





CREDENCIAMENTO E APOIO FINANCEIRO:  
PROGRAMA DE APOIO ÀS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS PERIÓDICAS DA USP  
COMISSÃO DE CREDENCIAMENTO

Revista USP / Superintendência de Comunicação Social  
da Universidade de São Paulo. – N. 1 (mar./maio 1989) -  
- São Paulo, SP: Universidade de São Paulo, Superintendência  
de Comunicação Social, 1989-

Trimestral.  
Continuação de: Revista da Universidade de São Paulo  
Descrição baseada em: N. 93 (2012)  
ISSN 0103-9989

1. Ensaio acadêmico. I. Universidade de São Paulo.  
Superintendência de Comunicação Social

CDD-080

## **dossiê bicentenário da independência: ciência e tecnologia**

**5 Editorial**

**9 Apresentação** *Glauco Arrix*

**19 Duzentos anos de ciência no Brasil** *Hernan Chaimovich e Paulo Alves Porto*

**41 Inovação, ciência e os lugares da universidade** *Guilherme Ary Plonski*

**57 Desafios de uma universidade de pesquisa e sua relação com a ciência brasileira**  
*José Eduardo Krieger*

**71 Coisas que se pode aprender sobre CT&I no Brasil pela análise das publicações científicas  
com autores no país** *Carlos Henrique de Brito Cruz*

**101 Financiando a ciência e a infraestrutura de pesquisa em tempos de crise** *Fernanda De Negri*

**119 Oportunidades e vulnerabilidades do Brasil nas questões do clima e da sustentabilidade**  
*Paulo Artaxo*

**137 Desafios da regulação do digital e da inteligência artificial no Brasil** *Cristina Godoy  
Bernardo de Oliveira*

**163 Governança e prioridades da ciência brasileira** *Sergio Salles-Filho*

## **textos**

**185 Gyarmathi, pioneiro esquecido da linguística comparativa fino-ugriana** *Aleksandar Jovanović*

**195 Viés no aprendizado de máquina em sistemas de inteligência artificial: a diversidade  
de origens e os caminhos de mitigação** *Fabio Gagliardi Cozman e Dora Kaufman*

**211 Educar com Freire: uma prática utópica** *Maria do Rosário Silveira Porto e Ivan Fortunato*

## **arte**

**216 Reapropriar para reparar: o centenário da Semana de 22 sob a ótica decolonial** *Alessandra Simões*

## **livros**

**231 Por uma educação ambiental crítica** *César Augusto Costa*

**235 Quando as forças armadas assumem funções policiais** *Rafael Duarte Villa*

A **revistausp** é uma publicação trimestral da Superintendência de Comunicação Social (SCS) da USP. Os artigos encomendados pela revista têm prioridade na publicação. Artigos enviados espontaneamente poderão ser publicados caso sejam aprovados pelo Conselho Editorial. As opiniões expressas nos artigos assinados são de responsabilidade exclusiva de seus autores.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor CARLOS GILBERTO CARLOTTI JUNIOR  
Vice-reitora MARIA ARMINDA DO NASCIMENTO ARRUDA

SUPERINTENDÊNCIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL

Superintendente EUGÊNIO BUCCI

**revistausp**

Editor JURANDIR RENOVATO  
Editora de arte LEONOR TESHIMA SHIROMA  
Revisão MARIA ANGELA DE CONTI ORTEGA  
SILVIA SANTOS VIEIRA  
Secretária MARIA CATARINA LIMA DUARTE  
Colaborador MARCOS SANTOS (fotografia)

Especial Bicentenário da Independência  
LUIZ ROBERTO SERRANO (idealização e coordenação)  
MARCELLO ROLLEMBERG (coordenação)  
MARCIA BLASQUES (coordenação)

Conselho Editorial  
ALBÉRICO BORGES FERREIRA DA SILVA  
CICERO ROMÃO RESENDE DE ARAUJO  
EDUARDO VICTORIO MORETTIN  
EUGÊNIO BUCCI (membro nato)  
FERNANDO LUIS MEDINA MANTELATO  
FLÁVIA CAMARGO TONI  
FRANCO MARIA LAJOLI  
JOSÉ ANTONIO MARIN-NETO  
OSCAR JOSÉ PINTO ÉBOLI

Ctp, impressão e acabamento  
Gráfica CS



Rua da Praça do Relógio, 109 – Bloco L – 4º andar  
CEP 05508-050 – Cidade Universitária – Butantã – São Paulo/SP  
Telefax: (11) 3091-4403  
[www.usp.br/revistausp](http://www.usp.br/revistausp)  
e-mail: [revisusp@usp.br](mailto:revisusp@usp.br)

“

No Brasil as ciências e boas letras estão por terra, tudo o que interessa é vender açúcar, café, algodão, arroz e tabaco. Que diferença a este respeito entre as cidades do Brasil e a do México, Havana, Lima, Santa Fé, Quito, Popayán e Caracas. Só a cidade do México tem a Escola de Minas, a Academia das nobres artes, o Jardim das Plantas, a Universidade, uma gazeta de literatura.”

Este trecho recortado de *Projetos para o Brasil*, de José Bonifácio de Andrada e Silva, o grande mentor da Independência brasileira, serve para ilustrar muito bem o modo como a ciência e as artes eram (e ainda são) tratadas neste país. Nascido em Santos, Bonifácio era naturalista formado na Europa e cujos contatos se estendiam de Humboldt a Lavoisier, portanto, sabia muito bem do que estava falando. Também foi um ambientalista e abolicionista ferrenho. Defensor da reforma agrária. Como homem de letras, vislumbrou as aproximações contemporâneas entre arte e ciência. É dele a famosa e atualíssima afirmação de que “no Brasil a virtude, quando existe, é heroica, porque tem que lutar com a opinião e o governo”. Quando pensamos neste atual (des)governo que ora termina e no quanto de nocivo engendrou em relação às artes, à ciência e à universidade, sem falar do meio ambiente, a memória desse estadista do Império se torna ainda mais oportuna.

A ciência que se produz hoje no Brasil é fruto exclusivo do empenho da universidade, da dinâmica que se estabelece dentro e em torno dela. Nesse sentido, este número que encerra as comemorações do Bicentenário da Independência, sobre “Ciência e Tecnologia”, de certa forma é um tributo à universidade, a toda a comunidade de pesquisadores que ainda ousam estoicamente fazer ciência neste país. Como afirmou Glauco Arbix, professor do Departamento de Sociologia da FFLCH/USP e organizador do dossiê, “a crise que sacudiu o planeta explicitou a ciência como atividade marcadamente humana e entrelaçada com a vida social, e não como um corpo inteligente à parte, com estatuto diferenciado e exterior à sociedade”. A ciência, portanto, pertence a todos nós. E que assim seja pelos próximos 200 anos.

**Jurandir Renovato**





Arte sobre foto de Werner Haberkorn/Acervo Museu Paulista da USP/Domínio público/Wikimedia Commons

# **bicentenário da independência: ciência e tecnologia**



# Apresentação

## Liberar o futuro para a ciência e tecnologia

*Glauco Arrix*

*"No matter how far out they send  
their thoughts, researchers always  
have their feet firmly anchored in clay"*  
(Latour, 2018).

**B**

runo Latour, um dos mais inovadores filósofos da ciência, morreu na França neste último outubro. Deixou enorme legado conceitual voltado para assentar as bases de um novo paradigma das relações entre ciência, tecnologia e a natureza. Polêmico, sua trajetória foi mar-

cada pela busca incessante dos laços visíveis e invisíveis que promovem a interação entre o mundo humano e o natural, em um espaço único, híbrido e terrestre.

Nesta edição especial, a **Revista USP** comemora o Bicentenário da Independência do Brasil e presta sua homenagem a Latour. Não poderia ser de outra forma, porque a ciência, em sua vasta diversidade de estilos e metamorfoses, pulsa no coração da USP.

Desde seu nascimento, o conhecimento científico encontrou abrigo e alento nesta universidade, que se transformou rapidamente

em ponto de encontro privilegiado de pesquisadores de diferentes matizes, que procuram entender, explicar, analisar, propor e moldar concepções e convicções sobre o mundo<sup>1</sup>. A USP se tornou um quase sinônimo de educação de excelência, com o amplo espectro de suas atividades, que abraçam a cultura, a extensão, a inovação e a inclusão<sup>2</sup>. Mas para o exercício e superação permanente, é a reflexão e a pesquisa, como base para o conhecimento novo, que se tornam salientes<sup>3</sup>.

As transformações científicas e tecnológicas que sacodem as economias e socie-

1 Ver o artigo de Hernan Chaimovich e Paulo Alves Porto neste dossier.

2 Ver o artigo de Guilherme Ary Plonski neste dossier.

3 Ver o artigo de José Eduardo Krieger neste dossier.

**GLAUCO ARBIX** é professor do Departamento de Sociologia da FFLCH/USP, do Latin American, Caribbean & Iberian Studies (Lacis) da Universidade de Wisconsin-Madison (EUA) e ex-presidente do Ipea e da Finep.

dades de países avançados e em desenvolvimento questionam práticas assentadas há muito, abrem um leque de questões que tocam na base da ciência, no modo como é produzida, em suas metodologias, alcance e relacionamento. A explosão atual de conhecimento, que ocorre e é percebida de modo profundamente desigual entre os países, está apenas em seu início. Mesmo com as dificuldades inerentes ao atraso brasileiro, a ciência e tecnologia (C&T) que se articulam globalmente apontam para a construção de um novo patamar de geração de conhecimento. A pandemia, intensa em seus impactos deletérios sobre a humanidade, em especial nos milhões que perderam suas vidas, provocou a multiplicação de redes e suscitou um fluxo inédito de informação que correu o globo em busca de defesas contra o vírus. Grandes crises, paradoxalmente, moldam a história dos países empurrando-os para a superação de suas chagas, em um cenário em que a C&T quase sempre ocupa um lugar especial. No Brasil, mesmo com o rebaixamento provocado pelo governo<sup>4</sup>, a comunidade de pesquisa participou ativamente da reação global contra a pandemia e deu uma amostra do potencial utilizado – e subutilizado – existente no país<sup>5</sup>. Mais ainda, pôde perceber a dimensão dos problemas colocados para a humanidade e a insuficiência de respostas do mundo político, econômico e também científico.

Tudo indica que o século atual terá de renascer diante da incerteza e do risco que

marcaram a resistência contra um evento extremo, previamente anunciado, mas solemnemente ignorado.

Após séculos de otimismo, a ciência está sendo chamada a se desenvolver em uma era em que, além dos riscos de novas pandemias, as sociedades mostram-se altamente vulneráveis, sem estratégias de prevenção diante de uma realidade em que “[...] as pandemias emergirão mais frequentemente, se espalharão mais rapidamente, matarão mais pessoas e afetarão a economia global com impactos devastadores jamais vistos”<sup>6</sup>.

A resistência contra a pandemia mostrou que a reação da sociedade não poderia se restringir à esfera da saúde, pois a defesa da população exigia articulação com a política, a economia, a ação educacional, preventiva e social. A demora – ou negligência – em trabalhar com essa realidade cobrou um alto preço, em geral, em vidas. No âmbito da ciência, dicotomias antigas entre sistemas naturais e humanos exibiram enorme fragilidade diante das interações entre áreas do conhecimento que precisavam ser mobilizadas para conter as ameaças da covid-19.

De fato, a imprevisibilidade marcou o período de crise aguda, foi permeada por tensões e contradições que pressionaram pela convergência de perspectivas das ciências exatas, biológicas e humanas, cujas fronteiras já não se apresentavam com a tradicional nitidez. No fundo, os limites não eram apenas entre disciplinas, mas de visões que tentam afirmar uma ciência em

---

4 Ver o artigo de Fernanda De Negri neste dossiê.

5 Ver o artigo de Carlos Henrique de Brito Cruz neste dossiê.

6 *The Lancet - Planetary Health, A Pandemic Era.* V.5, Issue 1, E1, January 2022 (tradução do autor).

constante progresso, sempre em direção a maiores certezas, ao controle da natureza e à compreensão ampla do funcionamento das sociedades. As agruras da humanidade ajudaram a ampliar ainda mais os horizontes para uma ciência capaz de sintetizar o conhecimento que nasce nas encruzilhadas. Exatamente para tentar explicar um mundo cada vez mais entrelaçado, em que novos e desconhecidos fenômenos irrompem sem que os antigos sequer tenham sido equacionados.

A era de pandemias é também a do agravamento das mudanças climáticas, em parte graças à tímida reação dos mais diferentes governos para mitigar o crescente desequilíbrio planetário, mesmo diante dos impactos negativos em todos os países, especialmente nas regiões mais pobres e com maiores níveis de desigualdade social<sup>7</sup>. O imenso esforço que a ciência faz para avaliar, diminuir e conter esses riscos encontra seus limites na conectividade dinâmica que unificou o planeta e que ainda precisa de mais musculatura teórica para sua plena compreensão. Sem a criação de novo arcabouço e instrumentos apropriados, será difícil evitar a repetição perversa do roteiro *desastre-resposta-retomada-repetição*, como alertam documentos da ONU<sup>8</sup>. Os maiores riscos ao efetivo esforço de mitigação dos impactos negativos do aquecimento global derivam, em grande parte, das (in)ações de governos que quebram ou não cumprem acor-

dos internacionais por ignorarem o risco para todo o planeta; ou por minimizarem o grau de interdependência entre a natureza, vida social e produtiva e o clima, em que as menores oscilações em um sistema aumentam os riscos de impacto em outros, sejam florestas, economias, clima ou a saúde da população<sup>9</sup>.

Mesmo com características distintas, incertezas e riscos também envolvem o ambiente das novas tecnologias e contribuem para destacar os impactos desiguais que provocam nas sociedades. As visões que mais predominam no ambiente público realçam palpáveis ganhos sociais e a prosperidade potencial das tecnologias digitais. Há razões para esse otimismo percebidas nas mais diferentes áreas, como na saúde, na educação, na sustentabilidade, na economia e na melhoria da qualidade de vida. Mas o que se vê de positivo não pode ofuscar as relações do digital com o aumento das desigualdades entre países e no interior dos países, com a corrosão da democracia, com a concentração de poder em um grupo seleto de grandes corporações e com novas tensões éticas e morais em praticamente todos os campos em que as tecnologias estão presentes.

Atualmente, a automação e a digitalização surgem como as mais importantes forças que polarizam o mercado de trabalho, precisamente por mudarem a gama de habilidades demandadas dos trabalhadores e das fortes ameaças ao emprego.

---

7 Ver o artigo de Paulo Artaxo neste dossier.

8 United Nations Office for Disaster Risk Reduction, *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022. Our World at Risk: Transforming Governance for a Resilient Future*. Geneva, 2022.

9 “As system complexity and interdependence increases, the channels through which direct impacts are translated into indirect impacts and wider effects are characterized by non-linearity and multiple feedback loops” (Renn et al., 2020).

Esses sinais são mais salientes nos países avançados, em que a robotização nos serviços, agricultura e manufatura mostra-se intensa. Países como o Brasil ainda não vivenciaram o mesmo drama porque, paradoxalmente, ainda estão protegidos pelo seu histórico atraso e mantêm suas economias com baixo grau de automação<sup>10</sup>.

A perspectiva, porém, é que as condições atuais mudem rapidamente, o que exigirá regras e leis de reposicionamento de quem trabalha e de proteção do emprego. O debate está aberto sobre o novo regime regulatório colocado pela digitalização intensiva<sup>11</sup>. O desenvolvimento dessas tecnologias está apenas em sua infância e os caminhos para o seu desenvolvimento e implantação estão em disputa. Há estratégias corporativas conflitantes, que podem penalizar mais ou menos quem trabalha. Algumas são estruturadas com foco na substituição de trabalhadores por máquinas, com o objetivo claro de cortar custos. Se não forem reorientadas ou limitadas, seja pela ação de governos, seja pela resistência da sociedade, poderão deixar um rastro de desemprego, de desigualdades e de ampliação da distância salarial e de reconhecimento que separa hoje majoritariamente homens brancos, mais bem posicionados e remunerados, das mulheres, da população negra e pobre (para não citar todos os segmentos minoritários na sociedade que padecem na mesma condição) (Qureshi, 2020). Experiências iniciais alternativas

indicam que estratégias que buscam uma atuação complementar entre humanos e máquinas cooperativas, que aumentam as capacidades humanas, se mostram como um caminho mais virtuoso tanto para quem trabalha (pois parcialmente preserva o emprego e salários) quanto para as economias (uma vez que é mais caro e difícil automatizar completamente, com risco de perda de eficiência e qualidade) e para as sociedades (Brynjolfsson, 2022).

Para lidar com o alto grau de incerteza e risco que envolvem esses sistemas interligados, a ciência precisa avançar, inclusive em sua base epistemológica, para abordar o comportamento, interferências e consequências de redes concebidas para atuarem como uma internet das coisas (IoT), que alimenta ambiciosos planos, a exemplo da Industrie 4.0 (Alemanha), da Alliance Industrie du Futur (França) e do Advanced Manufacturing (EUA). Essas redes interativas, baseadas nas tecnologias de informação e comunicação (TIC), são viabilizadas pela internet, por sensores de alto desempenho, *actuators* e processadores informacionais, e pretendem alterar radicalmente as relações entre humanos e tecnologias, basicamente por conta de sua capacidade de conexão entre objetos, o trabalho humano, a produção-fornecedores-consumidores e a economia. Em geral, as ferramentas normalmente utilizadas para capturar o comportamento dessas redes estão baseadas na estatística avançada, que se mostram insuficientes para estudar o aumento da vulnerabilidade das sociedades, provocado pela densidade e dinâmica das novas malhas relacionais (Allhoff & Henschke, 2018). A emergência de questões ligadas ao trabalho, à ética e à saúde

---

10 International Federation of Robotics, *World Robotics 2022 Industrial Robots* (<https://ifr.org/worldrobotics/>).

11 Ver o artigo de Cristina Godoy Bernardo de Oliveira neste dossiê.

reforça ainda mais a busca dos espaços de intersecção, apropriados para sua avaliação e atribuição de sentido (Allhoff, 2009).

Com o surgimento de sistemas especiais de potencial altamente transformador, como as tecnologias de inteligência artificial (IA), as preocupações voltadas para construir uma base analítica mais sólida ganham ainda mais força. Por conta de sua penetração em praticamente todos os setores da vida econômica e social, as tecnologias de IA são fortes candidatas a se transformarem em *tecnologias de propósito geral*, como a eletricidade, a internet e o computador. São tecnologias que se tornam cada vez mais imprescindíveis para a geração de outras inovações (Trajtenberg, 2018). Sua base está nos algoritmos que aprendem e evoluem, que identificam padrões em gigantescos repositórios de dados e aumentam a previsibilidade da produção e dos serviços, da agricultura e do comércio, da economia, assim como das sociedades.

Porém, mesmo quando fazem as previsões corretamente, a trajetória de suas conclusões e as razões de suas decisões não são transparentes para os usuários, para a sociedade e nem mesmo para seus criadores. A inteligência instrumental dessas técnicas, conhecidas como *machine learning* e pelo seu recorte mais avançado, a *deep learning*, se utiliza das chamadas redes neurais, que primam pela não explicabilidade de suas decisões e se comportam como *black boxes*, que impactam a confiança nos sistemas e desencadeiam uma série de questões éticas que não encontram respostas nas empresas, nos governos e na ciência.

É certo que as *black boxes* não são realmente uma novidade. Mas tudo indica que é a primeira vez que mecanismos ope-

cos se relacionam com humanos, conseguem dialogar com eles, oferecer conselhos, diagnósticos, recomendações e até mesmo moldar seus comportamentos. As tecnologias de IA que se espalharam pela vida econômica e social são as que utilizam sistemas de *machine learning-deep learning*. E são poderosas demais para serem assemelhadas a dispositivos opacos, voltados para executar tarefas predeterminadas e mecanicamente estruturadas, cuja mecânica tem pouco a ver com o alcance e sofisticação dos algoritmos. Essas características fazem da IA um evento único na história, que pavimenta o trânsito para um novo paradigma científico e tecnológico, no qual a incerteza terá presença marcante e os modelos analíticos, inclusive os de mitigação de risco, serão fruto do diálogo entre campos diversos do conhecimento.

Eric Kandel, Nobel de Medicina no ano 2000, tratou insistenteamente das relações virtuosas que podem nascer entre as artes e a ciência. Na confluência dessas esferas, visualizou a necessidade de mudança de referenciais, inclusive os seus, ao afirmar: “*The purpose of a scientific approach to art is not to take the mystery out of the art. It's to give you new insight into why you think it's so wonderful and mysterious*”<sup>12</sup>.

Em diálogo com essa modalidade de pensamento, Latour, em um de seus últimos livros, nomeou dois diferentes tipos de ciência. O primeiro busca examinar a Terra a distância, cujo alvo é reiterar que a ciência somente conhece quando se

---

12 Ver “Gustav Klimt in the Brain Lab. What is neuroscience doing to art?”, *Nautilus*, 7/2/2019.

põe fora do objeto. O segundo, linhagem distinta, olha o mundo com seus agentes que geram impactos e ajudam a moldar o ambiente (Latour, 2018). Será que o pensador falava das humanidades? Ou apenas para as humanidades?

Longe disso, como assentaram Frank, Gleiser e Thompson (2019)<sup>13</sup>. Em suas palavras: “*Many of us like to think that science can give us a complete, objective description of cosmic history, distinct from us and our perception of it*”. Essa imagem da ciência é profundamente equivocada, prosseguem os autores, pois na busca por “[...] knowledge and control, we’ve created a vision of science as a series of discoveries about how reality is in itself, a God’s-eye view of nature”. Suas análises mergulharam ainda mais fundo ao afirmarem: “*Such an approach not only distorts the truth, but creates a false sense of distance between ourselves and the world. That divide arises from what we call the Blind Spot, which science itself cannot see. In the Blind Spot sits experience: the sheer presence and immediacy of lived perception*” (Frank, Gleiser & Thompson, 2019).

Os avanços da ciência e da tecnologia nos tempos modernos conseguiram disseccar a produção de conhecimento. Ao olhar para além dos fatos tomados em sua forma isolada, a ciência pode se desenvolver com base em pessoas normais, que escolhem suas ferramentas, que não estão isentas

de preconceitos e vieses, que prezam os valores que formam sua identidade. A aprendizagem com o novo não compactua com as simplificações que insistem em apresentar a ciência como puramente empírica e objetiva, fruto de teorias, métodos e raciocínios isentos.

Na atual transição científica e tecnológica, quem pesquisa na fronteira do conhecimento se esforça para evitar os pontos cegos e a tentação de olhar seu campo de estudo com olhos de Deus. Essa postura flexível indica que dificilmente haverá a consolidação de um novo paradigma científico sem uma tensa disputa entre os diferentes sentidos atribuídos a diferentes mundos. É parte da inquietação que apaixona diante de certezas outrora indiscutíveis, como Darwin relatou na *Origem das espécies*, em 1859, quando, elegantemente, demoliu séculos de criacionismo e alterou o curso da ciência, mas também das religiões, da política e da vida em sociedade.

A pandemia deixou claro que a ciência é inseparável da sociedade e que as influências transitam nos dois sentidos. Foi somente assim que a ciência pôde defender a população, não como uma entidade etérea, mas com um conjunto de ações originadas em milhares de indivíduos, laboratórios, centros de pesquisa e comunidades, que deixaram flagrante a natureza política de sua atuação. A crise que sacudiu o planeta explicitou a ciência como atividade marcadamente humana e entrelaçada com a vida social, e não como um corpo inteligente à parte, com estatuto diferenciado e exterior à sociedade.

A saúde do planeta, as mudanças do clima e o avanço do digital, em especial com a IA, formam um compacto de três

---

13 Adam Frank é professor de Astrofísica da Universidade de Rochester (Nova York, EUA); Marcelo Gleiser é físico teórico no Dartmouth College (New Hampshire, EUA); Evan Thompson é professor de Filosofia na Universidade de British Columbia (Vancouver, Canadá).

gigantescos desafios para a ciência contemporânea. Ao concentrar seu foco nessas questões de fundo, a ciência dará enorme contribuição para resolver problemas do mundo real, que ameaçam a sobrevivência e a vida de milhões de pessoas. É a forma de atrair milhares de pesquisadores e de abrir caminho para jovens cientistas. É o caminho mais efetivo para elevar o patamar de exposição e de credibilidade da atividade científica e dos pesquisadores junto à esmagadora maioria da população, realidade apenas iniciada com as vacinas ao longo da pandemia.

As respostas da ciência para esses desafios certamente sensibilizarão estruturas intelectuais e práticas sociais. Principalmente por uma ciência enraizada que estará em melhores condições para ajudar a formular uma nova geração de políticas públicas, para impulsionar novas formas de resistência contra a degradação do planeta, da saúde e dos riscos tecnológicos. Políticas que serão universais em sua escala e de longa duração em seus impactos, a começar pelo tratamento das questões éticas e das disparidades sociais.

Não se trata de controlar os pesquisadores e de interferir em sua agenda, mas de acompanhar o alcance de decisões que podem parecer, muitas vezes, de cunho individual. Anthony Atkinson (2015), em seu *Inequality: what can be done?*, um livro excepcional sobre as desigualdades e as formas de reduzi-las, destacou várias razões para que as decisões sobre mudanças transformadoras não fossem deixadas apenas nas mãos dos inovadores e das empresas. Destaco duas: a primeira, porque as escolhas tecnológicas têm impactos nos mecanismos distributivos da sociedade,

para além de seu criador e/ou patrocinador; a segunda, porque as inovações têm implicações de longo alcance para o futuro dos países e as decisões supostamente técnicas que ocorrem no presente podem impedir o desenvolvimento de tecnologias mais amigáveis para os trabalhadores no futuro, o que não é bom para as próximas gerações nem para as sociedades. Nos dois casos, o autor sugere a coparticipação de entes públicos, que poderiam equilibrar as escolhas a partir do interesse comum. Para Atkinson, não se trata de dirigir a pesquisa, mas de abrir espaço para o interesse público em uma agenda científica e tecnológica que tem escala e perspectiva de longa duração.

Nossa sociedade é profundamente sensível ao avanço tecnológico. Nem sempre é fácil entender uma sem a outra, mesmo sendo dois sistemas distintos, com regras e dinâmicas próprias. A ciência conectada com o mundo é muito mais do que uma biblioteca de artigos, do mesmo modo que a tecnologia, ao resolver problemas, é muito superior a uma coleção de artefatos. Ambas têm condições de elevar seu impacto econômico e social e de enfrentar dinâmicas perversas, como as desigualdades. “*Down to earth*”, alertou o filósofo, sempre cosmopolita, sempre enraizado.

Países como o Brasil precisam redobrar sua atenção para as questões universais em sua escala e de longa duração, pois somos parte dos problemas e das soluções. E esse esforço concentrado para sincronizar as agendas é capaz de impedir o Brasil de ser empurrado mais ainda para as margens do planeta. A diminuição da distância entre países avançados e em desenvolvimento é agenda prioritária para a ciênc-

cia e tecnologia. Não somente porque o fluxo de conhecimento entre Norte e Sul é lento, difícil e caro, mas também porque a infraestrutura é distinta, o volume de recursos humanos é díspar e as soluções nem sempre são as mesmas.

A decisão de trilhar esse caminho é chave para países como o nosso. Temos um corpo de elite de pesquisadores, educados nos melhores centros do mundo, que muitas vezes são desestimulados por políticas insuficientes e muitas vezes erráticas para a C&T, para nossas universidades e para uma educação de qualidade. O Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) não deixa nada a dever aos melhores do mundo, mas é vítima de descontinuidades, de falta de governança, de subfinanciamento e de uma ossificação burocrática que amarra a pesquisa. É fundamental que haja mais diversificação de métodos e instituições e, acima de tudo, estabilidade de *funding* e de regras<sup>14</sup>. Apesar dessas dificuldades, a ciência brasileira alcançou um patamar elevado de reconhecimento internacional. E pode fazer mais, assim como nossas universidades, como a leitura dos artigos deste dossiê pode mostrar de modo inequívoco.

Os trabalhos apresentados neste dossiê formam uma espécie de pequeno *road-map* científico e tecnológico para o Brasil. Pequeno porque os artigos são concisos e certamente não conseguem abranger o conjunto de desafios que o país tem pela frente. Critérios de excelência pautaram a escolha dos autores, que vêm de extra-

ções distintas, alguns com experiência em agendas públicas, outros com intensa vida acadêmica. Certamente há muitos outros nomes, dentro e fora da USP, com qualidades semelhantes. Mas é certo que a reflexão desse corpo de oito pesquisadores será de grande estímulo ao debate sobre a produção de C&T e seu lugar no desenvolvimento brasileiro em condições de profundas transformações globais.

O artigo que abre o dossiê, sobre os 200 anos da ciência brasileira, é assinado por Hernan Chaimovich, bioquímico, professor do Instituto de Química da USP, ex-presidente do CNPq e ex-pró-reitor de Pesquisa da USP, e Paulo Alves Porto, professor do Instituto de Química da USP. A trajetória da ciência começou no Brasil colônia, mas foi somente no século XX que a pesquisa se institucionalizou no país, o que permitiu o forte crescimento da produção científica até o reconhecimento internacional de sua qualidade.

Para discutir inovação, ciência e os lugares da universidade, o convidado foi o professor Guilherme Ary Plonski, professor da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária (FEA) da USP, ex-diretor do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e atual diretor do Instituto de Estudos Avançados da USP. A terceira contribuição, sobre o perfil e características da universidade de pesquisa, foi assinada por José Eduardo Krieger, professor titular de Genética e Medicina Molecular e diretor do Laboratório de Genética do Instituto do Coração (InCor) da Faculdade de Medicina da USP. Os caminhos que a universidade vem seguindo e suas perspectivas são retrabalhados pelo médico e ex-pró-reitor de Pesquisa da USP.

---

14 Ver o artigo de Sergio Salles-Filho neste dossiê.

A posição atual da nossa ciência em relação à produção mundial ficou a cargo do professor Carlos Henrique de Brito Cruz, físico, ex-reitor da Unicamp, ex-diretor científico da Fapesp e atualmente vice-presidente sênior das Redes de Pesquisa na Elsevier (Oxford, Reino Unido). Em seu artigo, são analisados o crescimento das publicações, as contribuições empresariais e regionais e sua participação nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Vem de Fernanda De Negri, do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), o estudo sobre o financiamento e a infraestrutura de C&T. Ex-diretora de Inovação e atualmente coordenadora do Núcleo de CT&I do Ipea, a economista de formação compara diferentes modelos de sistemas de C&T ao redor do mundo para situar e ampliar o debate sobre o que precisa avançar no Brasil.

São de Paulo Artaxo as avaliações sobre as oportunidades e vulnerabilidades do Brasil nas questões do clima e da sustentabilidade. Para o professor do Instituto de Física da USP, as mudanças climáticas são vistas como um dos maiores desafios para a humanidade. Cientista de renome internacional, consultor e membro do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) da ONU, Artaxo discute as perspectivas e o potencial do Brasil para ocupar posição de destaque no cenário internacional e se projetar de modo inequívoco como uma grande

potência mundial em diversidade e proteção ambiental.

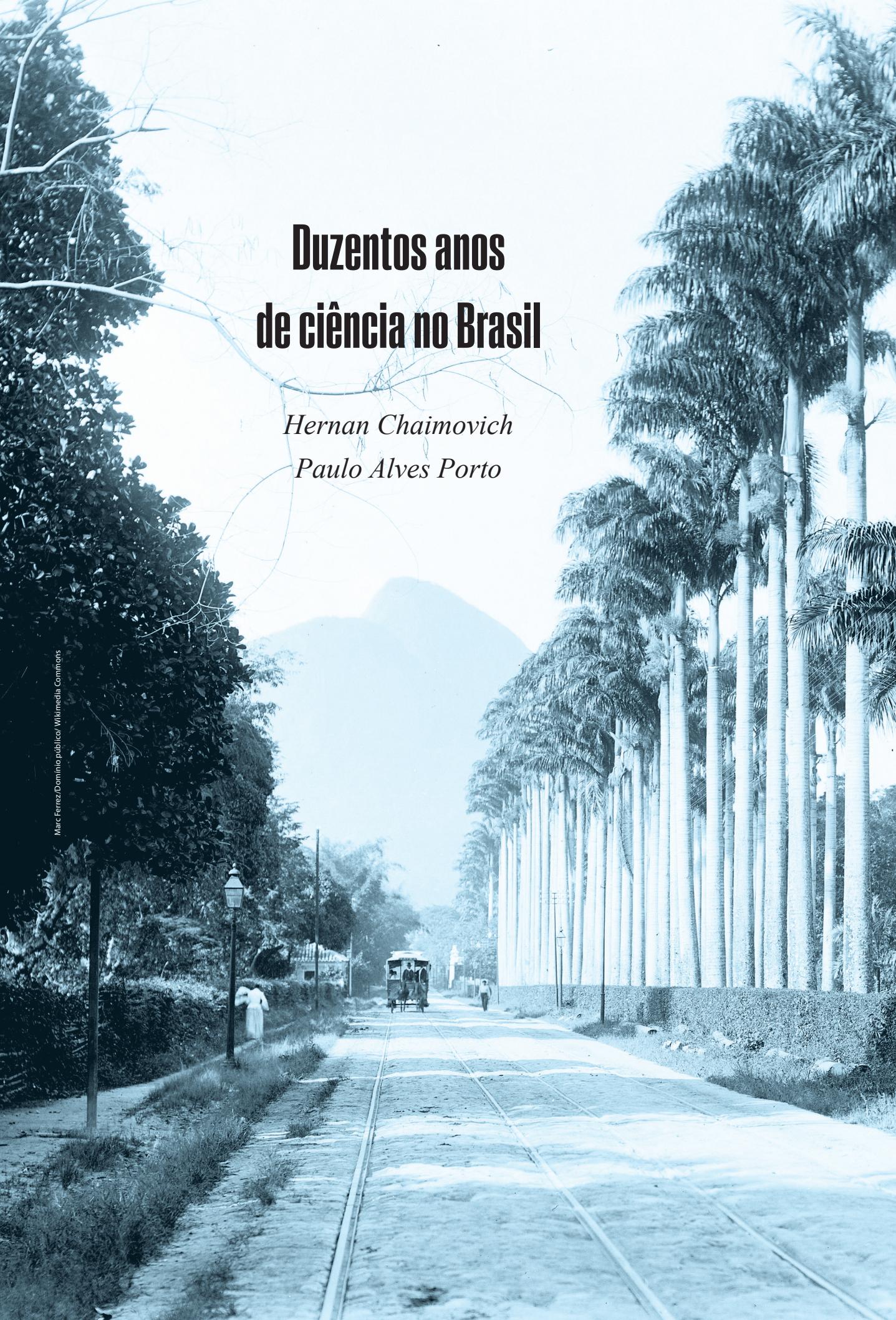
O sétimo artigo trata do polêmico tema da regulação jurídica dos processos de digitalização, com destaque para a inteligência artificial. Está assinado pela professora Cristina Godoy Bernardo de Oliveira, que é chefe do Departamento de Filosofia do Direito e Disciplinas Básicas da Faculdade de Direito de Ribeirão Preto da USP e advogada de formação. Para fechar o dossiê, um artigo sobre a governança e as prioridades da ciência brasileira, por Sergio Salles-Filho, professor titular do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Unicamp. O pesquisador foi superintendente da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e acumula ampla experiência na elaboração de indicadores, avaliação e formulação de políticas públicas.

A expectativa é que a qualidade e a densidade das contribuições possam ajudar no aperfeiçoamento de nossas instituições, na qualidade das políticas públicas e na formação de uma base sólida para a CT&I no Brasil.

“Liberar o futuro” foram palavras de Walter Benjamin proferidas no início do século XX para afirmar a histórica vocação da universidade. Para nós, são fonte de inspiração neste momento especial que o Brasil atravessa. Que a USP mantenha firme seu apego ao conhecimento e à construção de um país mais decente, mais justo, menos desigual e democrático.

## REFERÊNCIAS

- ALLHOFF, F. "Risk, precaution, and emerging technologies", in *Studies in ethics, law, and technology*, vol. 3, Iss. 2, #2, 2009 (<https://doi.org/10.2202/1941-6008.1078>).
- ALLHOFF, F.; HENSCHKE A. *The internet of things: foundational ethical issues internet of things*, vols. 1-2, September 2018.
- ATKINSON, A. *Inquality: what can be done?* Cambridge, Harvard University Press, 2015.
- BRYNJOLFSSON, E. "The turing trap: the promise & peril of human-like artificial intelligence". *Dædalus*, 151 (2), Spring 2022, pp. 272-87.
- FRANK, A.; GLEISER, M.; THOMPSON, E. "The blind spot". *Aeon*, January 08, 2019.
- LATOUR, B. *Down to Earth: politics in the new climatic regime*. Cambridge, Polity Press, 2018.
- QURESHI, Z. "Technology, change, and a new growth agenda", in H.-W. Kim; Z. Qureshi (eds.). *Growth in the time of change: global and country perspectives on a new agenda*. Washington, D.C, Brookings Institution Press, 2020.
- RENN, O. et al. "Systemic risks from different perspectives". *Risk Analysis*, 2020 (<https://doi.org/10.1111/risa.13657>).
- TRAJTENBERG, M. "AI as the next GPT: a political-economy perspective". *NBER*, Working Paper # 24245, 2018.



# Duzentos anos de ciência no Brasil

*Hernan Chaimovich*

*Paulo Alves Porto*

## resumo

O território e os habitantes do Brasil foram fontes de conhecimento para a ciência europeia e riqueza para Portugal. Na Independência surgem as primeiras instituições de ensino e pesquisa. Mesmo com destaques isolados de alguns institutos, foi somente no início do século XX que a pesquisa se institucionalizou, basicamente a partir da fundação da Universidade de São Paulo, em 1934. Especialmente desde a década de 1970, as descobertas de cientistas brasileiros aumentaram o seu impacto. Atualmente, o volume da produção da ciência brasileira é destaque, mas a sua visibilidade continua sendo menor que a média mundial. A ciência é internacional, mas existe em um ambiente social local. A dimensão e a qualificação da comunidade científica permitem que a ciência de excelência amplie sua contribuição para o desenvolvimento justo e sustentável do Brasil.

**Palavras-chave:** Independência; Universidade de São Paulo; ciência brasileira.

## abstract

*The territory and inhabitants of Brazil were sources of knowledge for European science and wealth for Portugal. The first teaching and research institutions emerged during Independence. Even with isolated highlights from some institutes, it was only at the beginning of the 20th century that research became institutionalized, basically with the founding of the University of São Paulo in 1934. Especially since the 1970s, discoveries by Brazilian scientists have increased their impact. Currently, the volume of Brazilian science production is outstanding, but its visibility is still lower than the world average. Science is international, but exists in a local social environment. The size and qualifications of the scientific community allow science of excellence to expand its contribution to the fair and sustainable development of Brazil.*

**Keywords:** Independence; University of São Paulo; Brazilian science.

# A

forma pela qual a comunidade científica se organiza e a maneira como se relaciona com a sociedade são elementos centrais para caracterizar a produção, o impacto e a relevância da ciência produzida no Brasil nesses 200 anos desde a Independência.

Notáveis aportes ao conhecimento racional da natureza, sobretudo práticos, ocorreram desde a Antiguidade, na Mesopotâmia, Egito, China, bem como no período áureo do Império Islâmico. No continente americano, as civilizações pré-colombianas desenvolveram tecnologias complexas de agricultura, edificações e do uso medicinal das plantas. A ciência moderna, tal como a entendemos hoje, se originou em um pequeno grupo de nações da Europa Ocidental durante os séculos XVI e XVII, como parte das transformações políticas, sociais, culturais e religiosas do Renascimento (XIV-XVI).

Foi nesses países que se estabeleceram novas perspectivas para a chamada “filo-

sofia natural”, com o desenvolvimento do conceito moderno de experimento, a crítica a formas anteriores de conhecimento fundamentadas na tradição, na retórica e na religião, bem como a independência e a liberdade individuais dos pesquisadores frente às autoridades constituídas. Autores como Copérnico, Viète, Galileu, Kepler, Zacutto, Brunfels, Vesalius, Harvey, Descartes, Bacon, entre outros, desenvolveram conhecimentos e perspectivas seminais na astronomia, matemática, botânica, anatomia,

---

Os diálogos com Simon Schwartzman e as suas contribuições são, como sempre, precisos, informados e agudos. Sem as contribuições de Simón, este texto provavelmente atenderia aos limites de caracteres sugeridos de início, mas certamente seria menos denso e informativo. Glenda Mezarobba fez uma leitura crítica de uma das versões finais do texto que, além de enriquecê-lo, em muito melhorou o estilo.

**HERNAN CHAIMOVICH** é Professor Emérito do Instituto de Química da USP.

**PAULO ALVES PORTO** é professor associado do Instituto de Química da USP.

fisiologia e filosofia. Eles se comunicavam com outros cientistas em seus próprios e em outros países, formando uma comunidade de filósofos naturais que precedeu a institucionalização da ciência moderna na Europa Ocidental, com o apoio do mecenato e dos novos Estados nacionais que se formavam. Na França, a pequena comunidade científica do século XVII obteve patrocínio privado para fundar a primeira revista de divulgação das suas descobertas (*Le Journal des Sçavans*). A colaboração dentro da comunidade dos cientistas e o ideal de compartilhar o conhecimento sobre a natureza conduziram à institucionalização dessa comunidade. O início da organização institucional da ciência europeia teve entre seus marcos a fundação da Royal Society na Inglaterra em 1660 e, logo depois, da Académie des Sciences na França em 1666 (Ben-David, 1971).

A divisão das fases da evolução da ciência moderna fora da Europa, proposta por Basalla (1967), permite organizar esta breve descrição do desenvolvimento científico no Brasil. A primeira fase se inicia em 1500, quando os navios portugueses aportam à terra que será conhecida por Brasil. A partir de então, os habitantes ali existentes e a natureza fornecem riquíssima fonte de observações científicas para a Europa, acompanhada, claro, da extração de riquezas e de mudanças dramáticas na composição das sociedades locais. Naturalistas treinados ou amadores, no papel de exploradores, viajantes, missionários, diplomatas, médicos, comerciantes, militares ou marinheiros, artistas ou aventureiros, percorreram a nova terra, pesquisaram e coletaram sua flora e fauna, estudaram suas características físicas e levaram os resultados para a Europa. O treinamento e a especialização em ciência

levaram a observações mais detalhadas e sistemáticas. Cartografia, botânica, zoologia e geologia predominaram durante essa fase, mas astronomia, geofísica e um conjunto de ciências geográficas – topografia, astronomia, hidrografia, meteorologia – também as acompanharam. Merece destaque a carta na qual Pero Vaz de Caminha (1450-1500) descreve os povos tradicionais, a flora e a fauna do Brasil. Seguem-se, no século XVI, observações astronômicas e geográficas, bem como o extraordinário livro de Hans Staden (1525-1576), onde se podem encontrar descrições que vão desde a flora e fauna até os costumes dos povos originários (Staden, 2021). A antropologia, a etnologia e a arqueologia, quando presentes, ocupam posição secundária. Todos os espécimes de plantas, animais e minerais coletados em terras estrangeiras, bem como as informações acumuladas, foram conduzidos à Europa para benefício de seus cientistas e, claro, da potência colonial. Foi naqueles “centros de cálculo” que os conhecimentos coletados em todo o mundo foram avaliados, sistematizados e utilizados para a hegemonia global das potências europeias emergentes (Latour, 1987).

Na fase seguinte, que pode ser denominada como “ciência colonial”, são criadas, nas colônias, instituições associadas aos governos dos países centrais, sobretudo para o melhor conhecimento e exploração dos produtos locais. Inovações passam a ser feitas localmente, dentro dos paradigmas e metodologias determinados pelos colonizadores, certas vezes ressaltando características locais e incorporando conhecimentos de povos colonizados. Portugal e Espanha ficaram à margem das transformações culturais e científicas trazidas pelo Renasci-

mento em outras partes da Europa. Mesmo assim, com as reformas modernizadoras de Carlos III (1716-1788) na Espanha e do Marquês de Pombal (1699-1782) em Portugal, houve esforços para aplicar, na exploração das riquezas coloniais, os novos conhecimentos e tecnologias proporcionados pela revolução científica e tecnológica que se iniciava (Canizares-Esguerra & Cueto, 2002). Na América espanhola, os colonizadores estabeleceram, desde o século XVI, universidades no México, Peru, Bolívia, Equador e outros centros urbanos. Mas, ao contrário dos espanhóis, os portugueses nunca permitiram que instituições de pesquisa e de ensino superior fossem estabelecidas em suas colônias.

A última e terceira fase, na concepção de Basalla (1967), seria aquela em que os germes de criação científica local se institucionalizam e dão origem à atividade científica independente. Não se trata de desenvolvimento natural e inevitável. Foi necessária, para isso, a culminação de diversos fatores, como a superação das crenças e filosofias anticientíficas; a valorização, pela sociedade, dos novos conhecimentos; a criação de um sistema de financiamento regular para a ciência; o desenvolvimento de atividades econômicas que se beneficiassem dos conhecimentos da ciência; e a implantação da educação científica em todos os níveis do sistema de ensino.

## CIÊNCIA DESDE A INDEPENDÊNCIA DO BRASIL

Parte dessas condições começou a existir no Brasil com a Independência, em 1822, mas não havia instituições de pesquisa colo-

niais que pudessem servir de referência. Com a chegada da família real portuguesa em 1808, criaram-se as primeiras escolas de nível superior e as primeiras instituições de pesquisa (Ferraz, 1997). Depois, já no período imperial, são criadas outras instituições, muitas vezes dirigidas por cientistas europeus. São daquele período o Jardim Botânico do Rio de Janeiro, o Observatório Nacional, o Museu Imperial e o Museu Paraense. José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838), que participou ativamente do movimento pela Independência, era geólogo e naturalista de formação, e procurou trazer para o Brasil o interesse pela exploração científica dos recursos naturais do país. O imperador d. Pedro II (1825-1891) se interessava e apoiava a ciência, e se identificava muito mais com as ideias racionalistas e leigas que prevaleciam entre os intelectuais europeus do que com a tradição conservadora católica que predominava no país. Por outro lado, a economia brasileira era apoiada no trabalho escravo, a grande maioria da população permanecia analfabeta e as primeiras universidades viriam a ser criadas apenas na década de 1930. As ideologias positivistas, que predominavam nos meios militares e entre os intelectuais republicanos, valorizavam as práticas modernas (Ferreira, 2007), mas não as instituições de ensino e pesquisa autônomas, que Auguste Comte (1798-1857) descrevia como “pedantocracias”.

