o seu uso, como por exemplo com a IA. A busca de competitividade para a economia do país também exige o desenvolvimento de tecnologias nacionais, que criem valor e produtos brasileiros competitivos no mercado internacional. Assim, não basta a mera aquisição de produtos e tecnologias do exterior.

Um ponto relevante sobre a IA na competitividade empresarial é o desenvolvimento de soluções centradas no consumidor. Em um caso real, uma empresa criou um autorizador para exames clínicos em pacientes usando IA que permite ao médico, durante uma consulta, interagir com a seguradora de saúde. O profissional solicita uma série de exames e, em segundos, tem a resposta de autorização. Assim, o trabalho e o tempo de espera do cliente são diminuídos, reduzindo o custo da seguradora de saúde. É uma tecnologia sustentável, que cria valor para a empresa e para os clientes.

EFICIÊNCIA E GOVERNANÇA DO SETOR PÚBLICO

A utilização de IA pode trazer contribuição significativa para a relação entre governo e cidadãos. Por um lado, o grande e disperso volume de dados sobre políticas públicas poderia ser integrado para maximizar sua eficiência e eficácia.

³⁵ Saiba mais em: <https://www.mgi.gov/>

Potencialmente, a tecnologia trará ganhos na integração de políticas setoriais de diferentes níveis, maximizando a colaboração entre iniciativas municipais, estaduais e nacionais. Por outro lado, a própria integração e sistematização da massa de informações da administração pública propicia o controle ao cidadão e a garantia de uma gestão mais democrática.

Riscos éticos e sociais

Apesar de potenciais benefícios e oportunidades, há evidências concretas de que as tecnologias de IA podem trazer danos para indivíduos, grupos, sociedades e para o planeta. Entre as preocupações, estão violações de privacidade, criação de ambientes anticompetitivos, manipulação de comportamentos e ocorrência de desastres ambientais. Algoritmos de aprendizado de máquina já permitem identificar e explorar vulnerabilidades e preconceitos — estes com casos já identificados de perpetuação, a exemplo de questões raciais e outras formas de discriminação.

A IA pode afetar diretamente vários perfis de trabalhadores, seja pelo monitoramento de sua atuação, seja pela automação excessiva — fatores que podem levar à piora das condições de trabalho ou mesmo à extinção de funções. Esses riscos já existiam quando da adoção de outras tecnologias, mas, com a IA, o impacto pode ser maior, não se resumindo apenas a trabalhos facilmente automatizáveis, que requerem pouca qualificação, mas interferindo em postos que requerem capacidade analítica, tratamento de informação e algum grau de criatividade. Um relatório da consultoria McKinsey, publicado em 2015 (portanto, antes do impacto atual da IA), já apontava as consequências dessa tecnologia sobre empregos de média e alta remuneração, que também são e serão afetados pelo uso de IA no mercado de trabalho (Chui *et al.*, 2015).

Como uma resposta a essas e outras preocupações, surgiu um conjunto de iniciativas denominado IA Responsável (Pak, 2022). No projeto, as aplicações, modelos e sistemas baseados em IA vão além das características técnicas típicas, visando objetivos sociais e evitando danos a indivíduos e grupos (Pak, 2022). É crucial que, no Brasil, as preocupações com riscos éticos e sociais orientem o estabelecimento de princípios, regras e legislações para minimizar riscos da tecnologia. É fundamental, ainda, que a sociedade brasileira participe das discussões sobre os limites do uso da IA. Diferentes atores da sociedade têm manifestado receios ligados à ferramenta. Aos cientistas, interessa proteger o desenvolvimento nacional equiparado ao avanço internacional, não permitindo atraso ou limitação do progresso científico e tecnológico, e prover igualdade no desenvolvimento científico e tecnológico e na geração de inovações e riquezas.

REGULAÇÃO PARA MINIMIZAR RISCOS

O principal desafio da construção de uma regulação para a IA é que as regras e leis sejam justas, inclusivas e que protejam a sociedade. Ao mesmo tempo, não devem atrasar ou paralisar o desenvolvimento da tecnologia. Trata-se de um desafio sensível, dinâmico e que deve ser bem discutido por vários setores da sociedade.

Aos cientistas,
interessa
proteger o
desenvolvimento
nacional
equiparado
ao avanço
internacional, não
permitindo atraso
ou limitação
do progresso
científico e
tecnológico,
e prover
igualdade no
desenvolvimento
científico e
tecnológico e
na geração de
inovações e
riquezas.

(...) as discussões sobre regulações internacionais enfrentam os mesmos desafios que o país enfrenta: conciliar conhecimento especializado em IA com conhecimento jurídico em uma área em constante e acelerada evolução.

Há, ainda, um aspecto importante a ser observado: novas regras e leis não devem se sobrepor desnecessariamente a regras e leis já existentes. É preciso, por exemplo, ter clareza sobre quais os elementos da proteção de dados e da proteção do consumidor não são cobertos pelas leis respectivas e que, portanto, merecem novos regramentos. Um outro desafio é que a legislação a ser estabelecida gere segurança, por parte da população, quanto ao que é e não é proibido. Por sua acelerada evolução, as tecnologias de IA não se moldam facilmente a definições estáticas.

O debate sobre a regulamentação da IA se estende pelo mundo. Por aqui, tramita no Senado o projeto de lei nº 2338, de 2023. A discussão foi iniciada no âmbito da Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital), aprovada em março de 2018 por meio do decreto nº 9.319/2018 e pela portaria MCTIC nº 1.556/2018. O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), por meio de outra portaria (MCTIC nº 1.122/2020), definiu a área de IA como uma prioridade em projetos de pesquisa e no desenvolvimento de tecnologias e inovações para o período 2020 a 2023 (Projeto de Lei n.2338/2023). Nesse contexto, foi elaborada a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA). Várias são as preocupações veiculadas por distintos atores sociais, em particular com relação a questões éticas, de responsabilidade civil, privacidade e segurança.