No início da República, a modernização da agricultura de exportação, o crescimento das cidades e a abertura do país à imigração e ao comércio internacional geraram necessidades atendidas por instituições lideradas por imigrantes e brasileiros formados no exterior: os institutos Butantan, Biológico, Agronômico de Campinas, Bacteriológico

(depois chamado Instituto Adolfo Lutz) e Manguinhos, com missões bem definidas, como combater as pragas, melhorar a qualidade das plantas e tornar salubres os portos de Santos e Rio de Janeiro. Para isso, precisavam se valer dos conhecimentos que estavam se desenvolvendo em outras partes do mundo e realizar suas próprias pesquisas, formando novas gerações de cientistas que deram continuidade e aprofundaram os trabalhos dos pioneiros. Mas tinham pouco espaço e recursos para a pesquisa própria, que, quando ocorria, era de forma quase clandestina. É daquele período a fundação da Academia Brasileira de Ciências, em 1916.

A criação, em 1934, da Universidade de São Paulo (USP) e de sua Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras trouxe uma transformação fundamental. Havia a intenção deliberada, por parte de seus fundadores, de trazer para o Brasil a cultura científica que florescia na Europa, e foi decidido que a maior parte dos professores da nova faculdade seria contratada no Velho Continente. Foram esses professores que criaram ou deram novo vigor às mais importantes tradições de pesquisa científica do país, na física, química, matemática, ciências biológicas, humanidades e ciências sociais. Não foi, no entanto, um processo fácil: incorporadas à nova USP, as antigas faculdades de engenharia, medicina, agricultura, direito, dentre outras, resistiram à liderança intelectual que se pretendia atribuir aos “filósofos” da Rua Maria Antônia.

Um segundo período importante foi a colaboração com os Estados Unidos, que inclui o apoio da Fundação Rockefeller à Universidade de São Paulo, às parcerias nas campanhas sanitárias, à pesquisa agrícola, em genética, nas ciências sociais, e

ao uso de matérias-primas para o esforço de guerra (Cueto, 1994; Sá, Miranda de Sá & Silva, 2020). Destaque nessa colaboração foi a vinda, para o Brasil, de Theodosius Dobzhansky (1900-1975), que levou à implantação da pesquisa em genética no país (Sião, 2007).

Ressalta-se, no período pós-guerra, a fundação, em São Paulo, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), nos moldes de instituições similares existentes nos Estados Unidos e na Europa, além da criação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) em 1949 e do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) em 1951. Havia a expectativa de que o CBPF, liderado por César Lattes (1924-2005), notório por suas investigações em física de partículas, fosse a base do desenvolvimento da pesquisa nuclear no Brasil, mas isso não se confirmou.

O impulso seguinte para a ciência brasileira ocorreu nas décadas de 1960 e 1970, com a reforma universitária de 1968, que institucionalizou os programas de pós-graduação e reorganizou os departamentos e institutos de pesquisa, e com o aumento significativo dos investimentos em ciência, tecnologia e inovação (CT&I), no governo do general Ernesto Geisel (1907-1996), por meio da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). É daquela época também o desenvolvimento da pesquisa agrícola liderado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com destaque para as investigações de Johana Döbereiner (1924-2000) (Baldani et al., 1997), que revolucionou o uso do solo e de sementes melhoradas e levou a uma revolução tecnológica na agricultura brasileira. O período culmina com a criação do Ministério da Ciência e Tecnologia em 1985.

Com a massificação do ensino superior ocorrida no Brasil nos últimos 50 anos, somente parte das universidades públicas conseguiu efetivamente aderir ao modelo de instituição de pesquisa preconizado pela reforma de 1968. Graças aos investimentos dos anos anteriores e à persistência do trabalho de agências governamentais como Capes, CNPq e Finep, e de agências estatais como a Fapesp, o Brasil possui hoje o maior sistema de pós-graduação, ciência e tecnologia da América Latina, o 14º do mundo em termos do volume das publicações científicas, mas apenas o 163º colocado em termos de citações por publicação, segundo um dos indicadores disponíveis<sup>1</sup>.

Esses e outros dados relativos à inovação indicam problemas importantes de qualidade da produção científica brasileira e sua relação com a sociedade que precisam ser resolvidos, e que são agravados pelas políticas dos anos mais recentes de cortes indiscriminados de recursos que afetam, justamente, os setores mais produtivos e inovadores da ciência e tecnologia (C&T).

Uma das formas de mostrar o desenvolvimento das ciências no Brasil é a análise cientométrica, que tem como objetivo o levantamento e análise de dados a partir de bases que indexam artigos acadêmicos. Na análise que se segue, o termo “trabalhos brasileiros” se refere a trabalhos indexados nos quais um ou mais autores colocam a palavra Brasil (ou *Brazil*) em seu endereço.

Muitos trabalhos científicos importantes do final do século XIX e começo do século XX não estão indexados em bases

de dados facilmente acessíveis. Estudos pioneiros que se referem a esses trabalhos foram descritos nas obras de Fernando de Azevedo (1994), Ferri e Motoyama (1979) e Simon Schwartzman (2015). Os trabalhos de Jaime Benchimol e Magali Romero Sá, que organizou a extensa produção científica de Adolpho Lutz (Benchimol & Sá, 2004), e de Nancy Stepan (1976), sobre a história do Instituto Manguinhos, constituem exemplos da importância de recuperar a história da ciência brasileira, especialmente no século XIX e começo do século XX. Muito deste esforço tem sido canalizado pela Sociedade Brasileira de História da Ciência, fundada em 1983<sup>2</sup>.

Os trabalhos pioneiros de Vital Brasil Mineiro da Campanha (1865-1950), publicados em sua grande maioria na *Revista Médica de São Paulo*, não estão indexados em bases de dados atuais, mas sua contribuição tornou-se universalmente conhecida com a publicação, em 1914, do extraordinário livro *La défense contre l'ophidisme* (Vital Brazil, 1914). Nesse extenso tratado, o autor descreve com ilustrações preciosas a multíitude de espécies de cobras do Brasil, formula a sua importante contribuição que demonstra a especificidade de soros antifídicos e ainda apresenta análises pioneiras sobre os anticorpos. As descobertas de Carlos Chagas (1879-1934), entre 1907 e 1909, demonstraram tanto a existência do agente etiológico como a transmissão do *trypanosoma cruzi* pelos insetos do gênero *Triatoma*, conhecidos como barbeiros (Chagas, 1924, 1927). As

1 Disponível em: <https://www.scimagojr.com>. Acesso em: 26/jul./2022.

2 Disponível em: <https://www.sbh.org.br>. Acesso em: 3/ago./2022.

descobertas de Chagas foram influenciadas pelo trabalho de seu mentor, Oswaldo Cruz (1872-1917), que evidenciara, partindo do material isolado por Chagas, que a inoculação do agente causal em macacos era patogênica. Chagas foi indicado duas vezes para o Prêmio Nobel (1913 e 1921), mas não chegou a recebê-lo (Miles, 2004)<sup>3</sup>.

Uma das bases de dados que registram trabalhos científicos (Web of Science, WoS) publicados nas revistas especializadas mais lidas no mundo inclui publicações somente a partir de 1900. Uma série de pesquisas relacionadas com descrições de doenças como peste bubônica, febre amarela, antraz no gado no Brasil foram publicados em *Public Health Reports* entre 1900 e 1902. O primeiro trabalho que trata de um tema distinto a epidemias prenuncia o interesse da química brasileira por produtos naturais<sup>4</sup> e descreve o isolamento de um corante proveniente do ipê-amarelo. Nenhum estudo brasileiro aparece indexado entre 1902 e 1911, quando começam a surgir publicações relacionadas com mineralogia de ouro e diamantes<sup>5</sup>. Esses trabalhos foram produzidos por pesquisadores do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, criado em 1907 com a finalidade de estudar a estrutura geológica, a mineralogia e os meios e recursos minerais do território brasileiro.

Já em 1912, os trabalhos de parasitologia brasileiros começam a ser indexados, e o primeiro se refere à descrição de um parasita no sangue de pombos<sup>6</sup>. A química analítica, em trabalhos indexados de 1914<sup>7</sup>, é desenvolvida no âmbito da Escola Politécnica de São Paulo, fundada em 1893, onde também começaram a funcionar os primeiros cursos de Astronomia, Arquitetura e Urbanismo, Belas Artes, Física, Química e Zootecnia, que posteriormente se transformaram em unidades autônomas. O primeiro trabalho indexado de colaboração internacional descreve, em 1917, o tratamento de uma parasitose (*Endamoeba histolytica*) com óleo derivado da erva-de-santa-maria (*Chenopodium ambrosioides*), também conhecida como mastruz<sup>8</sup>. Esse trabalho, além de descrever o uso terapêutico de um extrato vegetal, resulta da colaboração da Universidade da Califórnia com um hospital ligado a uma empresa privada no Brasil. Dessa época merece também destaque um dos trabalhos de Carlos Miguel Delgado de Carvalho (1884-1980), do Instituto Histórico e Geográfico do Brasil, que, em uma conferência na Escócia, descreve a geografia do Brasil em relação ao desenvolvimento político e econômico<sup>9</sup>. Apesar do reduzido número de publicações brasileiras indexadas nesse período, em 1921 se destaca um interessante estudo sobre o potencial de extração de petróleo, vindo do Serviço Geológico e

3 A Academia Brasileira de Medicina tentou desacreditar as descobertas de Chagas, a ponto de ter nomeado uma comissão para investigá-lo em 1922. O relatório da comissão da Academia o livrou de qualquer culpa ou suspeita. Contudo, é possível que esses movimentos contra Chagas, em seu próprio país, tenham dificultado o andamento das indicações para o Prêmio Nobel.

4 *Journal of the Chemical Society, Transactions*, 79, 1901, p. 284.

5 *American Journal of Science*, 32 (189), 1911, pp. 185-94.

6 *Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie et de ses Filiales*, 73, pp. 396-8.

7 *Biochemische Zeitschrift*, 65, pp. 177-88.

8 *Journal of the American Medical Association*, 68, pp. 1.456-7.

9 *Scottish Geographical Magazine*, 34 (2), 1918, pp. 41-55.

Mineralógico do Brasil<sup>10</sup>. Em 1926, trabalho seminal da Faculdade de Medicina de São Paulo descreve a reação cutânea em leishmaniose, uma contribuição científica citada até hoje (Montenegro, 1926). Outros trabalhos citados até recentemente, provenientes do Instituto Oswaldo Cruz, incluem análise de regulação da dinâmica sexual em animais de experimentação (Martins & Rocha, 1931).

A criação da Universidade de São Paulo em 1934, com uma faculdade-núcleo dedicada à pesquisa (Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras), resulta, já em 1935, em trabalho de Gleb Wataghin (1935, p. 284), físico experimental russo naturalizado italiano, que viria a formar uma geração de físicos brasileiros como César Lattes, José Leite Lopes, Oscar Sala, Mário Schenberg, Roberto Salmeron, Marcelo Damy de Souza Santos e Jayme Tiomno. Os trabalhos publicados até o final da década de 1930 são, em sua maioria, de professores estrangeiros contratados pela Universidade de São Paulo e, salvo exceções, pouco citados. A partir da década de 1940, começam a ser publicados trabalhos que adquirem grande visibilidade. Alguns, como as contribuições de M. Schenberg e B. Gross, são citados até hoje. Entre 1940 e 1945, a instituição que mais aparece é a Universidade de São Paulo, que já produzia 42% do total dos trabalhos brasileiros indexados.

A produção de trabalhos indexados na WoS a partir de 1945 é um tema cuja discussão requer muito mais espaço e pesquisa do que o permitido para este artigo. Basta dizer que a produção brasileira, que

vinha crescendo em volume e qualidade, parece sofrer brusca mudança de fase a ponto de, além da diminuição do volume, haver hiato de dez anos – entre 1956 e 1966 – em que não se encontram trabalhos atribuídos a brasileiros na WoS quando se procuram publicações por endereço (Brasil ou *Brazil*). Uma possível razão, dada pela WoS a um dos autores deste artigo, é a dificuldade de identificar, nas informações disponíveis daquela época, quais autores declararam Brasil (ou *Brazil*) no endereço. Busca por autores (e não por endereço) na mesma base de dados (WoS), porém, revela realidade distinta. Dada a dificuldade de identificar todos os autores que publicaram nesse período, e procurando um único autor brasileiro (G. Cilento) para efeito de amostragem, a mesma base de dados revela 18 publicações indexadas entre 1956 e 1966. O exemplo evidencia a dificuldade de descrever a contribuição científica brasileira no período em que se forma a comunidade científica no país e reafirma a necessidade da construção de banco de dados nacional para o período.

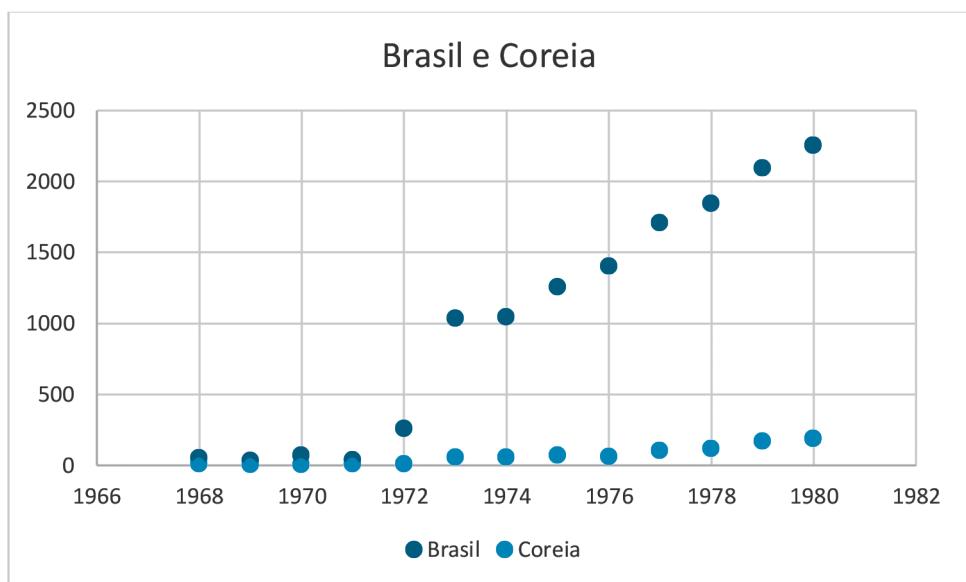
A partir da década de 1970, o número de publicações de autores brasileiros indexadas na Web of Science se torna significativo. Comparação com a Coreia do Sul, que tinha até então nível igualmente baixo de publicações indexadas, permite vislumbrar diferenças que ilustram tanto as mudanças de volume e visibilidade de publicações quanto a relação entre a produção científica e a incorporação de conhecimento no sistema produtivo.

O volume de publicações do Brasil na década de 1970 é significativamente superior ao da Coreia. A visibilidade dos trabalhos brasileiros mais citados também supera

---

10 *Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, 65, pp. 241-4.

**FIGURA 1**

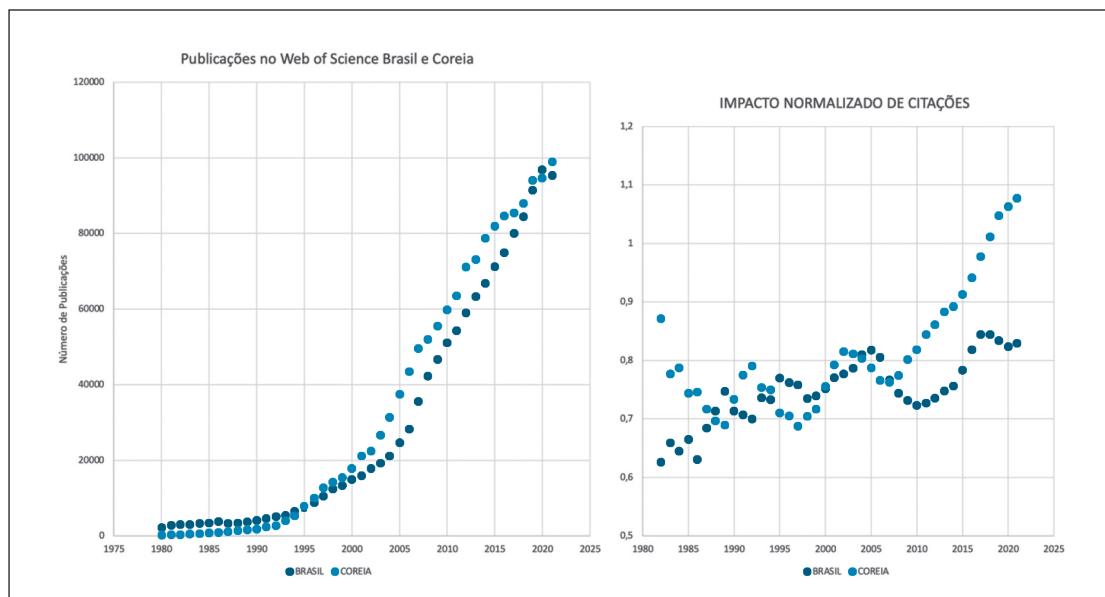


a dos publicados por autores sul-coreanos: comparando os dez trabalhos mais citados de cada país, os do Brasil receberam dez mil citações entre 1968 e 1980, enquanto os da Coreia tiveram três mil. Claramente,

nessa década os cientistas brasileiros produziam mais conhecimento, com maior visibilidade internacional.

Mas essa tendência não se mantém, como evidenciam os gráficos seguintes.

**FIGURA 2**



A partir de 1980, o padrão de publicações dos dois países torna-se semelhante, com pequena vantagem para os autores brasileiros até 1995, e para os autores coreanos depois. Porém, o impacto normalizado das citações, comparado com a média mundial (1,0), aumenta continuamente a partir de 2005 para as publicações da Coreia, mas não para as brasileiras.

O crescimento do volume da produção científica do Brasil pode ser atribuído, em parte, a uma das raras políticas de Estado que sofreram poucas oscilações desde 1980 até 2018: o crescimento da pós-graduação, a avaliação dos seus programas e o acesso à informação científica, promovidos pela Capes. Outro componente importante foi a internacionalização, que, especialmente a partir da política adotada por algumas fundações de apoio à pesquisa dos estados, e de forma pouco regular por algumas agências federais, deu força à colaboração equilibrada com cientistas do exterior e estimulou a participação do Brasil em grandes consórcios internacionais. As políticas do CNPq e da Capes contribuíram para que o Brasil, já no final da década de 1960, contasse com grupos de pesquisa liderados por cientistas profissionais cuja experiência lhes permitiu estabelecer centros nos quais estudantes puderam obter formação pós-graduada no país. A esses investimentos em recursos humanos se somaram outras iniciativas do governo federal, como o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), os Institutos do Milênio e os Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT). O investimento da Finep em projetos e na infraestrutura dos centros de pesquisa, bem como o contínuo aporte do CNPq para pesquisadores

qualificados, permitiram que a produção de ciência se acelerasse expressivamente a partir de 1995. A partir da década de 1960, a Fapesp passou a desempenhar papel central no apoio à pesquisa no estado de São Paulo, e a formação de investigadores nos grupos desse estado alimentou a pesquisa no Brasil todo. No entanto, esse crescimento, com as exceções previamente apontadas, se deu com decisões políticas e institucionais pontuais, sem que o Brasil tenha incorporado efetivamente ciência e tecnologia nos planos estratégicos do Estado para além dos memorandos de intenções.

Os trabalhos publicados que incluíam autores com endereço no Brasil constituíam, em 2020, 2,8% do total indexado na WoS. Essa porcentagem é extraordinária, considerando as imensas flutuações dos investimentos em ciência nas últimas décadas. Outro indicador importante é a proporção de trabalhos científicos brasileiros que se encontram dentre os de maior visibilidade em cada área do conhecimento, bem como os chamados “trabalhos quentes”<sup>11</sup> pela WoS, similar à porcentagem do total.

O impacto relativo da produção científica, medido pelo índice CNCI, também merece registro<sup>12</sup>. Esse indicador resulta do

---

11 “Trabalhos quentes” (*hot papers*) são artigos publicados nos últimos dois anos que estão recebendo citações rapidamente após a publicação. Esses artigos foram citados vezes suficientes no bimestre mais recente para colocá-los dentre os 0,1% mais citados quando comparados aos artigos da mesma área e adicionados à base de dados no mesmo período.

12 O Impacto de Citação Normalizado por Categoria (CNCI) de um documento é calculado dividindo-se a contagem real de citações pela taxa de citação esperada para documentos de mesmo tipo, ano de publicação e área de assunto. Disponível em: <http://help.prod-incites.com/inCites2Live/indicatorsGroup/aboutHandbook/usingCitationIndicatorsWisely/normalizedCitationImpact.html>. Acesso: 23/ago./2022.

número médio de citações dos trabalhos publicados pelos autores de determinado país dentro de cada área do conhecimento. Tais dados são corrigidos conforme a área da ciência na qual foram classificados, e após essa correção se obtém um número relativo com o qual se pode estimar a visibilidade integrada dos trabalhos publicados por um país em todas as áreas do conhecimento.

Tanto o Brasil quanto a Coreia do Sul registram crescimento no volume da produção científica, estimado pelo número de trabalhos indexados, especialmente desde a década de 1990. Tomando como referência 2021, o número de trabalhos indexados por habitante na Coreia do Sul é quase cinco vezes maior do que o observado no Brasil. O ritmo da evolução da visibilidade dos trabalhos dos dois países é também distinto. Enquanto a visibilidade dos trabalhos da Coreia aumenta linearmente a partir de 2005 e ultrapassa recentemente a média mundial, a visibilidade dos trabalhos brasileiros oscila e segue abaixo da média mundial (Figura 2).

Os resultados alcançados pela Coreia do Sul podem ser compreendidos pelo efeito de uma série de projetos estratégicos quinquenais, que desde 1962 privilegiam a educação básica e o investimento em tecnologia no país. O Estado e os grandes conglomerados industriais se associaram para aumentar o investimento em ciência fundamental a partir do começo do século XXI<sup>13</sup>. O resultado dessa mudança de política de C&T se faz evidente na

pauta de exportações coreanas que crescentemente incorporam conhecimento e tecnologia a seus produtos. Outro indicador dessa mudança é a relação entre trabalhos publicados e patentes<sup>14</sup>. Em 1980, a relação entre trabalhos científicos e patentes coreanas era de 6,6. Tal relação passou a ser de 1,9 em 2021, mostrando a íntima correlação entre aumento da produção científica, aumento da visibilidade dos trabalhos, inovação estimada pelo número de patentes e produção de bens e serviços com conteúdo cada vez maior de conhecimento. Informações referentes à relação entre pesquisa e produção de bens de crescente conteúdo tecnológico são evidentes quando se trata de entender o binômio conhecimento e produção na Coreia do Sul. Alguns indicadores mostram, por exemplo, que em trinta anos, a partir de 1965, a Coreia passou de 0,7 para 27,9 pesquisadores por 100 mil habitantes, o número de centros de pesquisa nas empresas, de 112 para 66.018 e a relação de investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) entre o público e o privado foi de 1,6 para 0,37 (Linsu Kim, 2004).

No Brasil, apesar do expressivo aumento da produção científica, a relação entre produção científica e inovação, medida pelo número de patentes, é muito diferente. Em 1980, para cada trabalho publicado, residentes no Brasil depositavam uma patente internacional. O dado não implica, contudo, que o conhecimento gerado tenha

---

13 Ver, por exemplo: <https://www.rand.org/pubs/monographs/MG320z1.html>. Acesso: 23/ago./ 2022.

14 Fonte dos dados de patentes: World Intellectual Property Organization (Wipo), *Wipo Patent Report: Statistics on Worldwide Patent Activity*. Patentes solicitadas por residentes. Acesso: 7/ago./2022.

sido incorporado ao setor produtivo, pois se publicava pouco, se patenteava pouco e não havia necessariamente relação entre os conteúdos das patentes e os trabalhos científicos. Desde 1980, o número de trabalhos científicos cresceu, mas as patentes depositadas não acompanharam o crescimento na mesma proporção. Em 2020, para cada patente depositada, autores brasileiros publicavam 18 trabalhos na literatura internacional. Esses dados permitem compreender o pouco espaço que o Brasil ocupa na produção e exportação de bens de alta tecnologia.

Contudo, dados cíntométricos representam médias nacionais e, assim, não mostram contribuições individuais ou temáticas que podem ter impacto intelectual, social ou econômico considerável. No conjunto das publicações brasileiras, com visibilidade abaixo da média mundial em praticamente qualquer área do conhecimento, se escondem trabalhos que impactaram significativamente o Brasil e o mundo. Os exemplos recentes de trabalhos de impacto que contam com autores brasileiros são abundantes. Alguns deles serão mencionados adiante.

É evidente que a existência de um plano estratégico que incorpore ciência, tecnologia e inovação a um projeto nacional mais amplo deve ter como objetivo primordial elevar o nível nacional da visibilidade da produção científica e consequentemente da inovação, com metas definidas, cronogramas estabelecidos e, claro, financiamento adequado.

É possível que, se o Brasil tivesse seguido as recomendações do ministro João Paulo dos Reis Velloso (1931-2019) quando do encaminhamento do II Plano Básico de Desenvolvimento Científico

e Tecnológico (II PBDCT) em 1976<sup>15</sup>, o percurso das políticas de Estado para CT&I, bem como o impacto médio dos trabalhos científicos de autores brasileiros, fossem distintos da realidade atual. Há de se observar, no entanto, que as políticas preconizadas pelo Ministério do Planejamento e consubstanciadas nos Planos Nacionais de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PNDCT), desde a década de 1970, não se coadunavam com a política industrial orientada para a substituição de importações, que, até a redemocratização, mantiveram a economia brasileira isolada da economia internacional, exceto quanto à exportação de produtos primários. Políticas de Estado recentes que incorporassem ciência e tecnologia estrategicamente em propostas para um desenvolvimento socialmente harmônico, com diretrizes definidas para os setores industrial, agrícola e mineral, quando existiram, nunca passaram dos documentos de planejamento para sua implementação.

Ações pontuais, porém, muitas vezes foram bem-sucedidas. A produção de etanol e dos motores dos carros flex, único caso no mundo, é um exemplo de política de Estado que é parte importante dentro de um contexto mais amplo, de tornar a matriz energética do Brasil uma das mais sustentáveis e limpas do mundo. A política da Capes, de avaliação e de financiamento da pós-graduação, implementada ao longo de décadas, atravessou vários governos e

---

<sup>15</sup> Ver: <https://revistapesquisa.fapesp.br/um-novo-mundo-nos-tropicos/>; [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1970-1979/anexo/ANL6151-74.PDF](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/anexo/ANL6151-74.PDF); Velloso (1978).

constitui política de Estado que, em grande medida, construiu a capacidade de pesquisa do país. A incorporação de conhecimento a produtos ou serviços, determinada pela existência local de cientistas e centros de criação que operam na fronteira do conhecimento, é evidente na agropecuária, na exploração de petróleo, na produção de aviões e veículos, nas vacinas, nos produtos da exploração da cana-de-açúcar, na implantação do SUS, e por aí vai.

No setor industrial, contudo, os exemplos são limitados. Exceções como a WEG ou a Embraer, empresas que dominam segmentos importantes dos mercados mundiais de motores elétricos e aviões de porte médio, respectivamente, e de inovações radicais como a Brain4care, que desenvolveu sistema não invasivo para monitorar a pressão intracraniana, demonstram que, com pessoal bem treinado e ciência autóctone, é possível criar sistemas de alta tecnologia e dominar mercados<sup>16</sup>.

Como explicar que a plêiade de exemplos de impacto cultural e socioeconômico não produza legitimação social e, consequentemente, pressão para apoiar políticas de Estado para C&T como ferramenta eficiente para enfrentar/sair de crises ou aumentar a resiliência social? Uma possibilidade é a ausência de dados que mostrem com clareza os impactos socioeconômicos da ciência no Brasil. Escolas de pensamento se debruçam no mundo sobre o problema de quantificar o impacto socioeconômico da pesquisa. No Brasil, são escassos

os estudos que demonstram a contribuição da ciência e da tecnologia para mudanças na sociedade ou na economia. Abundam, contudo, relatos pictóricos de exemplos de sucesso. Poucos são os estudos que podem sustentar, objetivamente, que “para cada real despendido em pesquisa houve um incremento no valor da produção da ordem de R\$ 10 a R\$ 12”<sup>17</sup>.

Sucessivos ministros da Fazenda e Planejamento têm repetido que esse tipo de investimento, em pesquisa, constitui “gasto”. Além de desconhecer a obra de Prêmios Nobel de Economia (por exemplo, Paul Romer, em 2018), alegam que não existem evidências de que esse investimento produza impacto socioeconômico. O investimento em C&T do Brasil não passou de 1,6% do PIB em 2015, e vem caindo desde então. Pode-se concluir que a política federal que não incorpora C&T nos projetos de Estado vem se mantendo<sup>18</sup>.

No mesmo intervalo, todos os países desenvolvidos, e a Coreia do Sul em particular (investimento de 4,81% do PNB em C&T em 2020), aumentaram a porcentagem de investimento em C&T. Muitos países já investem mais de 3% do PIB em C&T. Poucos estudos econômicos confiáveis, escassa interação social entre cientistas

---

16 Disponível em: <https://www.weg.net>; <https://www.embraer.com/>; <https://brain4.care/>. Acesso em: 23/ago./2022.

17 Disponível em: [http://www.fapesp.br/publicacoes/livro\\_agricultura\\_paulista.pdf](http://www.fapesp.br/publicacoes/livro_agricultura_paulista.pdf). Acesso em: 23/ago./2022.

18 Ilustrações da evolução recente (2005-2018) da ciência no Brasil, os investimentos e os impactos do conhecimento na sociedade podem ser consultados em: Chaimovich & Pedrosa, 2021, pp. 3-21 (disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377250\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377250_por)); Pedrosa & Chaimovich, 2015, pp. 39-57 (disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235407\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235407_por)); Brito Cruz & Chaimovich, 2010, pp. 33-51 (disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000189883\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000189883_por)).

e sociedade, imprensa e meios de comunicação pouco permeáveis à comunidade científica e uma resistência suprapartidária que desconsidera a realidade internacional de priorizar o investimento em C&T podem fazer perdurar o atual *status quo*. A sociedade pode ser informada e exercer legítimas pressões sobre todos os partidos políticos para conseguir que a área econômica do próximo governo finalmente acorde, olhe para o mundo e descubra que investimento em C&T produz resultados socioeconômicos incomparavelmente mais eficientes do que muitas das proposições de mudanças ora em pauta. É evidente, também, que sem investimento privado em pesquisa dentro das unidades produtivas, a produção de ciência nas universidades e institutos públicos de pesquisa terá pouco impacto sobre a economia e a sociedade. Assim, uma política de Estado em C&T somente tem sentido dentro de um projeto de país com a participação de todos os atores, especialmente dos setores produtivos.

Em um texto desta dimensão, é impossível citar nominalmente muitos pesquisadores que fizeram contribuições que impactaram intelectual, econômica ou socialmente. Contudo, os poucos exemplos mencionados a seguir ilustram a necessidade de olhar os dados cientométricos com cuidado.

O trabalho descrevendo os rastros de mésons lentos em emulsões fotográficas, do qual César Lattes é o primeiro autor (Lattes et al., 1947a; Lattes et al., 1947b), foi de tal pioneirismo para a compreensão da estrutura atômica que deu o Prêmio Nobel, não a Lattes, mas a Cecil F. Powell (1903-1969), fato até agora discutido. O que não se discute é a importância da contribuição de Lattes e o impacto intelectual da descoberta.

Em um trabalho de revisão, Johana Döbereiner (1997) descreveu como a fixação biológica de nitrogênio nos trópicos gerou consequências sociais e econômicas. O Brasil é o segundo produtor mundial de soja, dominando hoje 30% do mercado global. A qualidade da soja brasileira é crescente: “Os chineses preferem a nossa soja devido ao preço e à maior percentagem de proteína”<sup>19</sup>. A contínua melhoria da qualidade do produto e sua inserção internacional teriam sido impossíveis sem a incorporação de conhecimento. A grande expansão de seu cultivo teve início na década de 1970 com cultivares gerados no país, produtos de pesquisa autóctone. Entre 1963 e 1969, Döbereiner iniciou um programa de pesquisa sobre os aspectos limitantes da fixação biológica de nitrogênio em leguminosas. Em 1964, com base em suas pesquisas, foi iniciado o programa brasileiro de melhoramento da soja, que representou uma quebra de paradigma. As pesquisas de Eurípedes Malavolta, na Esalq-USP, foram essenciais para remediar os solos e aclimatar os novos cultivares de soja no Cerrado. O exemplo da soja é somente um dos muitos que demonstram como descobertas científicas brasileiras modificam não somente a ciência global, mas exercem impactos sociais e econômicos profundos na sociedade.

Diferentemente de outros países da América Latina, as universidades se consolidaram tardivamente no Brasil: sua existência como centros de produção de

---

<sup>19</sup> Disponível em: <https://exame.com/agro/china-reduzira-importacao-de-soja-dos-eua-brasil-ganha-espaco/>. Acesso: 23/ago./2022.

conhecimento, e não simplesmente como escolas de formação profissional superior, data do século XX. Ao longo dos anos, as universidades públicas se tornaram responsáveis pela maior parte da produção científica e tecnológica do país. Apesar de relativamente recentes, as principais universidades públicas brasileiras se desenvolveram a ponto de se equipararem a suas congêneres de países com grande tradição. Isso é demonstrado pela presença constante de nossas instituições em diversos *rankings* internacionais, criados a partir de critérios definidos por acadêmicos dos países desenvolvidos, em consonância com seus próprios interesses.

O Brasil, no começo deste século, chegou a possuir um dos mais estruturados e avançados sistemas de apoio à ciência, tecnologia e inovação do mundo. As características centrais desse sistema residiam no fato de serem instituições de Estado com missões distintas e definidas. Como decorrência de sua natureza, essas instituições foram compostas com funcionários públicos muito bem qualificados em seus respectivos campos de competência. A lista dessas instituições compreende algumas criadas no começo da década de 1950, como o CNPq e a Capes. A missão do CNPq, apesar de variar desde a sua fundação, sempre incluiu o apoio a projetos de excelência em todos os ramos das ciências e das humanidades, abrangendo desde estudantes de graduação até cientistas maduros espalhados pelo país. A Capes lançou, em 2000, um dos programas mais avançados do mundo dedicado a permitir e socializar o acesso à ciência global: o programa Periódicos Capes. Em 1962, surgiu em São Paulo a primeira fundação

estadual de apoio à pesquisa (Fapesp), com a missão constitucional precípua de apoiar a pesquisa para o benefício do contribuinte paulista e do Brasil. A Finep, criada mais tarde, tem foco distinto, que inclui grandes projetos de interesse nacional, bem como o apoio à infraestrutura de pesquisa.

O Ministério da Ciência e Tecnologia, criado ao término da ditadura militar (1964-1984), era de início o órgão centralizador das grandes linhas da política de Estado para ciência e tecnologia, bem como o centro de negociação das instituições que operavam C&T no governo federal. Com o tempo, o MCTI (que mudou de sigla algumas vezes nestes 37 anos) passou de centro coordenador e formulador de políticas para CT&I a executor de projetos e programas, diminuindo, assim, a especificidade e missões das instituições do Estado criadas com esses fins.

A Constituição de 1988 permitiu que as unidades federativas, acompanhando o modelo e a missão da Fapesp em São Paulo, incluíssem em suas respectivas Constituições estaduais a previsão de fundações de apoio à pesquisa de interesse dos estados. A criação, por lei federal, dos fundos setoriais, prenunciava, em tese, um sistema adicional de financiamento à pesquisa com missão até então inexistente. Sediados na Finep, os fundos setoriais tinham como missão estimular, a partir de financiamento associado a uma atividade produtiva, a pesquisa na área de onde provinha esse financiamento. Assim, o CT-Petro, por exemplo, teria como foco financiar pesquisa relevante para o essencial setor industrial do petróleo. O conjunto dessas instituições de Estado permitiu, durante mais de uma década,

salto explosivo na produção científica, e durante período semelhante, a incorporação de conhecimento à sociedade. Visto de uma perspectiva pessimista, o processo de criação e frustração de expectativas parece se repetir na história da ciência brasileira, como se reafirmasse a concepção do tempo cíclico largamente difundida na Antiguidade: o século XXI se iniciou com grandes promessas para o futuro da ciência no país, que logo foram frustradas. Entretanto, visões lineares ou cíclicas da história não refletem a imprevisibilidade do rumo da humanidade. A extinção dos dinossauros, causada pela queda de um meteoro; a queda do Império Romano, que pode ser relacionada com uma mudança climática no norte da China; ou ainda a recente pandemia, por serem fenômenos naturais, totalmente independentes do curso da história, não podem ser enquadradas como elementos lineares ou cíclicos e representam, somente, fenômenos naturais randômicos.

## UMA CONCLUSÃO

Crise, ciência e tecnologia parecem, hoje, estar indissoluvelmente ligadas. Parecem impossíveis reflexões e ações que dissociem a situação atual da riqueza do passado e permitam planejar um futuro distinto.

Uma nota de cuidadoso otimismo nos leva a concluir esta análise.

Os cientistas brasileiros conseguiram, especialmente desde as últimas décadas do século XX, ocupar espaço significativo dentre os maiores produtores de trabalhos científicos do mundo. Nas fontes de dados que registram os totais dos trabalhos por país, como Scimago, o Brasil

passou a ocupar a décima quarta posição, tomando como referência o período 1996-2021, sendo que em 1996 ocupava a vigésima primeira posição. Na classificação que mostra as citações por trabalho publicado no mesmo intervalo, o Brasil somente alcança a posição 121 dentre os países que publicaram pelo menos mil trabalhos nesse período. Ainda considerando o intervalo entre 1996 e 2021, a contribuição científica do Brasil à literatura científica mundial foi de 2%.

A falta de relação entre as publicações e as patentes depositadas no exterior (índicador de inovação) reflete, claramente, a ausência de políticas públicas que estimulem, sem necessariamente financiar, a produção de bens que incorporem conhecimento (Mazucatto, 2014). E, como o Brasil continua sendo um país de enormes contrastes e contradições, o número de trabalhos científicos que têm, no endereço, universidades públicas e empresas privadas não para de crescer (Brito Cruz, 2002a).

O impacto desse esforço hercúleo e recente de dotar o Brasil de uma capacidade científica capaz de contribuir e acompanhar as fronteiras do conhecimento em todas as áreas do saber, embora limitado, se fez sentir também na sociedade. Nas universidades de pesquisa, a investigação científica permitiu a formação de gerações de novos investigadores, que, inicialmente, nuclearam grupos em várias partes do país e crescentemente alimentaram as descobertas em instituições públicas e empresas privadas. O conhecimento produzido por pesquisadores brasileiros, em contato natural com seus pares no exterior, tem tamanho impacto social e econômico que é impossível, em poucas linhas, associar

todas as descobertas com todos os impactos, especialmente desde o começo do século XX. Apesar disso, é conveniente mencionar, a título de exemplo, quase como listagem, os mais destacados. Começando pelas pesquisas de Vital Brazil e Oswaldo Cruz, que conseguiram demonstrar a fonte e debelar os surtos de peste bubônica no Rio de Janeiro e em Santos, no começo do século XX. A demonstração feita por Vital Brazil da especificidade dos soros antifídicos e a correlação com a imunologia salvou – e salva – vidas desde os primeiros anos do século XX. A pesquisa genética em aves, suínos e bovinos, que permitiu ao país se transformar em um dos mais importantes provedores de proteína animal do mundo. As já mencionadas contribuições de Johana Döbereiner e outros, que fizeram do Brasil um dos maiores produtores mundiais de soja. A introdução do etanol como biocombustível e seu uso em larga escala. A produção de petróleo em águas profundas, com tecnologia pioneira desenvolvida pela Petrobras, não igualada até o momento por nenhuma outra empresa. O sistema de automação bancária e de votação eletrônica. A criação do SUS e as vacinas contra DPT, influenza, hepatites, raiva, dentre outras. A incorporação e o desenvolvimento das tecnologias que permitiram a fabricação e a distribuição gratuita das vacinas pelo SUS tiveram dois motores essenciais: a pesquisa fundamental prévia e a capacidade de compra do governo federal (Chaimovich, 2011). O impacto econômico e social da pesquisa e da formação de pessoal qualificado por meio dela é assunto internacionalmente conhecido, aceito e difícil de quantificar quando se trata de criação de conhecimen-

tos básicos (Bornmann, 2012). O poder de compra do Estado, como motor da ciência fundamental, tecnologia e inovação, é bem conhecido e pouco usado no Brasil (Li et al., 2020; Dal Molin & Previtali, 2019).

Neste início de terceira década do século XXI é possível observar a existência de dois projetos para o país. Desde a redemocratização – com intervalos especialmente agudos desde 2018 – vimos uma tentativa de tornar o Brasil mais inclusivo e soberano. Esse processo incluiu a expansão do ensino superior e do investimento em ciência e tecnologia, entendidos como elementos necessários para a melhoria da qualidade de vida de grande parcela da população e para a manutenção do desenvolvimento econômico. Ao mesmo tempo, o país buscava consolidar seu *soft power* no cenário internacional e se aproximou de outros países interessados em um mundo multipolar. Nesse período, o Brasil experimentou relativa estabilidade e crescimento econômico, sem mudar significativamente a porcentagem do PIB destinada a P&D. O Brasil também conseguiu tímida redução da profunda desigualdade que sempre caracterizou sua população – exemplificada pela breve saída do país do “Mapa da Fome” da FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) em 2014. Breve, pois em 2019 a insegurança alimentar já retornara a índices alarmantes, vindo a piorar durante a pandemia de covid-19 iniciada em 2020.

A sensação de que, finalmente, as promessas do eterno “país do futuro” começavam a se concretizar, e que o futuro enfim chegara, durou pouco. A possibilidade de mudança da posição do Brasil na geopolítica, e de redução da desigualdade social,

gerou reações externas e internas capazes de deter rapidamente o processo em curso. Outro projeto prevaleceu: a manutenção do país na condição de colônia exportadora de *commodities*. Nesse projeto de país, não há interesse em investir em universidades públicas, em pesquisa, em desenvolvimento científico e tecnológico. Além de exportar essencialmente *commodities*, o país tem se especializado em outra curiosa forma de exportação: investe recursos públicos na formação de cientistas em suas melhores universidades e os vê partirem para o exterior em busca de oportunidades para exercerem sua profissão que não encontram aqui. Curiosa exportação, na qual a “mercadoria”, após incorporar alto valor de conhecimento agregado, é enviada ao exterior em troca de... nada. A superação desse projeto nefasto deve incluir políticas de Estado duradouras, que catalisem o desenvolvimento industrial e a geração de empregos qualificados. A falta de investimento em inovação, bem como o reduzido uso do poder de compra do Estado para gerar produtos de ponta, dificulta ou mesmo bloqueia o crescimento das indústrias nacionais que inovem, e o fato de não serem grandes impede que invistam em pesquisa dentro do setor (Brito Cruz, 2022b) e permaneçam com baixa produtividade e pouco competitivas – constituindo-se assim um círculo vicioso. Apesar de o Brasil ter considerável produção científica – produzida, principalmente, em suas universidades –, precisa avançar mais na produção tecnológica, que depende do investimento das empresas.

Outro elemento que deve ser considerado quando se pensa no futuro da ciência no Brasil e o seu impacto intelectual,

social e econômico, é a letra da Constituição da República Federativa do Brasil que, no artigo 218, como fim maior declara: “O Estado promoverá e incentivará o desenvolvimento científico, a pesquisa, a capacitação científica e tecnológica e a inovação”. Uma série de leis em vigor detalham pontos conceituais (por exemplo, a Lei 13.243/2016) e, portanto, deveriam ser implementadas. Apesar de esforços recentes para destruir o sistema brasileiro de ciência, tecnologia e inovação, e a dramática redução dos recursos para financiar a pesquisa em essencialmente todas as instituições do Estado, esse sistema continua existindo. Sua existência permite encarar o futuro com certo grau de otimismo comedido, pois, se o sistema tivesse sido destruído, o aumento de recursos seria insuficiente para recuperar a já deficiente estrutura de pesquisa no país.

Países que transformaram suas economias e se tornaram exportadores com crescente diversificação e incorporação de conhecimento a seus produtos conseguiram, ao mesmo tempo, elevar o nível de vida da sua população aumentando o nível educacional e limitando as distâncias sociais. É evidente, pelos exemplos conhecidos, que, para esse caminho ser trilhado, uma política de Estado para C&T deve estar associada a projetos estratégicos integrados que incluam educação e políticas industriais, bem como atitude empreendedora do Estado. A pesquisa no setor privado, associada à pesquisa no setor público, especialmente nas universidades e nos institutos de pesquisa no Brasil, não deveria acompanhar, somente, o setor agropecuário, a bioenergia e a extração de petróleo e gás. A instalação de centros de

pesquisa no setor industrial, permitindo o diálogo com instituições e empresas no Brasil e no exterior, é um passo essencial para que a capacidade de produção de conhecimento e pessoal bem formado sejam também aproveitados nesse setor produtivo. O poder de compra do Estado já provou, no Brasil, como se induziu, por exemplo, nas vacinas, tecnologia nacional sustentada em produção de conhecimento.

Este trabalho pretende contribuir ao debate sobre o desenvolvimento da ciência produzida sobre o Brasil, e no Brasil, e

seus impactos e relevância para um desenvolvimento sustentável que permita eliminar, ou ao menos diminuir, as desigualdades da sociedade brasileira. É claro que a produção de ciência no país experimentou avanço notável nas últimas décadas. É evidente, também, que a visibilidade média da produção científica brasileira cresce muito menos que o seu volume. Apesar desse descompasso, conhecimento de fronteira produzido no Brasil foi incorporado em vários setores e teve inegáveis impactos sociais, econômicos e intelectuais.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, F. de. *As ciências no Brasil*. 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1994.
- BALDANI, J. et al. "Recent advances in BNF with non-legume plants". *Soil Biology and Biochemistry*, 29 (5-6), 1997, pp. 911-22.
- BASALLA, G. "The spread of western science". *Science*, 156 (3775), 1967, pp. 611-22.
- BENCHIMOL, J. L.; SÁ, M. R. (orgs.) *Trabalhos de Adolfo Lutz publicados no volume I - Adolfo Lutz works published in volume I*. Editora Fiocruz, 2004.
- BEN-DAVID, J. *The scientist's role in society - a comparative study*. Prentice Hall, 1971.
- BORNMANN, L. "Measuring the societal impact of research: research is less and less assessed on scientific impact alone – we should aim to quantify the increasingly important contributions of science to society". *EMBO Reports*, 13 (8), 2012, pp. 673-6.
- BRITO CRUZ, C. H. de. "A pesquisa científica e tecnológica no Brasil", 2002a. Informação disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/358038914\\_A\\_pesquisa\\_cientifica\\_e\\_tecnologica\\_no\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/358038914_A_pesquisa_cientifica_e_tecnologica_no_Brasil). Acesso: 23/ago./2022.
- BRITO CRUZ, C. H. de. "Pesquisadores em empresas são essenciais ao desenvolvimento", 2022b. Informação disponível em: <https://valor.globo.com/opiniao/coluna/pesquisadores-em-empresas-sao-essenciais-ao-desenvolvimento.ghtml>. Acesso: 23/ago./2022.
- BRITO CRUZ, C. H. de; CHAIMOVICH, H. *Relatório Unesco sobre ciência. O atual status da ciência em torno do mundo. Visão Geral e Brasil*, Capítulo 5, 2010, pp. 33-51 (<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000189883>).

- CANIZARES-ESGUERRA, J.; CUETO, M. "Latin American science: The long view". *NACLA Report on the Americas*, 35, 2002, pp. 18-22.
- CHAGAS, C. "Natural infection of para monkeys (Chrysothrix sciureus L.) by Trypanosoma cruzi". *Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie et de ses Filiales*, 90, 1924, pp. 873-6.
- CHAGAS, C. "Some evolutive aspects of Trypanosoma cruzi in the transmitting insect". *Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie et de ses Filiales*, 97, 1927, pp. 829-32.
- CHAIMOVICH, H. "Ciência, tecnologia e produção no Butantan". *Revista USP*, 89, 2011, pp. 78-89.
- CHAIMOVICH, H.; PEDROSA, R. H. L. *Relatório de Ciências da Unesco*. "A corrida contra o tempo por um desenvolvimento mais inteligente; resumo executivo e cenário brasileiro". Capítulo 8, 2021, pp. 3-21 (<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377250>).
- CUETO, M. *Missionaries of Science: The Rockefeller Foundation and Latin America*. Indiana University Press, 1994.
- DAL MOLIN, M.; PREVITALI, E. "Basic research public procurement: the impact on supplier companies". *Journal of Public Procurement*, 19 (3), 2019, pp. 224-51.
- DÖBEREINER, J. "Biological nitrogen fixation in the tropics: Social and economic contributions". *Soil Biology and Biochemistry*, 29 (5/6), 1997, pp. 771-4.
- FERRAZ, M. H. M. *As ciências em Portugal e no Brasil (1772-1822): o texto conflituoso da química*. São Paulo, Educ, 1997.
- FERREIRA, L. O. "O ethos positivista e a institucionalização da ciência no Brasil no início do século XIX". *Fênix - Revista de História e Estudos Culturais*, 4 (3), 2007, pp. 1-10.
- LATOUR, B. *Science in action: how to follow scientists and engineers through society*. Harvard University Press, 1987.
- LATTES, C. M. G. et al. "Observations on the tracks of slow mesons in photographic emulsions". *Nature*, 160, 1947, pp. 453-6.
- LATTES, C. M. G. et al. "Processes involving charged mesons". *Nature*, 159, 1947, pp. 694-7.
- LI, Y. et al. "Buying to develop: the experience of Brazil and China in using public procurement to drive innovation". *International Journal of Innovation and Technology Management*, 17 (3), 2050021, 2020 (<https://doi.org/10.1142/S0219877020500212>).
- LINSU, K. "The multifaceted evolution of Korean technological capabilities and its implications for contemporary policy". *Oxford Development Studies*, 32 (3), 2004, pp. 341-63 (<http://dx.doi.org/10.1080/1360081042000260566>).
- MARTINS, T.; ROCHA, A. "The regulation of the hypophysis by the testicle, and some problems of sexual dynamics (Experiments with parabiotic rats)". *Endocrinology*, 15 (5), 1931, pp. 421-34.
- MAZUCATTO, M. *O Estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado*. Portfolio-Penguin, 2014.
- MILES, M. A. "The discovery of Chagas disease: progress and prejudice". *Infectious Diseases Clinics of North America*, 18 (2), 2004, pp. 247-60.
- MONTENEGRO, J. "Cutaneous reaction in leishmaniasis". *Arch. Dermatology and Syphilology*, 13 (2), 1926, pp. 187-94.
- MOTOYAMA, S.; FERRI, M. G. *História das ciências no Brasil*. São Paulo, Edusp, 1979.

- OLMO, R. et al. "Microbiome research as an effective driver of success stories in agrifood systems – A selection of case studies". *Frontiers in Microbiology*, 13: 834622, 2022.
- PEDROSA, R. H. de L.; CHAIMOVICH, H. *Relatório de Ciências da Unesco. "Rumo a 2030. Visão Geral e Cenário Brasileiro"*. Capítulo 8, 2015, pp. 39-57 (<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235407>).
- SÁ, M. R.; MIRANDA DE SÁ, D.; SILVA, A. F. C. da (eds.). *As ciências na história das relações Brasil-EUA*. Rio de Janeiro, Mauad Editora, 2020.
- SCHWARTZMAN, S. *Um espaço para a ciência: a formação da comunidade científica no Brasil*. 4<sup>a</sup> ed. Campinas, Editora da Unicamp, 2015.
- SIÃO, J. F. M. "As contribuições de Theodosius Dobzhansky para o desenvolvimento da genética no Brasil (1943-1960): um estudo bibliométrico". *Filosofia e história da biologia*, 2. 2007, pp. 203-25.
- STADEN, H. *Viagem ao Brasil*. Petrópolis, Vozes, 2021.
- STEPAN, N. "Beginnings of Brazilian science – Oswaldo Cruz, medical research and policy, 1890-1920. *Science History Publications*, 1976.
- VELLOSO, J. P. dos R. *Brasil: a solução positiva*. São Paulo, Abril-Tec., 1978.
- VITAL BRAZIL. *La défense contre l'ophidisme*. São Paulo, Pocai & Weiss, 1914.
- WATAGHIN, G. "Remarks on the theory of protons and neutrons". *Physical Review*, 48 (3), 1935, p. 284.

# Inovação, ciência e os lugares da universidade

*Guilherme Ary Plonski*



## resumo

A busca do lugar ideal está presente na cultura brasileira, como ilustra a expressão “coloque-se no seu lugar”. E se manifesta também em culturas bem diversas, como a de tribos nativas mexicanas, como retratado com maestria pelo antropólogo e escritor Carlos Castañeda em *A erva do diabo*. A busca do lugar ideal da universidade na sociedade ampla, feita neste artigo a partir do exame das notáveis inflexões que as ideias de inovação e de universidade tiveram ao longo da história recente, revela que esse ponto certo não existe. As razões são diversas. Por um lado, cada universidade corporifica uma utopia singular. E, em decorrência do entrelaçamento das trajetórias da inovação e da universidade, esta passou a assumir múltiplos papéis nas respectivas sociedades. Este artigo sugere uma mudança de foco: ao invés de buscar “o” lugar ideal, cultivar eutopias universitárias, espaços realizáveis que contribuam para a materialização dos sonhos das sociedades que as sustentam.

**Palavras-chave:** ciência; inovação; sociedade; eutopias universitárias.

## abstract

*The search for the ideal place is present in Brazilian culture, as illustrated by the expression “put yourself in your place”. And it also manifests itself in very diverse cultures, such as that of native Mexican tribes, as masterfully portrayed by the anthropologist and writer Carlos Castañeda in *A erva do diabo*. The article's search for the university's ideal place in the wider society, based on an examination of the notable inflections that the ideas of innovation and the university have undergone in recent history, reveals that there is no such point. The reasons are diverse. On the one hand, each university embodies a singular utopia. And, as a result of the intertwining of the trajectories of innovation and the university, the latter began to assume multiple roles in their respective societies. This article suggests a change of focus: instead of looking for “the” ideal place, cultivate university eutopias, achievable spaces that contribute to the materialization of the dreams of the societies that sustain them.*

**Keywords:** science; innovation; society; university eutopias.

## UTOPIAS UNIVERSITÁRIAS

**N**o editorial da edição 22 da revista *Estudos Avançados*, dedicada ao sexagésimo aniversário da Universidade de São Paulo (USP), lembra o saudoso editor Alfredo Bosi uma frase inspirada de Paul Arbousse-Bastide, professor de Sociologia e um dos integrantes da missão francesa contratada para inaugurar as atividades docentes: “É belo assistir ao nascimento de uma universidade”<sup>1</sup>. Mais além da sensação estética deleitosa, a criação de uma instituição universitária que faça jus a essa designação constitui um ato de esperança utópica.

Simboliza essa afirmação o lema “Pela ciência vencerás”, inscrito no brasão da

USP. Essa divisa suscita leituras diversas<sup>2</sup>. A mais corrente é a de que o estabelecimento da Universidade de São Paulo, em 1934, materializa a desforra de lideranças políticas e econômicas paulistas, feridas por recente derrota militar na disputa pelo poder nacional. O confronto seria então levado do campo de batalha para o campo das ideias, nas vertentes educacional, cultural e científica, configurando o que, mais de meio século depois e num outro contexto, passa a ser chamado de

2 O minicurso “*Scientia Vinces: Poder, Ciência e Projeto de Sociedade na Fundação da USP*”, oferecido pela Cátedra Alfredo Bosi de Educação Básica do Instituto de Estudos Avançados da USP, contextualiza o lema sob diversas óticas. Entre elas, indica ser uma resposta ao pensamento anticientífico crescente à época, decorrente da percepção global de que ciência e tecnologia haviam viabilizado a Primeira Guerra Mundial e catástrofes congêneres. O minicurso está disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pypJCMgzRml>.

1 A íntegra do editorial está disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/NxxgGRn6mdR8vfDJWmFNrgF/?lang=pt>.

**GUILHERME ARY PLONSKI** é professor da FEA/USP e diretor do Instituto de Estudos Avançados (IEA) da USP.

“poder brando”<sup>3</sup>. Contudo, como exposto no editorial referido, “em poucos anos, aquelas inquietudes ideológicas provincianas foram perdendo peso e sentido histórico; em contrapartida, foi-se dilatando consideravelmente o alcance da proposta cultural dos fundadores”.

Por vezes, a utopia é potencializada, pois a criação da universidade precede a própria existência do ente ao qual se destina. É o que ocorre nos nascimentos do Technion – Instituto de Tecnologia de Israel e da Universidade Hebraica de Jerusalém, cujas pedras fundamentais são lançadas, respectivamente, em 1912 e 1918<sup>4</sup>. Essas instituições se tornam componentes basilares do singular processo histórico que, várias décadas depois, culmina com a criação do Estado de Israel, em 1948, assim realizando uma utopia milenar de um povo desenraizado desde o ano 70 da era civil.

Há ocorrências do próprio termo “utopia” ser introduzido no nome da universidade. É o caso da Utopia University, estabelecida em Xangai no primeiro quartel do século XX por professores dissidentes da então recente Universidade Tsinghua<sup>5</sup>. Ela se torna uma das principais instituições acadêmicas privadas da China, operando até ser desmembrada e

fechada pelo regime comunista em 1952. É uma das primeiras instituições acadêmicas chinesas a admitir alunas em seu corpo discente, facilitando a entrada de mulheres na esfera pública daquela nação<sup>6</sup>.

A utopia está presente não apenas na denominação de instituições; serve também como qualificador coletivo. É o que evidencia a obra *Utopian Universities: a global history of the new campuses of the 1960s*, publicada em 2020. Surgem nessa década 200 universidades novas, em vários continentes, geralmente como investimento público, com a promessa de operar segundo novas configurações institucionais e com currículos intensamente inovadores. Trata-se de extensa antologia, com mais de 600 páginas, retratando o marcante fenômeno de ruptura do paradigma até então vigente de expansão do ensino superior, em que faculdades existentes evoluem gradativamente, sob tutela, até poderem ser qualificadas como universidades<sup>7</sup>.

3 O conceito de “poder brando”, elaborado pelo professor Joseph Nye, da Universidade de Harvard, está descrito em seu artigo “Soft power: the origins and political progress of a concept”, disponível em: <https://www.nature.com/articles/palcomms20178>.

4 Os primórdios dessas duas instituições são descritos, respectivamente, em: <https://www.technion.ac.il/en/history-of-the-technion/#:~:text=When%20the%20doors%20of%20the,economic%20development%20and%20global%20intellectual> e <https://en.huji.ac.il/en/page/452#:~:text=In%201913%2C%20the%2011th%20World,of%20instruction%20would%20be%20Hebrew.&text=On%20July%202024%2C%201918%2C%20not,the%20cornerstone%20for%20the%20university>.

5 A origem dessa universidade, inicialmente operando como curso preparatório, e sua evolução para se tornar uma das melhores instituições acadêmicas privadas chinesas estão descritas em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Utopia\\_University](https://en.wikipedia.org/wiki/Utopia_University).

6 A tese doutoral *Origins of university coeducation in China: beyond the may fourth movement*, submetida por Yuqian Wang à Universidade de Ciência e Tecnologia de Hong Kong em abril de 2017, está disponível em: <https://lbezone.hkust.edu.hk/pdfviewer/web/viewer.php?file=aHR0cHM6Ly9sYmV6b25lLmhrdXN0LmVkdS5oay9vYmovMS9vLzk5MTAxMjU1NTI2NzQwMzQxMi85OTEwMTI1NTUyNjc0MDM0MTIucGRm#page=1>.

7 O sumário da abrangente obra, organizada pelos professores Miles Taylor, da Universidade Humboldt em Berlim, e Jill Pellew, da Universidade de Londres, pode ser compulsado em: <https://www.bloomsbury.com/uk/utopian-universities-9781350138636/>. Uma competente revisão feita pelo professor Stefan Collini, da Universidade de Cambridge, com ênfase nas universidades criadas no Reino Unido nessa onda, está disponível em: <https://reviews.history.ac.uk/review/2434>.

Destaca-se aqui, dentre elas, a Universidade de Bielefeld, criada em 1969 na cidade de mesmo nome, situada na Renânia do Norte-Vestfália, o estado mais populoso da Alemanha. De caráter fortemente interdisciplinar já na graduação, ela é estabelecida sob inspiração do Centro de Pesquisa Interdisciplinar (no original alemão, ZiF – Zentrum für Interdisziplinäre Forschung), criado um ano antes. Na sequência, o ZiF é incorporado à nova universidade, tornando-se o seu Instituto de Estudos Avançados<sup>8</sup>.

Cada utopia universitária é singular. É o que nos sugere Hannah Holborn Gray, a primeira presidente de uma universidade norte-americana de pesquisa de ponta, a Universidade de Chicago, que lidera por quinze anos, após ser a presidente em exercício da Universidade de Yale. No delgado, mas denso livro intitulado *Searching for utopia: universities and their histories*, a professora Gray reexamina a história desse gênero de instituições em seu país e dialoga com dois ícones da educação superior, que inspiram universidades nos Estados Unidos e mais além<sup>9</sup>. Um deles é seu antecessor na Universidade de Chicago, Robert Maynard Hutchins, que a con-

duz de 1929 a 1951, nos anos derradeiros como seu chanceler. O outro é Clark Kerr, o primeiro chanceler da Universidade da Califórnia em Berkeley e, na sequência, presidente daquela Universidade, que lidera de 1958 a 1967, quando é demitido<sup>10</sup>.

Hutchins, que aos 30 anos se torna o mais jovem presidente de uma universidade estadunidense, deixa como legado o instigante livro *The university of utopia*, publicado em 1953. Nele preconiza que “o objeto do sistema educacional como um todo não é produzir mãos para a indústria ou ensinar os jovens a ganhar a vida. É produzir cidadãos responsáveis”. Como centro de pensamento independente, “a finalidade da Universidade da Utopia é clarificar e reinterpretar as ideias fundamentais”. Nessa vigorosa, ainda que concisa obra, que é motivada pela percepção de “perigos que se relacionam à industrialização, à especialização, à diversidade filosófica e ao conformismo social e político”, Hutchins dedica um capítulo a cada um deles<sup>11</sup>.

Por sua vez, Clark Kerr, principal arquiteto do plano diretor de ensino superior da Califórnia, que se torna modelo nacional, publica em 1963 o livro *The uses of the university*. É uma obra marcante sobre o ensino superior, com ampla recepção: tem cinco edições em inglês e diversas traduções,

---

8 O ZiF é o pioneiro dos institutos de estudos avançados vinculados a universidades, parte expressiva dos quais integra a rede internacional Ubias – University-Based Institutes for Advanced Studies. De 2018 a 2021 essa rede é coordenada pelo Instituto de Estudos Avançados da USP.

9 O livro integra a série *The Clark Kerr lectures on the role of higher education in society*, publicada pela editora da Universidade da Califórnia. Os livros dessa série estão relacionados em: <https://www.ucpress.edu/series/ckl/the-clark-kerr-lectures-on-the-role-of-higher-education-in-society>. O histórico de conferências da série está disponível em: <https://cshe.berkeley.edu/events/clark-kerr-lecture-series>.

10 O professor Kerr é demitido da presidência da Universidade da Califórnia por manobra do então governador do Estado (e futuro presidente) Ronald Reagan, induzido pelo notório diretor do FBI, J. Edgar Hoover. A causa principal é a relutância de Kerr em abafar o estudente movimento estudantil no campus de Berkeley.

11 O livro do professor Hutchins está disponível, em tradução ao espanhol (*La universidad de utopía*), no sistema de bibliotecas da USP.

inclusive ao português<sup>12</sup>. Expressa ali a sua preocupação com decorrências indesejadas das transformações profundas que levam ao paradigma contemporâneo da universidade de pesquisa. Entre elas estão a sedução do corpo docente por recursos e prestígio, a menor atenção para o ensino de graduação e a perda de coerência institucional. Essa fragmentação o leva a articular o neologismo “multiversidade”, em contraposição ao paradigma canônico da “universidade”<sup>13</sup>.

Em sua análise, a professora Gray contrasta a visão moderna de Kerr da multiversidade direcionada pela pesquisa, com o modelo tradicional de educação liberal, defendido por Hutchins. Reconhece a predominância do modelo de Kerr no período posterior à Segunda Guerra Mundial, como fruto da aliança entre o financiamento público e a pesquisa acadêmica no contexto da Guerra Fria e do esforço de manutenção da posição competitiva nos Estados Unidos no cenário mundial<sup>14</sup>. E conclui que, embora em polos

opostos – Kerr, um realista e Hutchins, um idealista –, ambos são utopistas.

Uma incomum variante do conceito de utopia inspira uma instituição acadêmica inovadora recente (de 2019), a Eutopia European University. Trata-se de uma aliança de dez universidades europeias, com a finalidade de se tornar, em 2025, “uma operação confederada, aberta e multicultural de *campi* conectados”<sup>15</sup>. A combinação das dez universidades componentes torna a Eutopia um ente de grande porte: 298 mil estudantes (dos quais 114 mil em pós-graduação), 24 mil docentes e 874 grupos de pesquisa.

A escolha do nome Eutopia talvez resulte da contração da sigla “EU” (que representa a União Europeia, na expressão em inglês) com o termo “utopia”. Mas cabe registrar que a palavra “eutopia”, pouco utilizada na linguagem cotidiana em nosso meio, tem significado próprio: derivando do grego, combina o prefixo *eu* (que significa “bom” ou “bem”) com o termo *tópos* (que significa “lugar”) <sup>16</sup>. Ou seja, é um “bom lugar”, um lugar que favorece a concretização do sonho do bem-estar, talvez idealizado, mas realizável<sup>17</sup>.

---

12 A tradução ao português, com o título *Os usos da universidade: universidade em questão*, é publicada pela Editora da Universidade de Brasília em 2005.

13 No começo de sua obra, Kerr pontua a transformação do modelo de universidade para o que veio a chamar de multiversidade: “*The university started as a single community-a community of masters and students. It may even be said to have had a soul in the sense of a central animating principle. Today the large American university is, rather, a whole series of communities and activities held together by a common name, a common governing board, and related purposes. This great transformation is regretted by some, accepted by many, glorified in, as yet, by few. But it should be understood by all*”.

14 Outros fatores relevantes convergem para a transformação desse modelo, entre eles o estímulo aos estudos superiores dos veteranos de guerra (o *G.I. Bill*), o crescimento econômico expressivo, o movimento feminista, o movimento pelos direitos cívicos e a enorme expansão do conhecimento alicerçado em novas tecnologias.

15 O sítio institucional da Eutopia na internet é: <https://eutopia-university.eu/>.

16 Embora conste do Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa, o termo “eutopia” não é habitualmente incluído nos dicionários brasileiros. Já em léxicos portugueses ele aparece como “espaço exterior materializado, percepcionado como suscetível de realizar os valores e aspirações locais” (*Dicionário Priberam da Língua Portuguesa* [em linha], 2008-2021, disponível em: <https://dicionario.priberam.org/eutopia>).

17 O conceito de eutopia contrapõe-se à percepção da (quase) impossibilidade prática que é amiúde associada à “utopia”, termo cujo prefixo grego *ou* significa “não”, pelo que a utopia seria efetivamente um “não lugar”.

Vem sendo crescentemente debatido o lugar da universidade na aspiração, praticamente universalizada, de tornar as sociedades mais inovadoras. Não é raro ouvir manifestações que alocam a responsabilidade e o mérito por inovações integralmente ao meio empresarial, obliterando a universidade (que estaria então num “não lugar”), ou a relegando a um lugar marginal – no máximo a um papel de coadjuvante. Em contraposição, há defensores ferrenhos do lugar central da universidade nos esforços por mais inovação, em especial quando se tenciona aumentar a presença da inovação baseada no avanço do conhecimento científico<sup>18</sup>.

A busca de uma resposta plausível requer o tratamento concomitante da pergunta reversa: qual o lugar adequado da inovação na universidade? A abordagem integrada dessas duas questões induz a um exame, ainda que sumário, das inflexões nas trajetórias da inovação e da universidade, esta já com duração milenar<sup>19</sup> e aquela ainda mais longeva. Particular atenção deve ser dada ao entrelaçamento que se estabelece em decorrência das radicais modificações havidas nos dois percursos, que evolvem para uma interdependência recíproca.

Ao sintetizar o trajeto da inovação na história da civilização ocidental, cabe de início desfazer duas concepções estabelecidas, a primeira, temporal e a segunda, valorativa. A narrativa habitual atribui a ideia de inovação ao pensamento do economista Joseph Alois Schumpeter. Nascido no então Império Austro-Húngaro e, nas décadas de 1930 e 1940, professor da Universidade de Harvard, Schumpeter deixa como legado intelectual uma importante análise do papel essencial da inovação no sistema econômico capitalista, bem como a descrição do processo de transformações disruptivas a ela associado. A expressão “destruição criadora” (em sua forma extensa, “venal destruição criadora”), que descreve a permanente renovação do tecido empresarial correlacionada à inovação, mantém-se até hoje proeminente nos discursos falados e escritos sobre o tema<sup>20</sup>. Em particular na miríade de programas de capacitação para a inovação e para o empreendedorismo inovador.

Mas a ideia de inovação antecede em muito aos estudos de Schumpeter. No instigante documento de trabalho *Innovation: a conceptual history of an anonymous concept*, o professor Benoit Godin, pesquisador do Institut National de la Recherche Scientifique (INRS), do Canadá, explora as raízes diversas desse conceito, desde a sua pré-história na Grécia antiga<sup>21</sup>. Mostra que

18 Essa vertente vem sendo alcunhada de *deep tech*, particularmente quando referida a um segmento das empresas nascentes inovadoras (popularmente conhecidas como *startups*) que utilizam tecnologias duras. Elas diferem das suas congêneres cujas inovações são consideradas brandas, por exemplo, quando se limitam a um modelo de negócio inovador.

19 A pioneira Universidade de Bolonha, que se identifica como *Alma Mater Studiorum*, foi criada em 1088.

20 Esse conceito é abordado na sua obra *Capitalism, socialism, democracy*, publicada originalmente em 1942. O livro se torna um clássico e é traduzido a numerosos idiomas, inclusive ao português.

21 O documento, assim com outras obras do prolífico pesquisador, prematuramente falecido em 2021, pode ser acessado em: <http://www.csiic.ca/en/the-idea-of-innovation/>.

a própria origem do termo “inovação” registrada nos dicionários etimológicos ocorre já por volta do século XIV.

Mais importante do que discutir a primazia do termo, cabe compreender as notáveis transformações pelas quais passa o conceito de inovação no mundo ocidental. Pois é recente a elevada estima a ela conferida atualmente. Por numerosos séculos ela goza de reputação francamente desfavorável, fato histórico que é fartamente documentado por Godin em sua vasta obra. Por exemplo, no contexto dos fervorosos embates da Reforma Protestante e da Contrarreforma Católica na Europa do século XVI, a inovação assume caráter religioso e político marcadamente negativo, sendo considerada uma versão secular da heresia. A inovação se mantém até o século XIX como um termo injurioso, empregado em enfrentamentos eclesiás ou parlamentares. Isso faz com que, nesse período, inovadores por vezes evitem essa caracterização, preferindo ser identificados como inventores.

A ressignificação da inovação no século XIX é imputada por Godin a uma outra reforma, aquela proposta pelos assim chamados “socialistas utópicos” franceses, ao incorporarem em sua plataforma a “inovação social” como parte integrante do modelo pretendido de sociedade ideal. A ideia de que o progresso social decorre do “espírito inovador”, em que a moderna ciência tem função destacada, é preconizada também por outras correntes de pensamento, como a liderada por Auguste Comte, o conhecido formulador do Positivismo<sup>22</sup>.

No século XX o conceito de inovação completa a sua conversão de perversa em virtuosa. Essa inflexão tem o seu centro de gravidade no meio empresarial, que passa

gradativamente a compreender a “inovação tecnológica” como estratégica para a sua perenização, pela capacidade de potencializar o incremento da lucratividade pelo lançamento exitoso de produtos novos e pela adoção de processos produtivos melhores<sup>23</sup>.

Meio século transcorre até a incorporação da inovação, em sua vertente tecnológica, em políticas públicas voltadas ao crescimento econômico. Merece menção a repercussão do artigo de 1957 do professor Robert Merton Solow, do MIT, intitulado “Technical change and the aggregate production function”. Ele atribui à inovação tecnológica, então chamada de “mudança técnica” ou “progresso técnico”, a metade do crescimento econômico dos Estados Unidos verificado ao longo das décadas anteriores do século XX<sup>24</sup>.

Após um longo período em que a inovação é detratada e os inovadores destratados, ela passa a ser crescentemente almejada por empresas grandes e pequenas, por governos de regimes que são díspares, pelos estamentos militares e por entidades da sociedade civil. É, em diversos casos, percebida por dirigentes dessas organizações como uma espécie de elixir, capaz de realizar sonhos

---

22 Como é de conhecimento amplo, o lema positivista “O Amor por princípio e a Ordem por base; o Progresso por fim” deu origem à inscrição “Ordem e progresso” na bandeira adotada pelo Brasil em 19 de novembro de 1889, logo após a Proclamação da República.

23 O marco referencial habitualmente utilizado para a incorporação sistematizada da inovação no ambiente corporativo é o estabelecimento do primeiro laboratório de pesquisa e desenvolvimento industrial nos EUA, em 1900, na empresa General Electric. A lógica dos seus fundadores, entre eles Thomas Edison, é a necessidade de grandes empresas investirem continuamente no desenvolvimento de novos campos de atuação.

24 Seu mérito foi reconhecido em 1987, quando Solow recebeu o Prêmio do Banco da Suécia para as Ciências Econômicas em Memória de Alfred Nobel.

institucionais variados, que por vezes são antagônicos. Por exemplo, ensejar a criação de novos postos de trabalho, o que responde ao interesse público, e, concomitantemente, possibilitar a redução da dependência de “mão de obra”, o que reflete interesse privado. Essas expectativas contraditórias fazem com que a inovação exale, por vezes, o sedutor aroma de uma utopia.

## Inflexões da universidade<sup>25</sup>

A universidade opera por numerosos séculos como guardiã e transmissora de conhecimento. Duas transformações radicais, por vezes denominadas “revoluções acadêmicas”, evidenciam o condão da universidade de se reinventar, alterando as estruturas acadêmicas e reformulando a sua cultura.

A primeira revolução é o movimento de incorporação da geração de novos conhecimentos, obtidos por intermédio de pesquisas, na missão da universidade, até então centrada na disseminação a estudantes de conhecimentos existentes. A “universidade de pesquisa”, que é como a USP tem se apresentado, consolida-se num processo que transcende ao longo de três séculos, do XVIII ao XX. Origina-se em reflexões sobre o futuro da educação superior na Prússia imperial que ocorrem ao final do século XVIII, as quais geram propostas de transformação, com realce para a formulada pelo

barão Wilhelm von Humboldt, linguista por vocação e diplomata por profissão.

São destaques desse modelo inovador a integração do ensino e da pesquisa, a liberdade acadêmica e a natureza duradoura da investigação acadêmica. O conhecimento (*Wissenschaft*, no original alemão<sup>26</sup>) se torna a nova razão de ser da instituição: professores não estão na universidade por causa de estudantes; ambos, docentes e discentes, estão na universidade pela mesma causa – o estudo e a geração de conhecimentos<sup>27</sup>.

Conquanto esse modelo encontre dificuldades de implantação na própria Prússia, ele se expande para outras partes da Europa e para a América do Norte. Sua adoção favorece o estabelecimento de um novo contrato social da universidade, que passa a incluir a contribuição direta no enfrentamento de questões práticas das nações, sejam elas civis (como o desenvolvimento da agricultura e da indústria) ou militares. Nessa inflexão, a universidade remolda a sua abordagem educacional, assentando-a na participação discente no processo de produção de novos conhecimentos (no original alemão, *Bildung durch Wissenschaft*). Destarte, o ensino e a pesquisa se reforçam mutuamente e passam a ser entendidos como indissociáveis.

Os princípios da universidade de pesquisa, originalmente propostos para a concepção de uma nova universidade em Berlim, espalharam-se globalmente. Fincam raízes par-

---

25 Esta seção se nutre parcialmente do artigo “Missão Inovar: um ensaio sobre a inovação na construção do futuro da Universidade” do autor, que integra a obra coletiva USP: *novos tempos, novos olhares*, organizada pelos professores A. J. Oliveira, A. E. Haddad, B. Caramelli, L. F. Ramos e M. Alves, com previsão de lançamento no trimestre final de 2022.

26 Adota-se a tradução aproximada “conhecimento” para esse singular termo alemão, que abrange tanto as ciências como as humanidades.

27 Textos básicos sobre a emergência da universidade de pesquisa estão contidos no livro *The rise of the research university: a sourcebook*, publicado em 2017 pela Editora da Universidade de Chicago.

ticularmente robustas nos Estados Unidos, para onde são levados pelos cerca de 10 mil estudantes daquele país que frequentam as então renomadas instituições alemãs. Ironicamente, universidades norte-americanas, que consolidam esse modelo no começo do século XX, passam a se tornar competidoras de suas congêneres germanas<sup>28</sup>. E, como apontado anteriormente, a nova eutopia evolui ao longo desse século para a multiversidade, cujas luzes e sombras são descritas por Clark Kerr em sua obra referencial.

Se a primeira revolução acadêmica demora sete séculos, o tempo para o surgimento da segunda é bem menor. Antecipam-na previsões feitas enquanto ainda se desenrola a primeira revolução. Ao se dar conta das múltiplas repercuções da incorporação da pesquisa à missão da universidade, os alemães Karl Marx e Max Weber apontam, respectivamente, para a incorporação da ciência pela indústria e para a centralização da atividade industrial derivada da escala crescente das tecnologias. O florescimento da indústria química germana ilustra o acerto dessas previsões. A estreita vinculação com a universidade, forjada no quartel final do século XIX e até a Primeira Guerra Mundial, gera condições para que, em 1913, empresas químicas alemãs de grande porte respondam por 90% da produção mundial de corantes.

A consolidação desse movimento se dá apenas por volta da transição do milênio. O professor Henry Etzkowitz, estudioso dessa história, assim a descreve em artigo

publicado em 2001<sup>29</sup>: “Uma segunda revolução acadêmica está em curso, à medida que universidades combinam pesquisa e ensino com a transferência de tecnologia. [...] Cientistas empreendedores e universidades empreendedoras estão remodelando a paisagem da universidade ao transformar conhecimento em propriedade intelectual”. E mostra a repercussão reversa: “Quando o conhecimento científico é apropriado para a geração de renda, a própria ciência se transforma de um processo cultural em uma força produtiva que gera renda”<sup>30</sup>.

As expectativas a respeito do papel da universidade continuam a proliferar e a ser vocalizadas de modo categórico, inclusive com propostas de uma nova revolução acadêmica. É o que indica o título do livro de 2014 de Nicholas Maxwell, prolífico Professor Emérito de Filosofia da Ciência: *How universities can help create a wiser world: the urgent need for an academic revolution*<sup>31</sup>.

---

29 Ver o capítulo de abertura intitulado “The second academic revolution”, que integra o livro *Capitalizing knowledge: new intersections of industry and academia*, organizado por Etzkowitz e pelo professor inglês Andrew Webster (1998). O texto está parcialmente disponível em: [https://books.google.co.il/books?hl=pt-BR&lr=&id=7kZ15BxKG0YC&oi=fnd&pg=PA21&dq=academic+revolutions+etzkowitz&ots=PHiVwXjmMM&sig=nuYvJ5XQC4APxklORvaKCcMsPv4&redir\\_esc=y#v=onepage&q=academic%20revolutions%20etzkowitz&f=false](https://books.google.co.il/books?hl=pt-BR&lr=&id=7kZ15BxKG0YC&oi=fnd&pg=PA21&dq=academic+revolutions+etzkowitz&ots=PHiVwXjmMM&sig=nuYvJ5XQC4APxklORvaKCcMsPv4&redir_esc=y#v=onepage&q=academic%20revolutions%20etzkowitz&f=false).

30 Um reflexo dessa metamorfose é a relocalização da área de Ciência e Tecnologia do governo do Estado de São Paulo, originalmente na Secretaria da Cultura, onde esteve em 1975-1976 (ao tempo do saudoso doutor José Ephim Mindlin), para a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, na qual permanece.

31 De forma contundente, o autor critica a universidade de pesquisa por estar devotada exclusivamente à busca do conhecimento e clama pela conversão do seu foco para a busca de sabedoria aplicável à solução dos grandes desafios da humanidade. Ver: <http://books.imprint.co.uk/book/?gcoi=71157108835290>.

---

28 Essa relação é analisada na recente obra *Allies and rivals: German-American exchange and the rise of the modern research university*, publicada em 2021 também pela Editora da Universidade de Chicago.

De forma alinhada a essa expectativa, mas com uma pretensão mais contida e sem utilizar o termo “revolução”, vem sendo adotada a ideia de Terceira Missão da universidade<sup>32</sup>. Trata-se de uma formulação abrangente, que incorpora a gama de atividades surgidas na esteira das duas revoluções acadêmicas descritas. Transcendendo a noção estabelecida de extensão universitária, a Terceira Missão se caracteriza como um esforço estratégico, de cunho inovador, para repartir o papel da universidade na sociedade ampla. Sociedade da qual a universidade é parte, o que nem sempre fica claro quando se usa expressões tais como “relação universidade-sociedade”.

Essa nova inflexão se reflete no discurso institucional. Em busca de um posicionamento da universidade no imaginário coletivo que assegure a manutenção da sua relevância, em face das crescentes expectativas sociais, a ênfase expositiva transmuda de “universidade de pesquisa” para “universidade de impacto”. A atual gestão da USP entende que essa nova percepção é essencial para a própria perenização da universidade, instituição que vem passando no Brasil (inclusive no estado de São Paulo) por abundantes questionamentos, alguns de boa-fé e outros nem tanto.

Merece destaque a repercussão da Terceira Missão sobre as métricas de desempenho da universidade. Ademais das tradicionais medidas, tais como qualidade de ensino, empregabilidade, reputação, produção acadêmica em sentido estrito (quantidade e

reverberação das publicações em periódicos indexados) e propriedade intelectual, passam a ser relevantes as contribuições das universidades para o atingimento de propósitos consensuais globais. Em particular, para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas<sup>33</sup>.

A reformulação do fulcro da universidade busca melhor responder às novas expectativas e questionamentos de outros segmentos (governo, imprensa, meio empresarial, organizações da sociedade civil ativistas, meios de comunicação e a opinião pública em geral) sobre qual a sua contribuição efetiva. Nesse empenho, surgem no meio acadêmico diversas propostas com qualificativos atraentes: universidades *empreendedoras*, universidades *engajadas*, universidades *cívicas* e outras, cada qual com sua definição específica e rede de instituições aderentes<sup>34</sup>.

Cabe uma breve anotação sobre o conceito de universidade empreendedora. O nome pode dar a impressão equivocada de que se trata exclusivamente de tornar a universidade uma criadora serial de novas empresas pelos seus estudantes e, eventualmente, também por servidores docentes e não docentes. A proposta é bem mais ambiciosa: a universidade empreendedora pretende ser

---

32 Essa formulação permeia, por exemplo, o encontro do Conselho de Líderes de Universidades Globais, realizado em Hamburgo, em 2019, cujo tema central é “A Reconstrução das Relações Universidade-Sociedade”.

33 A revista *Times Higher Education*, que publica uma popular classificação internacional das universidades desde 2004, passou a editar adicionalmente, a partir de 2019, uma classificação das universidades pelo seu impacto nos ODS, disponível em: <https://www.timeshighereducation.com/impactrankings>.

34 Ver, por exemplo, a Global League of Entrepreneurial Universities (disponível em: <https://www.entrepreneurial-universities.org/#>), o National Co-ordinating Centre for Public Engagement do Reino Unido (disponível em: <https://www.publicengagement.ac.uk/about-engagement/what-does-engaged-university-look>) e a Civic University Network (disponível em: <https://civicuniversitynetwork.co.uk/>).

uma resposta adaptativa às expectativas dos diversos segmentos da sociedade com relação ao que a universidade é capaz de conseguir e, por conseguinte, deveria realizar.

Esse construto também mobiliza parcela dinâmica do estudantado brasileiro organizado, levando-o a criar o Ranking de Universidades Empreendedoras (RUE)<sup>35</sup>. O esforço inédito para construí-lo bienalmente, que mobiliza centenas de estudantes em todo o País, expressa o brado de uma juventude acadêmica esperançosa e confiante no seu futuro. Juventude que, já nos idos de 2015, enxerga que o Brasil precisa se reinventar para deixar de ser uma eterna promessa e se tornar referência em desenvolvimento econômico, sustentabilidade ambiental, equilíbrio social e modernidade tecnológica. Essa juventude acadêmica entende que o protagonismo no processo de reinvenção do Brasil cabe às universidades.

## Caminhos que se entrelaçam

Ao longo de sua história milenar, e com ênfase no seu quartel recente, em momentos distintos e formas diversas, a inovação adentra o ambiente universitário e, reciprocamente, a universidade é um agente relevante no movimento de inovação. Como será mostrado adiante, as transformações progressivas geram (e continuam gerando) um notável conjunto de lugares inéditos, seja de espaços para a universidade nos

processos de inovação, como de áreas de inovação nas universidades. Essa expansão sugere que, longe de ser uma instituição estática, como é por vezes caracterizada, a universidade é capaz de se reconfigurar, assumindo novos papéis e, também, inovando em sua forma de atuar.

Tal capacidade, essencial para que a universidade permaneça socialmente relevante, é naturalmente dependente da qualidade de sua liderança. O encontro entre a universidade e a inovação combina dois movimentos que, no jargão organizacional, são denominados *top-down* e *bottom-up*. O primeiro se refere a iniciativas da direção superior das universidades que, desejavelmente, percolam e geram ações específicas. O segundo sintetiza um agrupamento de iniciativas locais, legitimadas institucionalmente a partir de uma massa crítica de experimentos exitosos e que se tornam realidades visíveis. Frequentemente esses experimentos localizados, frutos de acadêmicos com “espírito inovador”, ocorrem nos limites das normas universitárias vigentes naquele momento.

As inovações na universidade são tipicamente aditivas, mantendo-se a essência da missão educativa original, ainda que alterando substancialmente as formas de sua realização. Elas seguem rumos e ritmos que refletem a expressiva diversidade entre as instituições universitárias e a heterogeneidade dos contextos em que operam. Há traços peculiares nos processos de inovação nas universidades, entre elas as habitualmente dilatadas, e por vezes exasperantes, polêmicas internas acerca da desejabilidade das mudanças. Pois, como seria de se esperar, essa interpenetração entre universidade e inovação é recebida pela comunidade acadêmica com reações variadas, num espectro

---

35 Ver: <https://universidadesempreendedoras.org/ranking/>. Sua realização bienal é liderada pela Confederação Brasileira de Empresas Juniores. É oportuno realçar a contribuição das empresas juniores disseminadas nas universidades para a inovação em empresas de pequeno porte.

que vai da recusa apriorística<sup>36</sup> à adoção extensiva. Também aqui convém ter presente o clássico modelo de difusão da inovação proposto pelo professor Everett M. Rogers, que identifica cinco posturas arquetípicas: inovadores (2,5%), primeiros adeptos (13,5%), maioria inicial (34%), maioria tardia (34%) e retardatários (16%)<sup>37</sup>.

## EUTOPIAS UNIVERSITÁRIAS

Qual é o lugar adequado (portanto, eutópico) da universidade no vigoroso movimento contemporâneo pela inovação? Há numerosas tentativas de determinar o “lugar certo” da universidade na sociedade ampla e, em especial, nos processos de inovação. De forma explícita, uma obra coletiva recente de acadêmicos de dois países europeus e do Brasil pretende “colocar as universidades no seu lugar”, como denota o título categórico *Putting universities in their place*<sup>38</sup>.

No campo específico da inovação, destacam-se duas perspectivas. A mais antiga reserva à universidade um lugar a montante num encadeamento de etapas que se inicia com a chamada pesquisa básica e se conclui com um produto (bem ou serviço) em condições de ser fruído. É o que prevê o clássico modelo linear de inovação, proposto em 1945 pelo cientista e inventor Vannevar Bush, arquiteto do complexo militar-industrial norte-americano, no célebre documento *Science, the endless frontier*<sup>39</sup>.

Condição similar decorre da Norma ISO 16.290 (no Brasil, NBR 16.290/2015), que estabelece níveis de maturidade tecnológica (conhecidos pela sigla TRL, do nome em inglês *Technology Readiness Level*) e seus critérios de avaliação. Embora pensada na Nasa na década de 1970 para orientar a aquisição de dispositivos de sistemas espaciais, a sequência de TRLs de 1 a 9 vêm tendo uso generalizado no Brasil. À universidade são atribuídos “TRLs baixos”, tipicamente 1 e 2, correspondentes à pesquisa tecnológica básica.

Perspectivas mais avançadas enxergam os processos de inovação como sistêmicos, tendo a universidade como um dos compo-

36 Um antecedente de reação contrária à inovação ocorre no século XII, afetando um mestre da então jovem Universidade de Oxford. O polímata Roger Bacon, alcunhado de “doutor prodígio” pela abrangência do saber, é preso pelos seus confrades franciscanos, acusado de “inovações suspeitas”. Essa punição decorre da sua atividade ampla de cientista experimental, combinada com a idealização de artefatos inventivos, tais como navios e carruagens motorizadas.

37 A obra de Rogers, um jovem professor assistente de sociologia rural quando publica a primeira edição de seu livro *The diffusion of innovations*, em 1962, torna-se referência e ganha novas edições. A mais recente, publicada em 2003, um ano antes de seu falecimento, também contempla o papel da internet na difusão de ideias.

38 O título completo do livro, publicado em 2021, é *Putting universities in their place: an evidence-based approach to understanding the contribution of higher education to local and regional development* (disponível em: <https://www.routledge.com/Putting-Universities-in-their-Place-An-Evidence-based-Approach-to-Understanding/Kempton-Rego-Alves-Vallance-Serra-Tewdwr-Jones/p/book/9781032055664>).

39 O documento, elaborado por Vannevar Bush, responde a uma indagação do então presidente dos Estados Unidos, Franklin D. Roosevelt, sobre como aproveitar a experiência do Escritório de Pesquisa Científica e Desenvolvimento, liderado por Bush durante a Segunda Guerra Mundial, para lidar com os desafios de saúde, criação de empregos e aprimoramento da qualidade de vida “nos dias de paz que estavam por vir” (a missiva do presidente Roosevelt data de novembro de 1944, nove meses antes do final do conflito). Esse escritório tinha alto reconhecimento pelo modelo de coordenação da pesquisa científica e pela aplicação notavelmente bem-sucedida do conhecimento de milhares de cientistas de universidades e empresas para a solução dos problemas técnicos que sobressaem na guerra.

nentes estruturantes. Assim é representada nos modelos de cooperação interinstitucional para inovação, os mais conhecidos dos quais são o latino-americano Triângulo de Sábato, de 1967, em que a universidade é subsumida na infraestrutura científico-tecnológica, e a setentrional Hélice Tríplice, da década de 1990. A universidade ocupa lugar relevante também nas variadas modelagens de sistemas de inovação (nacional, regional, local e setorial) e de ecossistemas de inovação e de empreendedorismo inovador em seus diversos matizes, que se disseminam a partir da década de 1990.

Nos modelos sistêmicos de inovação há espaço de atuação mais amplo para a universidade do que o prescrito nos modelos lineares. Essa expansão é expressa por Henry Etzkowitz, um dos idealizadores da Hélice Tríplice, da seguinte maneira:

“Governo e indústria, os elementos clássicos das parcerias público-privadas, são reconhecidos como importantes esferas da sociedade desde o século XVIII. A tese da Hélice Tríplice é que a universidade está deixando de ter um papel social secundário, ainda que importante, de prover ensino superior e pesquisa, e está assumindo um papel primordial equivalente ao da indústria e do governo, como geradora de novas indústrias e empresas”<sup>40</sup>.