Apesar dessas iniciativas legislativas, o Brasil ainda não conta com uma regulamentação sobre a IA. Ressalte-se que as discussões sobre regulações internacionais enfrentam os mesmos desafios que o país enfrenta: conciliar conhecimento especializado em IA com conhecimento jurídico em uma área em constante e acelerada evolução. Em junho de 2023, a União Europeia divulgou que o uso da IA será regulado por seu *AI Act* (Parlamento Europeu, 2023), com processo de aprovação já iniciado. A prioridade do Parlamento Europeu é que os sistemas de IA usados na comunidade europeia sejam seguros, transparentes, rastreáveis, não discriminatórios e sustentáveis. Por isso, os sistemas de IA críticos podem requerer supervisão humana.

O *AI Act* (Parlamento Europeu, 2023) é fundamentalmente baseado em risco, propondo regras diferentes para riscos de dimensões diferentes. Em particular, existem os riscos considerados inaceitáveis, incluindo manipulação comportamental cognitiva de pessoas ou grupos vulneráveis, vieses de diversas naturezas (gênero, sexo, idade etc.), técnicas para prover *social score* e sistemas de identificação biométrica em tempo real. Esses usos são proibidos pelo *AI Act*. Atividades de alto risco, como uso em seleção de pessoal ou em operações por artefatos médicos, são permitidas, mas sujeitas a análises prévias à aplicação. Atividades com risco menor, mas com questões ligadas à transparência — como o uso de robôs de *software* para geração de opiniões — são permitidas, mas sujeitas a requisitos como a notificação a usuários sobre a natureza das interações. Por fim, atividades de risco mínimo ou sem risco são permitidas sem restrições. Um aspecto relevante do *AI Act* é a previsão de *sandboxes* regulatórios, ou seja, espaços reservados que facilitam o desenvolvimento e teste de inovações em IA.

Os Estados Unidos tampouco têm regulamentação ou legislação específica. A estratégia dos EUA para a área de IA é definida por meio de legislação e ordens (atos, decretos) do poder executivo. Um conjunto de documentos tem sido produzido e revisado periodicamente. Por ter avanço contínuo, a mobilização de empreendedores, pesquisadores do setor e de lideranças econômicas, sociais e políticas deve ser igualmente contínua. Dispositivos aprovados em 2021 estipulam regras gerais no contexto da disputa tecnológica entre os EUA e outros países, em particular prevendo a criação de uma rede nacional de institutos de pesquisa em IA. Recentemente, o governo dos EUA apresentou o Blueprint for an AI Bill of Rights (Casa Branca [Estados Unidos], s.d.), que define um conjunto de princípios e práticas associadas que auxiliam o uso e o emprego de sistemas de IA e protegem os direitos da população nessa era da IA. Os cinco princípios básicos apresentados no documento são: (a) usuários não devem ser sujeitos a sistemas de IA inseguros ou não efetivos; (b) não devem sofrer discriminação algorítmica; (c) não devem ser sujeitos a coletas de dados abusivas e devem ser informados sobre dados coletados; (d) devem saber quando sistemas de IA são usados e como contribuem para resultados; e (e) devem ter o poder de evitar sistemas de IA e acessar humanos quando necessário.

A capacidade de ensinar e formar jovens brasileiros que possam entender problemas relevantes e inovadores da IA, que tenham espírito crítico, que consigam desenvolver soluções no estado da arte e que tenham foco em soluções nacionais é um imenso desafio.

Recomendações

Para acelerar seu crescimento com o uso bem-sucedido de IA, o Brasil precisará dispor de uma massa crítica qualificada de profissionais que dominem áreas e subáreas relacionadas à IA, como aprendizado de máquina e ciência de dados. Formar esse corpo de profissionais requer tempo. Países e empresas com liderança tecnológica iniciaram essa formação há pelo menos dez anos. O Brasil precisa enfrentar esse desafio com agilidade e em grande escala. É, também, urgente atuar para desmistificar e informar a sociedade sobre o que é, de fato, a IA. Nesse sentido, a população infantil merece atenção especial. Em alguns países, conceitos simples de IA, indicações claras de como ela funciona e onde tem sido utilizada são temas já abordados no ensino básico. O Brasil pouco ou nada ensina sobre conceitos simples de pensamento computacional em suas escolas.

FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

Algumas estratégias podem ajudar a reter talentos do ecossistema educacional do país e fomentar uma força de trabalho bem-equipada e cultivada localmente. A formação de recursos humanos deve promover a pesquisa e o desenvolvimento com investimento público e privado; promover a união de pesquisadores de universidades com pesquisadores de empresas para estimular desenvolvimento e evitar retrabalho e duplicidade; e visitar a área da educação nos níveis fundamental e médio. A capacidade de ensinar e formar jovens brasileiros que possam entender problemas relevantes e inovadores da IA, que tenham espírito crítico, que consigam desenvolver soluções no estado da arte e que tenham foco em soluções nacionais é um imenso desafio. Como impacto

Estabelecer centros de excelência multidisciplinares, particularmente em universidades que já possuem grupos robustos de IA e expertise em outras áreas distintas do conhecimento, poderá impulsionar significativamente o uso e a promoção da IA em vários setores.

positivo, poderemos ter o desenvolvimento de uma tecnologia nacional, voltada para questões nacionais e, ao mesmo tempo, alinhada às necessidades e desafios internacionais. Esse impacto deve se estender a várias áreas dos campos social e econômico.

ATRAÇÃO DE PESQUISADORES E CIENTISTAS DE IA

Atrair especialistas em IA para o Brasil poderia acelerar a evolução do país de forma a torná-lo um *player* significativo na área. A captação de especialistas exige o estabelecimento de centros internacionais de pesquisa no Brasil, similares aos existentes na Europa e nos EUA. A cooperação entre universidades e instituições de pesquisa poderá fornecer oportunidades de projetos atraentes, facilitando a vinda de especialistas em IA. O Brasil tem uma gama única de desafios que podem atrair jovens profissionais inovadores que buscam aplicar seus conhecimentos. O estabelecimento de parcerias com instituições globais poderia servir ainda mais como uma estratégia benéfica. A melhoria dos *hubs* de inovação existentes, parques tecnológicos e ecossistemas de *startups* também poderia aumentar o apelo do Brasil para os profissionais estrangeiros de IA.

É recomendada a implementação de um programa de bolsas para estudantes em IA e áreas correlatas, incentivando-os a atuar como tutores e impulsionadores de inovação em cursos de graduação e pós-graduação. O valor das bolsas deve ser equiparado ao mercado de modo a incentivar estudantes a assumir funções de tutoria em cursos de graduação e pós-graduação. É uma forma de estimular o ensino de IA e o desenvolvimento de projetos inovadores. Alunos que desempenham o papel de tutores frequentemente atingem um patamar de compreensão mais refinada do conteúdo em estudo. Esse efeito é valioso em um campo em constante evolução como a IA, no qual a aprendizagem contínua é crucial.

VALORIZAÇÃO DA PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM IA

O Brasil deve proteger e aumentar a força de trabalho nas universidades, hoje relativamente pequena, ainda que qualificada. Essa iniciativa geraria mais indivíduos qualificados para entender, criticar e promover o avanço da tecnologia. Esses profissionais podem servir como educadores qualificados e liderar a aplicação da IA em várias áreas científicas, focando na resolução de problemas brasileiros. Deve-se facilitar substancialmente o estabelecimento de marcos regulatórios e legislações que incentivem pesquisadores e professores e universidades a comercializar os resultados de suas pesquisas por meio de empresas fundadas nas próprias universidades (as chamadas *startups* de base tecnológica). Apesar dos esforços como o Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação³⁶, ainda há riscos regulatórios significativos para pesquisadores que decidem gerar riqueza com suas pesquisas, principalmente em universidades públicas.

³⁶ Saiba mais em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/12/ministerio-lanca-portal-do-marco-legal-da-ciencia-tecnologia-e-inovacao#:~:text=Ele%20visa%20principalmente%20fortalecer%20a,o%20desenvolvimento%20sustent%3%A1vel%20do%20pa%C3%ADs>

CENTROS MULTIDISCIPLINARES DE P&D EM IA

Estabelecer centros de excelência multidisciplinares, particularmente em universidades que já possuem grupos robustos de IA e expertise em outras áreas distintas do conhecimento, poderá impulsionar significativamente o uso e a promoção da IA em vários setores. Esse esforço, aliado à expansão desses grupos pela formação de especialistas brasileiros, fomentaria o avanço e o uso da IA. Nesse sentido, uma opção é a criação de centros virtuais que reúnam especialistas de uma região específica, estimulando a colaboração e a sinergia independentemente das fronteiras institucionais. Esse processo poderia ampliar o acesso às tecnologias a uma gama mais ampla de talentos e especialidades. Em 2021, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br) criaram um programa para a constituição de Centros de Pesquisas Aplicadas (CPA) em IA³⁷, com foco nas áreas de saúde, agricultura, indústria e cidades inteligentes. Esse programa poderia ser ampliado para outros temas de aplicações e outras universidades.

COLABORAÇÃO ENTRE EMPRESAS, UNIVERSIDADES E GOVERNO

É necessário buscar colaborações e parcerias entre universidades, empresas e governo no contexto de formação de pessoal e desenvolvimento de tecnologias de IA para gerar produtos inovadores em diversos setores da economia. A participação multissetorial no desenvolvimento de IA pode trazer benefícios significativos para a economia, principalmente na formulação de estratégias de automação na indústria e nos serviços adequados à realidade brasileira.

IA NA EDUCAÇÃO

O progresso tecnológico é o principal motor da prosperidade humana. O progresso, no entanto, não acontece de forma automática: requer um real compromisso da sociedade para que as ações necessárias possam ser tomadas. A parte fundamental de qualquer avanço tecnológico é, sem dúvida, a educação. Nesse sentido, no Brasil, além das medidas habituais que devem ser adotadas (como promover a pesquisa e o desenvolvimento nas universidades nas áreas afins), deve-se aproveitar a IA para acelerar a educação em todos os níveis — das escolas às universidades. A IA poderia ser empregada na educação como uma ferramenta poderosa, fornecendo o que é comumente referido como um tutor individual para estudantes. Como demonstrado no texto *AI and education: Guidance for policymakers* (UNESCO, 2021), e nos projetos Khanmigo (TED, 2023; Coursera, 2023) e Wolfram³⁸, a IA tem potencial para revolucionar as metodologias de ensino em todas as áreas, se adequadamente planejada e executada. Em particular, na área da computação, estudos recentes³⁹ mostram que a ferramenta *Copilot*, baseada em LLM, aumenta a produtividade no desenvolvimento de *software* e beneficia desenvolvedores e alunos durante o aprendizado (Zingaro & Porter, 2024).

É necessário buscar colaborações e parcerias entre universidades, empresas e governo no contexto de formação de pessoal e desenvolvimento de tecnologias de IA para gerar produtos inovadores em diversos setores da economia.