De fato, ademais do que já faziam, as universidades se convertem em celeiros de

novas empresas, parte das quais é baseada em tecnologias desenvolvidas pelos empreendedores nos laboratórios acadêmicos. As universidades estabelecem lugares concretos para cultivar o empreendedorismo inovador da comunidade acadêmica. Genericamente denominadas áreas (ou ambientes) de inovação, compreendem mais de uma dezena de formatos: incubadoras, centros de inovação, aceleradoras, parques tecnológicos, distritos de inovação, espaços *maker* e outros. Esses ambientes, frequentemente localizados nos *campi* ou em sua vizinhança, alteram significativamente a paisagem da universidade, tanto na aparência física como na dimensão perceptual.

Mais além de se tornarem atratores de visitantes, argumentos na conquista de parceiros empresariais e apoio governamental e adjutórios para obter *goodwill* da imprensa, esses novos lugares se constituem em valiosos espaços de aprendizagem e inspiração para o alunado. Completam o “triângulo do conhecimento”, que se baseia em três lugares educacionais conexos: (i) salas de aula, para aprender conhecimentos existentes de forma organizada; (ii) laboratórios de ensino e pesquisa, para desenvolver a capacidade de gerar novos conhecimentos; e (iii) ambientes de inovação, para compreender o complexo processo de translação dos conhecimentos para bens e serviços passíveis de serem fruídos pela sociedade ampla<sup>41</sup>.

É interessante notar que em alguns lugares do campo da inovação a universidade

---

40 Uma interessante apresentação do modelo da Hélice Tríplice integra o dossiê “Inovação” da revista *Estudos Avançados* número 90, de 2017 (disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/4gMzWdcjVXCMp5XyNbGYDMQ/?lang=pt>).

---

41 Essa metáfora geométrica, promovida pela Comissão Europeia, está referida no artigo “The knowledge triangle, European higher education policy logics and policy implications” (disponível em: [https://www.jstor.org/stable/41477838#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/41477838#metadata_info_tab_contents)).

está presente em papéis distintos. É o que se verifica no imprescindível setor de *venture capital* (VC), em que a universidade está nas duas pontas: é, por um lado, beneficiária do aporte de recursos para os empreendimentos que cultiva e, por outro lado, atua como investidora. Nesta posição ela remonta às próprias origens do setor: a firma pioneira, American Research and Development Corporation (ARDC), é criada em 1946 com a participação direta do respeitado professor Karl Compton, presidente do MIT de 1930 a 1948, período em que lidera uma transformação radical do instituto, com expressiva repercussão no mundo acadêmico em geral.

O olhar para uma “universidade ampliada” permite identificar numerosos lugares importantes, ainda que pouco lembrados, para a academia no campo da inovação. No mesmo âmbito do *venture capital*, por exemplo, a Universidade Federal de Minas Gerais sedia a primeira iniciativa brasileira em que a própria instituição é investidora. Os investimentos são operacionalizados por intermédio da Fundep Participações S.A. (Fundepar). A Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (Fundep) é a fundação de apoio a essa universidade e, também, a outras instituições de ensino superior.

Esse caso ilustra a importância de entidades conectadas à universidade, como fundações e associações, para ampliar os espaços da presença contributiva da academia nos processos de inovação. Ela está presente, frequentemente por intermédio de tais entidades, em nichos essenciais para a existência de um ambiente conducente à efetivação da inovação “no mundo real”. Esses nichos incluem, sem a eles se limitar, a prestação de serviços especializados em tecnologia industrial básica (metrologia, normalização,

regulamentação técnica e avaliação de conformidade), programas de capacitação avançada e consultoria tecnológica<sup>42</sup>.

A universidade também é o lugar em que empresas de um mesmo segmento, mesmo que concorrentes acerbas, desenvolvem atividades de pesquisa e desenvolvimento de interesse coletivo (pesquisa pré-competitiva), ancoradas na universidade hospedeira. Esse espaço acadêmico de acolhimento adquire importância ainda maior em nações que aplicam com rigor a legislação antitruste. É, assim, um dos fundamentos do modelo *Industry-University Cooperative Research Centers* (IUCRC), estabelecido nos idos de 1973 pela Fundação Nacional de Ciências dos Estados Unidos e ainda ativo<sup>43</sup>. Reforçando o benefício para a missão educacional, que deve ser o cerne de qualquer atividade universitária, o IUCRC envolve mais de dois mil estudantes a cada ano em pesquisas relevantes para o meio empresarial.

As ciências sociais e as humanidades ocupam lugar crescente no campo da inovação, pela compreensão cada vez mais disseminada de que envolve processos sociotécnicos e não apenas científico-tecnológicos. Isso explica, por exemplo, a decisão do Centro de Inteligência Artificial (C4AI), fruto da parceria entre USP, IBM e Fapesp, de ter como uma de suas vertentes “AI Humanity –

---

42 Cabe lembrar o papel pioneiro e transformador da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade, que o Governo Federal lança no início da década de 1990. As universidades participam por intermédio de fundações conectadas, respectivamente Fundação Carlos Alberto Vanzolini e Fundação Cristiano Ottoni.

43 Ver: <https://iucrc.nsf.gov/>.

inteligência artificial em países emergentes: políticas públicas e o futuro do trabalho”<sup>44</sup>. Esse caso aponta para o crucial lugar da universidade na formulação e acompanhamento de políticas públicas *para e pela* inovação.

A inovação é originalmente percebida como um fenômeno de interesse do setor industrial. A partir da década passada ela passa a ser vista como relevante também para outros setores da atividade humana, inclusive o Terceiro Setor e o governo. Essas sucessivas ampliações do âmbito da inovação abrem novos espaços para a universidade. Essa abertura atrai outras áreas das humanidades que não as tradicionalmente envolvidas com o tema (direito, economia, sociologia e administração). Especialmente fascinante é a capacidade da inovação de

aproximar segmentos da universidade de domínios diferentes, geralmente apartados, como ciências e arte. Um exemplo é a área das humanidades digitais<sup>45</sup>.

De forma direta ou indireta a universidade ocupa numerosos e expressivos lugares no cada vez mais vasto campo da inovação. E, reciprocamente, a inovação ocupa cada vez mais lugar nas atividades da universidade. É simbólico dessa presença crescente o acréscimo recente da inovação ao escopo da Pró-Reitoria de Pesquisa da USP. Reflete um compromisso assumido publicamente pela Administração Superior da Universidade, conforme exposto em artigo publicado em jornal de grande circulação: “A USP elegeu o apoio à inovação como uma de suas prioridades”<sup>46</sup>.

---

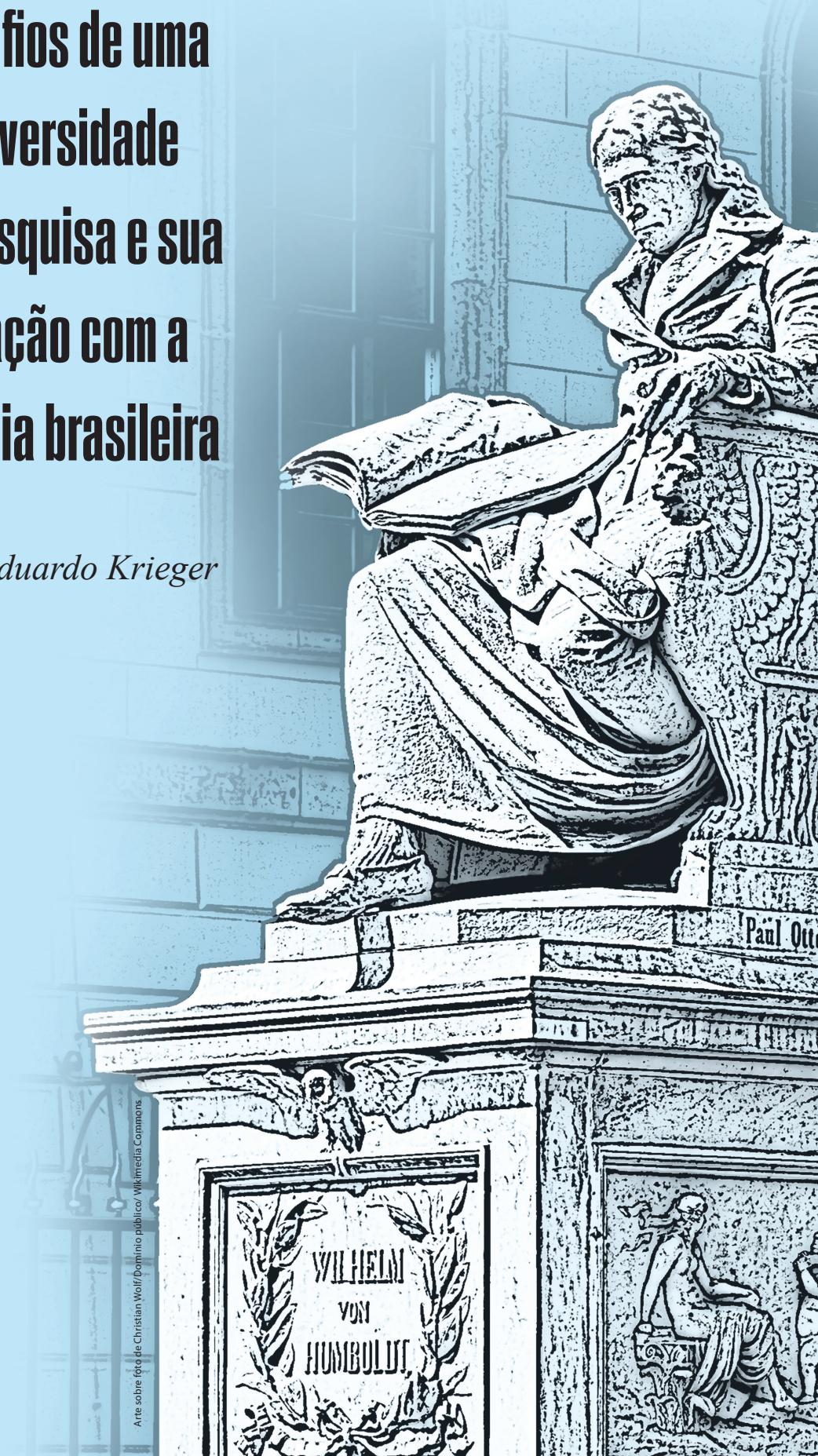
44 Ver: <http://c4ai.inova.usp.br/pt/inicio/>.

45 Já pensando na Computação Quântica, o saudoso professor José Teixeira Coelho Netto cria no Instituto de Estudos Avançados da USP o Grupo de Estudos de Cultura e Humanidades Computacionais.

46 “Inovação, um urgente projeto de longo prazo”. Artigo publicado originalmente na editoria Tendências / Debates, do jornal *Folha de S. Paulo*, em 1º/8/2022 por Carlos Gilberto Carlotti Junior (reitor da USP); Maria Arminda do Nascimento Arruda (vice-reitora); Paulo Alberto Nussenzeig (pró-reitor de Pesquisa e Inovação); e Raúl González Lima (pró-reitor adjunto de Inovação), todos da USP.

# Desafios de uma universidade de pesquisa e sua relação com a ciência brasileira

*José Eduardo Krieger*



## resumo

A universidade de pesquisa integra e está no topo de um sistema de ensino superior e científico hierarquizado, com missão específica para o desenvolvimento de estoques de conhecimento e a formação de recursos humanos altamente especializados. A sua sustentabilidade se ampara em instituições de ensino básico e superior que proveem formação educacional de qualidade para a maior parte da população com igualdade de oportunidades. Os seus valores são globais e a tímida integração do país ao comércio internacional freia o pleno desenvolvimento das suas instituições, em particular das universidades de pesquisa e da indústria local, renunciando a qualquer possibilidade de protagonismo na sociedade do conhecimento, que caracteriza o mundo atual, e na construção de uma sociedade mais equânime.

**Palavras-chave:** universidade; pesquisa; indústria; sociedade.

## abstract

*The research university is part of and at the top of a hierarchical system of higher education and science, with a specific mission to develop stocks of knowledge and train highly specialized human resources. Its sustainability is supported by basic and higher education institutions that provide quality educational training for the majority of the population with equal opportunities. Its values are global and the country's timid integration into international trade hinders the full development of its institutions, in particular research universities and local industry, renouncing any possibility of taking a leading role in the knowledge society, which characterizes the world today, and in building a more equitable society.*

**Keywords:** university; search; industry; society.

## A UNIVERSIDADE DE PESQUISA COMO CENTRO IMPRESCINDÍVEL DE PESQUISA

A

universidade de pesquisa nasceu na Alemanha no início do século XIX e se consolidou nos EUA no século XX, após as duas grandes guerras, para atender ao desejo de sociedades dinâmicas em busca de hegemonia na construção de um mundo melhor. Ela complementa a universidade tradicional, que prioriza a educação superior de qualidade para as massas. Ambas são importantes no desenvolvimento do potencial humano em prol da construção de sociedades mais equânimes, desenvolvidas e sustentáveis.

Wilhelm von Humboldt preconizou a sistematização dos currículos com ênfase nas ciências naturais, sociais e nas humanidades em contrapartida a um modelo mais livre de busca do saber pelo saber, do melhor conhecimento das coisas e de nós mesmos, o que foi a chave para combinar-se o ensino à pesquisa, resultando na universidade de pesquisa. Os egressos se destacariam pela capacidade de *pensamento crítico* apurado, além do acúmulo de conteúdos informativos adquiridos durante o processo. Hoje as demandas e os problemas são mais complexos e as universidades de pesquisa têm se reinventado constantemente para atender ao dinamismo que marca os tempos atuais, associado a uma insatisfação crescente com modelos concentradores de renda em todo o mundo.

### INFLEXÕES QUE MARCARAM O AVANÇO DAS UNIVERSIDADES DE PESQUISA

Enquanto no velho continente as universidades de pesquisa eram em sua maioria

**JOSÉ EDUARDO KRIEGER** é professor de Genética e Medicina Molecular da Faculdade de Medicina da USP e diretor do Laboratório de Genética do Incor/FMUSP.

projetos públicos, nos EUA houve uma transformação mais ampla a partir do final do século XIX, quando cinco faculdades coloniais (Harvard, Columbia, Yale, Princeton e Pensilvânia), cinco universidades estaduais (Michigan, Wisconsin, Minnesota, Illinois e Califórnia) e cinco instituições privadas concebidas como universidades de pesquisa (MIT, Cornell, Johns Hopkins, Stanford e Chicago) incorporaram programas de pós-graduação derivados do modelo alemão em programas de graduação derivados do modelo britânico.

Essas universidades de pesquisa são parte importante da rápida transformação que resultou na hegemonia americana a partir da segunda metade do século XX. A Segunda Guerra Mundial foi o catalisador para o desenvolvimento do complexo industrial bélico americano que transformou a sociedade como um todo, afetando áreas tão diversas como as artes, a medicina, o surgimento da bioeconomia e das novas tecnologias de informação e comunicação. As impressões digitais das universidades de pesquisa nesse processo são inequívocas e facilmente observadas na indústria cinematográfica (Columbia e Harvard), no complexo industrial bélico (MIT e Stanford), na criação do Vale do Silício e no avanço de processos de inovação tecnológica (Berkeley e Stanford) e na bioeconomia (Harvard, Stanford e Universidades da Califórnia). O sucesso desse modelo desencadeou uma reorganização das universidades de pesquisa ao redor do mundo, em particular no velho continente e na Ásia, onde as mudanças são percebidas com maior intensidade. Há fusões, transformações ou criação de instituições e novos modelos de governança

das universidades. O processo atende ao desejo das sociedades de participar do desenvolvimento mundial de maneira sustentável, mas sem abrir mão sobre questões fundamentais, como a maneira de cuidar da saúde, da segurança ou de como se comunicar, transportar, morar, consumir e se divertir.

## **ELEMENTOS QUE INFLUENCIAM A UNIVERSIDADE DE PESQUISA**

O ecossistema em torno das universidades de pesquisa é complexo e dependente de fatores internos e externos à instituição. Entre vários fatores, merecem atenção contínua a necessidade de alunos e pesquisadores de qualidade e um ambiente (interno e externo) favorável à pesquisa. Falhas em contemplar esses fatores comprometerão qualquer projeto longevo de universidade de pesquisa competitiva na arena global.

### **Educação básica de qualidade é pré-requisito para universidade de pesquisa**

O capital humano para ser explorado ao máximo requer características inerentes temperadas pelo acaso e a influência de interações familiares e sociais. Embora nem tudo seja planejado, as sociedades mais evoluídas cuidam para que nos âmbitos familiar e social (por exemplo, a escola) as crianças sejam expostas a uma diversidade de estímulos para o desabrochar de aptidões e a criação de um ambiente que facilite o desenvolvimento de habilidades físicas, artísticas e intelectuais. A quali-

dade do sistema educacional de um país é importante na formação de cidadãos, equipando-os com instrumental básico e desafiando-os para identificação de aptidões específicas. A nossa longa tradição em forjar grandes jogadores de futebol resulta do desenvolvimento, de maneira não muito organizada, de um sistema em que grande parte das crianças, independente da classe social ou da cor da pele, são precocemente expostas à bola e ao jogo, e aqueles que demonstram potencialidades têm um caminho para desenvolvê-las. Infelizmente, inexistem práticas semelhantes para identificar potenciais talentos para tantas outras áreas críticas para a realização individual e o desenvolvimento de uma sociedade mais equânime.

A ligação entre a identificação de potencialidades e o seu aperfeiçoamento na estrutura social e a construção de universidades de pesquisa não é prontamente percebida, mas é fundamental. Somente os EUA, que se tornaram hegemônicos, puderam compensar suas falhas na educação básica por meio da drenagem de cérebros do resto do mundo, que são atraídos pelas suas universidades de pesquisa e por um setor produtivo dinâmico. Alguns países até conseguem fazer isto por algum tempo numa ou noutra área, mas o Brasil, certamente, não dispõe deste luxo. Portanto, este é um gargalo importante para construção de um sistema de universidades de pesquisa competitivas em nosso meio.

A educação básica padece há décadas – ou séculos – de soluções transformadoras e as políticas públicas na área só começam a ser discutidas na década de 1920. Em 1960, metade da população ainda era analfabeta, enquanto nos EUA

60% da população sabia ler na época da Independência, alcançando quase 100% em meados do século XIX. Mais próximos da nossa realidade, Chile e Argentina criaram suas primeiras redes de escolas públicas e de universidades modernas em meados do século XIX (Schwartzman, 2022).

Somente na Constituição de 1988 estabeleceu-se a universalidade da educação fundamental, passando a ser obrigatória e gratuita. Apesar disso, amargamos disparidades de desempenho entre as regiões do país e o desempenho em testes padronizados internacionais (Pisa) é insatisfatório (Schleicher, 2018). A vasta dimensão territorial, o grande número de habitantes e as disparidades socioeconômicas regionais não permitem considerar soluções únicas ou mágicas para transformar este quadro desfavorável rapidamente, apesar da urgência do tema para o futuro do país. Há, entretanto, iniciativas de sucesso que transformaram o desempenho do ensino fundamental no Ceará e em Pernambuco e que poderão ser ampliadas e adaptadas para outras regiões. A priorização na formação de professores, currículos estruturados e avaliações internas e externas, por exemplo, são mecanismos testados e aprovados de melhoria nas taxas de aprendizagem.

## **Estruturação do ensino superior e o desafio da formação em massa**

O ensino superior no Brasil teve início somente após o êxodo da família real de Portugal devido à invasão napoleônica, com a criação da Escola de Cirurgia da Bahia em 1808, enquanto que as colônias americanas, sob influência espanhola e inglesa,

fundaram as primeiras instituições de ensino superior a partir de 1538, pouco depois do descobrimento da América. A Universidade de São Paulo, exemplo mais claro de universidade de pesquisa no país, foi fundada em 1934, quando paulistas procuravam reconquistar a hegemonia política e econômica perdida com a crise do café.

A estruturação do sistema federal de universidades ocorreu a partir de 1940, espelhada principalmente no modelo das universidades de pesquisa norte-americanas. Em 1968, a reforma universitária consolidou o modelo e as universidades de pesquisa passam a oferecer cursos de pós-graduação, além dos cursos profissionalizantes. O espelhamento nas Harvards, Stanfords, Princeton, universidades da Califórnia, Michigan e Chicago não levou em conta que nos EUA essas instituições eram a ponta de um sistema bem amparado numa base ampla, com centenas de milhares de faculdades comunitárias (*community colleges*) e algumas centenas de universidades estaduais, mais focadas em ensino e com a maioria dos professores em tempo parcial e integrados às suas comunidades. Este tem sido o grande *playground* para formação profissional para a sociedade norte-americana e que seleciona talentos para alimentar as universidades de pesquisa.

Trata-se de um sistema de ensino superior hierarquizado, com missões específicas, que permite compatibilizar a formação em massa e a de excelência, mais restrita, com integração e diferentes portas de saída. Isso não se observou no modelo brasileiro até hoje, e a falta de estruturação traz problemas de toda ordem, desde a irracionalidade na alocação dos recursos que, sem maiores critérios, contemplam de maneira

indistinta a formação em massa dos milhares de egressos que atuarão no mercado de trabalho, até o (sub)financiamento das universidades de pesquisa, que exigem uma infraestrutura sofisticada e massas críticas em áreas estratégicas competitivas no cenário mundial. Além disso, as universidades de pesquisa requerem pessoal de apoio e pesquisadores competentes em tempo integral para prover a sociedade com estoques de conhecimentos e a formação de novos líderes, preparados em modelo artesanal, quase individualizado, de aprendizes. O processo é longo e custoso, não transmitido por meio de aulas ou livros, mas somente por quem faz pesquisa de qualidade e por isso não pode ser replicado sem rigor. A falta de estruturação gera confusão nos conceitos e dificulta a gestão do sistema. Imagine um gestor que avalie a alocação de recursos com base em número de alunos formados por hora docente sem levar em conta as vocações institucionais.

Existe um falso dilema sobre se a universidade de pesquisa é melhor e mais importante que as demais, faltando a compreensão de que a universidade de pesquisa depende e deveria estar interligada a outras instituições em um modelo em que as missões e atribuições se complementam. Há tempos ronda um fetiche de que diploma bom de ensino superior é sinônimo de diploma de universidade de pesquisa. Ora, pelas suas características naturais, as universidades de pesquisa atendem um seletivo e restrito contingente com base em vocações e desejos, que representa uma parcela pequena dos alunos, e por isso não poderia ser mais um atributo para vantagens no mercado de trabalho. Para ter sucesso, esse modelo depende de um sistema onde a sociedade como um todo,

com igualdade de oportunidades, identifica potencialidades e vocações que poderão se desenvolver e alimentar as universidades de pesquisa. O ensino básico de qualidade é crítico para esse longo processo de identificação e o desenvolvimento de habilidades. Hoje, o modelo é excludente porque somente alunos do extrato socioeconômico mais alto escapam dos efeitos de uma educação básica pública deficiente. Por outro lado, a universidade de pesquisa tem uma necessidade existencial de atrair os melhores quadros vocacionados para desenvolver massa crítica especializada. O descaso com a educação básica pública gera um modelo excludente que se perpetua há décadas, contribuindo para a injustiça social, e escancara a incompetência de uma sociedade para identificar valores que poderiam transformá-la para sua própria evolução e bem-estar.

O sistema de políticas afirmativas em curso procura minimizar problemas sociais urgentes, sem a reestruturação da educação básica pública, no entanto, contribuirá para reafirmar o caráter excludente do modelo, melhorando o problema de uma minoria enquanto a grande massa de alunos (futuros cidadãos) continuará à margem. Nesse contexto, é difícil imaginar um sistema de cotas para formar Peléss; necessário, sim, um sistema hierárquico por natureza onde todos têm igualdade de oportunidades na entrada e aqueles com habilidades, desejo e muito esforço chegarão a destinos como a Seleção nacional ou, no caso em tela, às universidades de pesquisa. Ao contrário do futebol, o ensino superior estruturado tem (deveria ter) várias portas de saída e a grande maioria não se frustrará por não receber o Prêmio Nobel ou descobrir algo importante primeiro.

## Integração comercial e econômica

Cada estado ou país tem problemas a resolver com nuances específicas, mas o uso do método científico, a criação e divulgação do conhecimento e a sua transformação em riqueza são de natureza global. Portanto, universidades de pesquisa competitivas somente se desenvolverão em sua plenitude em ambientes abertos e integrados. Somos até considerados um povo afável e amistoso, mas temos uma das economias mais fechadas do planeta. Entre as 30 maiores economias, o Brasil ocupa há décadas uma das três últimas posições! Na ânsia de se desenvolver, o país optou por substituir importações de maneira dissociada da expansão das exportações. Países que optaram pelo outro caminho, como a Coreia do Sul, que tinha uma renda *per capita* menor do que a do Brasil em 1960, jogaram o jogo aberto mundial e hoje a nossa renda *per capita* é um terço da daquele país. Naquela época, tanto o Brasil como a Coreia tinham um coeficiente de abertura ao comércio exterior modesto, relação entre a soma das importações e exportações e o PIB de 5% e 7%, respectivamente. Hoje, este coeficiente gira em torno de 25% para o Brasil, enquanto que na Coreia é de 110% e a média dos 12 países que superaram a armadilha da renda média, economias com renda *per capita* na faixa entre US\$ 1,036 e US\$ 12,615 de acordo com o Banco Mundial, desde a Segunda Guerra Mundial é 77% e a mediana da renda *per capita* desses 12 países é três vezes a do Brasil (Bacha, 2021).

A nossa industrialização está voltada para o mercado interno, é sustentada por

subsídios e taxação ou proibição da importação de similares ou de outros produtos. Em troca, a sociedade paga caro por produtos de baixa qualidade e pouco competitivos para a exportação. A geração de conhecimentos é impactada diretamente por essas condições, embora pouco se fale disso. Os problemas que a ciência resolve hoje são mais complexos e requerem insumos e equipamentos sofisticados, frequentemente importados e de difícil aquisição, tornando o pesquisador nacional pouco competitivo, uma vez que o custo da pesquisa é mais alto do que nos outros lugares (sem contar que dispomos de recursos para investimento menores). Existem isenções para quem está no meio acadêmico. Este é um mecanismo anacrônico, uma vez que demanda processos burocráticos gerando custos adicionais e afetando uma variável crítica para a competitividade, o tempo. Ou seja, a obtenção de insumos e/ou equipamentos importados depende de cotas, aprovações, assinaturas, papéis e carimbos sem fim. Mesmo que isso estivesse bem escondido do pesquisador (não está), gera custos adicionais e demanda tempo, precioso tempo. O burocrata não entende que o planejamento de um experimento para teste de uma hipótese pode ser completamente alterado após o primeiro resultado obtido na pesquisa, significando que o projeto será reorientado e, por vezes, necessitará de insumos e equipamentos adicionais. Neste contexto, primeiro: enquanto o competidor externo altera o rumo da pesquisa e consegue novos insumos em horas ou dias, o pesquisador brasileiro faz o mesmo em semanas ou, mais provavelmente, em meses, a um custo (burocracia para manter o “circo”) significativamente maior. Segundo, e mais impor-

tante, isso mina a missão da universidade de pesquisa de treinar recursos humanos especializados para empreender ou acelerar a competitividade de empresas estabelecidas. Eles não serão competitivos no novo ambiente desprotegido das isenções e, consequentemente, não contribuirão para transformar a sociedade. O país optou por ser coadjuvante e não protagonista no jogo das sociedades do conhecimento.

Há uma relação direta entre quantidade de recursos investidos em ciência e tecnologia e o desenvolvimento e a riqueza das nações. O Brasil investe pouco e, pior, investe mal. Os dados que precedem a última década e que excluem os períodos de crises econômicas e sanitária, que deterioraram ainda mais esse quadro, mostram um investimento máximo de cerca de 1,21% (Unesco Institute for Statistics)<sup>1</sup> do Produto Interno Bruto (PIB) em ciência e tecnologia, com promessas políticas à esquerda e à direita de que esses valores dobrariam ou triplicariam. Os países mais desenvolvidos e que integram a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) investem em média 2,5% do PIB em ciência e desenvolvimento e os países em rápido crescimento, como a Coreia do Sul e Israel, gastam acima de 4,7% do PIB nessas atividades (OECD, 2021). Por trás desses números existem nuances que não são aparentes, por exemplo, a porcentagem do investimento público não muda muito entre os países e gira em torno de 0,65% a 0,85% do PIB, ou seja, os grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento são

---

1 Ver: [uis.unesco.org](http://uis.unesco.org) (junho de 2022, referência 2019).

realizados pelo setor privado, vocacionado para transformar conhecimento em riqueza. Dessa forma, não havendo ambiente competitivo para empresas, o esforço das universidades de pesquisa se compromete, pois recursos humanos especializados e estoques de conhecimento não serão aproveitados para transformar o país. Além disso, os recursos do setor privado utilizados para parcerias produtivas com o setor público (institutos de pesquisas e universidades) não ocorrerão e a universidade de pesquisa será novamente penalizada.

Portanto, sob o regime de uma economia fechada como a brasileira, não há estímulo nem condições para o setor privado investir de maneira ampla em pesquisa e desenvolvimento, e continuaremos reféns da armadilha da renda média com enormes desigualdades na distribuição de riqueza, que tenderão a se agravar com o modelo concentrador de renda vigente no mundo. Há exceções nos casos de setores com vantagens comparativas importantes, como na agricultura. Esta se desenvolveu em meio século para tornar o país um dos principais celeiros de grãos do mundo às custas de desenvolvimentos científicos e tecnológicos associados à melhoria de solo, de cultivares e de técnicas e processos associados aos ciclos de cada cultura.

Dessa forma, grande parte do esforço da universidade de pesquisa no país, quer seja na produção de estoques de conhecimento, quer seja na formação de cientistas, é perdida. Nossas universidades de pesquisa acabam gerando mais pessoal especializado voltado à expansão do setor acadêmico e a publicações de artigos em revistas especializadas do que para alimentar a sociedade com recursos humanos especializados

e conhecimentos a fim de gerar riqueza e bem-estar para a sociedade como um todo.

## **DIFERENÇAS ENTRE AS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR**

O sistema superior não está desvinculado das etapas precedentes de formação e fundamentalmente depende delas para o seu sucesso. Da mesma maneira, existe interdependência entre as universidades de pesquisa e as de educação em massa. Pode-se imaginar um sistema de ensino superior de massas com diferentes portas de saída para acomodar vocações e a formação profissional mais curta ou mais longa e que não tenha universidades de pesquisa. Por outro lado, é impensável imaginar universidades de pesquisa sem amparo de um sistema de ensino de massas de boa qualidade. Nessas condições, os postulantes às vagas nas universidades de pesquisa serão selecionados por meio de processos excludentes e distorcidos pela organização da sociedade que despreza os seus potenciais recursos humanos. Esse modelo não é sustentável, especialmente se o país não dispuser de atributos para atrair de forma continuada cérebros de outros países para minimizar suas deficiências.

Apesar de não existirem receitas para estruturar um sistema de ensino superior, há exemplos que podem ser úteis para reflexão. Nos anos 1960, a Califórnia reorganizou os sistemas de ensino superior e científico do estado sob a liderança de Clark Kerr (Johnson, 2010; PPIC, 2019). Algumas das premissas iniciais ainda são válidas, como a ideia central de o estado prover oportunidade de ensino superior a todos que quiserem e tiverem um mínimo de capacidade, uma exi-

gência mínima, especialmente hoje, vista a complexidade da sociedade atual. O modelo combina excelência com acesso e igualdade de oportunidades a serviço do Estado, da sociedade e da economia, por meio de uma divisão gerenciada do trabalho entre instituições com missões abrangentes dentro de seus próprios quadros e distintas umas das outras. A base do modelo foi o estabelecimento de *faculdades comunitárias*, que estariam a distâncias próximas de todos os residentes do estado e ofereceriam cursos profissionais de dois anos, garantindo igualdade de oportunidade a todos que quisessem se matricular no ensino superior. Próximo, estariam as universidades do *sistema estadual da Califórnia*, que recrutariam seus alunos entre os 33% melhores do estado, e, finalmente, as universidades de pesquisa do *sistema de universidades da Califórnia*, que selecionariam seus alunos entre os 12,5% melhores do estado, consistente com a ideia de que os mais vocacionados atenderiam à elite do ensino, que também depende dos melhores para cumprir sua missão. Quando considerarmos a lógica do sistema proposto para a Califórnia é mais fácil definir e caracterizar os níveis institucionais com atribuições específicas, caso contrário a distinção arbitrária de instituições complexas é difícil, devido às especificidades do ensino e da pesquisa.

O sistema preconizou que alguma forma de ensino superior deve estar disponível para todos, independentemente de nível socioeconômico, e que o progresso acadêmico é limitado apenas pela proficiência individual. Igualmente importante é que exista uma diferenciação de função, para que cada um dos três sistemas busque a excelência em diferentes áreas, de modo a não desperdiçar recursos públicos em esforços duplicados.

O objetivo foi combinar qualidade com amplo acesso para os alunos e transformar um conjunto de faculdades e universidades descoordenadas e concorrentes em um sistema coerente. O resultado foi a disponibilização e uma ampla estrutura para o ensino superior onde cada segmento se concentra na criação de seu próprio tipo de excelência dentro de seu próprio conjunto de responsabilidades.

Nesse modelo coube às universidades do sistema da Califórnia serem as principais instituições de pesquisa acadêmica do estado, devendo fornecer graduação, pós-graduação e educação profissional. Elas têm jurisdição exclusiva no ensino superior público para doutorado (com algumas exceções) e para instrução em direito, medicina, odontologia, medicina veterinária e arquitetura. As universidades do sistema estadual da Califórnia têm como missão o ensino de graduação e pós-graduação em nível de mestrado (excepcionalmente autorizadas em nível de doutorado), incluindo a formação profissional e de professores. A pesquisa do corpo docente é autorizada, mas não é ampla como no caso anterior, e os doutorados serão concedidos em conjunto com as universidades do sistema da Califórnia ou uma instituição independente. As faculdades comunitárias da Califórnia têm como missão principal fornecer recursos acadêmicos e instrução vocacional para alunos mais velhos e mais novos durante os dois primeiros anos do ensino de graduação. Além dessa missão principal, estão autorizadas a fornecer instrução corretiva, cursos de inglês como segunda língua, instrução para adultos sem crédito, cursos de serviço comunitário e serviços de treinamento de força de trabalho.

Os dados da Tabela 1 auxiliam a visualização das características de cada um dos

três níveis de ensino superior da Califórnia. Enquanto as faculdades comunitárias estão presentes em 115 *campi* para estar próximas fisicamente dos potenciais alunos, o sistema estadual conta com 23 e as universidades de pesquisa, com 10. O grosso dos alunos (2,1 milhões) atende às faculdades comunitárias e o número diminui para 485 mil e 288 mil para o sistema estadual e de pesquisa, respectivamente, sendo que o sistema estadual tem uma relação de aluno de graduação/pós-graduação de 7,3 e nas universidades de pesquisa a relação é 50% menor, alcançando 3,8, além de ser a única a treinar pós-doutores. As faculdades comunitárias dispõem de quase 58 mil docentes (somente 30% em dedicação integral) e 23 mil servidores de apoio; as estaduais, de 27,6 mil (50% em dedicação integral) e quase 30 mil servidores de apoio; e as de pesquisa, de 24,4 mil em dedicação integral e 143 mil servidores de apoio.

Esses números permitem uma série de análises para compreender as características e as necessidades de cada um dos três tipos de instituições de nível superior quando agrupadas em um sistema hierárquico, com vocações e missões bem-estabelecidas para evitar duplicidades e competições entre os diferentes níveis, mesmo considerando a complexidade de suas estruturas e de suas missões.

## **VIRTUDES (E VÍCIOS) DO MODELO BRASILEIRO**

Observa-se então que houve um atraso no estabelecimento de instituições de ensino superior no Brasil. A primeira expansão do sistema de ensino superior federal procurou emular as universidades de pesquisa ame-

ricanas sem, no entanto, fortalecer a base do sistema, ou seja, com políticas públicas para prover educação básica de qualidade e desenvolver um sistema de ensino superior de massas com qualidade e várias portas de saída. Isso é crítico para qualificar a população para um mercado de trabalho cada vez mais exigente e para alimentar as universidades de pesquisa com os mais vocacionados. A reforma de 1968 acentuou algumas dessas distorções, com ênfase na pós-graduação sem que os problemas da educação básica pública e do ensino superior de massas de qualidade estivessem equacionados. Criamos a ilusão de que um país de renda média pudesse ter algumas dezenas de universidades de pesquisa sem levar em conta que elas não se sustentam sem uma base, pois não temos atributos para drenar cérebros para minimizar as falhas do sistema nem recursos em abundância para mantê-las como verdadeiras universidades de pesquisa.

A reorganização do ensino superior é uma tarefa hercúlea, especialmente quando o ensino público perdeu relevância e foi substituído pelo ensino privado (aproximadamente 75% das matrículas). Essas instituições são diversas em termos de qualidade e foi a solução encontrada para auxiliar o Estado a aumentar as baixas taxas de adultos diplomados com ensino superior. No Brasil, somente 21% dos adultos entre 25 e 35 anos são diplomados pelo ensino superior, o que é muito baixo se comparado a taxas mais altas em países próximos na América Latina, como o Chile (34%) e Argentina (40%), e representam menos da metade das taxas encontradas nos EUA (49%).

É tentador pensar que em São Paulo há condições ideais para integrar o sistema de ensino superior do estado aproveitando algu-

mas das ideias do Plano Mestre da Califórnia. Esse plano poderia inspirar tentativas mais ambiciosas e difíceis de reestruturação do sistema de ensino superior do país. Existem similaridades entre os dois estados (ver Tabela 1) e o que eles representam em seus respectivos países e uma infraestrutura que poderia ser mais bem integrada.

Pode-se considerar um sistema de ensino superior hierarquizado para prover formação superior estruturada e dinâmica. O Centro Paula Souza e as suas Fatecs (Faculdades de Tecnologia do Estado de São Paulo) seriam as faculdades comunitárias de São Paulo e representariam a porta de entrada do sistema para atender a todos que querem e têm condições mínimas para fazer um curso superior profissionalizante de dois ou três anos de duração. O sistema precisaria ser ampliado para estar próximo às residências dos 500 mil alunos do ensino médio que se graduam anualmente no estado. Em 2020, enquanto as 115 faculdades comunitárias atenderam 2,1 milhões de alunos por um período de dois anos, as 301 unidades do Centro Paula Souza (223 escolas técnicas e 74 faculdades de tecnologia) atenderam somente 322 mil alunos. Ainda que os números não impressionem, a estrutura existe e há espaço para expansão e melhorias na eficiência. Existem exemplos no estado de parceria de Fatecs com empresas (empresa Jacto na região de Marília), que poderão ser replicados para alavancar os recursos públicos necessários e atender a demandas do setor produtivo quase que imediatamente.

O sistema deve contemplar diferentes portas de saída, ser hierarquizado e preparado para atender melhor a um número cada vez menor de vocacionados que se subme-

terão aos cursos profissionais mais longos ou enfrentarão um treinamento intensivo em uma universidade de pesquisa que atenderá a cerca de 10% do contingente total. As instituições paulistas que almejam continuar a ser universidades de pesquisa deverão recalibrar sua missão e fazer os reajustes para que pelo menos 70% dos seus docentes sejam medidos e apoiados pela régua da pesquisa.

Os dados da Tabela 1 indicam que na Califórnia a totalidade dos docentes nas universidades de pesquisa estão em regime de dedicação integral e que há cerca de 5,5 colaboradores por docente nestas universidades para apoiá-los direta ou indiretamente, também por isso elas são caras. Esses servidores deverão estar voltados para área-fim, tornando os docentes mais competitivos. Existem servidores que dão suporte direto à pesquisa nos laboratórios de cada pesquisador ou nos laboratórios multiusuários, mas a maioria está envolvida com a máquina da universidade, que deve estar voltada para a atividade-fim e não como um fim em si mesma. A universidade de pesquisa não financia a pesquisa, mas torna pesquisadores competitivos para obtenção de financiamentos junto às agências de fomento e por meio de parcerias com o setor privado. Ela minimiza processos administrativos, separando-os das atividades-fim, e elimina barreiras que dificultam a interdisciplinaridade.

Os vícios e a dependência de processos meticolosos e sujeitos a interpretações múltiplas roubam tempo e energia das atividades-fim. A existência de unidades ou departamentos, que podem ser justificados para o ensino, dificultam a interdisciplinaridade na universidade de pesquisa. Finalmente, há quem questione se o ensino é

**TABELA 1**

Características de instituições de ensino superior em São Paulo e na Califórnia

	<b>São Paulo</b>	<b>Califórnia</b>
População	44 milhões	39.4 milhões
PIB (PPP)	US 744 (\$ 1.2 trilhões)	2.7 trilhões
Área	242.2 Km2	423Km2

	<b>Faculdades Comunitárias da Califórnia</b>	<b>Universidade Estaduais da Califórnia</b>	<b>Universidades da Califórnia</b>
Campus	115	23	10
Total de estudantes	2.1 milhões	485.000	288.000
Estudante de graduação		432.000	226.000
Pós-graduandos		53.000	59.000
Grad/PGs		7.3	3.8
Pós-doutores	-	-	6.400
Staff acadêmico	57.700 (30% tempo integral)	27.600 (50% de tempo integral)	24.400
Equipe	23.000	29.700	143.200
Orçamento	\$14.8b	\$7.3b	\$41.6b
Admissões	Ampla para todos os estudantes que quiserem e tiverem capacidade	Seleção entre os 33% melhores alunos do Estado	Seleção entre os 12.5% melhores alunos do Estado

	<b>Centro Paula Souza</b>	<b>UNESP</b>	<b>UNICAMP</b>	<b>USP</b>
Campus	368 municípios (228 Etecs e 73 Fatecs)	24	3	10
Total de estudantes	332.000 (228 ETCs & 94.000 FATECs)	53.5	37.500	88.000
Graduação		39.200	20.000	59.000
Pós-graduação		14.300	17.500	29.000
Grad/PGs	2.7	1.14	2.03	
Pós-doutores	-	-	-	-
Staff acadêmico	15.000	3.080	1.780	5.380
Equipe	4.000	5.200	7.130	13.300
Orçamento	R\$ 2.3 bilhões (2018)	R\$ 3 bilhões (2020)	R\$ 2.7 bilhões	R\$ 5.98 bilhões
Admissões		Exame vestibular	Exame vestibular	Exame vestibular

Fonte: os dados foram compilados de várias fontes públicas

prioridade da universidade de pesquisa. Trata-se de falso dilema, pois os alunos vocacionados e com melhor desempenho na educação básica acabam atraídos pela universidade de pesquisa e contribuem, num círculo virtuoso, para manter a qualidade da instituição e, por isso, essas instituições são as mais admiradas.

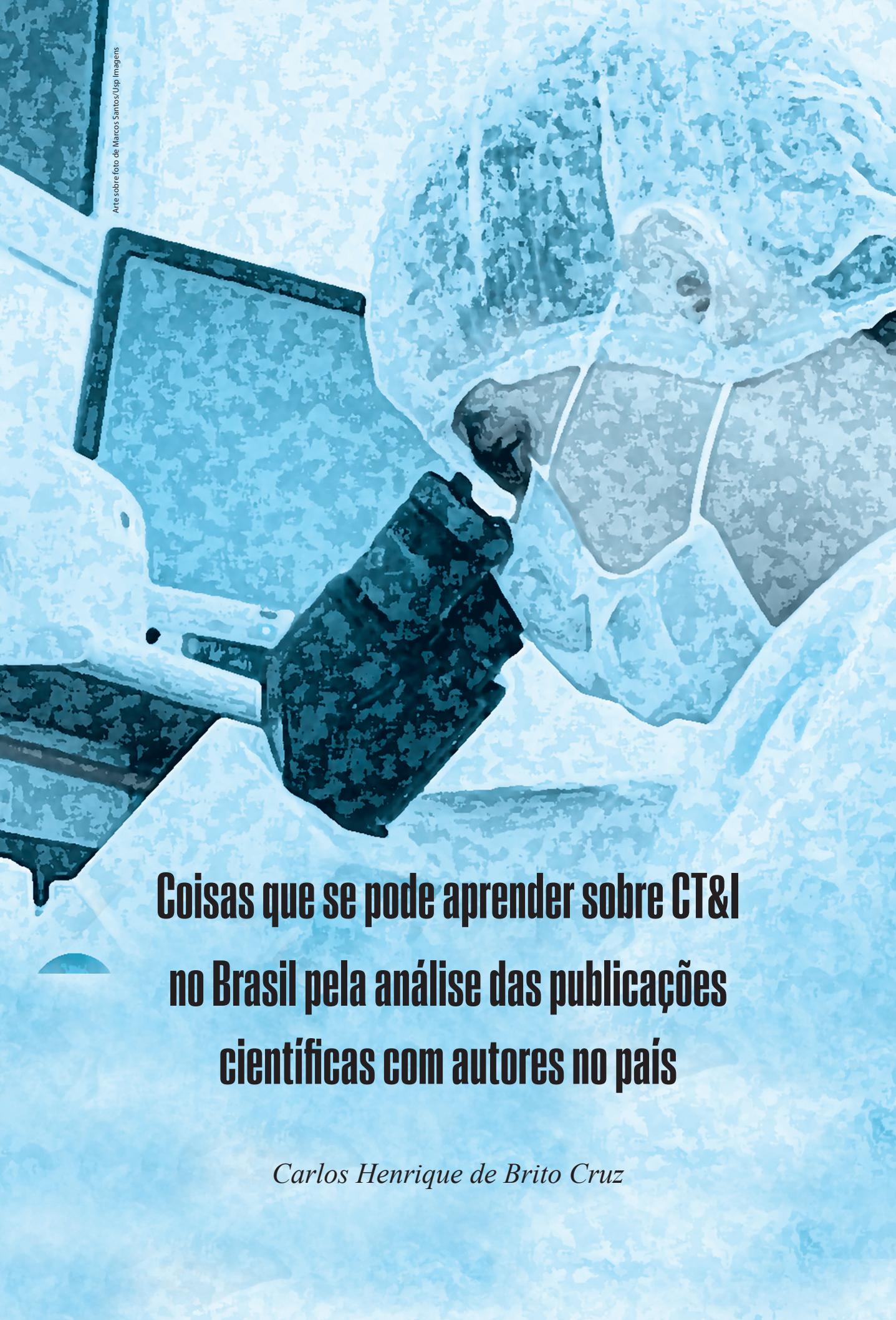
## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- 1) A universidade de pesquisa está no topo da pirâmide de um sistema de ensino superior e científico hierarquizado, com missão específica para o desenvolvimento de estoques de conhecimento e a formação de recursos humanos altamente especializados.

- 2) O desenvolvimento sustentável das universidades de pesquisa se dá no contexto de um sistema hierarquizado e amparado em instituições de ensino básico e superior que provêm formação educacional de qualidade para a maior parte da população, com igualdade de oportunidades.
- 3) A universidade de pesquisa se baliza por valores globais e a tímida integração do Brasil ao comércio internacional freia o pleno desenvolvimento das suas instituições, em particular das suas universidades de pesquisa e da indústria local, abrindo mão de qualquer possibilidade de protagonismo na sociedade do conhecimento, que caracteriza o mundo atual, e da construção de uma sociedade mais equânime.
- 4) Em conjunto, podemos considerar que o estado de São Paulo reúne condições ideais e infraestrutura privilegiada de instituições de nível superior com características diversas, como as três universidades estaduais, USP, Unicamp e Unesp, e o Sistema Paula Souza com as Fatecs, que poderão servir de base para a construção de um sistema integrado de ensino superior, científico e tecnológico com funções e atribuições definidas como no Plano Mestre da Califórnia. Esse projeto serviria como piloto para uma reorganização mais ampla e ambiciosa do sistema de ensino superior e científico do país no futuro.

## REFERÊNCIAS

- BACHA, E. "Fechamento ao comércio e estagnação: por que o Brasil insiste?", in M. Mendes (org.). *Para não esquecer: políticas públicas que empobreceram o Brasil*. Rio de Janeiro, Autografia, 2022.
- JOHNSON, H. "Higher Education in California, New Goals for the Master Plan". *PPIC*, 2010.
- OECD. Main Science and Technology Indicators Highlights on R&D expenditure March 2021.
- PPIC. "California's Higher Education System". PPIC Higher Education Center, 2019.
- PPIC. "Higher Education in California". PPIC Higher Education Center, 2020.
- SCHLEICHER, A. *PISA 2018 Results Effective Policies, Successful Schools*, 2018.
- SCHWARTZMAN, S. "Políticas de expansão duma educação superior", in M. Mendes (org.). *Para não esquecer: políticas públicas que empobreceram o Brasil*. Rio de Janeiro, Autografia, 2022.



# Coisas que se pode aprender sobre CT&I no Brasil pela análise das publicações científicas com autores no país

*Carlos Henrique de Brito Cruz*

## resumo

No presente trabalho usamos informações sobre publicações científicas com autores no Brasil para analisar algumas características do sistema de CT&I e identificar oportunidades para melhorar as políticas para ciência, tecnologia e inovação no país. Abordamos variações temporais nas tendências, de forma que o leitor possa observá-las à luz do histórico das políticas e condições do sistema de CT&I. Analisamos as taxas de crescimento do conjunto de publicações, as contribuições do setor acadêmico e empresarial, as contribuições regionais e a participação em termos de áreas de pesquisa e dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Entre as observações, destacamos a debilidade do esforço de P&D em empresas, o que limita a capacidade para estabelecer parcerias com universidades (mesmo que essas colaborações venham crescendo), e o lento aumento do impacto de citações do conjunto de publicações do país.

**Palavras-chave:** CT&I; setor acadêmico e empresarial; publicações brasileiras.

## abstract

*In the present work we use information about scientific publications with authors in Brazil to analyze some characteristics of the ST&I system and identify opportunities to improve policies for science, technology and innovation in the country. We address temporal variations in trends so that the reader can observe them in light of the history of policies and conditions in the ST&I system. We analyze the growth rates of the publication set, contributions from the academic and business sector, regional contributions and participation in terms of research areas and the Sustainable Development Goals. Among the observations, we highlight the weakness of the P&D effort in companies, which limits the ability to establish partnerships with universities (even if these collaborations are growing), and the slow increase in the impact of citations from the set of publications in the country.*

**Keywords:** ST&I; academic and business sector; Brazilian publications.

O

progresso do conhecimento requer comunicação entre os pesquisadores. A comunicação acontece de muitas formas, e uma das mais tradicionais e efetivas é a comunicação de resultados, ideias, hipóteses e seus testes em publicações científicas.

Em geral se reconhece que a primeira implementação de um periódico científico com seleção de trabalhos submetidos por pesquisadores, usando o sistema de revisão por pares que se tornou o padrão em boas revistas científicas, aconteceu na *Philosophical Transactions of the Royal Society*, por ideia de seu editor Henry Oldenburg, em 1665 (National Research Council (US) & Committee on Responsibilities of Authorship in the Biological Sciences, 2003).

A publicação de um trabalho científico, além de facilitar a comunicação com os pares, permite aos autores garantirem o reconhecimento da comunidade como cria-

dores dos resultados apresentados. Autoria e primazia são elementos de alto valor na comunidade científica, tendo o potencial para gerar importantes benefícios aos autores. Estes vão desde o reconhecimento, a consideração e estima dos colegas, até o aumento das chances de obter financiamentos à pesquisa ou promoções na carreira. Os benefícios não são sem sentido, pois a qualidade das ideias que a pessoa teve no passado é um dos indicadores de que poderá ter outras boas ideias no futuro ou, no mínimo, indicação de que domina certas técnicas e métodos relevantes para a descoberta científica em sua área. Como em quase toda atividade humana, a existência de benefícios em potencial pode, em certos casos, influenciar o comportamento dos envolvidos, que perdem o foco no progresso da ciência e na objetividade do trabalho e de seu relato, para buscar mais visibili-

**CARLOS HENRIQUE DE BRITO CRUZ**  
é Professor Emérito da Unicamp e vice-presidente sênior de Redes de Pesquisa da Elsevier.

dade do que o que seria razoável. Casos de fraude em publicações têm sido observados, tendo levado a comunidade científica a buscar maneiras de evitar ou punir tais transgressões. Códigos de boas práticas em pesquisa quase sempre incluem seções referentes a publicações científicas. Um exemplo é o *Código de boas práticas científicas* da Fapesp, que trata de temas como autoria, responsabilidade de cada coautor, precisão, originalidade, entre outros (Fapesp, 2014).

Os periódicos científicos facilitam a circulação das ideias e, os mais considerados pela comunidade científica, zelam ativa e cuidadosamente por um processo de revisão por pares e edição. O número de periódicos qualificados tem crescido e, ao mesmo tempo, houve um crescimento no número de periódicos de baixa qualidade, muitas vezes designados como “periódicos predatórios”. O número de publicações científicas também tem crescido rapidamente e é estimado em torno de 5% por ano desde 1952 (Bornmann et al., 2021), o que significa, aproximadamente, duplicação a cada 14 anos. Para o ano 2021 a base bibliométrica Scopus informa 3.870.283 publicações, enquanto para o ano 2000 informa 1.312.145.

O crescimento no número de publicações qualificadas e o advento da internet e da rede mundial trouxeram a oportunidade para a criação de bases de dados eletrônicas sobre artigos científicos, ou bases bibliométricas. Estas bases facilitam para os pesquisadores a busca de publicações de seu interesse, trazendo, além das informações bibliográficas (referência bibliográfica completa), dados sobre as referências citadas, palavras-chave, agências financeiras reconhecidas, afiliação institucional dos autores e resumo da publicação (Baas et al., 2020; Guerrero-Bote

et al., 2021; Visser et al., 2021). Em alguns casos se oferece informações como relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, citações em patentes, menções na mídia e em redes sociais.

Com essa riqueza de informações, essas bases de dados, além de servirem aos pesquisadores para consultas sobre suas pesquisas, passaram a ter utilidade para se obter informações sobre a capacidade em ciência e tecnologia (C&T) de instituições ou regiões e, consequentemente, tornaram-se úteis para planejamento de políticas para ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Um exemplo é o trabalho sobre o itinerário geográfico de pesquisadores: como as publicações trazem a afiliação institucional de cada autor, pode-se seguir a carreira de conjuntos de pesquisadores, que foi o que fizeram Plume, Aisati e Moed (Moed et al., 2013) tendo como foco Alemanha, Itália, Holanda e Reino Unido, mas analisando em cada caso o fluxo vindo de, e indo para, vários países, incluindo o Brasil. El-Ouahi, Robinson-García e Costas (2021) usaram metodologia similar para estudar o caso do Norte da África e Oriente Médio. Outros autores analisaram importantes aspectos das publicações científicas com autores no Brasil e este artigo busca adicionar ao que antecessores discutiram. McManus e colegas analisaram onde autores no Brasil publicam e seu interesse pelas opções de acesso aberto (McManus et al., 2020) e aspectos da colaboração internacional e financiamento (McManus et al., 2020; McManus & Baeta Neves, 2021). Chaimovich e Leta analisaram em detalhes o efeito da colaboração internacional na visibilidade das publicações com autores no Brasil (Leta & Chaimovich, 2002).

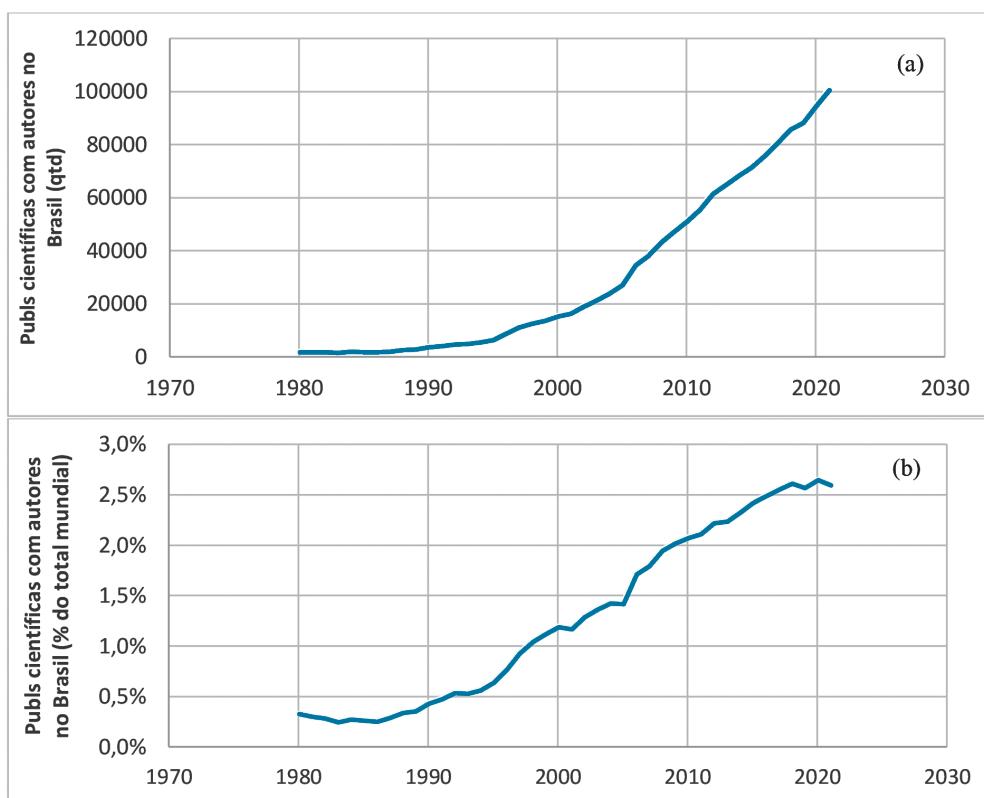
Ao lado de enorme utilidade para estudos sobre ciência e tecnologia, as bases de dados biométricos têm sido algumas vezes usadas de forma equivocada para muitas atividades de avaliação de pesquisadores e instituições de pesquisa. Há importantes documentos recomendando diretrizes para tais avaliações, como os manifestos *Dora (Declaration on Research Assessment)* (ACSB and multiple signers, n.d.) e o *Manifesto de Leiden* (Hicks et al., 2015). O tema “Responsabilidade na Avaliação de Pesquisa” tornou-se objeto de intensas discussões e há alguns consensos já bem definidos. Um deles é que para avaliação de qualidade de pesquisa não se devem usar indicadores relacionados às revistas, como Fator de Impacto ou listas de revistas, sendo essencial apreciar as propriedades dos artigos em si. Outro consenso é que o uso de indicadores precisa ser cuidadoso para levar em conta a idade cronológica e acadêmica dos pesquisadores e recomenda-se usar uma “cesta” de indicadores e não um único. Os *rankings* de universidades também precisam ser vistos com prudência e, no Brasil, há uma excelente iniciativa fazendo justamente isso, o Projeto Métricas (*Metricas.Edu – University Performance and International Comparison*, n.d.), que tem auxiliado inúmeras universidades a desenvolverem e sofisticarem seu uso de métricas e indicadores, não de forma reflexa, movidas pelo mais recente *ranking* anunciado, mas sim de forma estratégica, a serviço do melhor conhecimento sobre a instituição e de seu planejamento. McManus e colegas apresentaram recentemente uma análise de aspectos relevantes sobre a complexidade de se usar métricas e indicadores para avaliações de instituições acadêmicas (McManus et al., 2021).

No presente trabalho usamos informações sobre publicações científicas com autores no Brasil para analisar algumas características do sistema brasileiro de CT&I. Buscamos ilustrar alguns pontos em que o conjunto de publicações permite conhecer mais detalhes sobre como melhorar as políticas para ciência, tecnologia e inovação no país. Abordamos variações temporais nas tendências, de forma que o leitor possa observá-las à luz do histórico das políticas e condições do sistema brasileiro de CT&I. Começamos com uma análise das taxas de crescimento do conjunto de publicações, as contribuições do setor acadêmico e empresarial, e com informações sobre as contribuições regionais e a participação em termos de áreas de pesquisa e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Em seguida tratamos dos dados sobre coautoria internacional, destacando os principais países dos coautores e as mudanças ocorridas desde 1980. Na sequência apresentamos a análise de alguns elementos de impacto das publicações, considerando três dimensões: impacto científico e cultural, impacto social e impacto econômico. Finalmente, apresentamos uma conclusão com 14 pontos de destaque.

## AS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS COM AUTORES NO BRASIL

100.875. Este foi o número de publicações científicas com autores no Brasil, no ano 2021, encontradas na base bibliográfica Scopus. Em 1980 foram 2.185 e em 2000 foram 15.642. Como se mostra na Figura 1 (a), a fase com crescimento mais acelerado acontece a partir de 1995 (+14% por ano até 2008), seguida de uma fase com

**FIGURA 1**



(a) Número de publicações científicas com pelo menos um autor no Brasil, de 1980 a 2021. Foram consideradas publicações de todos os tipos. Do total, 78% são artigos publicados em periódicos científicos, 11% são artigos em conferências científicas e 5% são artigos de revisão (Fonte: consulta à Scopus, Elsevier, em 16/7/2022); (b) Participação das publicações com autores no Brasil no total de publicações científicas do mundo (Fonte: consulta à Scopus, Elsevier, em 16/7/2022)

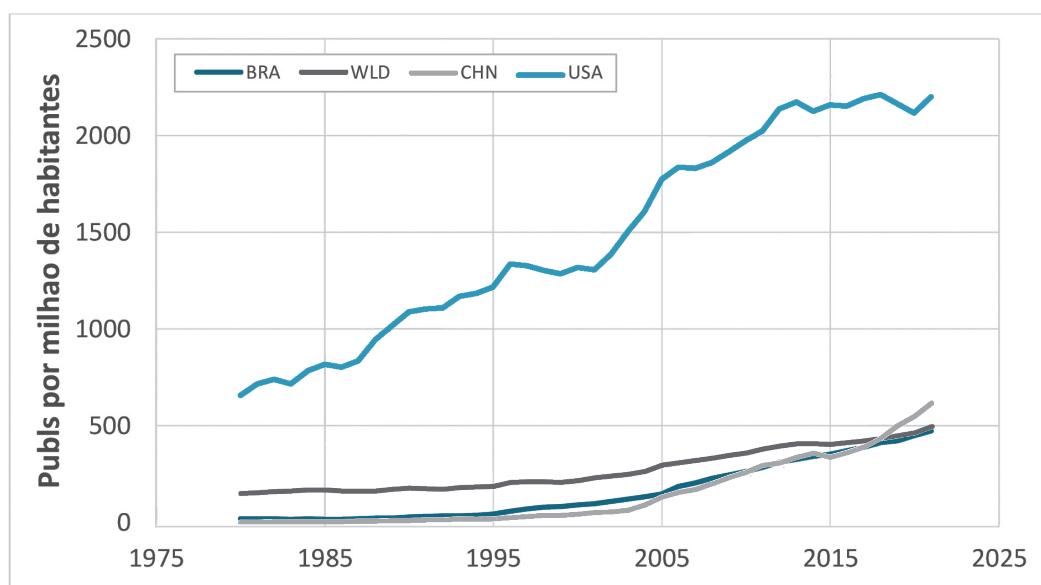
taxa de crescimento menor (+4% por ano) a partir de 2010.

A produção científica mundial vem crescendo rapidamente ao mesmo tempo. Em 2021 o número de publicações no mundo foi 3.871.895, de forma que a produção no Brasil representou 2,6% do total mundial. Este porcentual é bem superior ao 0,4% de 1990, mas a evolução temporal mostra que pode haver razões para preocupação, tendo em vista a diminuição da taxa de crescimento do porcentual observado a partir de 2018 (Figura 1).

A análise do crescimento relativo entre países precisa também levar em conta o

tamanho de cada país, por exemplo, considerando-se o número de publicações em relação à população. Isso é mostrado na Figura 2, onde se observa que o número de publicações científicas *per capita* do Brasil parece ter convergido com a curva da média mundial, estando em torno de 470 publicações por milhão de habitantes. Nos Estados Unidos a razão publicações por milhão de habitantes em 2021 foi 2.211 e na China, 524 por milhão (em 1972 o valor *per capita* nos Estados Unidos era 414 por milhão). Na Figura 2, chama a atenção como a curva de publicações por milhão de habi-

FIGURA 2



Razão entre número de publicações científicas e população para o Brasil e para o mundo. A curva verde (eixo à direita) mostra a razão entre o valor *per capita* do mundo e o do Brasil

tantes da China vinha evoluindo de forma similar à do Brasil até 2017, tendo as duas tendências se separado a partir daí, com a tendência chinesa superando o crescimento brasileiro a partir deste ano.

## As 25 entidades com maior número de publicações

A Tabela 1 mostra as 25 entidades com maior número de publicações nos triênios 1999 a 2001 e 2019 a 2021. No triênio 1999-2001, as 25 entidades com mais publicações responderam por 76% do total de publicações com autores no Brasil. Vinte anos depois, as 25 entidades com mais publicações responderam por 72% do total, indicando que, embora tenha havido alguma redução na concentração, o resultado foi pequeno nessa direção. Como referência internacional,

pode-se considerar que nos Estados Unidos as 25 entidades com mais publicações no triênio 2019-2021 responderam por 27% dos 2.149.767 de publicações com autores no país.

## Publicações científicas com autores em empresas no Brasil

Empresas que têm atividades de P&D valorizam a publicação de resultados em artigos ou conferências científicas (Herwald, 1962; Kinney et al., 2004; Li et al., 2015a, 2015b; Rotolo et al., 2022). Essas publicações ajudam os pesquisadores das empresas a se comunicarem com seus pares em outras organizações, especialmente as de natureza acadêmica, ganham para a empresa benefícios em reputação e podem servir para que a empresa estabeleça domínio de “arte anterior” para efeito de defesa ou criação de

**TABELA 1**

As 25 entidades com maior número de publicações nos triênios 1999-2001 e 2019-2021

1999-2001		2019-2021	
USP	10552	USP	51874
Unicamp	4393	Unesp	18962
UFRJ	4007	Unicamp	18026
Unesp	2759	UFRJ	16721
UFMG	2089	UFRGS	14749
UFRGS	2081	UFMG	14540
Unifesp	1366	Unifesp	10369
Fiocruz	1202	UFSC	10200
UFSC	1180	UFPR	9307
UFSCAR	1173	UNB	8936
Embrapa	987	Fiocruz	7517
UFPR	928	UFF	6999
UERJ	926	UFSCAR	6837
UFPE	899	UFPE	6695
UFF	875	UFC	6461
UNB	827	UFBA	6139
UFV	725	UFSM	6034
PUCRJ	710	UFRN	5996
CBPF	631	UFV	5976
UFC	600	UERJ	5834
UFBA	533	UFG	5409
UEM	528	UFPB	5306
UFPB	522	Embrapa	4886
Inpe	496	UTFPR	4628
UFSM	442	UFPA	4566

Fonte: Elsevier Scopus

barreiras a patentes de concorrentes (Rosenberg, 1989). McMannus e colegas analisaram publicações de autores em entidades não acadêmicas em vários países (McManus et al., 2021) mostrando que tais publicações podem encontrar boa visibilidade e bom impacto de citações em patentes.

A importância de as empresas realizarem atividades próprias de P&D, inclusive em pesquisa básica, fica evidenciada por

Arora e colegas (Arora et al., 2019), que mostraram que, nos Estados Unidos, a divisão de trabalho estabelecida nos últimos 30 anos entre universidades, dedicadas à pesquisa, e empresas, dedicadas ao desenvolvimento tecnológico, prejudicou o avanço da produtividade no país, tornando mais lenta a transformação do conhecimento em novos produtos e processos. Os autores destacam que “pequenas empresas

TABELA 2

Empresas no mundo com maior número de publicações científicas no período 2012-2021

Empresa	País	Publics.	FWCI
State Grid Corporation of China	China	28915	0,64
IBM	United States	28464	1,95
Microsoft USA	United States	20300	3,65
Samsung	South Korea	20093	1,38
Sinopec	China	18364	0,56
China National Petroleum Corporation	China	17141	0,58
Pfizer	United States	13200	2,13
Alphabet Inc.	United States	12997	5,28
Nippon Telegraph & Telephone	Japan	12916	1,17
GlaxoSmithKline	United Kingdom	12744	2,15

A última coluna mostra o indicador de impacto de citações ponderado por área

Fonte: Elsevier, SciVal

e escritórios de transferência de tecnologia não podem substituir completamente a pesquisa corporativa, que tinha integrado múltiplas disciplinas na escala necessária para resolver problemas técnicos significativos" (Arora et al., 2019).

A Tabela 2 mostra a quantidade de publicações, no período 2012-2021, e o Impacto de Citações Ponderado por Área (FWCI) para as dez empresas com maior número de publicações no mundo. Para referência, pode ser útil considerar que a empresa com maior número de publicações no Brasil é a Petrobras, que no mesmo período teve 4.122 publicações (Tabela 3). A análise das publicações com autores em empresas pode contribuir para o entendimento de forças e fraquezas em sistemas nacionais de inovação (Choi & Lee, 2022; Krieger et al., 2021; Salimi et al., 2015).

No Brasil, em 2000, as publicações com autores na Petrobras foram 55% das publicações com autores em empresas no Brasil; em

2021 esse porcentual caiu quase à metade, foram 31%. O crescimento da capacidade de P&D de forma mais disseminada no tecido empresarial é essencial para aumentar a "capacidade absorptiva" em um maior número de empresas e aumentar a competitividade.

As publicações com autores em empresas no Brasil representam, no período 2012 a 2021, 0,9% do total de publicações científicas com autores no país, enquanto na Alemanha, Estados Unidos e Reino Unido o porcentual é, respectivamente, 4,3%, 5,9% e 3,0%. Em 2012 o porcentual para a China era 2,4% e em 2021 chegou a 3,2%. No Brasil a tendência é inversa: em 2012, 1,0% das publicações tinha autores em empresas e em 2021, 0,8%. Por outro lado, no Brasil e na Coreia do Sul, a presença de coautores de universidades nos trabalhos com autores em empresas acontece em, respectivamente, 76,9% e 79,8% dos casos. Nos Estados Unidos, China e no Reino Unido, entre os artigos com autores em empresas,

**TABELA 3**

As dez empresas no Brasil com maior número de publicações científicas no período 2012-2021

<b>Empresa ou entidade privada não acadêmica</b>	<b>País</b>	<b>Publics.</b>	<b>FWCI</b>
Petrobras	Brasil	4122	0.80
Centro de Pesq. e Desenv. em Telecomunicações	Brasil	617	1.04
Fleury	Brasil	569	1.03
Embraer	Brasil	465	0.86
Vale S.A.	Brasil	366	1.09
Fundo de Defesa da Citricultura	Brasil	166	0.73
Suzano Group	Brasil	155	1.35
Fibria	Brasil	113	0.70
Braskem	Brasil	108	0.59
Votorantim S.A.	Brasil	95	0.58

A última coluna mostra o indicador de impacto de citações ponderado por área

Fonte: Elsevier, SciVal

os porcentuais de coautoria com universidades são mais baixos, respectivamente 66%, 68% e 66%. Na Índia é ainda menor, 50%.

## AS PUBLICAÇÕES SEGUNDO OS ESTADOS ONDE TRABALHAM OS AUTORES

A Figura 3 mostra a evolução no número de publicações entre 2000 e 2020, segundo o estado em que se sediam os autores. Mesmo que a quantidade de publicações em cada estado cresça no período, pode-se observar que há uma tendência à desconcentração da produção científica, à medida que para os estados com o maior número de publicações, São Paulo e Rio de Janeiro, o porcentual sobre o total tem decrescido. Nos demais estados os porcentuais têm crescido.

Considerando-se a quantidade de publicações por habitante, como mostra a Figura 4, verifica-se que, além da dispersão ser bem

menor do que a observada para o número de publicações, a ordem dos estados sofre alterações. O Distrito Federal é a UF com maior número de publicações por habitante, seguido pelo Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo.

## DISTRIBUIÇÃO SEGUNDO AS ÁREAS DO CONHECIMENTO OU TÓPICOS

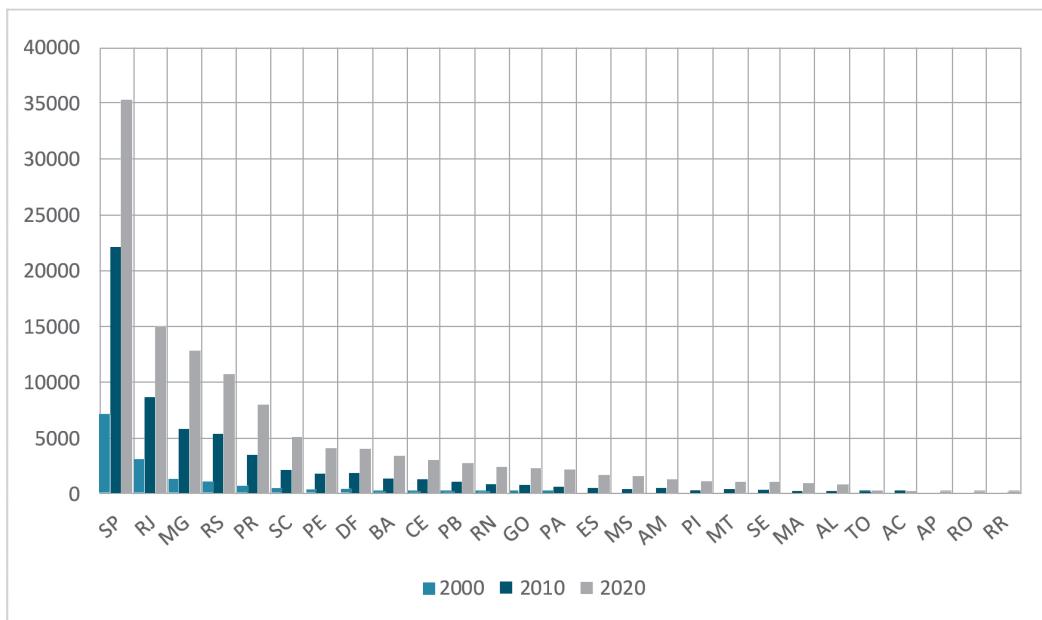
### Áreas do conhecimento

A Tabela 4 mostra a distribuição das publicações com autores no Brasil segundo as 27 áreas da Classificação para Todos os Periódicos Científicos (ASJC) usada na base bibliométrica Scopus<sup>1</sup> (Elsevier, 2022).

<sup>1</sup> A classificação aplica-se aos periódicos, e não a cada publicação. Alguns periódicos são abrangidos por mais de uma categoria. Por isso a soma dos porcentuais resulta maior do que 100%.

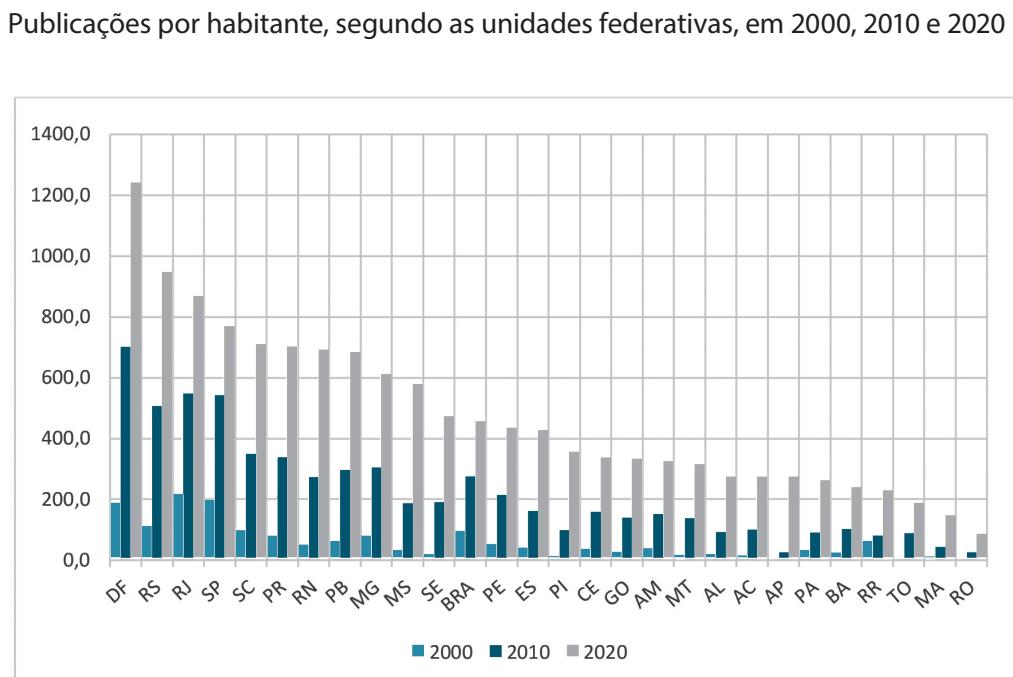
FIGURA 3

Publicações científicas (de todos os tipos) segundo as unidades federativas em 2000, 2010 e 2020



Fonte: Elsevier, SciVal

FIGURA 4



Fonte: Elsevier, SciVal e cálculos do autor

TABELA 4

Porcentual de publicações com autores no Brasil sobre o total do país, segundo as áreas do conhecimento, usando-se a Classificação para Todos os Periódicos Científicos, ASJC

	1980-81	1990-91	2000-01	2010-11	2020-21
Medicina	50.5%	38.3%	26.4%	27.3%	25.8%
Ciências Biológicas e da Agricultura	8.4%	7.3%	13.4%	19.1%	18.2%
Engenharia	4.8%	9.5%	13.9%	11.6%	12.0%
Bioquímica, Genética e Biol. Molecular	14.5%	17.7%	12.9%	10.1%	10.6%
Ciências Sociais	1.2%	1.4%	2.2%	5.5%	10.2%
Ciência Ambiental	2.7%	4.0%	4.0%	5.3%	9.7%
Ciência da Computação	1.3%	2.7%	7.1%	8.3%	8.9%
Física e Astronomia	15.8%	18.4%	19.3%	9.8%	8.2%
Química	7.4%	7.7%	10.6%	7.0%	7.3%
Ciência dos Materiais	5.5%	7.0%	11.2%	6.2%	6.6%
Matemática	5.0%	6.3%	7.0%	5.0%	5.7%
Ciências da Terra e Planetárias	3.2%	5.1%	4.0%	3.6%	4.9%
Imunologia e Microbiologia	7.1%	10.6%	5.8%	4.2%	4.5%
Engenharia Química	1.1%	2.1%	4.1%	3.1%	4.1%
Energia	0.6%	1.6%	2.8%	2.6%	3.5%
Farmacologia, Toxicologia e Farmácia	5.2%	9.0%	4.7%	3.7%	3.5%
Enfermagem	0.3%	0.4%	1.3%	2.7%	3.2%
Artes e Humanidades	0.5%	0.5%	0.7%	1.6%	3.1%
Veterinária	0.7%	0.9%	1.9%	3.7%	2.9%
Odontologia	0.4%	0.9%	1.7%	3.1%	2.5%
Neurociências	3.9%	7.7%	4.2%	3.0%	2.5%
Admin., Negócios e Contabilidade	0.1%	0.2%	0.6%	1.3%	2.4%
Multidisciplinar	0.2%	0.3%	1.0%	1.2%	2.3%
Profissões da Saúde	0.3%	0.5%	0.5%	1.6%	2.2%
Psicologia	0.8%	0.7%	0.6%	1.7%	2.0%
Ciências da Decisão	0.1%	0.4%	0.6%	1.0%	1.5%
Economia, Econometria e Finanças	0.3%	0.3%	0.4%	0.9%	1.4%

Fonte: Elsevier, 2022

No biênio 1980-1981 havia um predomínio das áreas de Medicina, Física e Astronomia e Bioquímica, Genética e Biologia Molecular. Em todas as áreas o número de publicações cresceu no período coberto pelos dados, mas a participação relativa se altera devido a taxas de crescimento dife-

rencias. A área de Bioquímica, Genética e Biologia Molecular atingiu sua participação máxima em 1990, com 17,7%, caindo para 10,6% em 2020. Já a de Física e Astronomia teve participação crescente até 2000 (19,3%), tendo decrescido para 8,2% em 2020. A Medicina vem tendo sua participa-

ção reduzida desde 1980 (50,5%), chegando a 25,8% em 2020.

A área de Ciências Biológicas e da Agricultura teve participação mais do que duplicada, chegando a 18,2% do total em 2020, a segunda maior. A área de Engenharias, que era bastante reduzida em 1980 (4,8%), mais do que duplicou, para 12,0% em 2020. As áreas de Ciências Sociais, Ciências Ambientais e Ciência da Computação cresceram de porcentuais em torno de 2% em 1980 para próximos de 10% em 2020, figurando agora entre as dez áreas com maior produção científica com autores no Brasil.

## A produção científica com autores no Brasil e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas

Vem despertando interesse nos debates sobre políticas para ciência e tecnologia a classificação da pesquisa nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), definidos pela Organização das Nações Unidas em 2015<sup>2</sup>. A base Scopus identifica as publicações relacionadas a cada ODS (Roberge et al., 2022). Após a aplicação da busca por termos, foi desenvolvido um algoritmo usando aprendizado de máquina para aperfeiçoar a busca em termos de precisão e abrangência (*recall*)<sup>3</sup>. Todas as buscas e a descrição do algoritmo estão documentadas e acessíveis publicamente (Rivest et al., 2021).

Para facilitar a comparação entre entidades ou regiões, define-se um Índice de Atividade Relativa (IAR) que normaliza a contagem em cada ODS com a contagem verificada para todas as publicações de todos os países constantes da Scopus. Um IAR igual a 1 para um ODS indica que a entidade em questão tem uma porcentagem de suas publicações dedicada ao ODS igual à porcentagem mundial.

A Figura 5 mostra o Índice de Atividade Relativa para as publicações com autores no Brasil nos anos 2012 e 2021, para cada ODS. Para o ano 2021, somente no ODS 7, Energia Limpa e Acessível, o IAR para o Brasil fica abaixo da média mundial. No ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ODS 14 (Vida na Água) e ODS 15 (Vida Terrestre), o IAR das publicações com autores no Brasil fica acima do dobro da média mundial. No período houve também um aumento no IAR para o ODS 10 (Redução das Desigualdades).

A Figura 6 mostra como duas das principais agências de financiamento à pesquisa nacionais aparecem em boa posição entre as dez mais reconhecidas em publicações associadas ao ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ODS 14 (Vida na Água) e ODS 15 (Vida Terrestre).

## COAUTORIA INTERNACIONAL

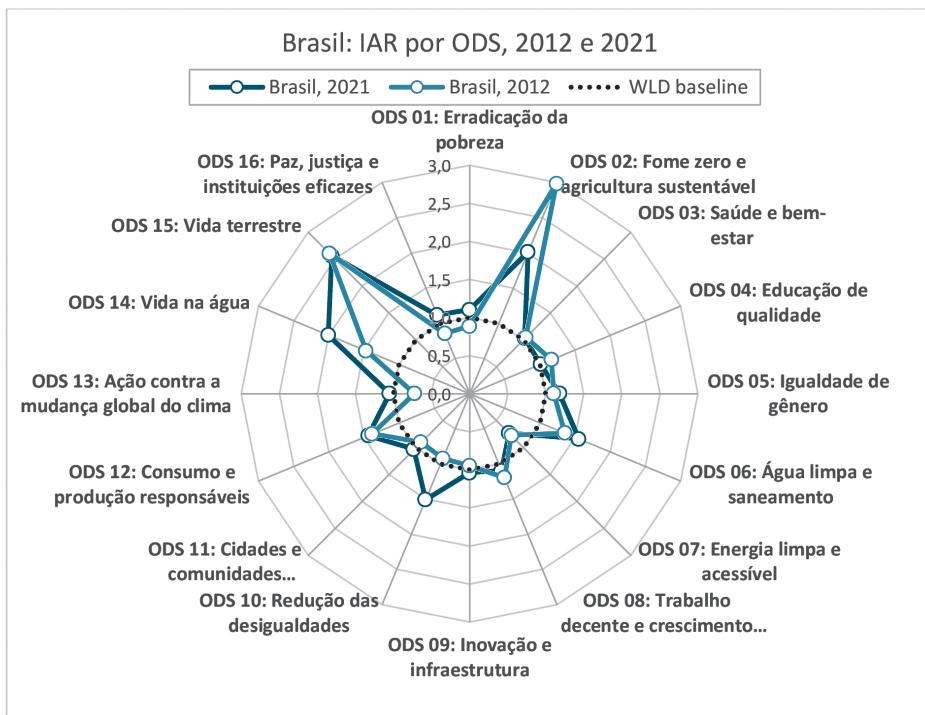
A Figura 7 mostra que, em 2021, 41% das publicações com autores no Brasil incluíram autores de outros países. Houve um crescimento importante nas coautorias internacionais a partir de 2010, depois de um período de introversão da pesquisa no país, de 1996 a 2010.

2 O histórico e a definição detalhada dos ODS estão apresentados pela ONU. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>.

3 Disponível em: <https://www.elsevier.com/about/partnerships/sdg-research-mapping-initiative>.

**FIGURA 5**

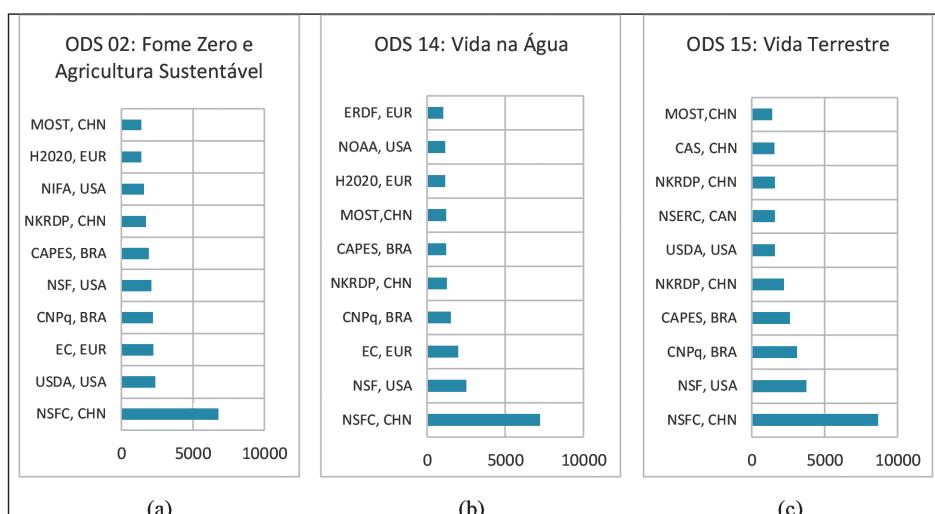
Índice de Atividade Relativa para cada ODS para as publicações com autores no Brasil nos anos 2012 e 2021



Fonte: Elsevier, SciVal

**FIGURA 6**

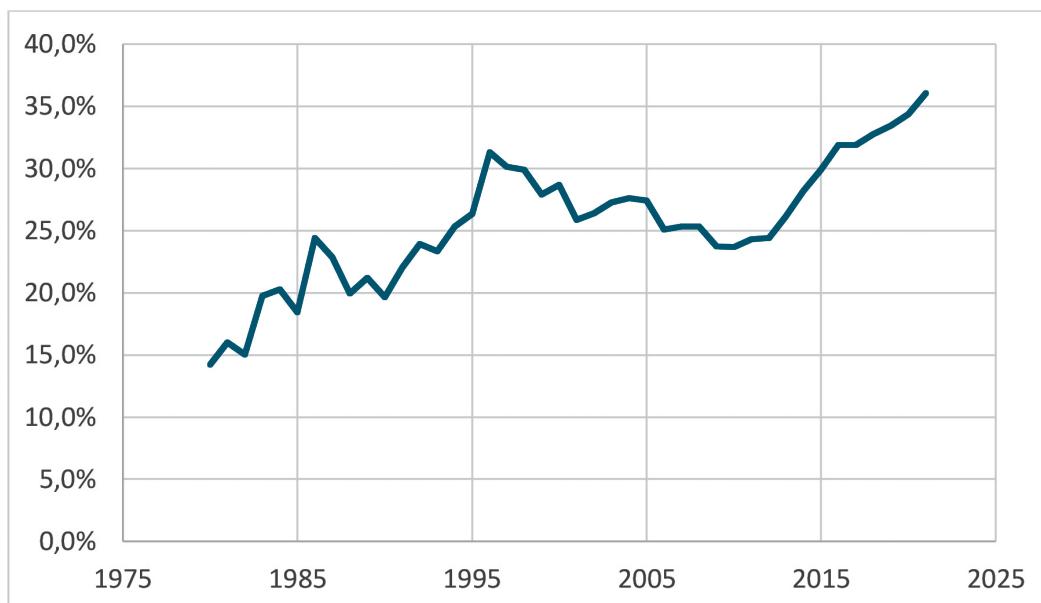
Posição do CNPq e Capes entre os dez principais financiadores de pesquisa reconhecidos em publicações no período 2018 a 2020 e associadas aos (a) ODS 2, (b) ODS 14 e (c) ODS 15



Fonte: Elsevier Scopus

FIGURA 7

Porcentagem das publicações com autores no Brasil que têm autores em outros países, 1980 a 2021



Fonte: Elsevier Scopus

O crescimento na internacionalização pode estar associado à ação de financiadores de pesquisa e universidades no Brasil buscando promover mais colaboração internacional (Zanotto et al., 2022), o que efetivamente aconteceu bastante, especialmente no período de 2007 a 2018. Além disso, é muito possível que a boa fase da economia brasileira no período até 2012 tenha atraído a atenção de colaboradores estrangeiros e de agências financeiradoras de pesquisa de outros países.

A Figura 8 mostra a participação dos dez países com maior número de coautores no biênio 2020-2021, comparando com biênios desde 1980-1981. Predominam as colaborações com Estados Unidos e Reino Unido. As colaborações com a França atingiram um máximo no biênio 2000-2001, quando este país foi o segundo maior colaborador

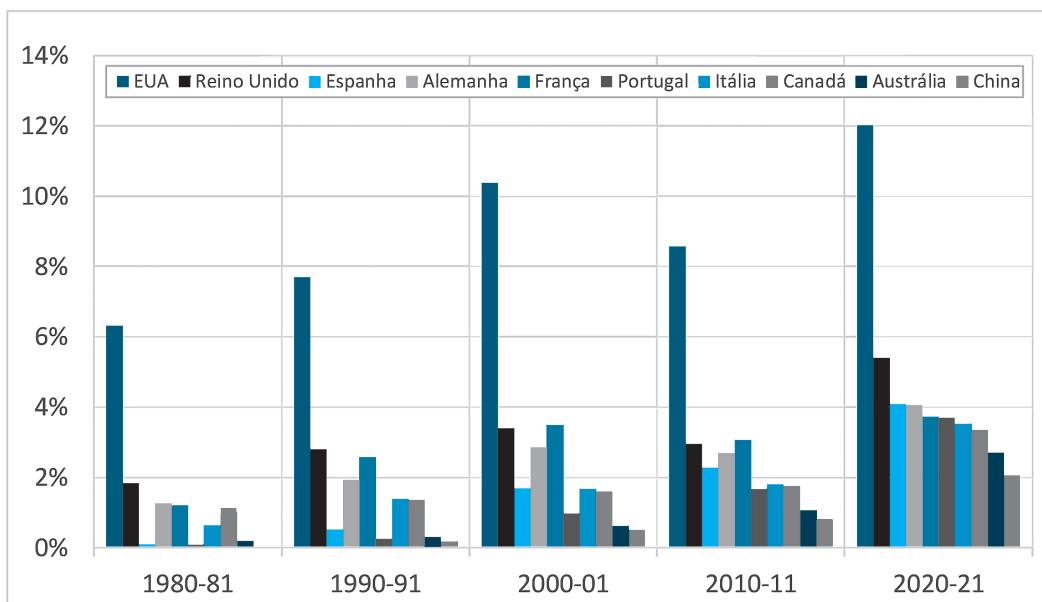
do Brasil, posição perdida em 2020-2021, quando a França foi superada por Reino Unido, Espanha e Alemanha.