³⁷ Saiba mais em: <https://fapesp.br/16284/fapesp-anuncia-criacao-de-quatro-centros-de-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial>

³⁸ O projeto Wolfram – Computation meets Knowledge (<https://www.wolfram.com/technologies/index.pt-br.html>) demonstra o potencial da IA para revolucionar metodologias de ensino.

³⁹ Para mais informações, ver: Peng et al. (2023); Shani (2023); e Kazemitabaar et al. (2023).

(...) a IA pode estimular a criação de empregos no ensino, gerando novas oportunidades em um setor crítico para a sociedade. Essa revolução, no entanto, não ocorrerá se o uso de IA for inadequado. Um exemplo a ser evitado é o uso da tecnologia para substituir educadores (...).

Um debate recente (Rethinking Economics NL, 2021) entre o economista Daron Acemoglu (MIT) e o jornalista Martin Wolf delineou que o uso adequado da IA nas escolas não deve substituir os educadores, muito pelo contrário! A utilização cuidadosa da IA deve possibilitar aos professores dedicar mais horas em tarefas mais nobres, como no estímulo à criatividade em sala de aula. Conseqüentemente, a IA pode estimular a criação de empregos no ensino, gerando novas oportunidades em um setor crítico para a sociedade. Essa revolução, no entanto, não ocorrerá se o uso de IA for inadequado. Um exemplo a ser evitado é o uso da tecnologia para substituir educadores, entregando a tarefa de ensinar a indivíduos menos qualificados, com confiança quase exclusiva em processos automatizados. O aproveitamento do potencial da IA depende do total envolvimento do setor público, principalmente em aplicações nas áreas da saúde e educação. A sociedade deve estar engajada com essas mudanças, ou corremos o risco de perder uma estreita janela de oportunidade. Nesta jornada, os setores público e privado devem unir forças para facilitar transformações.

ENFATIZAR A EDUCAÇÃO EM TODOS OS NÍVEIS

Priorizar a educação em todos os níveis e estabelecer parcerias com plataformas globais de educação são iniciativas que, aliadas, podem formar uma estratégia impactante para acelerar a melhoria dos padrões educacionais. Ao fomentar alianças educacionais globais, é possível catalisar o progresso em metodologias pedagógicas. O sistema de IA poderia, por exemplo, analisar o desempenho de um aluno para identificar áreas de força e fraqueza, ajustando materiais de aprendizagem em tempo real para abordar os temas segundo suas necessidades. Esse processo pode tornar a aprendizagem mais eficiente e prazerosa, ajudando a manter os alunos motivados e engajados. Em um olhar mais amplo, essa é uma forma de acelerar a inclusão digital na sociedade.

Como exemplo, pode-se estudar parcerias com a Khanmigo ou plataformas semelhantes (UNESCO, 2021) para fornecer aos estudantes brasileiros acesso a recursos educacionais de nível mundial. A colaboração também pode permitir a personalização de cursos para atender às necessidades específicas dos estudantes brasileiros usando a expertise local. Por fim, parcerias na área podem incorporar estudos de casos da realidade do Brasil, focando em temas de particular relevância para a economia brasileira e especificidades regionais.

INVESTIMENTOS SIGNIFICATIVOS E DE LONGO PRAZO EM P&D DE IA

Destaca-se a necessidade de aumento imediato do financiamento por parte do governo e a criação de mecanismos para que o setor privado também incremente os investimentos nessa tecnologia. Uma possibilidade seria explorar a criação de programas ou de uma agência nos moldes da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii), focada no desenvolvimento e adoção de IA. O orçamento dessa agência deve ser compatível com os investimentos de outros países com protagonismo tecnológico — algo em torno de R\$ 1 bilhão por ano pelos próximos cinco anos.

Novamente, cabe ressaltar que ainda não existem regulações que permitam a criação e operação ágil de empresas fundadas por professores e pesquisadores, particularmente em universidades públicas. Tal cenário não é competitivo

internacionalmente: professores de universidades públicas, notadamente da América do Norte, têm amplas facilidades regulatórias para empreender a partir de suas atividades de pesquisa. A geração de riqueza e postos de trabalho de alto nível no país não ocorrerá sem um significativo crescimento das empresas de base tecnológica. O caso dos EUA, tanto no Vale do Silício quanto nas regiões de Boston, Austin e no entorno de diversas universidades, exemplifica que o motor da nova economia é o desenvolvimento de empresas dirigidas por inovação (*innovation-driven entrepreneurship*). É necessário um ambiente regulatório seguro para professores e pesquisadores que desejem contribuir para a geração de riqueza e de uma economia de base de conhecimento. Isso só ocorrerá se houver segurança jurídica para professores e pesquisadores empreendedores, como há nos EUA, no Reino Unido, em Israel e em países do leste asiático.

P&D EM IA PRIORIZANDO A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS BRASILEIROS

O entendimento de onde as empresas brasileiras têm utilizado IA em seus negócios pode fornecer ideias valiosas para o bom aproveitamento dessa tecnologia. Setores como finanças, saúde, educação, varejo e agricultura são candidatos óbvios. Para aproveitar todo o potencial da IA, é essencial integrá-la ao currículo educacional. As universidades devem promover o aprendizado baseado em projetos, focando em estudos de caso da vida real pertinentes aos desafios sociais e empresariais brasileiros. Essa abordagem não apenas equiparia os alunos com habilidades práticas em IA, mas permitiria que eles entendessem como os conceitos da IA podem ser usados para resolver problemas do mundo real. Ao se engajar em tais projetos, estudantes contribuem para resolver problemas brasileiros urgentes enquanto ganham experiência prática com a tecnologia. Com essa abordagem imersiva e de resolução de problemas para o aprendizado, novas gerações podem ser inspiradas a seguir carreiras em IA (e carreiras científicas de forma geral) e suas aplicações, impulsionando ainda mais a inovação e o crescimento nesse campo crítico.