A Espanha era 21<sup>a</sup> em 1980-1981, passando a 3<sup>a</sup> em 2020-2021; Portugal era 21<sup>º</sup> em 1980-1981 e passou para 6<sup>º</sup> em 2020-2021; a China era 51<sup>a</sup> em 1980-1981 e chegou a 10<sup>a</sup> em 2020-2021. Entre os países vizinhos, a Argentina era o 7<sup>º</sup> principal colaborador em 1980-1981, passando a ser o 15<sup>º</sup> em 2020-2021. Outro parceiro que perdeu relevância foi o Japão, passando de 8<sup>º</sup> no biênio 1980-1981 para 19<sup>º</sup> no biênio 2020-2021.

Por que desenvolver colaborações internacionais? A razão mais abrangente é que o progresso da ciência é mais rápido quando se incorpora ideias de mais pesquisadores capazes, e a colaboração intensifica o diálogo. Há um número muito maior de pes-

**FIGURA 8**

Porcentual das publicações com autores no Brasil com coautores nos dez países com mais coautores, por país e por período



Fonte: Elsevier Scopus

quisadores fora do Brasil do que no Brasil, portanto, a quantidade de ideias fora do Brasil é maior e conhecê-las e incorporá-las aos trabalhos feitos no Brasil ajudam muito. Chaimovich e Leta (2002) e Leta e Brito Cruz (2003) mostraram que mais coautoria internacional se correlaciona bem com maior número de citações para as publicações na literatura. Para além das métricas, o conceito é que o conhecimento avança mais e melhor quando mais cientistas contribuem. Nos países europeus, onde a interação tem sido muito estimulada, o porcentual de publicações com autoria internacional costuma ser acima de 50%. Por exemplo, em 2021, o porcentual de publicações com coautores fora do país foi de 64% para a Holanda, 60% para o Reino Unido, 58% para a França e 53% para a Alemanha. Nos Estados Unidos e China a

colaboração internacional é menos intensa, em parte porque as colaborações intranacionais predominam. Em 2021 o porcentual de coautorias no exterior para os Estados Unidos foi de 37% e para a China, de 21%.

*Caveat:* a existência de correlação entre colaboração internacional e impacto de citações não deve ser interpretada como significando que as colaborações causem o aumento do impacto. Pode muito bem ser o inverso: colaboradores escolhem parceiros que já tenham demonstrado impacto em publicações passadas. De forma análoga, cabe cuidado quanto à quantidade de colaborações. Não se sabe quanto seria o porcentual ideal de coautorias internacionais. Pode-se supor que, se um país ou região de dimensão média ou grande tem 100% das publicações em coautoria, pode-se questionar sua capacidade para fazer algo

sozinho. Inversamente, se o porcentual for zero, o questionamento seria sobre o porquê de outros autores não quererem trabalhar em parceria, levantando dúvidas sobre a qualidade dos trabalhos.

Na definição de estratégias para incrementar a colaboração internacional buscando beneficiar o desenvolvimento do sistema de CT&I no Brasil, é desejável instigar colaborações em que:

- haja projetos de pesquisa completos, com duração de vários anos, concebidos, redigidos, apresentados e implementados conjuntamente, cofinanciados por agências no Brasil e nos países parceiros;
- os projetos que tenham grau de complexidade que justifique a parceria e que demonstrem potencial para terem competitividade internacional e impacto científico elevados; e
- a mobilidade de pesquisadores aconteça nas duas direções (para dentro do Brasil e para fora), incluindo pesquisadores experimentados além de, quando for o caso, estudantes e estagiários de pós-doutoramento, demonstrando um grau adequado de reciprocidade.

## **IMPACTOS DOS RESULTADOS DE PESQUISA**

O debate sobre os impactos dos resultados de pesquisa em benefício da sociedade tem se intensificado mundialmente (*Nature*, 2017), especialmente nos últimos anos, embora o tema esteja em pauta há várias décadas (*Nature*, 1928). O Global Research Council tratou deste tema em sua reunião anual de 2019, que aconteceu em

São Paulo (Global Research Council, 2019). Há múltiplas dimensões para o impacto dos resultados de pesquisa em benefício da sociedade e, frequentemente, o debate acaba dominado pelos impactos de natureza econômica. Uma formulação sintética (Brito Cruz, 2010, 2013) sobre as dimensões do impacto e que abrange os vários benefícios considera três dimensões:

- 1) Impacto científico/cultural: trata da contribuição dos resultados da pesquisa para tornar a humanidade mais sábia, independentemente da aplicabilidade a curto, médio ou longo prazo do conhecimento criado. A “aplicação” considerada aqui seria melhorar a humanidade aumentando sua sabedoria, supondo que pessoas que sabem mais serão mais donas de seus desígnios e mais capazes de construir um futuro melhor. O impacto científico/cultural também se observa pela criação de ideias que levam à criação de mais ideias. Talvez por isto, essa dimensão de impacto tende a ser medida, com muitas deficiências, pelo número de citações que um resultado de pesquisa recebe nos trabalhos publicados por outros pesquisadores.
- 2) Impacto social: trata daqueles resultados que em curto ou médio prazo podem ajudar a criar melhores condições de vida para a sociedade. Podem ser ideias que informem, demonstrem a necessidade ou criem políticas públicas ou aumentem o benefício advindo de bens públicos. Podem também ser ideias que criem melhores protocolos e procedimentos para o tratamento de pacientes em hospitais. Em geral, trata-se aqui de ideias cuja apropriação privada é difícil, impossível ou, pelo menos, infrequente. Uma

maneira de se tentar aferir a intensidade dessa dimensão de impacto é buscar as referências a publicações científicas em documentos relacionados a políticas públicas, como relatórios que as orientem (p. ex., relatórios do IPCC, ou mesmo em peças de legislação).

3) Impacto econômico: trata-se aqui das ideias que ajudam a criar empresas ou novos negócios em empresas existentes. Tais ideias tendem a aumentar a competitividade da economia, podendo, em alguns casos (eletricidade, biologia molecular, energia nuclear), criar setores empresariais.

O entendimento e reconhecimento dos impactos dos resultados de pesquisa são obscurecidos pelo fato de dependerem de vários atores, além dos cientistas envolvidos em sua criação. Há mediadores essenciais. No caso do impacto científico/cultural, a mediação acontece principalmente pelas publicações científicas ou pelas apresentações em congressos, que permitem à comunidade de pesquisa conhecer os resultados atingidos pelos colegas. No caso do impacto social, a mediação acontece principalmente pela ação do poder público, ou por organizações multinacionais ou do terceiro setor, quando estas tomam conhecimento e usam os resultados da pesquisa. Depoimentos de pesquisadores ao Congresso ou sua participação em comitês governamentais tendem a aumentar a criação de oportunidades para o uso de resultados em benefício da sociedade. O impacto econômico depende fundamentalmente da mediação por empresas, pois estas são as organizações criadas pela sociedade para estarem em con-

tato com o mercado, suas oportunidades e desafios. Neste caso a mediação é tão mais eficiente quanto mais as empresas tiverem suas próprias atividades de pesquisa (Arora et al., 2017, 2019), pois os pesquisadores empregados pela empresa terão facilidade para se comunicar com os colegas acadêmicos.

Discutiremos a seguir algumas formas pelas quais se pode obter informações parciais sobre o impacto dos resultados de pesquisa nas três dimensões.

## **O resultado ajuda outros pesquisadores a criarem mais ideias? As citações na literatura científica**

Um dos indicadores sobre a repercussão das publicações no meio científico é o número de citações que recebem nas demais publicações. Entre as várias normalizações possíveis, criadas para levar em conta as intensidades diferenciadas de citações nas áreas do conhecimento, usamos aqui o indicador “Impacto de Citações Ponderado por Área do Conhecimento” (Field Weighted Citation Impact – FWCI), usado na ferramenta SciVal (College, 2017).

Indicadores de citações são usados mundialmente e, embora tenham limitações conhecidas, ajudam a compor uma ideia do impacto de publicações ou coleções de publicações (para um país ou uma instituição, por exemplo) no mundo científico. As publicações com autores no Brasil têm obtido quantidade limitada de citações na literatura científica e, apesar de algum crescimento nos últimos 20 anos, no triênio 2019-2021 o FWCI permanece ainda em 89% do valor médio mundial. A Tabela 5 permite compa-

**TABELA 5**

Impacto Normalizado por Ponderação por Área do Conhecimento (FWCI) para alguns países. A tabela mostra a média do FWCI nos triênios 1999-2001, 2009-2011 e 2019-2021

	1999-2001	2009-2011	2019-2021
Reino Unido	1.41	1.54	1.57
Estados Unidos	1.53	1.50	1.35
Alemanha	1.25	1.42	1.33
França	1.19	1.34	1.30
Espanha	1.03	1.26	1.26
África do Sul	0.88	1.21	1.24
China	0.47	0.69	1.10
Coreia do Sul	0.92	1.02	1.09
Índia	0.58	0.77	0.95
México	0.79	0.87	0.92
<b>Brasil</b>	<b>0.76</b>	<b>0.84</b>	<b>0.89</b>
Indonésia	0.88	0.97	0.77
Rússia	0.50	0.57	0.71

Fonte: Elsevier, SciVal

rar, para os triênios 1999-2001, 2009-2011 e 2019-2021, a evolução do FWCI médio no triênio para alguns países. Estes foram escolhidos para representar alguns com maior produção científica e outros com características sociais e econômicas similares às do Brasil.

Na Tabela 5 verifica-se que o Reino Unido, Estados Unidos, Alemanha e França tendem a ter FWCI 30% ou mais acima da média mundial. A África do Sul e Espanha têm crescido desde 1999, aproximando-se dos 30% acima da média mundial. Para o caso da China, é notável como mais do que duplicou seu FWCI desde 1999. Evolução menos notável, mas similar em tendência, aconteceu com a Índia, que passou de 0.58 para 0.95. México e Brasil obtiveram discreto aumento, mas permanecem abaixo da média mundial.

## Os resultados ajudam a melhorar políticas públicas? Citações em documentos governamentais

O advento de bases de dados de documentos de órgãos governamentais nas esferas executiva, legislativa e judiciária tem permitido identificar conexões entre documentos orientadores ou definidores de ações governamentais e publicações científicas (Szomszor & Adie, 2022; Yin et al., 2022). Além dos documentos de órgãos de governo, há também aqueles criados por organizações multinacionais, como, por exemplo, o IPCC e outros painéis da ONU e de outras organizações multinacionais. Há muitos outros caminhos pelos quais resultados de pesquisa impactam políticas públicas e a sociedade. Por exemplo, os profissionais formados em

TABELA 6

25 entidades relacionadas a políticas públicas que mais citaram publicações com autores no Brasil no período 2012 a 2021 (a lista completa tem 778 entidades)

Entidade dos autores do documento	País/Região	Qtd
World Health Organization	Intergovernmental	1498
Guidelines in PubMed Central	United States	1131
World Bank	Intergovernmental	784
Publications Office of the European Union	European Union	607
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada	Brazil	534
Government of Cuba	Cuba	409
Inter-American Development Bank	Intergovernmental	389
Food and Agriculture Organization of the UN	Intergovernmental	328
OECD	Intergovernmental	314
IZA Institute of Labor Economics	Germany	275
Government of Brazil	Brazil	259
Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health	Canada	229
United Nations CEPAL	Intergovernmental	213
Centers for Disease Control and Prevention (CDC)	United States	204
Analysis & Policy Observatory	Australia	180
CGIAR	France	177
Institute of Development Studies	United Kingdom	169
Unesco	Intergovernmental	167
The UK Government	United Kingdom	160
NICE	United Kingdom	153
NBER	United States	153
Government Publishing Office	United States	143
Government of Switzerland	Switzerland	140
International Monetary Fund	Intergovernmental	128
International Union for Conservation of Nature	France	126

Fonte: Elsevier SciVal Impact Module

atividades de pesquisa e que vão trabalhar em órgãos de governo ou hospitais são um dos mais efetivos caminhos. Entretanto, como os registros ainda são deficientes, é difícil documentar e demonstrar o efeito. Por sua acessibilidade e abrangência as publicações oferecem uma janela útil.

Na Tabela 6 mostra-se que organizações autoras de 11.237 documentos

orientadores de políticas públicas em todo o mundo citaram 20.290 publicações científicas com autores no Brasil entre 2012 e 2021.

O número de citações em documentos relacionados a políticas públicas por publicação com autores no Brasil é crescente, mas ainda está a 80% da média verificada no mundo.

## **Os resultados ajudam empresas a criar riqueza, empregos e desenvolvimento? Interação universidade-empresa**

A análise das publicações com autores no Brasil permite aprendermos algo sobre a intensidade da interação universidade-empresa em pesquisa, que tem sido de fundamental importância para a política de CT&I no Brasil (como em muitos outros países). O interesse na interação universidade-empresa resulta do desejo de se obter cada vez mais impacto econômico com o investimento em pesquisa feito em universidades. De forma aproximada, as universidades têm atividades de pesquisa mais ligadas à ciência do que à tecnologia, enquanto nas empresas a pesquisa e desenvolvimento (P&D) que realizam as aproxima mais da tecnologia do que da ciência. A diferença é natural e legítima, considerando que a sociedade criou, ao longo de séculos, universidades e empresas como entidades orientadas a atender objetivos diferentes e relevantes para o bem-estar da população. Algumas vezes, há divergência do comportamento típico e universidades criam tecnologias de alto impacto, ou empresas criam ciência de alta qualidade. O ponto fulcral é que internacionalmente se reconhece que um caminho primordial para que universidades tenham impacto *econômico* (em outras áreas os impactos dependerão de outros mediadores) em benefício da sociedade passa pela empresa, suas atividades de P&D e sua presença e competitividade em mercados mundiais.

O acompanhamento das políticas criadas no Brasil para estimular a interação universidade-empresa tem sido prejudicado pela falta de indicadores adequados. Muitos países têm

bases de dados completas sobre o volume de recursos contratados por universidades com empresas, para aplicação em pesquisa, entretanto no Brasil são poucas as universidades capazes de informar tais números. Não há nem mesmo acesso a dados qualitativos sobre as principais áreas do conhecimento e setores econômicos envolvidos.

A análise das publicações científicas permite a observação de várias dessas variáveis, usando dois tipos de eventos que fazem parte das múltiplas dimensões que compõem a interação universidade-empresa. Primeiro, pode-se identificar as publicações em que há autores em universidades e autores em empresas, indicando assim uma das dimensões da interação (Calvert & Patel, 2003; Brito Cruz, 2019; Tijssen, 2006, 2012a, 2012b; Tijssen & Van Leeuwen, 2006). Um segundo tipo de evento é a citação de publicações em patentes registradas por empresas (Narin & Olivastro, 1992).

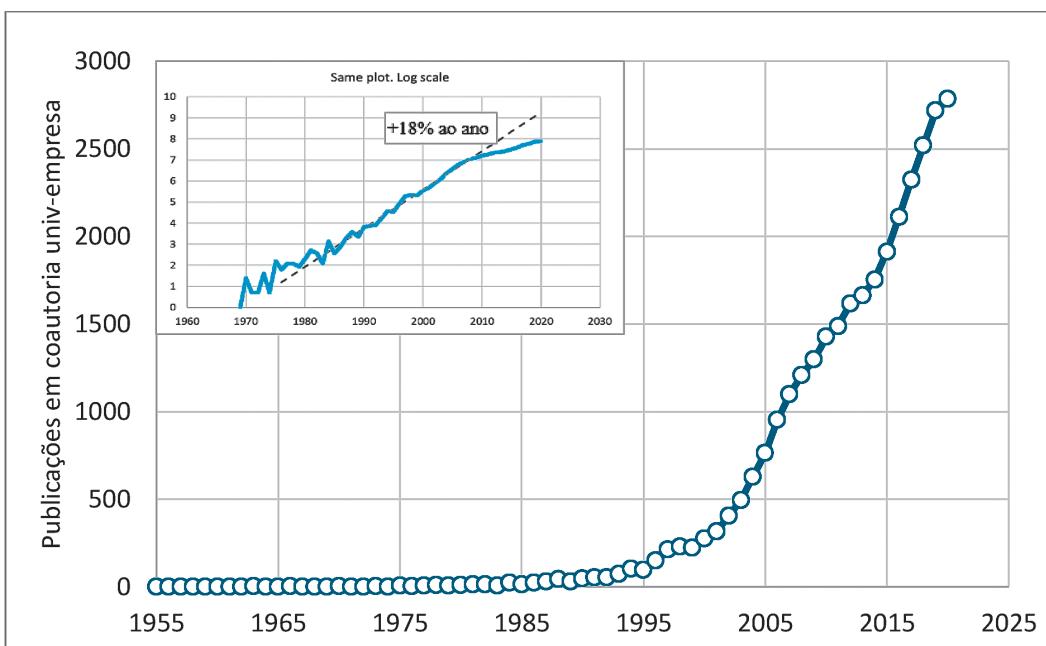
## **Coautoria universidade-empresa em publicações científicas**

As coautorias tratam de um tipo de interação entre universidades e empresas de elevado grau de codificação e troca intelectual. O indicador impõe condições restritivas: os coautores precisaram conceber a ideia juntos, realizar o estudo ou experimentos, redigir o trabalho e conseguir sua aceitação num periódico. A coautoria representa um indicador de uma espécie de interação altamente qualificada.

Como a maior parte das bases bibliométricas tem deficiências na classificação de entidades empresariais, é preciso algum trabalho adicional para identificar e classi-

FIGURA 9

Evolução anual da quantidade de publicações com autores em universidades no Brasil e autores em empresas no Brasil ou fora do Brasil



O inserto mostra o mesmo gráfico em escala logarítmica, mostrando que de 1980 a 2008 o crescimento aconteceu a uma taxa de 18% por ano

Fonte: levantamento pelo autor na base Elsevier, Scopus

ficar de forma mais precisa e abrangente as entidades de natureza empresarial. Com acesso aos detalhes da base Scopus, pudemos tornar mais precisa a classificação das entidades empresariais envolvidas nas coautorias com universidades no Brasil.

A evolução anual do número de publicações com coautores em universidades e em empresas no Brasil e fora é mostrada na Figura 9. Em 2020 houve 2.786 publicações com coautores em universidades no Brasil e em empresas. A taxa de crescimento anual de 1980 a 2008 foi de 18%, bem superior à taxa de crescimento no número total de publicações com autores no Brasil (14% ao ano, entre 1985 e 2007). Tal crescimento indica, de forma inequívoca, o aumento da

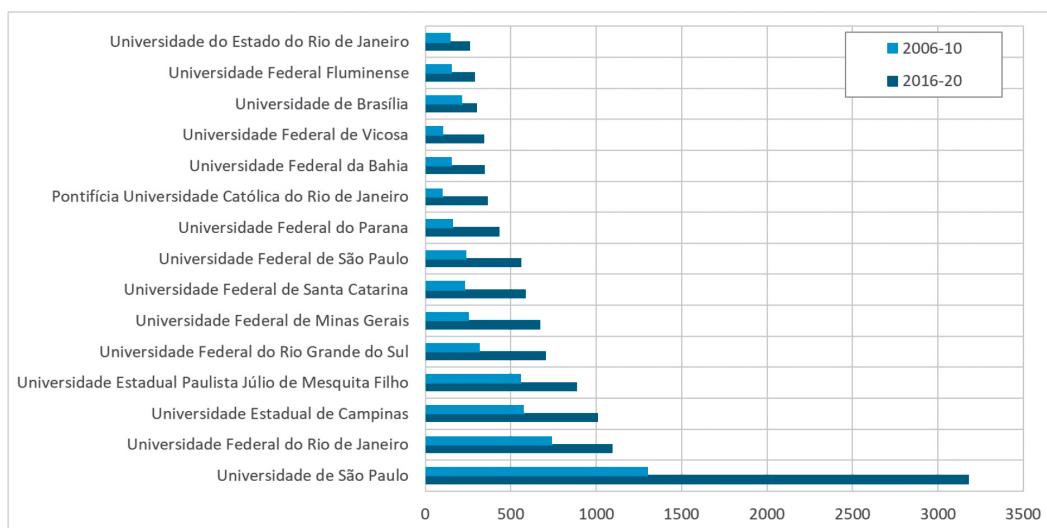
interação universidade-empresa no Brasil. A curva na Figura 9 indica também que, a partir de 2010, houve uma desaceleração no crescimento, similar ao que se observa para o total das publicações com autores no Brasil.

As 15 universidades com maior quantidade de publicações em coautoria com empresas no quinquênio 2016-2020 estão mostradas na Figura 10. Em geral, no Brasil, todas as universidades vêm apresentando aumento nas coautorias com empresas.

A Tabela 7 mostra as principais empresas com pesquisadores coautores de universidades no Brasil. Como se esperaria, destaca-se a Petrobras, que tem tido, nos últimos anos, em torno de 300 trabalhos por ano em coautoria com universidades,

FIGURA 10

Quantidade de publicações em coautoria com empresas para as 15 universidades brasileiras com mais destas coautorias



As barras azul-escuras mostram o quinquênio 2016-2020 e as barras azul-claras, o quinquênio 2006-2010

o que corresponde a 12% do total anual. Das 25 empresas mostradas, sete têm sede no Brasil. Isso indica que mesmo empresas transnacionais com sede de P&D fora do Brasil buscam trabalhar com universidades brasileiras, testemunhando que há qualidade na pesquisa local.

Entre as empresas coautoras não mostradas na Tabela 7 há um grande número de pequenas e médias empresas brasileiras com quantidade de publicações abaixo de dez, incluindo-se aí muitas empresas beneficiárias de financiamentos do programa Pipe da Fapesp ou subvenção da Finep.

### Citação de publicações em patentes registradas por empresas

Outro caminho para se avaliar o impacto de publicações com autores no Brasil são

as publicações citadas em patentes registradas por empresas<sup>4</sup>. Citação de artigos em patentes têm sido objeto de atenção no estudo de conexões entre ciência e tecnologia desde o trabalho pioneiro de Francis Narin (Narin et al., 1997; Narin & Olivastro, 1988, 1992). Mais recentemente, Marx e Fuegi (2020) adicionaram resultados substantiais, tratando da conexão entre ciência básica e tecnologia.

A Figura 11 compara o desempenho das publicações com autores no Brasil com aquelas com autores em alguns outros países, alguns da fronteira tecnológica e outros em desenvolvimento. À exceção da Coreia do Sul, os demais

4 Na ferramenta SciVal (Elsevier), atualmente, contam-se as citações em cinco escritórios de patentes: EUA, Reino Unido, União Europeia, Japão e Organização Mundial de Propriedade Intelectual (Wipo).

**TABELA 7**

Principais empresas com pesquisadores coautores com universidades no Brasil no triênio 2019-2021

Entidade	País	Publs.	FWCI
Petrobras	Brasil	962	0.69
Fleury	Brasil	165	1.43
Vale S.A.	Brasil	114	0.77
Centro de Pesq. e Des. em Telecomunicações	Brasil	76	0.9
AstraZeneca	Reino Unido	75	26.62
Novo Nordisk A/S	Dinamarca	72	5.97
Ericsson AB	Suécia	67	0.59
GlaxoSmithKline	Reino Unido	61	7.68
Suzano Group	Brasil	56	0.82
Fundo de Defesa da Citricultura	Brasil	51	1.08
Novartis	Switzerland	49	6.92
Corteva Agriscience	Estados Unidos	45	0.68
DSM Food Specialties	Holanda	44	0.97
Merck	Estados Unidos	41	10.17
Pfizer	Estados Unidos	41	4.97
Bayer AG	Alemanha	40	3.28
Alphabet Inc.	Estados Unidos	37	30.63
Genentech Incorporated	Estados Unidos	35	11.97
Johnson & Johnson	Estados Unidos	31	1.64
Leidos Inc	Estados Unidos	30	5.6
Embraer	Brasil	29	0.83

Fonte: levantamento do autor na base de dados Elsevier Scopus

países da fronteira tecnológica mostrados exibem número de citações em patentes crescente em relação à média mundial, para suas respectivas coleções de publicações. Entre os países em desenvolvimento, a China mostra um desempenho crescente, aproximando-se da média mundial. Já o Brasil, Índia, México e África do Sul não mostram avanços notáveis. Tais resultados serão mais precisos quando for possível incluir os dados dos escritórios de patentes de outros países na identificação de citações.

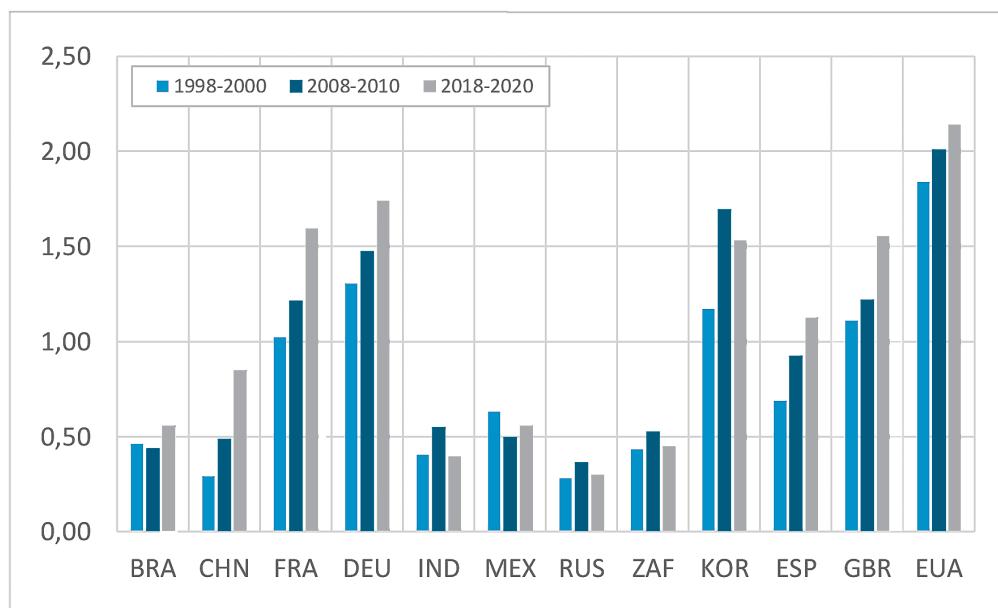
## CONCLUSÃO

A análise das publicações com autores no Brasil aponta alguns dos desafios para o sistema brasileiro de ciência, tecnologia e inovação, elencados a seguir.

- 1) Houve uma perda de velocidade de crescimento na quantidade de publicações a partir de 2010. A taxa de crescimento que fora +14% ao ano até 2008 caiu para +4% por ano a partir de 2010.

FIGURA 11

Razão entre o número de citações em patentes e o número de publicações (em cada triênio mostrado), normalizada em relação à média mundial em cada ano



Fonte: Elsevier SciVal e cálculos pelo autor

- 2) Resulta dessa perda de taxa de crescimento que a participação no total mundial mostra uma tendência de estagnação em torno de 2,6%.
- 3) Até 2017 a razão entre o número de publicações com autores no Brasil e a população do país vinha evoluindo de forma muito similar ao caso da China. A partir de 2017, a curva da China passou a superar a brasileira rapidamente.
- 4) As publicações com autores em empresas no Brasil são 0,9% do total publicado entre 2012 e 2021. Na Alemanha, Estados Unidos e Reino Unido o porcentual é, respectivamente 4,3%, 5,9% e 3,0%.
- 5) Entre as publicações com autores em empresas, no Brasil 79% têm coautores em universidades. Nos Estados Unidos, China e no Reino Unido, entre os artigos com autores em empresas,
- os porcentuais de coautoria com universidades são mais baixos, respectivamente 66%, 68% e 66%.
- 6) O estado de São Paulo continua sediando a maior parte dos autores, mas observa-se uma queda na participação sobre o total nacional de publicações, que foi 38% em 2021. Também para o Rio de Janeiro há uma queda na participação, chegando a 16% em 2021. Para os demais estados há crescimento na participação, indicando uma tendência de convergência e desconcentração.
- 7) As cinco áreas do conhecimento (segundo a Classificação para Todos os Periódicos Científicos, ASJC) nas quais se enquadram, em 2020-2021 as maiores porções de publicações com autores no Brasil são: Medicina (25,8%), Ciências

- Biológicas e Agricultura (18,2%), Engenharia (12,0%), Bioquímica, Genética e Biologia Molecular (10,6%) e Ciências Sociais (10,2%).
- 8) Classificando as publicações com autores no Brasil segundo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), aqueles com maior Índice de Atividade Relativa (IAR) são: ODS 15: Vida Terrestre (IAR=2,6), ODS 14: Vida na Água (IAR=2,0) e ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável (IAR=2,0).
- a) Para os ODS 2, 14 e 15 o CNPq e a Capes aparecem entre as dez agências de financiamento à pesquisa com abrangência nacional que têm o maior número de publicações no período 2018-2020.
- 9) O porcentual de publicações com autores no Brasil e coautores em outros países tem crescido desde 2010, quando foi 23%, tendo atingido 41% em 2021.
- 10) Os seis países que sediam a maior quantidade de coautores, no período 2020-2021, foram Estados Unidos (12%), Reino Unido (5%), Espanha (4%), França (4%), Portugal (4%) e Itália (4%).
- 11) O Impacto de Citações Ponderado por Área (FWCI) das publicações com autores no Brasil ainda não atingiu o valor da média mundial, tendo sido de 89% da média em 2019-2021. No entanto, houve crescimento discreto desde 1999-2001, quando era 76% da média.
- 12) No período 2012-2021, 20.290 publicações com autores no Brasil foram citadas em documentos orientadores ou informadores de políticas públicas editados por 778 entidades no Brasil e fora do Brasil.
- a) As entidades que citaram mais frequentemente publicações com autores no Brasil foram a OMS, a coleção de *Guidelines* da PubMed Central, o Banco Mundial, a União Europeia e o Ipea (Brasil).
- 13) Em 2020 houve 2.700 publicações com autores em universidades no Brasil e coautores em empresas no Brasil ou no mundo.
- a) Entre 1975 e 2008, o número de publicações com coautores em universidades no Brasil e empresas cresceu a 18% por ano, bem superior à taxa média de crescimento do total de publicações com autores no Brasil.
- b) As universidades com maior número de publicações em coautoria com empresas no período 2016 a 2020 foram USP, UFRJ, Unicamp, Unesp e UFRGS.
- c) As empresas com maior número de coautorias com universidades foram, entre 2019 e 2021: Petrobras (962 publicações), Fleury (165 publicações), Vale S.A. (114 publicações), CPQD (76 publicações) e AstraZeneca (75 publicações).
- 14) O número de publicações com autores no Brasil citadas em patentes (cobrindo cinco escritórios de PI) apresenta um indicador de atividade (2018-2020) que é 56% da média mundial, tendo havido ligeiro crescimento desde 2008-2010, quando foi 44%. Para a China, o indicador de atividade (2018-2020) foi 85% e para os EUA, 214%.
- a) Entre as 25 entidades (oito universidades ou instituições públicas de pesquisa e 17 empresas) cujas patentes mais citam publicações com autores no Brasil, nenhuma é sediada no Brasil.

Para o sistema brasileiro de CT&I, as informações acima, associadas a outras observações e experiências, permitem vislumbrar alguns desafios, além do óbvio objetivo de se obter mais recursos para o estímulo à P&D em universidades, institutos e empresas, recuperando a capacidade de financiamento do sistema brasileiro de CT&I, tão depauperada recentemente. Alguns destes objetivos adicionais seriam:

- 1) O impacto de citações das publicações com autores no Brasil vem crescendo, mas lentamente. As políticas e práticas vigentes, que enfatizam em que revistas os trabalhos são publicados, parecem não ter fôlego para trazer resultados mais consistentes. Entre as políticas e práticas usadas em outros países que poderiam beneficiar a qualidade da pesquisa no Brasil poderíamos elencar:
  - a) Garantia, pelas instituições de pesquisa, de apoio institucional aos pesquisadores, para proteger o tempo destes contra outras demandas relevantes para a pesquisa, mas que, nas boas entidades fora do Brasil, são atendidas por profissionais treinados para isso. Desta forma os pesquisadores e seus colaboradores em pesquisa, estudantes e pós-doutores, dedicam a maior parte de seu tempo à descoberta e às atividades científicas. Como é bem sabido, pesquisa de alta qualidade requer, além de recursos, concentração e dedicação continuada. Mas o apoio institucional não se restringe ao apoio em procedimentos – a pesquisa de boa qualidade acontece muito mais em instituições que saibam criar um ambiente que estimule e valorize a qualidade, os valores acadêmicos e a diversidade.
  - b) Valorização, nas avaliações de progressão na carreira, aprovação de teses e dissertações, contratações, seleção de propostas de pesquisa para financiamento, da qualidade da pesquisa com menor ênfase na quantidade de pesquisa. Tem havido concordância nas comunidades de pesquisa dos países líderes em ciência, tecnologia e inovação, que a avaliação responsável da qualidade da pesquisa requer a leitura dos trabalhos por especialistas (revisão por pares, com tempo suficiente para leitura de pelo menos os principais trabalhos), muitas vezes complementada por um conjunto bem balanceado de indicadores.
  - c) Valorização da colaboração internacional em pesquisa, baseada em reciprocidade e buscando sempre aqueles casos em que haja participação efetiva das partes na concepção, redação, submissão e realização da pesquisa. Esse tipo de colaboração requer, em geral, ação intensa por parte das lideranças acadêmicas das instituições que sediam os pesquisadores. Em grandes colaborações requer o envolvimento das agências financeiras, não somente para financiarem, mas para negociarem os termos de governança. Ou seja, não basta haver recursos – é essencial uma discussão e negociação no nível institucional sobre os termos de sua aplicação e dos papéis das partes.
- 2) A evolução da quantidade de publicações também deve ser objeto de atenção. Não devido a alguma preocupação com

- rankings* ou categorizações, mas porque há muitos temas merecedores de estudo e necessários para o desenvolvimento econômico e social do Brasil e, mesmo que consideremos um conjunto restrito de temas, ainda não há suficientes pesquisadores no país para atendê-los.
- 3) Mesmo com progresso na desconcentração da capacitação em CT&I, há ainda grandes desafios a vencer. Especialmente no que diz respeito à inovação tecnológica, a disparidade entre as unidades federativas é ainda enorme e merece atenção. Os dados sobre coautoria entre universidades e empresas ajudam a visualizar este desafio.
- 4) A colaboração universidade-empresa em pesquisa tem crescido fortemente, como se viu pelos dados sobre coautoria. Mas ainda há um efeito forte de concentração em poucas universidades. Seria oportuno usar a experiência das que têm mais resultados para auxiliar a criação de estratégias para as que ainda precisam ver crescer sua atividade de colaboração. Essa atividade de publicação em coautoria entre universidades e empresas parece ainda mais relevante quando se considera o ganho no impacto das publicações em patentes.
- 5) O número de autores de publicações científicas em empresas no Brasil ainda é pequeno demais, em comparação com os de outros países e em comparação com os desafios da produtividade econômica e competitividade internacional da empresa no Brasil. É essencial haver, trabalhando em empresas no Brasil, um número muito maior de profissionais capazes de criar ideias competitivas mundialmente e capazes de absorver ideias criadas no Brasil e fora dele, que beneficiem as empresas em que se sediam.
- 6) Em conclusão, há muito a fazer e para se obter resultados parece essencial existir uma articulação muito melhor do que a que se tem visto há muitos anos entre entidades federais e estaduais e entre universidades, institutos de pesquisa e empresas.

## REFERÊNCIAS

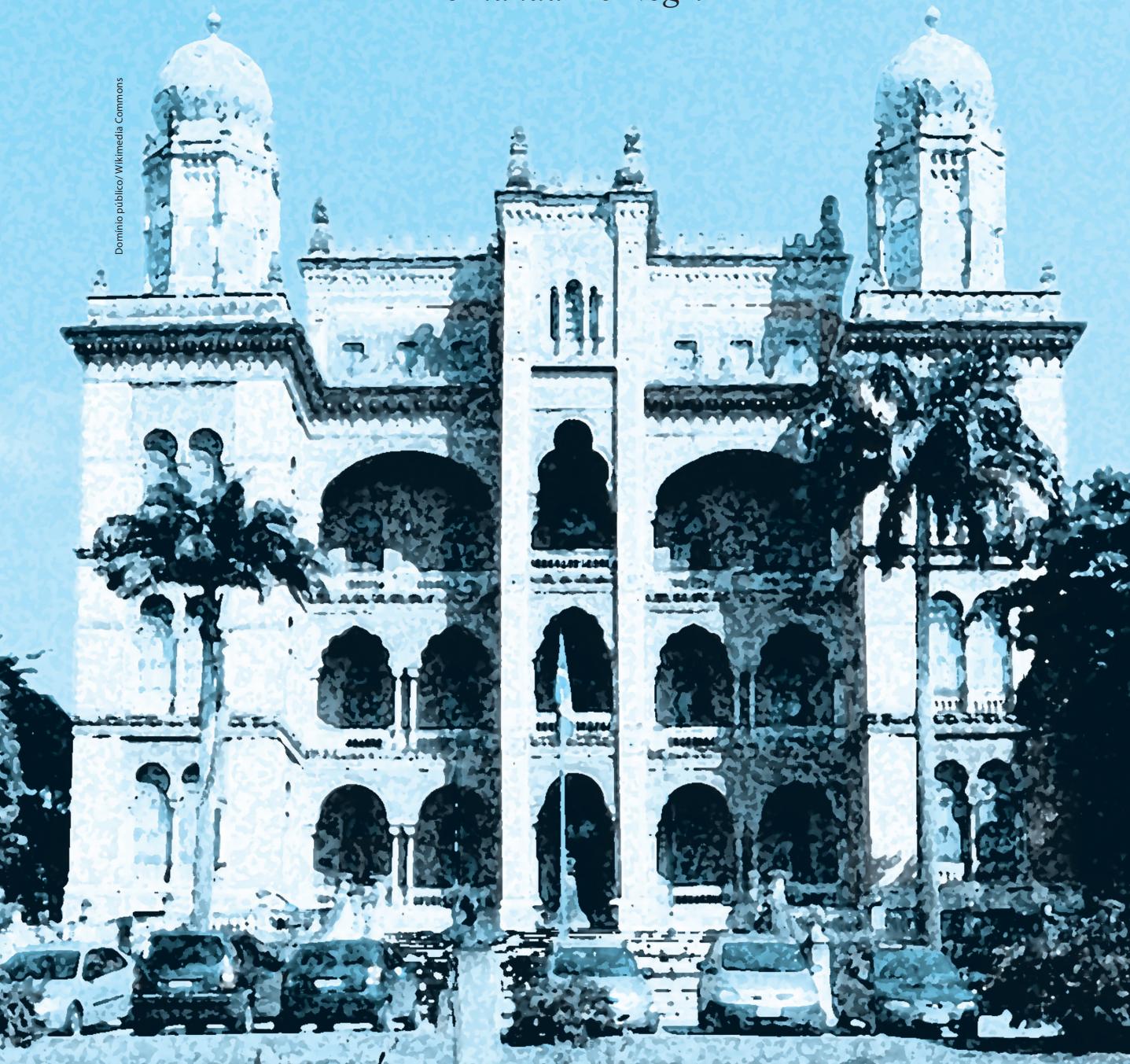
- ACSB and multiple signers. *San Francisco Declaration on Research Assessment (DORA)*. Retrieved August 31, 2022, from <https://sfdora.org/read/>.
- ARORA, A. et al. *The changing structure of American innovation: some cautionary remarks for economic growth*. 2019 (<http://www.nber.org/papers/w25893>).
- ARORA, A.; BELENZON, S.; SHEER, L. *Back to basics: why do firms invest in research?*. 2017 (<http://www.nber.org/papers/w23187>).
- BAAS, J. et al. "Scopus as a curated, high-quality bibliometric data source for academic research in quantitative science studies". *Quantitative Science Studies*, 1 (1), 2020, pp. 377-86.

- "BEYOND the science bubble". *Nature*, 391, 2017 (<https://www.nature.com/articles/542391a>).
- BORNMANN, L.; HAUNSCHILD, R.; MUTZ, R. "Growth rates of modern science: a latent piecewise growth curve approach to model publication numbers from established and new literature databases". *Humanities and Social Sciences Communications*, 8 (1), 2021.
- BRITO CRUZ, C. H. "Benchmarking university/industry research collaboration in Brazil", in E. B. Reynolds; B. R. Schneider; E. Zylberberg (eds.). *Innovation in Brazil: advancing development in the 21st Century*, 2019 (<https://doi.org/10.4324/9780429053092>).
- BRITO CRUZ, C. H. "Ciência fundamental: desafios para a competitividade acadêmica", 2010 (<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24512.61447>).
- BRITO CRUZ, C. H. "Ciência, tecnologia e desenvolvimento no Brasil", 2013 (<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11090.84166>).
- CALVERT, J.; PATEL, P. "University-industry research collaborations in the UK: bibliometric trends". *Science and Public Policy*, 30 (2), 2003, pp. 85-96 (<https://doi.org/10.3152/147154303781780597>).
- COLLEGE, L. *Snowball Metrics Recipe Book*, 2017 ([www.snowballmetrics.com](http://www.snowballmetrics.com)).
- EL-OUAHI, J.; ROBINSON-GARCÍA, N.; COSTAS, R. *Analyzing scientific mobility and collaboration in the Middle East and North Africa*, 2021 (<https://doi.org/10.1162/qss>).
- ELSEVIER. *What are the most used subject area categories and classifications in Scopus?*, 2022 ([https://Service.Elsevier.Com/App/Answers/Detail/A\\_id/14882/SupportHub/Scopus~/What-Are-the-Most-Frequent-Subject-Area-Categories-and-Classifications-Used-In/](https://Service.Elsevier.Com/App/Answers/Detail/A_id/14882/SupportHub/Scopus~/What-Are-the-Most-Frequent-Subject-Area-Categories-and-Classifications-Used-In/)).
- FAPESP. *Código de boas práticas científicas*, 2014 (<https://fapesp.br/boaspraticas/>).
- GLOBAL Research Council. *2019 GRC statement of principles: addressing expectations of societal and economic impact*, 2019.
- GUERRERO-BOTE, V. P. et al. "Comparative analysis of the bibliographic data sources dimensions and Scopus: an approach at the country and institutional levels". *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 5, 2021 (<https://doi.org/10.3389/frma.2020.593494>).
- HICKS, D. et al. "Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics". *Nature*, 520, 2015, pp. 429-30 (<https://www.nature.com/articles/520429a>).
- LETA, J.; BRITO CRUZ, C. H. "A produção científica brasileira", in E. B. Viotti; M. de M. Macedo (eds.). *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil*. Campinas, Editora da Unicamp, 2003, pp. 121-68.
- LETA, J.; CHAIMOVICH, H. "Recognition and international collaboration: the Brazilian case". *Budapest Scientometrics*, 53 (3), 2002, pp. 325-35.
- MARX, M.; FUEGI, A. "Reliance on science: worldwide front-page patent citations to scientific articles". *Strategic Management Journal*, 41 (9), 2020, pp. 1.572-94.
- McMANUS, C. et al. "International collaboration in Brazilian science: financing and impact". *Scientometrics*, 125 (3), 2020, pp. 2.745-72.
- McMANUS, C. et al. "Profiles not metrics: the case of Brazilian universities". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93 (4), 2021.
- McMANUS, C.; BAETA NEVES, A. A.; MARANHÃO, A. Q. "Brazilian publication profiles: where and how Brazilian authors publish". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92 (2), 2020, pp. 1-22.

- McMANUS, C.; BAETA NEVES, A. A. "Funding research in Brazil". *Scientometrics*, 126 (1), 2021, pp. 801-23.
- METRICAS.EDU – *University performance and international comparison*. Retrieved September 1, 2022 (<https://metricas.usp.br/en/>).
- MOED, H. F.; AISATI, M.; PLUME, A. "Studying scientific migration in Scopus". *Scientometrics*, 94 (3), 2013, pp. 929-42.
- NARIN, F.; HAMILTON, K. S.; OLIVASTRO, D. "The increasing linkage between U.S. technology and public science". *Research Policy*, 26, 1997, pp. 317-30.
- NARIN, F.; OLIVASTRO, D. "Status report: Linkage between technology and science". *Research Policy*, 1992, pp. 237-49.
- NARIN, F.; OLIVASTRO, D. "Technology indicators based on patents and patent citations", in *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*, 1988 (<https://doi.org/10.1016/b978-0-444-70537-2.50020-9>).
- NATIONAL Research Council (US); COMMITTEE on Responsibilities of Authorship in the Biological Sciences. *The Purpose of Publication and Responsibilities for Sharing*, 2003 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK97153/>).
- RIVEST, M. et al. *Dataset: Improving the Scopus and Aurora queries to identify research that supports the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs)* 2021. Elsevier BV (<https://doi.org/10.17632/9SXDYKM8S4.4>).
- ROBERGE, G.; KASHNITSKY, Y.; JAMES, C. *Elsevier 2022 Sustainable Development Goals (SDG) Mapping*. Mendeley Data, V1, 2022 (<https://elsevier.digitalcommonsdata.com/datasets/6bjy52jkm9>).
- SZOMSZOR, M.; ADIE, E. *Overton – a bibliometric database of policy document citations*, 2022 (<http://arxiv.org/abs/2201.07643>).
- "THE IMPACT of the State on Scientific Research". *Nature*, 122 (3062), 1928, pp. 1-3.
- TIJSEN, R. J. W. "Co-authored research publications and strategic analysis of public-private collaboration". *Research Evaluation*, 2012a (<https://doi.org/10.1093/reseval/rvs013>).
- TIJSEN, R. J. W. "Co-authored research publications and strategic analysis of public-private collaboration". *Research Evaluation*, 21 (3), 2012b, pp. 204-15 (<https://doi.org/10.1093/reseval/rvs013>).
- TIJSEN, R. J. W. "Universities and industrially relevant science: towards measurement models and indicators of entrepreneurial orientation". *Research Policy*, 35 (10), 2006, pp. 1.569-85 (<https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.09.025>).
- TIJSEN, R. J. W.; VAN LEEUWEN, T. N. "Measuring impacts of academic science on industrial research: a citation-based approach". *Scientometrics*, 66 (1), 2006, pp. 55-69.
- VISSE, M.; VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. "Large-scale comparison of bibliographic data sources: Scopus, Web of Science, dimensions, crossref, and Microsoft academic". *Quantitative Science Studies*, 2 (1), 2021, pp. 20-41.
- YIN, Y. et al. "Public use and public funding of science". *Nature Human Behaviour*, 2022 (<https://doi.org/10.1038/s41562-022-01397-5>).
- ZANOTTO, E. D. et al. "Internacionalização e pesquisa colaborativa", in *Fapesp 60 anos – A ciência no desenvolvimento nacional*. São Carlos, Editora Cubo, 2022, pp. 2-29.

# Financiando a ciência e a infraestrutura de pesquisa em tempos de crise

*Fernanda De Negri*



## resumo

Este artigo discute, a partir de diversos exemplos internacionais, a relevância da infraestrutura científica e tecnológica para o desenvolvimento dos países. São apresentados diversos modelos de organização de sistemas de C&T ao redor do mundo, nos quais esse tipo de infraestrutura desempenha papel-chave. No Brasil, as limitações dessa infraestrutura e de suas instituições são um componente a ser aprimorado para que a C&T desempenhe papel ainda mais relevante no desenvolvimento do país. Para isso, contudo, é preciso lidar com a restrição de recursos, que se tornou ainda mais severa nos últimos anos, quando o volume de investimentos públicos em C&T caiu drasticamente.

**Palavras-chave:** infraestrutura científica e tecnológica; desenvolvimento; crise.

## abstract

*This article discusses, based on several international examples, the relevance of scientific and technological infrastructure for the development of countries. Several models of organization of S&T systems around the world are presented, in which this type of infrastructure plays a key role. In Brazil, the limitations of this infrastructure and its institutions are a component to be improved so that S&T plays an even more relevant role in the country's development. To do this, however, it is necessary to deal with resource constraints, which have become even more severe in recent years, when the volume of public investment in S&T has dropped dramatically.*

**Keywords:** scientific and technological infrastructure; development; crisis.

**O** conhecimento tem todas as características do que os economistas chamam de bem público (Stephan, 1996): ele não se esgota ao ser utilizado, pelo contrário, quanto mais usado, maior é a produção de conhecimento. Seu uso por uma pessoa não impede a sua mesma utilização por outras e, além disso, não é possível

impedir o acesso ao conhecimento produzido. Além disso, o conhecimento gera externalidades positivas na forma de melhores condições de vida e ganhos de produtividade para toda a sociedade. Por definição, um bem com essas características não costuma ser produzido por empresas que visam ao lucro: qual o sentido em produzir um bem que poderá ser utilizado por todos, mesmo por aqueles que não tenham pago por ele? Essas características de um bem público fazem com que o Estado seja, por definição, o principal financiador da produção de conhecimento. Como fazer isso em países onde os recursos são escassos

e nos quais existem diversas outras prioridades a serem atendidas pelos investimentos públicos é uma questão crucial.

Parte dos investimentos públicos em ciência deve ser direcionada a formação e qualificação de cientistas, dado que o capital humano é requisito fundamental para a produção de conhecimento. Além disso, é preciso criar condições objetivas para que esse capital humano possa se desenvolver e produzir o conhecimento necessário ao desenvolvimento da sociedade. Essas condições passam pelo financiamento à pesquisa, mas também, às instalações onde essas pesquisas serão desenvolvidas.

Uma das deficiências dos sistemas de inovação em países pobres é a sua baixa diversidade institucional e a pouca disponibilidade de instalações de pesquisa de grande porte e internacionalmente competitivas. Os países desenvolvidos que lograram constituir

---

**FERNANDA DE NEGRI** é coordenadora do Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).

um sistema de inovação competitivo realizaram, ao longo de sua história, vultosos investimentos em infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica, o que não ocorreu nos países pobres na mesma magnitude.

Essa deficiência se reflete na menor capacidade de produzir ciência e conhecimento de alto impacto (científico ou tecnológico) e em dificuldades recorrentes no acesso a insumos e equipamentos de pesquisa. Também resulta na escassez de instituições com focos ou missões específicos, especializadas em resolver determinados problemas da ciência e da sociedade, como doenças específicas, novas fontes de energia, vacinas, entre outros. Do ponto de vista do aproveitamento do capital humano para a produção de conhecimento, essa relativa escassez de instituições de pesquisa fora das universidades, juntamente com baixos investimentos empresariais em P&D, resulta em poucas opções de inserção profissional para os cientistas e pesquisadores, que dependem fundamentalmente da carreira docente para exercer suas atividades de pesquisa.

Por todos esses fatores, o desenvolvimento de um sistema de inovação mais completo, complexo e institucionalmente diversificado é desejável, a fim de alavancar a produção de conhecimento e de novas tecnologias. O grande desafio, especialmente para países com poucos recursos orçamentários, é como constituir e manter uma infraestrutura de pesquisa moderna e diversificada.

## **A IMPORTÂNCIA DA INFRAESTRUTURA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

A disponibilidade de instalações de pesquisa robustas e de qualidade (labora-

tórios, plantas piloto, coleções, *data centers*, entre outros) é fundamental para o sucesso da produção científica e tecnológica dos países. Essa infraestrutura, voltada tanto para a pesquisa básica quanto para a pesquisa aplicada e a inovação, pode estar localizada em universidades ou, como é o caso de muitos países, em instituições de pesquisa não universitárias.

Vários autores analisaram a importância dessa infraestrutura para a ciência e para o desenvolvimento econômico dos países. Weinberg (1963) apontou a relevância da infraestrutura científica em diferentes campos do conhecimento, sugerindo que a existência dessa infraestrutura deveria ser, inclusive, um dos critérios relevantes para a seleção de projetos e alocação de recursos em pesquisas científicas. Rosenberg (1992) corroborou esse argumento, sustentando que os comprovados efeitos econômicos da infraestrutura de pesquisa científica deveriam ser levados em conta na alocação de recursos para equipamentos e instalações de pesquisa.

Para Tassey (1991), a infraestrutura científica e tecnológica tem um sentido amplo e compreende tanto tecnologias genéricas e informação técnica, quanto instalações de pesquisa, testes e ensaios, e é fundamental para a competitividade. Para o autor, essa infraestrutura pode ser provida por instituições públicas, privadas ou uma combinação de ambas, e sua constituição requer investimentos consideráveis. Freeman (2004), por sua vez, destaca o papel do investimento público na infraestrutura tecnológica como um elemento crucial para o desenvolvimento econômico.

No que diz respeito à pesquisa básica, Bush (1945) em seu documento *The end-*

*less frontier*, que norteou a política científica norte-americana no pós-guerra, já alertava tanto para o elevado custo de capital de algumas instalações de pesquisa quanto para a necessidade de investimentos públicos nessas áreas. Para ele, algumas áreas da ciência nas quais existe um agudo interesse público seriam inadequadamente providas se deixadas apenas com financiamento privado:

*“These areas – such as research on military problems, agriculture, housing, public health, certain medical research, and research involving expensive capital facilities beyond the capacity of private institutions – should be advanced by active Government support”.*

Ao falar de instalações de pesquisa com elevado custo de capital, Bush se referia ao que se convencionou chamar, posteriormente, de *big science* (Weinberg, 1961; Solla Price, 1963): projetos de pesquisa científica de grande porte, muitos voltados a estudar o funcionamento do Universo e da física e que demandavam elevados investimentos em instalações e laboratórios, tais como aceleradores de partículas, foguetes, grandes telescópios, entre outros.

Nesse sentido, o pós-guerra marcou uma inflexão nas políticas científicas do mundo desenvolvido, pela qual parcela significativa dos investimentos públicos em ciência passou a ser orientada não mais para pequenos grupos de pesquisadores, mas para projetos de pesquisa gigantescos, com a participação de centenas de cientistas, em grandes laboratórios, muitos deles construídos durante esse período. Muito dessa inflexão também foi

influenciada pelos resultados do projeto Manhattan e pelas aspirações militares dos países durante a Guerra Fria.

Mas não foi apenas nas áreas de defesa, nuclear, espacial e na física de altas energias que grandes projetos de pesquisa foram essenciais e revelaram descobertas científicas com impactos significativos na sociedade. O projeto Genoma, iniciado em 1990 e concluído em 2003, foi um gigantesco esforço colaborativo de pesquisadores do mundo todo para, pela primeira vez na história, sequenciar a quase totalidade do genoma humano.

De fato, os grandes laboratórios nacionais norte-americanos, por exemplo, construídos no contexto dos investimentos em *big science*, possuem impactos disseminados na sociedade. Para Tassey (1991), além de contribuir para o avanço da ciência básica, parcela crescente da pesquisa dos laboratórios nacionais, na época, vinha sendo direcionada ao desenvolvimento de novas tecnologias, em seus estágios iniciais, contribuindo para a ampliação do investimento industrial em inovação. Mais recentemente, Kinney (2007) analisou o impacto científico de diferentes instituições e demonstrou que muitos dos laboratórios nacionais, particularmente os vinculados ao Departamento de Energia e à Nasa, tinham indicadores de impacto científico similares aos das principais universidades norte-americanas e maiores do que a maioria delas.

Outra inflexão importante no modo de produzir conhecimento e nas políticas científicas e tecnológicas foi identificada por Gibbons et al. (1994). Os autores argumentavam que estava surgindo uma nova forma de produzir conhecimento, transformando o velho paradigma de produção científica

em disciplinas distintas com pouca comunicação entre elas. Nesse novo modelo, as questões de pesquisa relevantes teriam um componente aplicável mais forte, tornando-se assim mais responsivas às demandas da sociedade como um todo. Esse novo paradigma também seria transdisciplinar e mais diversificado, caracterizado inclusive pela emergência de novas instituições e agentes no processo científico. Nesse novo modo de produção de conhecimento, a comercialização da ciência e a sua avaliação, tanto em termos de seus resultados quanto de seus custos (*accountability*), passaram a ter mais relevância.

Os autores ressaltaram o crescimento e a diversificação das instituições científicas a partir do fim da Segunda Guerra. Além das universidades, argumentavam que cresceu o número de instituições públicas e privadas de pesquisa, laboratórios empresariais de P&D, *think tanks*, organizações não governamentais e toda uma gama de novas instituições, inclusive aquelas voltadas para a avaliação da produção científica. Ou seja, estava se ampliando o número de instituições nas quais o conhecimento poderia ser produzido, avaliado e disseminado para a sociedade. O diferencial dessas novas instituições não era apenas em relação ao seu tamanho, mas à sua função. Segundo os autores, a heterogeneidade dessas instituições também era marcada pela sua diferenciação em áreas e especialidades cada vez mais distintas, onde a recombiнаção e reconfiguração de áreas e subáreas de conhecimento formavam as bases de novas formas de conhecimento útil.

Nesse sentido, a heterogeneidade era não apenas institucional, mas também em

relação à diversidade de formações e competências necessárias para a produção de conhecimento. As fronteiras entre as disciplinas, como consequência, também foram se tornando mais fluidas. Um exemplo, citado pelos autores, é a biotecnologia, cujo estudo requer conhecimentos desenvolvidos e dominados por bioquímicos, microbiologistas e engenheiros químicos. A maior comunicação entre as instituições e pesquisadores, bem como a formação de redes de colaboração, nacionais e internacionais, para a pesquisa científica, também estaria se tornando mais comum e necessária ao progresso científico.

Não é exagero dizer que os autores identificaram, nesse trabalho, várias das tendências que se tornariam comuns na produção científica mundial até hoje e que têm sido analisadas por diversos outros estudos mais recentes. Novas institucionalidades voltadas às demandas sociais, maior colaboração entre cientistas, maior interdisciplinaridade, mais internacionalização e mais diversidade são características que têm sido associadas atualmente, por diversos estudos, a mais qualidade e maior relevância da produção científica.

Algumas dessas tendências explicam as razões pelas quais as instalações de pesquisa criadas na esteira dos investimentos em *big science*, assim como os grandes projetos de pesquisa, continuam tendo proeminência nos sistemas de C&T do mundo desenvolvido. Jacob e Hallonsten (2012) sintetizam algumas dessas razões, argumentando que, entre outras coisas, projetos científicos realizados em grandes instalações de pesquisa tendem a ser multidisciplinares e reunir, para sua execução, uma grande diversidade de ato-

res. A capacidade de adaptação dessas instituições a novas demandas sociais e à interação com a indústria também é ressaltada pelos autores, assim como a sua propensão a serem orientadas a missões específicas (Hallonsten & Heinze, 2012). Elzinga (2012) ressalta o importante papel dessas infraestruturas na internacionalização da ciência e na colaboração internacional entre os países, o que fez com que essas instalações, ao longo da história, também servissem como um instrumento de geopolítica.

## Experiências internacionais

Falar da importância da infraestrutura e da diversidade de instituições para a pesquisa, contudo, não diz respeito apenas à *big science*. Ou seja, a relevância da infraestrutura de pesquisa não se restringe apenas a grandes projetos de pesquisa e não é, ou não deveria ser, apenas preocupação dos países desenvolvidos. Vários países que ingressaram na corrida tecnológica muito tempo depois do pós-guerra, como a Coreia ou a China, também possuem planos de investimento em grandes infraestruturas de pesquisa e/ou em novas instituições capazes de fazer frente às crescentes demandas sociais.

A Alemanha foi um dos primeiros países a criar um sistema dual de pesquisa científica, no qual, além das universidades, institutos de pesquisa independentes teriam um papel crucial (Dusdal et al., 2020). A criação do Instituto Max-Planck em 1948, sucedendo à Sociedade Kaiser Wilhelm em 1911, foi um marco nesse processo. Max-Planck é uma rede

de institutos de pesquisa científica que, embora financiados pelo governo alemão e governos subnacionais, são independentes do governo e administrados por uma associação privada sem fins lucrativos. Além dele, existem outras três grandes organizações que constituem os pilares da pesquisa científica extrauniversitária na Alemanha. A Leibniz é uma associação composta de mais de 90 institutos de pesquisa independentes nas mais diversas áreas do conhecimento. A Associação Helmholtz reúne alguns dos maiores institutos de pesquisa do país, entre os quais muitas das grandes instalações de pesquisa alemãs tais como aceleradores de partículas e outras instalações de grande escala. Por fim, a Fraunhofer reúne mais de 70 institutos de pesquisa voltados, primordialmente, para a inovação e conta com um modelo de financiamento compartilhado entre governo e setor privado<sup>1</sup>.

Em 2010 existiam mais de 400 institutos de pesquisa não universitários na Alemanha, realizando pesquisa básica e aplicada, estando a maior parte deles sob o guarda-chuva dessas quatro grandes organizações (Dusdal et al., 2020). Além desses, ainda existem outras instituições menores, vinculadas ao governo ou a universidades, ou completamente independentes. Essas instituições não universitárias recebem aproximadamente 1/3 do orçamento público para C&T e pouco mais de 30% das publicações científicas do país (Robin & Schubert, 2013; Dusdal et al., 2020). Esse modelo dual de pesquisa

---

<sup>1</sup> Esse modelo foi emulado, no Brasil, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Industrial (Embrapii).

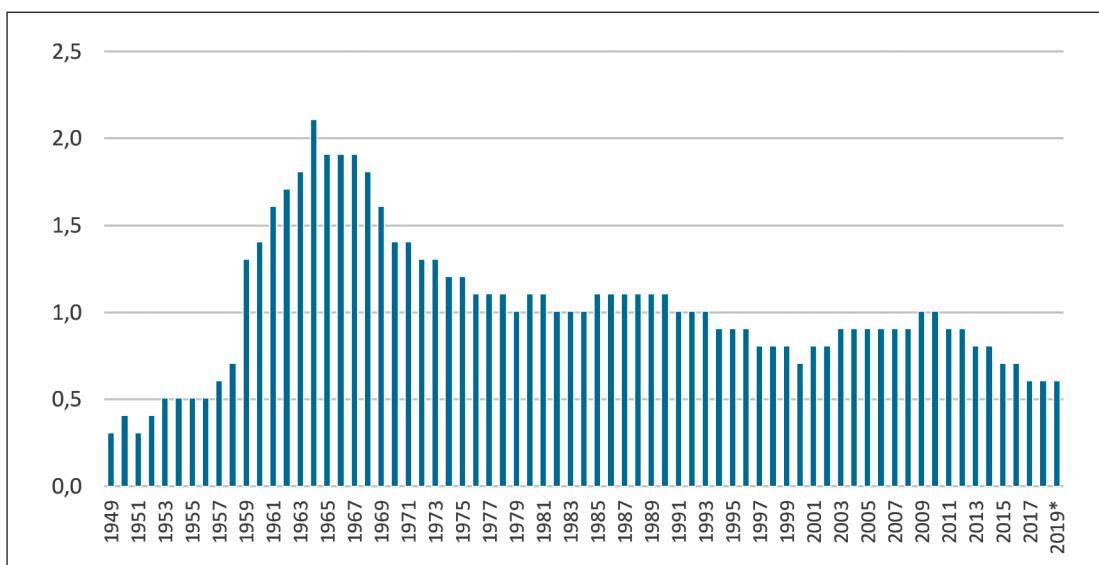
foi replicado, com variações, em diversos outros países, como EUA ou França (Dusdal et al., 2020). Na França, assim como na Alemanha, o sistema público de pesquisa inclui tanto laboratórios universitários quanto institutos públicos de pesquisa. São cinco as principais instituições públicas de pesquisa no país: o CNRS, responsável pela pesquisa básica em diversas áreas do conhecimento; o Inra, especializado nas ciências da vida e em aplicações agrícolas; o Inria, voltado para as ciências da computação; e o Inserm, responsável por pesquisas médicas e em saúde (Robin & Schubert, 2013), além do Instituto Pasteur, nas ciências biomédicas. Todas essas organizações possuem centros de pesquisa, autônomos ou em associação com universidades, espalhados por diversas partes do país, nos

quais os pesquisadores são dedicados apenas à pesquisa.

Os Estados Unidos seguiram o mesmo caminho da Alemanha logo após a Segunda Guerra Mundial, quando a maioria dos laboratórios nacionais foi criada, contando com vultosos investimentos públicos. No final dos anos 50, os investimentos do governo federal norte-americano em P&D deram um salto, passando de pouco mais de 0,5% do PIB para cerca de 2% do PIB (Gráfico 1). Este foi o período de criação de várias das instituições de pesquisa que hoje constituem o núcleo do sistema de ciência e tecnologia (C&T) norte-americano. Em 1958, foram criadas a Defense Advanced Research Projects Agency (Darpa) e a National Aeronautics and Space Administration (Nasa). Durante os anos seguin-

**GRÁFICO 1**

Despesas do governo federal em P&D nos EUA (em % do PIB): 1945 a 2019



\* estimativa

Fonte: Historical tables, Budget of the United States Government, Fiscal Year 2019 (Table 9.7 – Summary of Outlays for the Conduct of Research and Development). Disponível em: <https://www.govinfo.gov/features/budget-fy2019>

tes, também foram criados vários dos laboratórios nacionais (Westwick, 2003) vinculados ao Departamento de Energia. Esses laboratórios foram criados como Federally Funded Research and Development Centers (FFRDC): instituições de pesquisa financiadas pelo (e pertencentes ao) governo norte-americano, mas operadas e mantidas por instituições privadas, um modelo similar ao das organizações sociais brasileiras cuja criação, a propósito, se inspirou nos laboratórios nacionais norte-americanos. Segundo Hruby et al. (2011), os FFRDC começaram a ser criados nos anos 40 e em 1969 os EUA já dispunham de 74 dessas instituições, sendo que algumas delas foram fechadas posteriormente. Segundo os autores, essas instituições já nasceram com missões específicas e com foco em resultados.

No Reino Unido, os institutos públicos de investigação também são relevantes no sistema de investigação, recebendo cerca de 30 a 35 por cento dos fundos públicos atribuídos às universidades (Rossi & Athreye, 2021). São 35 estabelecimentos públicos de pesquisa (PSRE), cada um financiado por um departamento governamental específico ou conselho de pesquisa, e 26 institutos de pesquisa que fazem parte do Conselho de Pesquisa Médica.

Investimentos em um sistema complexo e diversificado de instituições de pesquisa não se restringiu, contudo, aos países desenvolvidos. A Coreia do Sul, mesmo retardatária na corrida tecnológica e no seu processo de desenvolvimento (lembremo-nos que, até o início dos anos 80, o PIB *per capita* brasileiro era superior ao da Coreia), também investiu fortemente na criação e diversificação de

suas instituições públicas de pesquisa. O Ministério da Ciência e Tecnologia Coreano foi criado nos anos 60, assim como o Korean Institute of Science and Technology (Kist), instituto público de pesquisa fundado em 1966 e até hoje uma das mais importantes instituições de pesquisa aplicada do país, com centros de pesquisa no país e no exterior.

Os anos 70 marcaram a consolidação e ampliação da infraestrutura científica e tecnológica do país, principalmente por meio da criação de outros *government research institutes* (GRI) (Bartzokas, 2008). Atualmente, existem cerca de 27 GRIs na Coreia (incluindo o Kist) em diversas áreas do conhecimento e voltados para pesquisa básica e/ou aplicada. Esses institutos empregam mais de 16 mil pesquisadores e recebem quase 40% de todo o investimento público em P&D do país (OECD, 2014). A exemplo de outros países do mundo, em 2012 o Ministério da Ciência e ICT coreano estabeleceu um programa (*roadmap*) de investimentos em grandes instalações de pesquisa no país.

Em síntese, atualmente, a maioria dos países desenvolvidos possui um sistema dual de ciência e tecnologia composto de universidades e institutos de pesquisa independentes. Embora financiados principalmente por orçamentos públicos, muitos desses institutos possuem modelos de gestão privados, sem fins lucrativos, ou um modelo misto. As instituições de pesquisa externas às universidades representam uma parte significativa, senão a maior parte, da pesquisa científica de ponta realizada nesses países e contam com vantagens como a multidisciplinaridade de suas equipes e a escala elevada de suas instalações de

pesquisa. Esse tipo de instituição costuma ter centenas ou milhares de pesquisadores, muitas vezes focados em pesquisas relacionadas ou em temas comuns, tais como os Institutos Nacionais de Saúde dos Estados Unidos, o que também lhes dá um sentido de missão específica que contribui para o avanço do conhecimento e para o atendimento a demandas sociais.

## **LIMITAÇÕES INSTITUCIONAIS DO SISTEMA DE C&T BRASILEIRO**

O Brasil ainda engatinhava na constituição de seu sistema de ciência e tecnologia e na criação do que hoje são suas principais instituições quando o mundo desenvolvido estava investindo em *big science* e construindo grandes instalações de pesquisa em novas instituições com missões específicas fora das universidades. As primeiras grandes universidades brasileiras só viriam a ser criadas nos anos 1930 (Schwartzman, 1979). O CNPq e a Capes, principais agências de fomento e responsáveis pela formação dos cientistas e pesquisadores brasileiros e pelo apoio à pesquisa nas universidades do país, foram ambos criados em 1951.

A Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), até hoje a principal agência de fomento à pesquisa científica e à inovação no Brasil, só foi criada em 1967 e teve papel relevante, junto com CNPq e Capes, na construção da pós-graduação no país. Dois anos depois, em 1969, foi criado o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), até hoje a principal fonte de recursos para pesquisa nas universidades, centros de pesquisa e

empresas brasileiras, cujas administração e execução ficaram a cargo da Finep, como sua secretaria executiva.

No que diz respeito às instituições de pesquisa brasileiras, as mais antigas foram o Instituto Butantan, um centro para pesquisa de venenos e produção de antídotos, criado em 1899, e o Instituto de Manguinhos, precursor da Fiocruz em 1900. Ambos tinham, e ainda hoje têm, como função primordial a produção de vacinas, o que significa que a pesquisa científica e tecnológica, embora fundamental, não representa a atividade principal dessas instituições.

Outras instituições de pesquisa de grande porte, voltadas a missões específicas, começam a ser criadas apenas nos anos 1970, a exemplo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD). A primeira e ainda única instalação de pesquisa de grande porte criada no Brasil comparável às instalações típicas da *big science* foi o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), que começou a ser construído no fim dos anos 1980 e que mais tarde deu origem ao Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM).

Embora o país tenha caminhado no sentido de diversificar suas instituições de pesquisa, fica patente que a complexidade do seu sistema de C&T é muito menor do que a do mundo desenvolvido. O resultado é que as principais instituições de pesquisa fora da universidade ainda representam pouco, tanto do orçamento público em C&T quanto da produção científica e

tecnológica do país. A maior instituição, em termos de orçamento, é a Embrapa, que recebeu, em 2018, um orçamento de aproximadamente R\$ 3,4 bilhões. A Fiocruz, por sua vez, tem um orçamento próximo a R\$ 2 bilhões, mas, desse total, menos de 15% (ou pouco mais de R\$ 300 milhões, em 2018) são relativos a investimentos em C&T. A maior parcela do seu orçamento se destina à produção de fármacos, biofármacos e vacinas para o Ministério da Saúde. As demais instituições, a maior parte vinculada ao MCTI, tais como o CNPEM, o Inpe, o Instituto de Matemática Pura e Aplicada, o Instituto de Pesquisa da Amazônia (Inpa), possuem um orçamento que, no seu conjunto, não é maior do que três ou quatro centenas de milhões de reais.

No período mais recente, o Brasil caminhou um pouco mais no sentido de diversificação de suas instituições. A criação da Embrapii, em 2013, foi um passo importante nesse processo. Apesar de não dispor de laboratórios próprios, a Embrapii atua como uma agência de fomento, emulando o mesmo modelo tripartite de financiamento (governo federal, setor privado e instituição de pesquisa) encontrado na Fraunhofer alemã. Sua constituição, contudo, não passou pelo investimento em novas instalações de pesquisa, mas pelo credenciamento de instituições e laboratórios já existentes, principalmente dos Institutos Senai de Inovação e de outros centros de pesquisa das universidades brasileiras.

O fato de termos poucas grandes instituições multidisciplinares focadas em desafios comuns e cuja principal missão é a pesquisa já foi apontado em livro publicado em 2016 (De Negri & Squeff, 2016),

pelo Ipea, onde identificamos 1.760 laboratórios em 180 instituições de ensino e pesquisa brasileiras, no mais amplo levantamento realizado sobre a infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica do país. O estudo mostrou que a maioria das instalações de pesquisa brasileiras são laboratórios pequenos dentro dos departamentos das universidades, onde trabalham, em média, quatro pesquisadores. A maior parte dessas instalações, mais de 1.300 laboratórios, custava, em valores da época, menos de R\$ 1 milhão. Esse foi o valor informado, pelos seus coordenadores, como o valor total do conjunto dos equipamentos e das instalações físicas dos laboratórios. Cerca de 50 laboratórios, apenas, tinham um valor total declarado acima de R\$ 10 milhões.

Esse tipo de estimativa autodeclaratória é por suposto impreciso, mas serve para termos uma dimensão da escala das instalações de pesquisa científica e tecnológica no país, que, sem sombra de dúvida, é pequena. São poucas as instalações multidisciplinares, abertas e multiusuárias, tais como os laboratórios nacionais norte-americanos ou os Institutos Max-Planck, para ficar apenas nesses dois exemplos. Mesmo o CNPEM, uma das grandes instituições de pesquisa brasileiras, tem cerca de 500 funcionários distribuídos nos seus quatro grandes laboratórios.

Uma das consequências de termos um sistema de C&T menos diversificado institucionalmente do que os países envolvidos é a menor competitividade e impacto da ciência brasileira *vis a vis* o resto do mundo. Em grandes instalações, os cientistas costumam ter à disposição um conjunto moderno de equipamentos

e instrumentos de pesquisa, bem como outros pesquisadores atuando em áreas complementares e/ou assessorias, o que aumenta a eficiência da pesquisa científica. É possível, nesse tipo de instalação de grande porte, dispor de profissionais a realizar tarefas auxiliares à pesquisa, desonerando os cientistas e pesquisadores de realizar todas as etapas de um projeto complexo. A disponibilidade de insumos de pesquisa também costuma ser maior, dada a maior eficiência e menor preço em compras centralizadas ou realizadas em grande escala. Para pesquisadores atuando em laboratórios pequenos, especialmente dentro das universidades públicas, o acesso a insumos costuma ser um desafio não desprezível.

Outra consequência importante dessa fragilidade institucional é que as trajetórias profissionais de cientistas e pesquisadores no país costumam ser limitadas em comparação com outros países. De modo geral, um cientista no Brasil tem principalmente a carreira docente à sua disposição, o que significa, na maior parte dos casos, precisar ser aprovado em um concurso para uma universidade pública. Em momentos de expansão do ensino superior, como foi o início dos anos 2000, as oportunidades aparecem com mais frequência. Em momentos de estabilidade ou enxugamento, as oportunidades profissionais tendem a escassear e aumenta a busca, por parte dos cientistas brasileiros, por oportunidades em outros países onde o sistema de produção de conhecimento é mais diversificado.

Em uma análise dos mais de 80 mil bolsistas egressos da Fapesp entre 2004 e 2018 (em todos os níveis), por exemplo,

encontramos apenas 56 mil no mercado formal de trabalho brasileiro em 2019. Destes, a grande maioria no setor de educação ou na administração pública. Em alguma medida, isso também é fruto do baixo investimento em pesquisa realizado pelo setor privado. Segundo a Pesquisa de Inovação (Pintec), as empresas brasileiras empregam apenas cerca de 59 mil pesquisadores em atividades de P&D e, nesse conjunto, apenas 11 mil pesquisadores pós-graduados, ao passo que há mais de 120 mil alunos de pós-graduação (mestrado e doutorado) no país.

É desejável, portanto, complexificar o sistema de C&T no país, investindo em novas instituições e em novas e modernas instalações de pesquisa de maior porte, capazes de produzir conhecimento de ponta e conectadas com as demandas da sociedade. Existe, contudo, um desafio crítico nessa direção: o financiamento à C&T no país. Investir em infraestrutura de pesquisa – mesmo não sendo em instalações gigantescas como grandes aceleradores de partículas ou telescópios – custa caro (vide o volume de recursos investidos pelos EUA no período de constituição de seus laboratórios nacionais). Além disso, a manutenção física dessas instalações, bem como a necessidade de pessoal qualificado trabalhando nelas, ampliaria de forma estrutural o gasto público em C&T.

## **AVANÇOS E RETROCESSOS NO FINANCIAMENTO À C&T NO BRASIL**

O financiamento à C&T no Brasil nunca alcançou a estabilidade de recursos requerida por uma política de estado

de longo prazo e desejada pelos cientistas e pesquisadores. Historicamente, esse financiamento se dá em saltos, com alguns momentos de bonança seguidos de longos períodos de escassez, nos quais se perde tanto o capital humano formado nos bons momentos quanto a capacidade institucional de aproveitar com eficiência o retorno do fluxo de investimentos.

A instabilidade do financiamento e a desconexão da produção científica com as necessidades de desenvolvimento tecnológico do setor produtivo brasileiro foi o diagnóstico que norteou a criação, no final dos anos 1990, dos fundos setoriais. O objetivo era prover o sistema de C&T brasileiro com uma fonte estável e crescente de recursos, que seriam derivados de uma série de contribuições e tributos setor-específicos. Essas contribuições seriam parcela dos *royalties* do petróleo, até hoje maior fonte de financiamento dos fundos, impostos sobre o pagamento de *royalties* a tecnologias estrangeiras (a Cide-Tecnologia), entre outros tributos setoriais que seriam vinculados aos investimentos em C&T, por meio de fundos com essa finalidade. Esses fundos, em seu conjunto, passariam a compor o FNDCT e seriam, assim como ele, administrados pela Finep. A partir dessas contribuições e tributos, a arrecadação de recursos para C&T teria mais estabilidade e, além do mais, cresceria na medida da elevação do PIB, gerando um fluxo previsível de recursos no longo prazo.

O que aconteceu, contudo, foi que ao longo dos anos, na medida em que cresciam os recursos arrecadados pelos fundos setoriais, o orçamento discricionário (aquele sujeito à livre decisão do

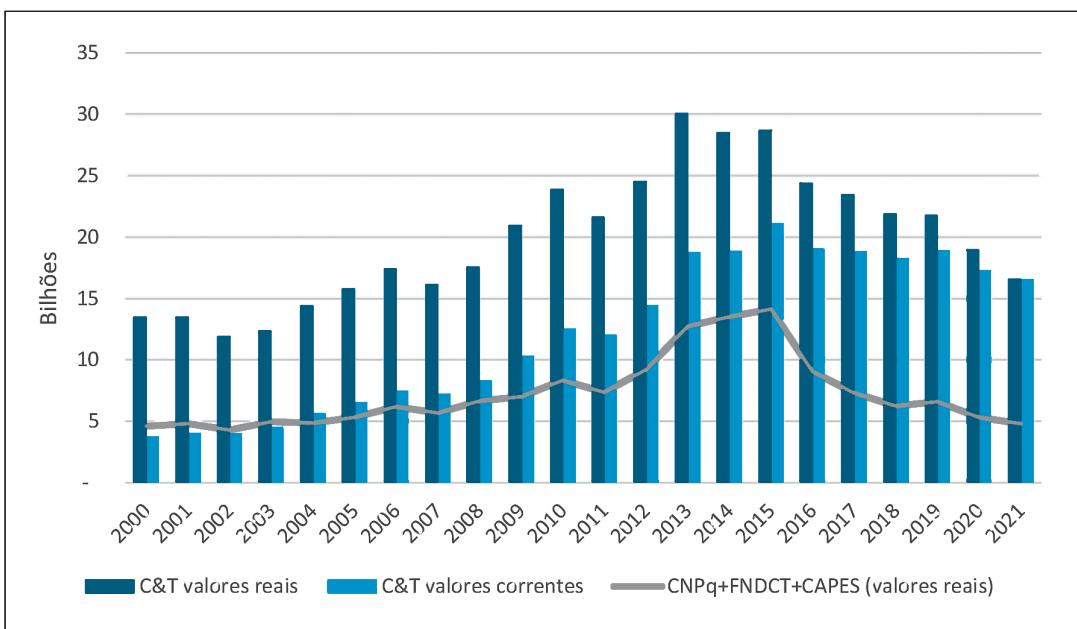
governo federal) alocado para a C&T foi se reduzindo. Ou seja, os fundos setoriais passaram a substituir os recursos anteriormente alocados para C&T. Isso ficou evidente quando, em 2012, calculamos a participação do MCTI no total dos recursos discricionários do orçamento global da União. Apesar do crescimento da arrecadação dos fundos setoriais, a participação do MCTI no bolo orçamentário se mantinha estável.

A partir de 2015, o país foi atingido por uma crise econômica que já pode ser considerada uma das maiores de sua história. A crise fiscal decorrente da crise de 2008 e o aumento descontrolado dos gastos públicos, especialmente em 2014, aliados a uma crise política sem precedentes, levaram o Brasil à recessão com um simultâneo aumento da dívida pública. Nesse cenário, a partir de 2015, os gastos públicos foram reduzidos acentuadamente, causando escassez de recursos em diversas áreas da administração pública. As políticas de C&T foram profundamente afetadas por essa redução de gastos, em vários momentos mais do que proporcionalmente a outras áreas. Ao cenário de aperto fiscal se sobreponês uma certa desconfiança generalizada em relação aos resultados da ampliação dos investimentos em C&T ocorridos ao longo da década. A crise de legitimidade dos investimentos em ciência e tecnologia adicionou um novo elemento a esse cenário contribuindo para reduzir ainda mais o volume de recursos disponíveis.

O Gráfico 2 mostra que, desde 2013, os investimentos federais em C&T vêm caindo significativamente em termos reais. De fato, após mais de uma década de

**GRÁFICO 2**

Investimentos federais em C&T no Brasil (valores liquidados em R\$ bilhões em 2021 e em valores correntes): 2000 a 2021



Fonte: Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (Siop). Valores liquidados, deflacionados pelo IPCA

Obs.: Detalhes metodológicos podem ser encontrados em De Negri (2021)

expansão relativamente consistente, os investimentos em C&T caíram mais de 40%, em termos reais, entre 2013 e 2021, atingindo patamar similar ao observado em 2005. Por mais que se leve em conta que os anos de 2013 a 2015 foram pontos fora da curva na tendência de investimento em C&T, em que os valores cresceram de forma muito mais acelerada do que nos períodos anteriores, ainda assim a queda observada desde então é drástica, especialmente se considerarmos a ampliação no número de universidades e cursos de pós-graduação ocorrida no período. Certamente, a ciência brasileira dos anos 2020 não cabe no orçamento de 2005.

Vale olhar com mais detalhes o que vem acontecendo com três fontes funda-

mentais de recursos para apoiar a produção científica e tecnológica do país: CNPq, Capes e FNDCT. Quase toda a pesquisa brasileira realizada em empresas, universidades ou instituições de pesquisa é financiada com recursos dessas três fontes. Mesmo as instituições de pesquisa vinculadas ao MCTI, ou Fiocruz e Embrapa, acabam demandando recursos adicionais de pesquisa e recorrendo a editais do FNDCT, além de bolsas de pesquisa e capacitação do CNPq e Capes. Essas três instituições, que já responderam por mais de 40% dos investimentos em C&T no país, hoje representam apenas 28% de um orçamento em declínio. O orçamento do CNPq e do FNDCT, juntos, é hoje menor do que era no iní-

cio dos anos 2000, quando os fundos setoriais, principal fonte de arrecadação do FNDCT, ainda não haviam sido criados. A Capes, por sua vez, em 2020, teve seu orçamento de volta aos níveis de 2011. Nesse cenário, é muito difícil imaginar qualquer avanço nos indicadores de inovação ou investimento privado em P&D no país.

Em janeiro de 2021 foi aprovada uma lei complementar proibindo o contingenciamento dos recursos do FNDCT, o que daria um novo fôlego ao financiamento da C&T no país. A despeito dessa proibição e embora os níveis de investimentos do fundo tenham crescido em 2022 (até agosto), outras manobras fiscais foram utilizadas para reduzir a execução do orçamento do FNDCT. A consequência dessa queda é conhecida: com recursos declinantes e dado que projetos de P&D são plurianuais, boa parte da execução orçamentária corrente se destina a pagar, mesmo que com atraso, projetos aprovados em exercícios anteriores. Isso significa que, virtualmente, nenhum projeto de pesquisa ou inovação se iniciou, com recursos públicos, no Brasil no período recente. Pesquisadores e cientistas recém-formados não encontram alternativas profissionais, ainda mais em um cenário de redução no número de concursos públicos, e acabam procurando outros países ou alternativas profissionais não vinculadas com sua formação. Perde-se capital humano, mas também se perdem competências institucionais construídas anteriormente, assim como equipamentos e instrumentos acabam ficando obsoletos em virtude da ausência de investimento e de manutenção.

## CAMINHOS PARA A DIVERSIFICAÇÃO DO SISTEMA DE C&T NO BRASIL

Para alcançar estabilidade e perenidade, o financiamento à C&T precisa, em primeiro lugar, vencer uma crise de legitimidade. A crise fiscal não vai se esvanecer imediatamente e mesmo o governo mais comprometido com ciência e tecnologia vai enfrentar dificuldades de ampliar os investimentos nessas áreas. Nesse sentido, é preciso que a sociedade, em última instância quem decide onde alocar os recursos escassos dos seus impostos, vislumbre os resultados do investimento em C&T, para além dos resultados difusos de ampliação da renda e da competitividade do país no longo prazo.

Destinar parcela dos investimentos em C&T a instalações de pesquisa abertas, multiusuários, com missões aderentes aos problemas da sociedade brasileira pode ser uma forma de aumentar a legitimidade desses investimentos. Existem demandas sociais prementes em áreas como saúde; mudanças climáticas; transição energética; Amazônia; entre outras. Novas instituições ou instalações de pesquisa deveriam estar comprometidas com esses desafios.

Tipicamente, a demanda pela construção de grandes instalações de pesquisa parte de cientistas interessados no tema que tentam convencer os *policy makers* da relevância daquela instalação e de seus impactos potenciais para a sociedade. Por vezes, essa ideia enfrenta resistência da própria comunidade científica, receosa de que os recursos antes destinados, de modo fragmentado, para o conjunto dos cientistas sejam parcialmente drenados

para um projeto caro e cujos benefícios talvez não sejam tão difusos.

Parte desses desafios pode ser superada por um planejamento de longo prazo para a infraestrutura científica brasileira que, em conjunto com a comunidade científica, elabore um *roadmap* de instalações necessárias para que o país possa produzir novas tecnologias em áreas estratégicas. Esse planejamento de longo prazo é necessário até mesmo para quantificar tanto os custos de investimento quanto de manutenção dessas instalações.

As fontes de recursos para esse tipo de investimento poderiam vir do próprio FNDCT, da ampliação da parcela destinada ao CT-infra, que atualmente financia investimentos fragmentados em diversos pequenos laboratórios nas universidades brasileiras. É possível e necessário aumentar a eficiência desses investimentos aprimorando seu modelo de governança e de avaliação de resultados. Além disso, existem recursos de programas obrigatórios de investimento em P&D por empresas de setores regula-

dos – os programas de P&D da Aneel e da ANP. Particularmente os recursos do setor de petróleo, que são significativos, mas instáveis pois variam muito com as oscilações nos preços internacionais do petróleo, poderiam ser utilizados para esse tipo de investimento. A depender do tipo de instalação e de sua finalidade, os custos de operação dessas instalações, em manutenção e pessoal, podem ser parcialmente financiados pelo setor privado, por meio de projetos de pesquisa ou até mesmo de serviços tecnológicos.

Existem diversos modelos de financiamento e operação desse tipo de infraestrutura pelo mundo que podem servir de inspiração para o Brasil. Mais relevante do que a forma de implementação, contudo, é a decisão de se apostar na ampliação e na diversificação do sistema de C&T brasileiro. Um sistema de C&T mais diverso, complexo e conectado com a sociedade é o caminho que vários países trilharam para aumentar a qualidade e o impacto social e econômico da sua produção científica e tecnológica.

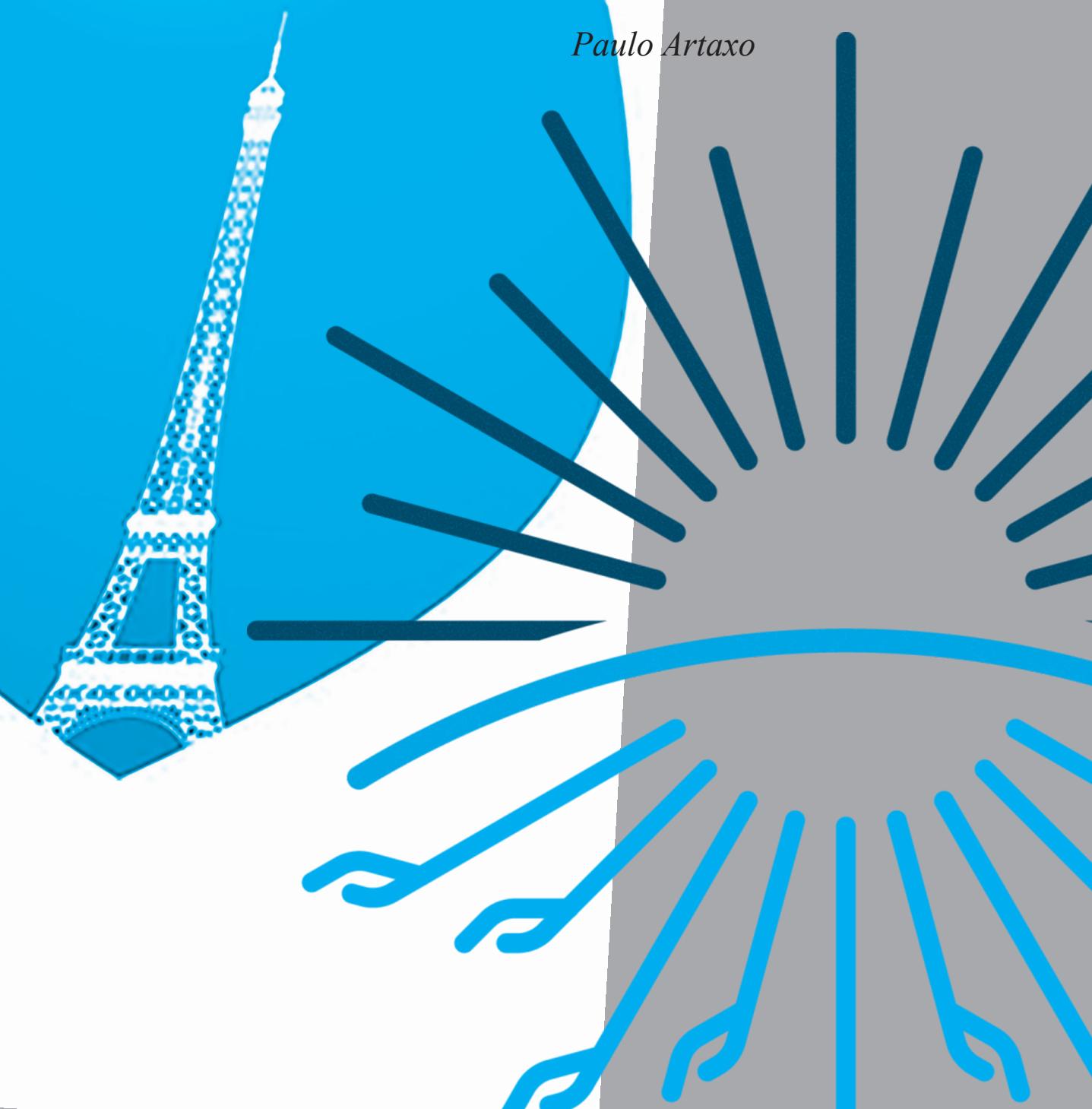
## REFERÊNCIAS

- BARTZOKAS, A. "Country Review Korea". *UNU-MERIT*, 2008 ([http://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download\\_en/korea.pdf](http://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/korea.pdf) Erişim 24).
- BUSH, V. "Science the endless frontier". Washington, United States Government Printing Office, 1945 (<http://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>).
- DE NEGRI, F. "Políticas públicas para ciência e tecnologia no Brasil: cenário e evolução recente", 2021 (<http://www.ipea.gov.br. http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10879>).
- DE NEGRI, F.; SQUEFF, F. de H. S. *Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil*. Ipea, 2016.
- DUSDAL, J. et al. "University vs. Research Institute? The Dual Pillars of German Science Production, 1950–2010". *Minerva*, 58 (3), 2020, pp. 319-42.
- ELZINGA, A. "Features of the current science policy regime: viewed in historical perspective". *Science and Public Policy*, 39 (4), 2012, pp. 416-28.
- FREEMAN, C. "Technological infrastructure and international competitiveness". *Industrial and Corporate Change*, 13 (3), 2004, pp. 541-69.
- GIBBONS, M. et al. *The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies*. Sage, 1994.
- HALLONSTEN, O.; HEINZE, T. "Institutional persistence through gradual organizational adaptation: Analysis of national laboratories in the USA and Germany". *Science and Public Policy*, 39 (4), 2012, pp. 450-63.
- HRUBY, J. M. et al. "The Evolution of Federally Funded Research & Development Centers", 2011 (<http://fas.org/pubs/pir/2011spring/FFRDCs.pdf>).
- JACOB, M.; HALLONSTEN, O. "The persistence of big science and megascience in research and innovation policy". *Science and Public Policy*, 39 (4), 2012, pp. 411-15.
- KINNEY, A. L. "National scientific facilities and their science impact on nonbiomedical research". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007 (<https://doi.org/10.1073/pnas.0704416104>).
- OECD. *OECD Reviews of innovation policy industry and technology policies in Korea*. OECD Publishing, 2014.
- ROBIN, S.; SCHUBERT, T. "Cooperation with public research institutions and success in innovation: Evidence from France and Germany". *Research Policy*, 42 (1), 2013, pp. 149-66.
- ROSENBERG, N. "Scientific instrumentation and university research". *Research Policy*, 21 (4), 1992, pp. 381-90.
- ROSSI, F.; ATHREYE, S. "United Kingdom", in A. Arundel; S. Wunsch-Vincent; S. Athreya (eds.). *Harnessing public research for innovation in the 21st Century: an international assessment of knowledge transfer policies*. Cambridge, Cambridge University Press, 2021, pp. 141-81.
- SCHWARTZMAN, S. *Formação da comunidade científica no Brasil*. Vol. 2. Rio de Janeiro, Companhia Editora Nacional, 1979.
- SOLLA PRICE, D. J. de. *Little science, big science – and beyond*. New York, Columbia University Press, 1963.