REGULAÇÃO DE IA

Qualquer regulação deve ser comunicada à população, e em particular à comunidade científica e à comunidade empresarial, de forma clara. Para evitar atrasos na inovação e no avanço da pesquisa, é importante que cada restrição seja cuidadosamente justificada e que se explique à sociedade por que as leis anteriores não são suficientes. Erros de comunicação podem prejudicar o desenvolvimento do país, levando ao abandono de caminhos cuja proibição nem tenha sido aventada. Além disso, parcelas da população podem se fixar exclusivamente em aspectos negativos da tecnologia de IA — aspectos às vezes mais afeitos a obras de ficção científica do que à realidade prática. Em vista disso, a comunidade científica deve participar do processo de discussão e ser incentivada a realizar um intenso esforço de divulgação sobre o que se pretende com regras e controles.

O debate deve ser amplo e não circunscrito a uma comissão específica, e deve contar com a participação de cientistas de competência comprovada. A comunidade científica brasileira ligada a temas da IA vem, ao longo dos últimos anos, desenvolvendo pesquisas, inovando e gerando empregos. Enfatizamos, assim, nossa recomendação: que todas as discussões sobre IA incluam cientistas

É necessário um ambiente regulatório seguro para professores e pesquisadores que desejem contribuir para a geração de riqueza e de uma economia de base de conhecimento.

(...) é fundamental que haja uma política para regulamentar o acesso às bases de dados brasileiros e, em especial, às exigências para acesso a esses dados por empresas e governos estrangeiros.

ligados ao tema, tanto nas análises dos vários aspectos da IA quanto na avaliação das consequências de regulações pretendidas, incluindo o planejamento de atividades de divulgação e esclarecimento para a sociedade.

Espera-se, ainda, que nenhuma regulamentação possa limitar ou restringir a capacidade de desenvolvimento da ciência e tecnologia brasileiras, e que seja possível inovar em ambientes controlados (*sandboxes*) de forma simples e com segurança jurídica. Os cientistas brasileiros da área têm a expectativa de que a sociedade, o governo e a iniciativa privada tenham um olhar de entendimento, liberdade e positividade em relação ao futuro da IA, com a certeza de que essa tecnologia pode prover muito mais ganhos do que perdas.

POLÍTICA DE DADOS

Uma outra iniciativa fundamental para o Brasil é a proteção dos seus dados. A qualidade dos resultados obtidos por meio de técnicas de IA, como a previsão de demandas em diferentes setores e a aceleração e precisão de diagnósticos, dependem da qualidade e consistência dos dados usados para treinamento dos algoritmos. Existe, portanto, grande interesse de empresas e governos estrangeiros no acesso aos bancos de dados que o Brasil dispõe em áreas estratégicas. Exemplos desses bancos incluem as informações do Sistema Único de Saúde (SUS), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), da Federação Brasileira de Bancos (Febraban) e do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira do Ministério da Educação (INEP-MEC), além de dados sobre a nossa biodiversidade coletada por empresas e instituições de pesquisa ao longo de anos. Por isso, é fundamental que haja uma política para regulamentar o acesso às bases de dados brasileiros e, em especial, às exigências para acesso a esses dados por empresas e governos estrangeiros. Recomenda-se que seja criada uma rede nacional de centro de dados coordenada por alguma instituição do governo federal.

Conclusão

O futuro da sociedade brasileira será moldado pelas escolhas que o governo e a própria sociedade fizerem em relação à IA. O senso de urgência em relação aos investimentos em IA e a formulação de políticas públicas emergem como prioridades cruciais em todo o mundo, abrangendo países desenvolvidos e em desenvolvimento. Organizações renomadas, como a Organização das Nações Unidas (ONU), UNESCO, Fórum Econômico Mundial (FEM), G20, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e várias outras entidades multilaterais estão unidas ao considerar as tecnologias de IA como um imperativo global (10 Downing Street, 2023; OCDE, 2021).

Nesse contexto, o presente relatório traz uma série de recomendações destinadas a impulsionar o Brasil no campo do uso e do avanço científico e tecnológico da IA. Além disso, delineamos princípios fundamentais para garantir que essa tecnologia não apenas transforme a paisagem econômica, mas contribua de forma significativa para o desenvolvimento sustentável de nossa nação, gerando prosperidade para todos (Ahmad *et al.*, 2023; UNESCO, 2021; Sunak, 2023).

Referências

- Ahmad, N., Murugesan, S., & Nir, K. (2023). Generative Artificial Intelligence and the education sector. *Computer*, 56(6). <https://ieeexplore.ieee.org/document/10132034/authors#authors>
- Casa Branca [Estados Unidos]. (s.d.). *Blueprint for an AI Bill of Rights: Making automated systems work for the american people*. <https://www.whitehouse.gov/ostp/ai-bill-of-rights/>
- Chakravorti, B., Bhalla, A., Chaturvedi, R. S., & Filipovic, C. (2021). 50 global hubs for top AI talent. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/webinar/2022/07/where-to-find-top-ai-talent>
- Chakravorti, B. (2022). Where to find top AI talent. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/webinar/2022/07/where-to-find-top-ai-talent>
- China Daily. (2021). *World's top 10 countries in AI innovation*. <https://www.chinadaily.com.cn/a/202108/23/WS6122d245a310efa1bd66a545.html>
- Chui, M., Manyika, J., & Miremadi, M. (2015). Four fundamentals of workplace automation. *McKinsey Quarterly*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/four-fundamentals-of-workplace-automation>
- Coursera. (2023). Unleashing the next chapter of personalized and interactive online learning with generative AI, machine learning, and virtual reality. *Coursera Blog*. <https://blog.coursera.org/new-products-tools-and-features-2023>
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. (2020). Publicações científicas sobre Inteligência Artificial. *Revista Fapesp*, 291. <https://revistapesquisa.fapesp.br/publicacoes-cientificas-sobre-inteligencia-artificial1/>
- Gilbert, N. (2023). Accidental DNA collection by air sensors could revolutionize wildlife tracking. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/d41586-023-01850-z>
- Google for Startups. (s.d.). *O impacto e o futuro da Inteligência Artificial no Brasil*. <https://startup.google.com/intl/pt-BR/inteligencia-artificial/>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022). Setor industrial perde 9,6 mil empresas e um milhão de empregos em dez anos. *Agência de Notícias - IBGE*. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34432-setor-industrial-perde-9-6-mil-empresas-e-1-milhao-de-empregos-em-dez-anos#:~:text=Desde%202013%2C%20ponto%20mais%20alto,trabalho%20entre%202011%20e%202020>
- Jidling, C., Gedon, D., Schön, T. B., Oliveira, C. D. L., Cardoso, C. S., Ferreira, A. M., Giatti, L., Barreto, S. M., Sabino, E. C., Ribeiro, A. L. P., & Ribeiro, A. H. (2023). Screening for Chagas disease from the electrocardiogram using a deep neural network. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 17(7). <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0011118>
- Kazemitabaar, M., Chow, J., Ma, C. K. T., Ericson, B. J., Weintrop, D., & Grossman, T. (2023). Studying the effect of AI code generators on supporting novice learners in introductory programming. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–23). <http://dx.doi.org/10.1145/3544548.3580919>
- Machado, T. M., & Winter, E. (2023). Artificial Intelligence and patents in Brazil: Overview on patentability and comparative study on patent filings. *World Patent Information*, 72. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0172219023000078>
- MacroPolo. (2023). *The global AI talent tracker*. <https://macropolo.org/digital-projects/the-global-ai-talent-tracker/>
- OCDE. (2021). State of implementation of the OECD AI principles: Insights from national AI policies. *OECD Digital Economy Papers*, 311. <https://doi.org/10.1787/1cd40c44-en>

- Pak, C. (2022). Responsible AI and algorithm governance: An institutional perspective. In Nam, C. S., Jung, J.-Y., & Lee, S. (Eds.), *Human-centered Artificial Intelligence: Research and applications*, Academic Press, (pp. 251–270). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323856485000189>
- Parlamento Europeu. (2023). Lei da UE sobre IA: primeira regulamentação de Inteligência Artificial. *Temas*. <https://www.europarl.europa.eu/topics/pt/article/20230601ST093804/lei-da-ue-sobre-ia-primeira-regulamentacao-de-inteligencia-artificial>
- Peng, S., Kalliamvakou, E., Cihon, P., & Demirer, M. (2023). *The impact of AI on developer productivity: Evidence from GitHub copilot*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.06590>
- Projeto de Lei n. 2338/2023. (2023) Dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial. <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9347622&ts=1702407086098&disposition=inline>
- Rethinking Economics NL. (2021). *Political economy in the 21st century* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=dJX6kllaPqk&t=141s>
- Savage, N. (2020). The race to the top among the world's leaders in Artificial Intelligence. *Nature* 588. <https://www.doi.org/10.1038/d41586-020-03409-8>
- Schleder, G. R., Padilha, A. C. M., Acosta, C. M., Costa, M., & Fazzio, A. (2019). From DFT to machine learning: Recent approaches to materials science—a review. *Journal of Physics: Materials* 2, 032001. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7639/ab084b>
- SCImago Journal & Country Rank. (s.d.). *SJR - international science ranking*. <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>
- Shani, I. (2023). Survey reveals AI's impact on the developer experience. *GitHub Blog*. <https://github.blog/2023-06-13-survey-reveals-ais-impact-on-the-developer-experience/>
- Solaiman, I. (2023). *The gradient of generative AI release: Methods and considerations*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.04844>
- Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence. (2023). *The AI index 2023 annual report*. <https://aiindex.stanford.edu/report/>
- TED. (2023). *How AI could save (not destroy) education* | Sal Khan [Vídeo]. YouTube. <https://youtu.be/hJP5GqnTrNo>
- 10 Downing Street. (2023). *Prime minister Rishi Sunak @ London Tech Week*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=05J7QuWq53c>
- UNESCO. (2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>
- Zingaro, D., & Porter, L. (2023). *LLMs: A new way to teach programming* [Vídeo]. Association for Computing Machinery. <https://learning.acm.org/techtalks/llmprogramming>

Relatório de Domínios

O Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), departamento do Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br), monitora mensalmente o número de nomes de domínios de topo de código de país (*country code Top-Level Domain* [ccTLD]) registrados entre os países que compõem a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e o G20⁴⁰. Considerados os membros de ambos os blocos, as 20 nações com maior atividade somam mais 92,01 milhões de registros. Em março de 2024, os domínios registrados sob .de (Alemanha) chegaram a 17,68 milhões. Em seguida, aparecem Reino Unido (.uk), China (.cn) e Países Baixos (.nl), com, respectivamente, 9,29 milhões, 8,16 milhões e 6,28 milhões de registros. O Brasil teve 5,30 milhões de registros sob .br, ocupando a sexta posição na lista, como mostra a Tabela 1⁴¹.

⁴⁰ Grupo composto pelas 19 maiores economias mundiais e a União Europeia. Saiba mais: <https://g20.org/>

⁴¹ A tabela apresenta a contagem de domínios ccTLD segundo as fontes indicadas. Os valores correspondem ao registro publicado por cada país, tomando como base os membros da OCDE e do G20. Para países que não disponibilizam uma estatística oficial fornecida pela autoridade de registro de nomes de domínios, a contagem foi obtida em: <https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts>. É importante destacar que há variação no período de referência, embora seja sempre o mais atualizado para cada localidade. A análise comparativa de desempenho de nomes de domínios deve considerar ainda os diferentes modelos de gestão de registros ccTLD. Assim, ao observar o *ranking*, é preciso atentar para a diversidade de modelos de negócio existentes.

/Panorama Setorial da Internet

Tabela 1 – TOTAL DE REGISTROS DE NOMES DE DOMÍNIOS ENTRE OS PAÍSES DA OCDE E DO G20

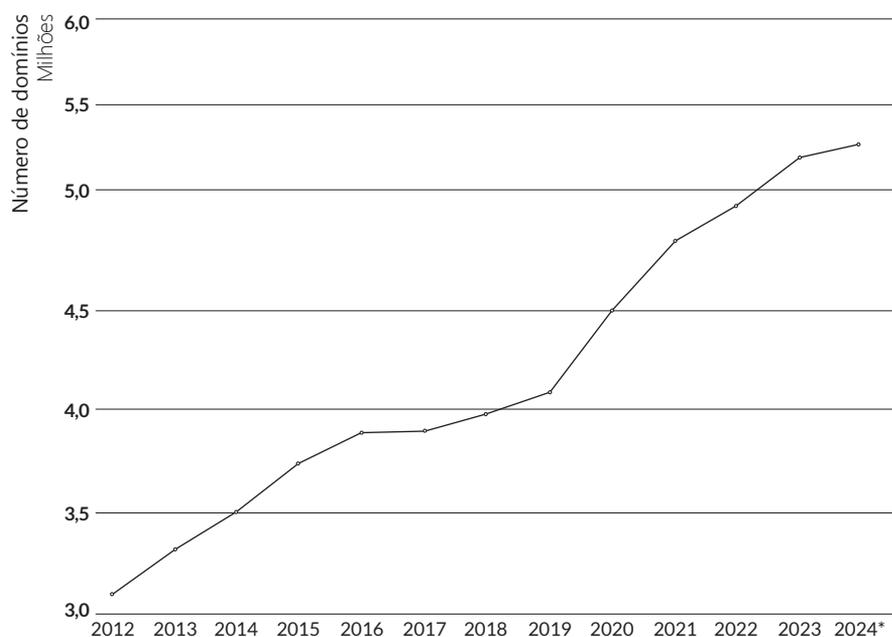
| Posição | País | Número de domínios | Data de referência | Fonte (<i>website</i>) |
|----------|---------------------------------|--------------------|--------------------|---|
| 1 | Alemanha (.de) | 17.686.525 | 01/04/2024 | https://www.denic.de |
| 2 | Reino Unido (.uk) | 9.293.964 | 29/02/2024 | https://www.nominet.uk/news/reports-statistics/uk-register-statistics-2024/ |
| 3 | China (.cn) | 8.164.091 | 01/04/2024 | https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts/ |
| 4 | Países Baixos (.nl) | 6.283.044 | 01/04/2024 | https://stats.sidnlabs.nl/en/registration.html |
| 5 | Rússia (.ru) | 5.589.498 | 01/04/2024 | https://cctld.ru |
| 6 | Brasil (.br) | 5.304.202 | 31/03/2024 | https://registro.br/dominio/estatisticas/ |
| 7 | Austrália (.au) | 4.251.146 | 01/04/2024 | https://www.auda.org.au/ |
| 8 | França (.fr) | 4.138.319 | 12/01/2024 | https://www.afnic.fr/en/observatory-and-resources/statistics/ |
| 9 | União Europeia (.eu) | 3.647.974 | 01/04/2024 | https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts/ |
| 10 | Itália (.it) | 3.499.574 | 31/03/2024 | https://stats.nic.it/domain/growth |
| 11 | Canadá (.ca) | 3.392.586 | 01/04/2024 | https://www.cira.ca |
| 12 | Colômbia (.co) | 3.257.076 | 01/04/2024 | https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts/ |
| 13 | Índia (.in) | 3.001.227 | 01/04/2024 | https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts/ |
| 14 | Suíça (.ch) | 2.570.480 | 15/03/2024 | https://www.nic.ch/statistics/domains/ |
| 15 | Polônia (.pl) | 2.565.398 | 04/04/2024 | https://www.dns.pl/en/ |
| 16 | Espanha (.es) | 2.100.812 | 20/03/2024 | https://www.dominios.es/dominios/en |
| 17 | Estados Unidos da América (.us) | 1.959.291 | 01/04/2024 | https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts/ |
| 18 | Portugal (.pt) | 1.823.528 | 01/04/2024 | https://www.dns.pt/en/statistics/ |
| 19 | Japão (.jp) | 1.759.478 | 01/04/2024 | https://jprs.co.jp/en/stat/ |
| 20 | Bélgica (.be) | 1.730.746 | 01/04/2024 | https://www.dnsbelgium.be/en |

Data de coleta: 01 de abril de 2024⁴².

⁴² Com exceção da Polônia, cuja data de coleta é 04 de abril de 2024.

O Gráfico 1 apresenta o desempenho do .br desde o ano de 2012.

Gráfico 1 – TOTAL DE REGISTROS DE DOMÍNIOS DO .BR – 2012 a 2024*



*Data de coleta: 31 de março de 2024.

Fonte: Registro.br

Recuperado de: <https://registro.br/dominio/estatisticas/>

Em março de 2024, os cinco principais domínios genéricos (*generic Top-Level Domain* [gTLD]) totalizaram mais de 188,27 milhões de registros. Com 157,58 milhões de registros, destaca-se o .com, conforme apontado na Tabela 2.

Tabela 2 – TOTAL DE REGISTROS DE DOMÍNIOS DOS PRINCIPAIS gTLD

| Posição | gTLD | Número de domínios |
|---------|-------|--------------------|
| 1 | .com | 157.586.968 |
| 2 | .net | 12.874.053 |
| 3 | .org | 10.825.850 |
| 4 | .info | 3.609.057 |
| 5 | .xyz | 3.381.682 |

Data de coleta: 01 de abril de 2024.

Fonte: DomainTools.com

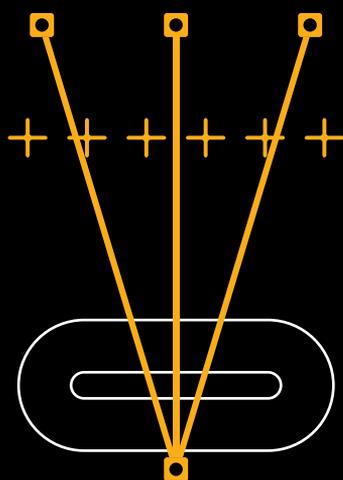
Recuperado de: research.domaintools.com/statistics/tld-counts

/Tire suas dúvidas

O uso de INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL no Brasil



É comum escutarmos que os sistemas de Inteligência Artificial (IA) estão cada vez mais presentes em nossa sociedade. Mas, onde eles são utilizados? As pesquisas do Cetic.br|NIC.br trazem informações sobre esses usos em alguns segmentos, como em empresas, órgãos públicos e estabelecimentos de saúde, conforme resultados apresentados ao lado.



Estabelecimentos no Brasil que utilizaram tecnologias de IA nos últimos 12 meses:

EMPRESAS⁴³

| | |
|------------------------------------|-----|
| De 10 a 49 pessoas ocupadas | 11% |
| De 50 a 249 pessoas ocupadas | 22% |
| 250 pessoas ocupadas ou mais | 39% |



TOTAL: 13%

ÓRGÃOS PÚBLICOS FEDERAIS E ESTADUAIS⁴⁴

| | |
|--------------------------|-----|
| Executivo | 20% |
| Legislativo | 48% |
| Judiciário | 55% |
| Ministério Público | 50% |



TOTAL: 24%

ESTABELECEMENTOS DE SAÚDE⁴⁵

| | |
|---------------|-----|
| Público | 3% |
| Privado | 13% |



TOTAL: 10%

⁴³ Dados da pesquisa TIC Empresas 2021, do Cetic.br|NIC.br. Disponível em: <https://cetic.br/pt/tics/pesquisa/2021/empresas/H9/>

⁴⁴ Dados da pesquisa TIC Governo Eletrônico 2021, do Cetic.br|NIC.br. Disponível em: <https://cetic.br/pt/tics/governo/2021/orgaos/H3/>

⁴⁵ Dados da pesquisa TIC Saúde 2022, do Cetic.br|NIC.br. Disponível em: <https://cetic.br/pt/tics/saude/2022/estabelecimentos/D5/>

/Créditos

REDAÇÃO

RELATÓRIO DE DOMÍNIOS

Thiago Meireles (Cetic.br | NIC.br)

PROJETO GRÁFICO E INFOGRAFIA

Giuliano Galves, Larissa Paschoal e Maricy Rabelo (Comunicação | NIC.br)

DIAGRAMAÇÃO

Grappa Marketing Editorial

EDIÇÃO DE TEXTO EM PORTUGUÊS

Érica Santos Soares de Freitas

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Alexandre F. Barbosa, Graziela Castello, Javiera F. M. Macaya, Mariana Galhardo Oliveira e Rodrigo Brandão de Andrade e Silva (Cetic.br | NIC.br)

AGRADECIMENTOS

Rodrigo Brandão (Cetic.br | NIC.br)
Fabio Gagliardi Cozman (USP)
Luiz Alexandre Reali Costa (OBIA)
Academia Brasileira de Ciências

SOBRE O CETIC.br

O Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação – Cetic.br (<https://www.cetic.br/>), departamento do NIC.br, é responsável pela produção de estudos e estatísticas sobre o acesso e o uso da Internet no Brasil, divulgando análises e informações periódicas sobre o desenvolvimento da rede no país. O Cetic.br atua sob os auspícios da UNESCO.

SOBRE O NIC.br

O Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR – NIC.br (<https://nic.br/>) é uma entidade civil de direito privado e sem fins de lucro, encarregada da operação do domínio .br, bem como da distribuição de números IP e do registro de Sistemas Autônomos no país. Conduz ações e projetos que trazem benefícios à infraestrutura da Internet no Brasil.

SOBRE O CGI.br

O Comitê Gestor da Internet no Brasil – CGI.br (<https://cgi.br/>), responsável por estabelecer diretrizes estratégicas relacionadas ao uso e desenvolvimento da Internet no Brasil, coordena e integra todas as iniciativas de serviços Internet no país, promovendo a qualidade técnica, a inovação e a disseminação dos serviços ofertados.

*As ideias e opiniões expressas nos textos dessa publicação são as dos respectivos autores e não refletem necessariamente as do NIC.br e do CGI.br.



unesco

Centro
sob os auspícios
da UNESCO

cetic.br

Centro Regional
de Estudos para o
Desenvolvimento
da Sociedade
da Informação

nic.br

Núcleo de Informação
e Coordenação do
Ponto BR

cgi.br

Comitê Gestor da
Internet no Brasil

CREATIVE COMMONS
Atribuição
Não Comercial
(by-nc)



ISSN - 2965-2642



POR UMA INTERNET CADA VEZ MELHOR NO BRASIL

CGI.BR, MODELO DE GOVERNANÇA MULTISSETORIAL

<https://cgi.br>

nic.br cgi.br