- STEPHAN, P. E. "The economics of science". *Journal of Economic Literature*, 34 (3), 1996, pp. 1.199-235.
- TASSEY, G. "The functions of technology infrastructure in a competitive economy". *Research Policy*, 20 (4), 1991, pp. 345-61.
- WEINBERG, A. M. "Impact of large-scale science on the United States". *Science*, julho, 1961.
- WEINBERG, A. M. "Criteria for scientific choice". *Minerva*, 1 (2), 1963, pp. 159-71.
- WESTWICK, P. J. *The national labs: science in an American system, 1947-1974*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 2003.

# Oportunidades e vulnerabilidades do Brasil nas questões do clima e da sustentabilidade

*Paulo Artaxo*



## resumo

As mudanças climáticas constituem um dos maiores desafios da humanidade hoje. É urgente entendermos como os ecossistemas brasileiros, a economia, a infraestrutura, as cadeias produtivas, a biodiversidade, a saúde, entre outros aspectos, estão sendo afetados pelas mudanças climáticas. O Brasil tem vantagens estratégicas enormes, como a possibilidade de reduzir fortemente as emissões de gases de efeito estufa, com ganhos importantes para a sociedade. Temos um potencial de geração de energia solar e eólica que nenhum outro país possui. Mas também temos vulnerabilidades, como um agronegócio dependente do clima e a geração de hidroeletricidade dependente da chuva. Temos também 8.500 km de áreas costeiras sensíveis ao aumento do nível do mar, e áreas urbanas vulneráveis a eventos climáticos extremos. Temos que construir uma socioeconomia mais justa e com clima e meio ambiente integrados de modo sustentável.

**Palavras-chave:** mudanças climáticas; cadeias produtivas, biodiversidade; socioeconomia.

## abstract

*Climate change constitutes one of the greatest challenges facing humanity today. It is urgent to understand how Brazilian ecosystems, the economy, infrastructure, production chains, biodiversity, health, among other aspects, are being affected by climate change. Brazil has enormous strategic advantages, such as the possibility of strongly reducing greenhouse gas emissions, with important gains for society. We have a potential for generating solar and wind energy that no other country has. But we also have vulnerabilities, such as climate-dependent agribusiness and rain-dependent hydroelectricity generation. We also have 8,500 km of coastal areas sensitive to sea level rise, and urban areas vulnerable to extreme weather events. We have to build a fairer socio-economy, with climate and environment integrated in a sustainable way.*

**Keywords:** *climate changes; production chains; biodiversity; socioeconomics.*

# A

ciência não tem dúvidas quanto ao fato de que as mudanças climáticas estão gerando impactos significativos para o Brasil e para o planeta como um todo (IPCC AR6 WGI, 2021). Seja com o aumento gradual de temperatura, ou de eventos climáticos extremos, como secas e inundações, a mudança climática já está conosco o tempo todo e agora, trazendo impactos importantes em nosso sistema socioeconômico (IPCC AR6 WGIII, 2022). As perspectivas que a ciência coloca para nossa sociedade é de que podemos ter um aquecimento planetário médio da ordem de 3 a 4 graus. Em áreas continentais, a estimativa é de um aquecimento de 4 a 5 graus (IPCC AR6 WGI, 2021). Isso vai comprometer o funcionamento de muitos ecossistemas, bem como o nosso próprio sistema produtivo e infraestrutura (IPCC AR6 WGIII, 2022). Inclusive, dificuldades importan-

tes para alimentar 10 bilhões de pessoas em 2050, em um clima menos favorável. É urgente entender claramente como os ecossistemas brasileiros, a economia, a infraestrutura, as cadeias produtivas, a biodiversidade, a saúde, entre outros aspectos, estão sendo afetados.

Aumentar a resiliência socioambiental é muito importante. Para além do potencial impacto nos ecossistemas, com boa vontade e governança colaborativa, as mudanças climáticas podem ser vistas como uma oportunidade para transformações socioeconômicas significativas e para agilizar o desenvolvimento tecnológico em diversos setores, incluindo indústria, agronegócio, sistemas de energia, transportes etc., buscando a transição para uma sociedade mais sustentável.

O Brasil está em condições de ser competitivo em uma economia de baixo carbono, desde que explore as possibili-

**PAULO ARTAXO** é professor do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

dades de transformar sua matriz energética com o uso de energias renováveis, eliminando o desmatamento e reduzindo as emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes do setor agropecuário. Também é necessário estimular, ao mesmo tempo, medidas como a restauração ecológica e a conservação da biodiversidade em todos os biomas brasileiros. Isso pode ser alcançado sem comprometer o crescimento econômico e promovendo a redução da desigualdade social, devido a algumas vantagens estratégicas que temos no nosso país.

O país mostra vulnerabilidades importantes nas áreas ambiental e climática (Artaxo et al., 2022a). O observado aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos tem impactado sobremaneira nossa população, a economia, o funcionamento dos ecossistemas, a produção agrícola, a infraestrutura costeira, a disponibilidade de recursos hídricos, entre muitos outros efeitos. Particularmente nas cidades costeiras, a alta densidade populacional, deficiências infraestruturais, altos níveis de poluição, degradação de rios e áreas úmidas, combinados com os efeitos negativos das mudanças climáticas, como elevação do nível do mar e ocorrência de eventos extremos, ameaçam importantes atividades socioeconômicas dependentes dos oceanos, como turismo, pesca e comércio internacional.

Outras vulnerabilidades importantes são um agronegócio e a geração de hidroeletricidade dependentes de chuva e clima, e algumas regiões, principalmente o Nordeste, em processo de desertificação. As previsões de redução nas precipitações sobre o território brasileiro,

particularmente no Nordeste, no Brasil central e na Amazônia, devem ser motivos de preocupação sobre como poderemos nos adaptar ao novo clima.

## **INTERAÇÕES ENTRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E OS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS**

Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), as emissões globais de gases de efeito estufa devem cair pelo menos 7% ao ano, entre 2021 e 2030, e zerar as emissões em 2050, para afastar a chance de colapso climático, estabilizando o aquecimento global em 1.5°C. Entretanto, as emissões, ao longo dos últimos anos, estão, na verdade, aumentando globalmente cerca de 2% a 4% ao ano. As mudanças climáticas interagem com múltiplos estressores sociais e ambientais, intensificando seus impactos sociais e econômicos.

Populações vulneráveis vivendo em encostas, que podem perder a vida em uma única chuva forte, são apenas um dos muitos exemplos. Outro com risco de ser afetado é o agricultor que tem sua pequena propriedade familiar e é obrigado a abandonar as poucas cabeças de gado e a roça devido a uma seca prolongada. Muitas dessas dimensões das mudanças climáticas e suas interações sociais precisam ser mais bem compreendidas por meio de uma estreita colaboração entre diversas áreas de pesquisa na academia e de múltiplos atores sociais, incluindo lideranças políticas, organizações não governamentais, grupos sociais, comunidades e minorias.

Os três relatórios mais recentes do IPCC, lançados em 2021 e 2022 (IPCC AR6 WGI 2021; IPCC AR6 WGII 2022; IPCC AR6 WGI 2022), mostram o quanto o Brasil, particularmente, é vulnerável às mudanças climáticas. O aquecimento médio observado no país, nas últimas décadas, é significativamente maior do que o aquecimento médio do planeta, pois as áreas continentais se aquecem mais do que as áreas oceânicas, que estão incluídas na média mundial. Nos últimos vinte anos, extremos climáticos registrados em todas as regiões brasileiras enfatizaram a necessidade de soluções para minimizar os problemas socioeconômicos decorrentes de secas fortes e frequentes e inundações em grandes áreas, inclusive áreas urbanas.

O nosso modelo econômico, baseado no agronegócio, também é particularmente vulnerável a alterações nos padrões pluviométricos e nos padrões e aumento dos extremos climáticos. Quanto e quando chove são fundamentais para a produtividade agrícola, podendo trazer insegurança alimentar e instabilidade econômica para a população brasileira. Vale ressaltar que nosso país também apresenta insegurança energética, dada a vulnerabilidade da geração de energia hidrelétrica aos padrões de chuva. Observamos que a seca no Brasil central em 2021 afetou o custo da eletricidade, pois várias termelétricas foram ativadas e estas geram eletricidade com custo mais alto que as hidroelétricas. O Brasil tem 8.500 km de áreas costeiras, incluindo várias grandes cidades, tornando-o vulnerável à elevação do nível do mar e à acidificação marinha, que afetam a economia baseada em recursos pesqueiros.

Vemos como fundamental ajudar o país a desenvolver estratégias baseadas na ciência para que o Brasil possa cumprir suas obrigações internacionais (como as Contribuições Nacionalmente Determinadas – NDC, na sigla em inglês) associadas ao Acordo de Paris e à Agenda 2030. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

<b>1</b> ERRADICAÇÃO DA POBREZA 	<b>2</b> FOME ZERO E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL 	<b>3</b> BOA SAÚDE E BEM-ESTAR 	<b>4</b> EDUCAÇÃO DE QUALIDADE 	<b>5</b> IGUALDADE DE GÉNERO 	<b>6</b> ÁGUA LIMPA E SANEAMENTO 
<b>7</b> ENERGIA ACESSÍVEL E LIMPA 	<b>8</b> TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO 	<b>9</b> INDÚSTRIA, INovação E INFRAESTRUTURA 	<b>10</b> REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES 	<b>11</b> CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS 	<b>12</b> CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS 
<b>13</b> AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA 	<b>14</b> VIDA NA ÁGUA 	<b>15</b> VIDA TERRESTRE 	<b>16</b> PAZ, JUSTIÇA E INSTITUIÇÕES EFICAZES 	<b>17</b> PARCERIAS E MEIOS DE IMPLEMENTAÇÃO 	<b>OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL</b> 

tável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), ilustrados na Figura 1, fornecem um arcabouço de como nossa sociedade pode se tornar mais sustentável e, ao mesmo tempo, mais justa e resiliente. A ação contra a mudança do clima é o ODS 13, mas muitos dos demais ODS são impossíveis de serem cumpridos sem um clima estável e previsível, além de dependerem de um sistema econômico mais justo, que respeite os limites propiciados pelos recursos naturais finitos e que leve em consideração a questão da justiça climática.

O Brasil é um dos signatários da Agenda 2030, que estruturou os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, que são a peça central da construção de uma nova sociedade, mais sustentável, justa e resiliente. A implementação de medidas econômicas, sociais e ambientais para que nossa sociedade possa atingir os 17 ODS deve ser uma prioridade nesta década.

## **OS COMPROMISSOS BRASILEIROS NA AGENDA CLIMÁTICA**

Em 2016, o Brasil ratificou o Acordo de Paris, comprometendo-se a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025, e em 43% até 2030, em comparação com emissões verificadas em 2005, e eliminar o desmatamento ilegal da Amazônia. O país também se comprometeu a aumentar a participação da bioenergia na sua matriz energética para 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar uma participação de

45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030, além de uma redução em 10% do consumo de eletricidade (105 TWh em 2030).

Tornar-se neutro em emissões de carbono em 2050 também é um dos nossos compromissos, assim como recuperar uma área de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas por meio do manejo adequado e adubação. São metas que exigirão esforços consideráveis da ciência e da sociedade brasileira. Na COP26, em Glasgow, em 2021, o Brasil adicionalmente se comprometeu a reduzir suas emissões de metano em 30% até 2030, e eliminar o desmatamento da Amazônia até 2028.

Importante salientar que esses compromissos da agenda climática vão na direção de alcançarmos os 17 ODS e trabalhar na direção da preservação de nossa biodiversidade. Eles são essenciais na construção de um novo Brasil, mais sustentável e justo. Todo os ODS podem ser atingidos, mas precisamos da governança necessária para implementar essas medidas. Em particular, voltarmos a ter órgãos fiscalizadores efetivos e uma maior regulação do sistema fundiário e das atividades agropecuárias.

## **INTEGRANDO A PROTEÇÃO DA BIODIVERSIDADE À MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Estamos em plena era do Antropoceno, na qual o homem é um dos principais agentes transformadores. O crescimento da população humana mundial, que poderá alcançar entre 9 e 10 bilhões de pessoas em 2050, nos coloca frente a um dos maiores desafios

do século XXI: manter a provisão da qualidade ambiental e possibilitar acesso justo a recursos básicos, como água, alimentos e energia, garantindo a segurança e equidade em um cenário de mudanças climáticas e desigualdades sociais. Esta questão é bem trabalhada no último relatório do Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES, 2019), que coloca o colapso dos serviços ecossistêmicos na agenda ambiental.

Os serviços ecossistêmicos englobam todos os materiais que nós consumimos provados pelos ecossistemas, sejam alimentos (frutos, raízes, animais, mel, vegetais), matérias-primas para construção e combustível (madeira, biomassa, óleos de plantas), água potável (qualidade e quantidade) e recursos genéticos, entre outros. A resiliência dos ecossistemas e sua capacidade de reagir a mudanças estão sujeitas, em grande parte, à sua biodiversidade.

As alterações observadas na temperatura e na chuva já estão impactando o funcionamento dos ecossistemas em praticamente todas as regiões do nosso planeta. Mudanças climáticas podem, por exemplo, levar a desencontros entre a época da floração e a atividade dos polinizadores, afetando a produtividade de culturas e de ecossistemas naturais, com consequências ainda imprevistas para a manutenção da biodiversidade e da produção de alimentos. Também perturbam os padrões ecossistêmicos da fotossíntese e da produtividade, podendo modificar os ciclos hidrológicos e a dinâmica do ciclo do carbono.

Os efeitos sinérgicos da mudança do uso da terra, incluindo a fragmentação e redução de vegetação nativa e mudanças do clima, podem aumentar a ação de pragas, redu-

zindo os polinizadores e exigindo medidas de mitigação ou adaptação para garantir a produtividade de muitas culturas alimentares no Brasil e ao redor do mundo. A vulnerabilidade da nossa biota e ecossistemas aumenta significativamente e em consequência reduz a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos associados, que são vitais para nosso país.

Na Amazônia, o aumento da produção de biomassa, a aceleração do ciclo de vida das árvores e alterações na distribuição e abundância de espécies estão entre as mudanças relacionadas ao efeito fisiológico da elevação de CO<sub>2</sub> atmosférico, que são também influenciadas pela disponibilidade de nutrientes nos solos, em particular o fósforo. Em nossa vasta plataforma continental oceânica, nosso conhecimento é ainda mais restrito, em decorrência da falta de programas de monitoramento e das especificidades dos estudos nesse ambiente. No ambiente marinho, o aquecimento da água tem promovido a migração de espécies e estoques pesqueiros para maiores latitudes.

Para melhorar a detecção e atribuição dos efeitos das mudanças climáticas na biodiversidade e ecossistemas brasileiros, é fundamental melhorar nosso entendimento dos serviços ecossistêmicos relacionados e analisar possíveis respostas a cenários futuros de aquecimento, prevendo e sugerindo medidas de mitigação e adaptação e procedimentos de remediação.

## **OS DESAFIOS BRASILEIROS EM SETORES-CHAVE NESTA TRANSFORMAÇÃO**

O Brasil tem um perfil de emissão de GEE muito peculiar e diferente da

maior parte dos países desenvolvidos. O Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima (Seeg) mostra que os setores que mais emitiram GEE são: mudança de uso do solo (46%), agropecuária (27%), energia (18%), processos industriais (5%) e resíduos (4%). O setor de transporte está incluído na componente de energia. Na maior parte dos países, as emissões são dominadas pela queima de combustíveis fósseis para geração de eletricidade e no setor de transporte. O total das emissões brasileiras atingiu em 2021 cerca de 2,16 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes.

## A questão energética

Na escala planetária, cerca de 75% das emissões globais de GEE estão associados à produção de energia e ao setor de transporte. Os desafios científicos e tecnológicos para reduzir emissões e manter o aquecimento global máximo em 2 graus Celsius, como estabelecido pelos países signatários do Acordo de Paris, implicam grandes transformações globais na produção e uso de energia, em particular nos setores de geração de eletricidade por termelétricas e em transportes. O Brasil tem importantes vantagens estratégicas na área energética, pois uma parcela significativa de nossa matriz energética vem de fontes renováveis, como a hidroeletricidade e biocombustíveis, e possuímos grande potencial de utilização das energias eólica (*onshore* e *offshore*) e solar. Entretanto, as emissões de GEE do setor energético brasileiro dobraram de 1990 a 2019, devido

ao aumento da queima de combustíveis fósseis, para geração por termelétricas.

Incorporar o potencial de redução de emissões ao atual sistema energético nacional requer desenvolvimento de novos modelos de geração, distribuição e tarifação de energia, e incentivos para que o uso de energia renovável seja ampliado, em especial para a geração eólica e solar. Novas oportunidades de criação de empregos, novos negócios e novas cadeias de suprimento com novas tecnologias poderão surgir. Ao mesmo tempo e na direção oposta, há interesse crescente na incorporação de novas parcelas de combustíveis fósseis, especialmente de gás natural e petróleo oriundos da exploração do pré-sal.

A aparente contradição entre a evolução para as energias renováveis e a exploração do pré-sal pode ser resolvida por meio de estratégias de utilização do gás natural como um combustível de transição, possibilitando a inserção gradativa de grandes blocos de energia intermitente. São necessários esforços para melhor compreensão dos impactos de mudanças em tecnologias e políticas energéticas no que se refere à maior resiliência da economia brasileira e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões de GEE da geração elétrica.

## MUDANÇAS DE USO DO SOLO E AGROPECUÁRIA

Sem dúvida alguma, a questão do desmatamento da Amazônia e sua ligação com a expansão da agropecuária são questões centrais para o Brasil. Depreende-se da análise dos dados do Seeg que a ati-

vidade rural ainda responde pela imensa maioria das emissões do Brasil. Quando se soma o total emitido por mudança de uso da terra e as emissões totais da agropecuária, a maior parte delas do rebanho bovino, conclui-se que 73% das emissões nacionais estão direta ou indiretamente ligadas à produção rural e ao desmatamento da Amazônia.

O Brasil, com um forte agronegócio e taxas altas de desmatamento da Amazônia e Cerrado, está no centro da questão de redução do desmatamento. Por outro lado, o das vulnerabilidades, o clima é um fator significativo na produtividade agrícola, e um dos setores que podem ser muito impactados é exatamente a produção agrícola e a pecuária. Temos um potencial de perdas de produtividade agrícola devido às alterações no regime de chuvas e aumento de temperatura.

As implicações para o manejo e renda de propriedades agrícolas dependem de combinações de adaptações incrementais (agricultura de precisão, sensoriamento remoto etc.), adaptação sistêmica (conservação de solo e água, diversidade genética etc.) e adaptações transformativas (sistemas agrícolas complexos, agroecologia, agroflorestamento etc.). Em todos os casos, efeitos benéficos ou deletérios podem existir, o que requer estudos comparativos em várias escalas. Um dos desafios é desenvolver uma agricultura mais eficiente e resiliente, reduzindo drasticamente novas expansões sobre áreas de vegetação nativa, como a Amazônia e o Cerrado, e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões.

Ações para a redução das emissões de óxido nitroso ( $N_2O$ ) e metano ( $CH_4$ ) no setor agropecuário é questão primordial.

A Embrapa está liderando um grande projeto de desenvolvimento de agricultura de baixo carbono, o chamado programa ABC<sup>1</sup>, que inclui ampliar a utilização do Sistema Plantio Direto (SPD) em 8 milhões de hectares e aumentar a adoção de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e de Sistemas Agroflorestais (SAFs) em 4 milhões de hectares.

O trabalho nessa área deve contemplar pesquisas interdisciplinares, ressaltando os aspectos da busca integrada do equilíbrio em relação à produção agropecuária e conservação ambiental. Por exemplo, para os pequenos produtores, esses impactos das mudanças climáticas podem representar uma questão de sobrevivência, enquanto para os grandes produtores os impactos se reverberam pelo sistema socioeconômico do país. Essas duas situações demandam olhares diferentes de pesquisa/investigação. O sistema MapBiomas de mapeamento da cobertura do solo de nosso país é um excelente exemplo de esforços em tornar transparente e com fácil acesso à sociedade o impacto das mudanças do uso do solo para todo o território nacional<sup>2</sup>.

O Brasil precisa manter a alta produtividade agrícola em um clima em rápida mudança, e esta tarefa não será fácil. Isso inclui avaliação da resiliência, da plasticidade e da capacidade de coexistência entre ecossistemas nativos e sistemas de produção agropecuários e florestais. As

1 Ver: <https://www.embrapa.br/tema-agricultura-de-baixo-carbono/sobre-o-tema>.

2 Ver: <https://mapbiomas.org/>.

pesquisas devem buscar: 1) novas tecnologias (incluindo melhoramento genético), aprimorando a agricultura, levando em conta as dinâmicas relacionadas ao contínuo água-solo-atmosfera, incluindo resiliência das zonas críticas; 2) desenvolvimento de sistemas avançados de apoio à tomada de decisão, incluindo modelagem numérica de tempo, clima e ambiental, plataformas avançadas de informação, e integração da modelagem biofísica aos modelos socioeconômicos; 3) métodos avançados de implementação de novas tecnologias visando ao incremento da produtividade agropecuária com melhores práticas de manejo do solo e da produção, e agricultura de baixo carbono; 4) analisar a evolução dos padrões de uso do solo, incluindo padrões de desmatamento e verificação do cumprimento das NDC do Acordo de Paris; 5) pesquisas sobre os impactos na agricultura, incluindo perspectivas em paisagens multifuncionais, voltadas a soluções sustentáveis ao setor de produção agropecuária.

## **IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA SAÚDE**

O Brasil apresenta uma complexa heterogeneidade nas suas regiões, com variada distribuição espacial e temporal de determinadas doenças e grande diversidade social, cultural, ecológica e climática que impactam na resiliência individual e coletiva das populações expostas às mudanças climáticas. Os impactos na saúde resultantes das alterações climáticas globais dependerão do estado geral de saúde das populações expostas, que, por sua vez, dependem de condições

dos determinantes sociais da saúde, como a cobertura de saúde universal, a governança socioambiental, políticas públicas e os rumos do modelo de desenvolvimento do país. O clima tropical e as alterações ecossistêmicas favorecem o desenvolvimento de patógenos.

Também caracteriza nosso país uma grande diversidade de animais silvestres que, por sua vez, hospedam múltiplos e diferentes microrganismos, muitos destes considerados agentes etiológicos de doenças, tanto para os animais quanto para o homem. Como parte do ciclo de transmissão de inúmeros parasitos, a saúde humana está intimamente ligada à saúde dos animais silvestres. As alterações ambientais, incluindo as mudanças climáticas e a perda da biodiversidade, são fatores determinantes para a emergência de doenças oriundas de animais silvestres. Em geral, doenças infecciosas crescem em incidência com maiores temperaturas. Os ecossistemas preservados e em equilíbrio têm um papel importante para a dinâmica e controle de doenças zoonóticas e infecções transmitidas por vetores.

Cerca de 60% das doenças infecciosas circulam entre animais e humanos (zoonoses) e estima-se que 72% dessas sejam causadas por patógenos com origem na vida silvestre. É de amplo conhecimento que a diversidade de vírus (incluindo coronavírus), bactérias e outros agentes patógenos segue o mesmo padrão espacial da diversidade de plantas e animais, o que faz do Brasil o maior repositório desses seres vivos.

As mudanças ambientais globais têm consequências diretas para o avanço dos patógenos, que geram impactos tanto para a saúde pública quanto para a conservação da fauna. Dentre eles, podem ser apontados os agentes etiológicos da malária,

febre amarela, tuberculose, toxoplasmose, leptospirose, febres hemorrágicas, raiva, brucelose, doença de Chagas, das doenças causadas pelos vírus oropouche, mayaro, ebola e o coronavírus sars-cov-2, dentre tantos outros. As doenças arboviraes, como dengue, zika, chikungunya e febre amarela, são as principais ameaças das mudanças globais à saúde pública.

São também observados impactos de fungos, com micoses descritas em climas tropicais passando a ocorrer em climas temperados. Temos também o impacto do calor na maior proliferação e crescimento de larvas de insetos vetores de doenças virais que causam febres hemorrágicas. A maior temperatura favorece o desenvolvimento de fungos que afetam tanto a saúde quanto a segurança alimentar, no armazenamento e transporte de alimentos. Esses agentes patogênicos, entre outros, provocam impactos importantes na saúde e na sociedade.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estruturou o conceito *“One world, one health”*, que integra políticas de saúde humana, animal e ambiental. Tem o objetivo de ampliar a visão e as ações para o enfrentamento dos desafios da prevenção de epidemias e epizootias e manutenção da integridade ecossistêmica em benefício humano e da biodiversidade que os suportam. A pandemia de covid-19 causada pelo coronavírus sars-cov-2 mostrou a relevância dessa abordagem.

## A QUESTÃO URBANA E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Cerca de 84% de nossa população vive em áreas urbanas em 2022. Mui-

tas de nossas cidades concentram áreas altamente suscetíveis aos impactos mais severos das alterações climáticas, como elevação do nível médio do mar (em cidades costeiras), eventos extremos de precipitação (inundações) e intensificação do aumento da temperatura pela ilha de calor urbana. Episódios recentes relacionados a esses eventos evidenciam que as alterações na distribuição, intensidade e frequência geográfica dos riscos relacionados às condições meteorológicas ameaçam exceder as capacidades das cidades brasileiras de absorverem perdas e recuperarem-se dos impactos.

Esses impactos tendem a exacerbar os riscos comumente existentes nas cidades brasileiras, bem como as inadequações nas capacidades dos governos locais para tratar da infraestrutura inadequada e no oferecimento de serviços básicos necessários, agravando as condições de vulnerabilidade de determinados grupos sociais e comunidades. Assim, as estratégias de mitigação e adaptação nos centros urbanos devem considerar aspectos como habitabilidade, conforto térmico, saúde, mobilidade, planejamento urbano, transportes, acesso à água e energia, entre outros aspectos.

Nas áreas urbanas, o uso do solo e as emissões antropogênicas de gases e partículas alteram o clima local. Esse entendimento é ainda mais crítico considerando-se o crescimento rápido dos assentamentos urbanos e o próprio processo de urbanização desordenada que caracteriza, em geral, a maioria das cidades brasileiras. Ainda que apresentem suas especificidades, em comum os municípios são marcados por uma legislação urbanística ainda muito descolada das dinâmicas urbanas

e da produção do espaço urbano, e pela desarticulação de políticas setoriais, como as relacionadas à preservação e qualidade ambiental e habitação, o que dificulta a qualificação integrada do espaço urbano, tornando o processo de atualização e/ou adaptação complexo e lento.

A segregação socioespacial também é outra característica marcante, sobretudo nos grandes centros urbanos. Somam-se a esses problemas os episódios de alagamentos e efeitos da ilha de calor, ambos associados à redução das áreas verdes e à expansão histórica das áreas urbanizadas, agravados nas últimas décadas pelas mudanças do clima, tornando esses eventos cada vez mais frequentes.

As consequências do descaso com a infraestrutura associada à cobertura vegetal e recursos hídricos, que modulam o clima urbano, tendem a agravar episódios recorrentes de inundações e alagamentos severos, ondas de calor e baixa qualidade do ar, trazendo sérios danos à qualidade de vida e bem-estar dos indivíduos. O número de pessoas vulneráveis às consequências das ondas de calor e chuvas extremas aumentou significativamente no Brasil.

A poluição do ar nas grandes cidades pela frota veicular e emissões industriais trazem impactos negativos à saúde da população. A redução de emissões de gases de efeito estufa também diminuiria os níveis de poluentes atmosféricos em áreas urbanas em efeito sinérgico com o aquecimento global. São necessárias, assim, mudanças profundas na mobilidade urbana, como viagens intermodais, corredores de ônibus de baixas emissões, sistemas de transportes de massa extensos, eletrificação da frota veicu-

lar, compartilhamento de veículos, entre outras propostas.

## **A QUESTÃO AMAZÔNICA É CRUCIAL PARA NOSSO PAÍS**

Por uma série de razões, a Amazônia é uma região estratégica para o planeta e para o Brasil (Artaxo et al., 2022; SPA, 2021). Contempla a maior floresta tropical do mundo, com uma área aproximada de 6,7 milhões de km<sup>2</sup>, dos quais 5,5 milhões de km<sup>2</sup> estão em território brasileiro; sua bacia hidrográfica é o maior sistema fluvial do planeta, e a floresta está distribuída entre nove países (Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana Francesa, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela).

A Amazônia também hospeda uma gigantesca e complexa biodiversidade. Desempenha papel fundamental na provisão de produtos e serviços ambientais no ciclo do carbono e na regulação do clima. É o maior reservatório de carbono em regiões continentais, contendo cerca de 120 bilhões de toneladas de carbono, ou o equivalente a dez anos de toda a queima de combustíveis fósseis. Presta serviços ecossistêmicos essenciais para a sociedade e a economia brasileira. Tem uma vasta população tradicional e indígena, detentora de ativos de valores inestimáveis como conhecimentos, línguas e culturas.

Apesar de sua importância, o ecossistema está sendo destruído rapidamente, devido ao desmatamento e ao impacto das mudanças climáticas no ecossistema (Davidson et al., 2012). O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), por meio do sistema de monitoramento do des-

matamento amazônico, observou em 2021 a conversão de mais de 13.000 km<sup>2</sup> de florestas. As emissões de dióxido de carbono e metano associadas ao desmatamento e queimadas evidenciam o processo destrutivo recente sobre a Amazônia (Seeg, 2022). Como resultado desse processo, o ciclo hidrológico está sendo alterado em vastas áreas, com realimentações sobre o próprio ecossistema e sobre o clima de vastas regiões da América do Sul.

Por outro lado, algumas regiões da Amazônia tiveram aumento expressivo de temperatura (maior que 2.2 °C), redução da precipitação (cerca de 20%) e aumento dos fenômenos climáticos extremos como grandes secas e inundações. Como resultado, está sendo observada em vários estudos uma degradação florestal pronunciada na floresta, com perda de carbono e biomassa.

É consenso, para a ciência, que a preservação da floresta é fundamental para a sustentabilidade do planeta. O bioma amazônico é rico em diversidade cultural, linguística, biológica e geológica, e investimentos em ciência, tecnologia e inovação, em pesquisas básicas e aplicadas são estratégicos para a sua compreensão e sua sustentabilidade. No entanto, apesar de ser caracterizada como a região que hospeda a maior biodiversidade natural do país, o seu desenvolvimento socioeconômico em torno de atividades relacionadas à floresta ainda não alcançou escala de projeção em todo o seu potencial. Há um gigantesco desafio no âmbito da regularização fundiária e faltam planos concretos de crescimento econômico inclusivo e sustentável.

É necessária a formulação de uma estratégia de transição econômica sus-

tentável através da sociobiodiversidade. Esta formulação envolve questões territoriais, ligadas a questões fundiárias no ambiente rural e urbano. É importante também desenvolver cadeias de valor e sociobiodiversidade que mudem as atuais práticas e modelos econômicos para um novo conjunto de iniciativas econômicas, baseadas na floresta em pé. Esta nova economia deve ser estruturada na proteção e uso sustentável dos recursos naturais, rompendo com o atual modelo de desenvolvimento predatório.

Outro aspecto importante do desenvolvimento recente na Amazônia é o predomínio de atividades criminosas, como invasão de terras indígenas, contrabando de madeira, ocupação ilegal de terras públicas, tráfico de drogas e outras atividades ilícitas. Certamente a implementação de um novo modelo econômico para a Amazônia terá que superar a criminalidade que impera hoje na região.

O desmatamento e a degradação da floresta, associados a mudanças climáticas globais e, em especial, ao aumento da frequência e intensidade de queimadas e da ocorrência de secas extremas, aproximam a Amazônia de um ponto de não retorno. Ou seja, de uma mudança abrupta nos estados e funcionamento da floresta, que terá impactos importantes sobre o clima do Brasil e do planeta. A ciência não conhece exatamente onde estão esses chamados *tipping points*, mas podemos já estar a meio caminho desses pontos de não retorno, e todo o cuidado é necessário.

O que a ciência destaca, em consciência com o conhecimento de povos originários da região, é que a conserva-

ção dos ambientes terrestres e aquáticos é que será o pilar do desenvolvimento humano e econômico sustentável da Amazônia. O objetivo é manter os processos de funcionamento do planeta e ao mesmo tempo dar uma vida digna aos brasileiros que vivem na região amazônica. Temos clareza de que, se a floresta influencia processos ecológicos e econômicos além de suas fronteiras, as mudanças globais representam um risco crescente que atua em sinergia com as mudanças locais, acelerando a degradação e a perda de resiliência do ecossistema amazônico.

## **A ADAPTAÇÃO DO BRASIL AO NOVO CLIMA**

A localização tropical, a estrutura socioeconômica fortemente dependente do regime de chuvas, as inadequações urbanísticas e enormes iniquidades sociais fazem do Brasil um país singular, ambientalmente falando. No contexto das mudanças climáticas, esforços de adaptação podem gerar vários benefícios adicionais, como melhoria da produtividade agrícola, inovação, saúde e bem-estar, segurança alimentar, conservação da biodiversidade, bem como redução de riscos e danos.

As ações de adaptação climática – compreendida como processos de ajustamentos para antecipar impactos adversos das mudanças climáticas que resultam na redução da vulnerabilidade – tendem a ser mais facilmente implementadas e organizadas quando buscam sinergias com políticas, recursos e outras medidas já existentes, incluindo ações visando à sustentabilidade, qualidade de vida e melhoria de infraestrutura.

O Brasil tem um plano de adaptação climática (PNA), lançado em 2016, que visa a orientar iniciativas para gestão e redução dos riscos provenientes dos efeitos adversos das mudanças climáticas no médio e no longo prazo, nas dimensões social, econômica e ambiental. Todavia, até o momento, um planejamento de longo prazo voltado à adaptação climática ainda não ganhou projeção no país como um todo.

Entre as razões para esse atraso estão a própria complexidade envolvida na adaptação, as limitações econômicas, institucionais e políticas e, em particular nas cidades, as relações de interdependência entre mudanças do clima, dinâmicas do planejamento urbano e questões políticas. Recentemente, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e o Inpe lançaram a plataforma Adapta Brasil, que sugere uma série de políticas públicas a serem implementadas.

Embora melhorias nos níveis de renda, educação, saúde e outros indicadores socioeconômicos sejam importantes para reduzir a vulnerabilidade às mudanças do clima em geral, considerando o conjunto de riscos específicos que as alterações climáticas representam em particular para as cidades (por exemplo, inundações, secas, aumento do nível do mar, ilhas de calor), há também uma necessidade urgente de considerar as capacidades específicas necessárias para superar e se recuperar desses estressores, incluindo, por exemplo, mapeamentos de áreas de risco, sistemas de alerta precoce e planejamento de enfrentamento a desastres naturais.

A falta de dados e informações úteis e utilizáveis, que possam ser mobilizados para subsidiar gestão, planejamento e governança, é frequentemente identificada como

uma das principais barreiras para o avanço da adaptação às mudanças climáticas, traduzindo-se em paralisia e inação por parte dos tomadores de decisão. Nesse contexto, tão importante quanto a capacidade de produzir informação técnico-científica que seja facilmente convertida em estratégias, políticas e ações de adaptação, é promover maior envolvimento dos usuários da informação (os atores institucionais, por exemplo) na produção e circulação do conhecimento.

A produção e disponibilização desses dados, que incluem métricas robustas e possam ser atualizados periodicamente e que estejam conectados às especificidades da realidade brasileira, considerando um conjunto de variáveis que refletem na capacidade adaptativa, podem impulsionar ações e políticas públicas de adaptação.

Nesse cenário, as pesquisas também devem buscar compreender melhor as respostas sociais e individuais às mudanças climáticas, levando em conta que os governos, embora cumpram papel importante no planejamento efetivo de adaptação, não são capazes, sozinhos, de resolver a crise climática, dadas sua complexidade e multidimensionalidade. Ademais, é preciso entender que adaptação requer parcerias, alianças estratégicas e outras formas de colaboração entre diferentes setores e organizações. Pesquisas sobre as melhores estratégias de adaptação são essenciais, pois estas, em geral, envolvem soluções locais ou regionais.

## CONCLUSÕES

Nosso país tem notáveis vantagens estratégicas para enfrentar estes desafios. Mas também tem vulnerabilidades importantes, pela sua vasta área costeira,

vulnerável ao aumento do nível do mar, e pela sua localização tropical, fortemente afetada pelo aumento global de temperatura. As previsões de redução nas precipitações sobre o território brasileiro, particularmente no Nordeste, Brasil central e Amazônia, devem ser motivos de preocupação, pelos seus impactos nos ecossistemas e na socioeconomia (Artaxo et al., 2020). Importante salientar que nossa economia baseada na produção agropecuária pode não ter a mesma produtividade em um cenário de redução de chuvas ao longo das próximas décadas. Nossas cidades não estão preparadas para o aumento dos eventos climáticos extremos e a construção de áreas urbanas mais sustentáveis deve ser uma de nossas prioridades.

A construção de uma sociedade minimamente sustentável vai requerer grandes esforços da sociedade, em todos os setores, com forte colaboração entre a ciência e os formuladores de políticas públicas (Artaxo et al., 2012). Geração e consumo de energia, produção de alimentos, transportes, habitação, questões urbanas, funcionamento de ecossistemas são somente algumas destas questões que terão atenção. É evidente a necessidade de construção de uma nova rota de desenvolvimento, que poderá ser um grande processo de reconstrução de nossa sociedade, incluindo o sistema econômico global. Inúmeros relatórios internacionais apontam para a necessidade da construção deste novo modelo de desenvolvimento, já que este nosso atual modelo econômico é insustentável, mesmo a curto prazo.

Neste sentido, alguns tópicos requerem atenção especial: 1) aprimorar projeções sobre impacto econômico direto e indireto

de diferentes cenários de mudanças climáticas em diferentes setores produtivos, incluindo impactos sociais de distintas estratégicas futuras de mitigação e adaptação; 2) ter uma maior compreensão da contribuição econômica da conservação da natureza e dos serviços ecossistêmicos visando a minimizar impactos de mudanças climáticas para a sociedade; 3) criar oportunidades de inovações na economia da biodiversidade, estudando potenciais estratégias de bioeconomia sustentável; 4) desenvolver modelos de economia circular para diferentes setores econômicos, maximizando os benefícios à sociedade como um todo; 5) conhecer os impactos territoriais predatórios para orientar políticas de desenvolvimento que recuperem áreas degradadas e avancem na restauração ecológica de nossos biomas; 6) criar oportunidades e sinergias para alinhar medidas de mitigação e adaptação à redução da pobreza e desigualdades sociais; 7) trabalhar com o conceito de “justiça climática”, desenvolvendo estratégias que minimizem os impactos na população menos favorecida.

Em relação ao crítico papel da Amazônia nas questões relacionadas às mudanças climáticas, o recente relatório do Science Panel for Amazonia (SPA, 2021) apresentou três recomendações-chave para tomadores de decisão para mudar a trajetória de desmatamento e degradação no bioma amazônico: 1) eliminação do desmatamento, degradação e incêndios na bacia até 2030; 2) restauração de ecossistemas aquáticos e terrestres; e 3) promoção de uma bioeconomia de “saudáveis florestas em pé e rios fluindo” baseada em ciência, tecnologia, inovação e conhecimentos

indígenas e de comunidades locais. Equidade, ética e justiça moral são centrais na correção de rumos em um processo colaborativo de desenho de alternativas inovadoras e viáveis para a região amazônica. O panorama de violência, crimes ambientais, degradação e descaso do poder público que resultou no avanço acentuado do desmatamento e degradação nos últimos anos irá requerer um pacto nacional de reconstrução da governança socioambiental para a Amazônia.

Modelos econômicos de baixa emissão de carbono podem ser geradores de emprego, e podem reduzir as desigualdades sociais. As políticas de mitigação precisam considerar o efeito da geração de empregos, particularmente para pessoas menos qualificadas e mais vulneráveis. Analisar processos de fortalecimento territorial de comunidades organizadas na produção da biodiversidade em diversas escalas contribui para a mitigação. A questão da segurança alimentar em um clima em mudança também é chave nas dimensões sociais, e uma oportunidade para reduzir a fome e adaptar nosso sistema agropecuário ao clima em mudança.

Importante também destacar o delineamento de estratégias para informar adequadamente a sociedade sobre as mudanças climáticas. A divulgação científica e ciência cidadã são estratégias efetivas e já reconhecidas, que devem ser incentivadas, implementadas e aperfeiçoadas. Divulgar e informar o público sobre o aquecimento global, definir, ilustrar, mostrar as tendências e padrões de dados, explicar os seus efeitos, discutir as informações imprecisas na mídia e divulgar os resultados das pesquisas são prerrogativas desta agenda.

Nesta estratégia está o apoio necessário à educação ambiental em todos os níveis, desenvolvendo ferramentas de educação para a ciência e difusão do conhecimento.

Temos como tarefa auxiliar o país a desenvolver estratégias baseadas em ciência para que o Brasil cumpra suas obrigações internacionais (as NDC) associadas ao Acordo de Paris. O auxílio na formulação de políticas públicas baseadas em ciência em todos os níveis (municipal, estadual, nacional e global) é tarefa fundamental. Estas atividades exigirão grande esforço científico da academia em parceria com os vários setores da sociedade. A adaptação às mudanças climáticas nas diversas regiões do nosso país também irá requerer o desenvolvimento de ciência olhando para as necessidades da sociedade. Os desafios envolvidos na redução do impacto das ações humanas no ambiente, alinhados à necessidade do desenvolvimento

sustentável e redução das desigualdades sociais, passam pelo desenvolvimento de sólidos resultados científicos.

Levando em conta as questões científicas, de governança, finanças e novas tecnologias, poderemos construir um futuro mais resiliente, sustentável e justo, preservando os serviços ecossistêmicos através de estratégias adequadas de adaptação e mitigação de emissões. Este processo está associado aos ODS, já que temos que atender às necessidades básicas da população (educação, saúde, igualdade de gênero, erradicação da pobreza, fome zero, água limpa e outras) e ao mesmo tempo respeitar os limites da disponibilidade dos recursos naturais do nosso planeta. Estas são somente algumas das importantes questões que o Brasil terá que enfrentar, e soluções baseadas em ciência sólida certamente têm mais chances de garantir uma trajetória sustentável a nosso país.

## REFERÊNCIAS

- ARTAXO P. et al. "Tropical forests are crucial in regulating the climate on Earth". *PLOS Climate* 1 (8): e0000054, 2022a (<https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000054>).
- ARTAXO, P. et al. "Tropical and boreal forest – atmosphere interactions: a review". *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 74, 2022b, pp. 24-163 (<https://doi.org/10.16993/tellusb.34>).
- ARTAXO, P. "As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas". *Estudos Avançados*, vol. 34, n. 100. São Paulo, IEA/USP, 2020.
- ARTAXO, P. "Break down boundaries in climate research". *Nature*, 481, 2012, p. 239.
- ARTAXO, P. "Working together for Amazonia". *Editorial Science Magazine*, vol. 363, Issue 6425, January 2019 (doi: 10.1126/science.aaw6986).
- DAVIDSON, E. et al. "The Amazon basin in transition". *Nature*, 481, 2012, pp. 321-8.
- IPBES – Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES, 2019.
- IPCC AR6 WGI. V. Masson-Delmotte et al. (eds.). *Climate Change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2021.
- IPCC AR6 WGII. "Summary for Policymakers", in H.-O. Pörtner et al. (eds.). *Climate Change 2022: impacts, adaptation, and vulnerability. Working Group II Contribution of to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2022.
- IPCC AR6 WGIII. Jim Skea et al. Working Group III Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report (AR6), 2022 (<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>).
- SPA. *The Amazon we want*. Science Panel for the Amazon. Executive Summary of the Amazon Assessment Report 2021. United Nations Sustainable Development Solutions Network, 2021 (<https://www.theamazonwewant.org>).



Arte sobre foto de Nicodinno/123RF

# Desafios da regulação do digital e da inteligência artificial no Brasil

*Cristina Godoy Bernardo de Oliveira*

## resumo

Este artigo apresenta e discute as oportunidades advindas da economia digital e a atuação do Estado para garantir a existência de um ambiente regulatório capaz de viabilizar e incentivar a inovação. A estrutura jurídica do Estado é fundamental para favorecer o desenvolvimento tecnológico; contudo, ao se tratar de fenômenos emergentes, como a inteligência artificial, é necessário compreender definições, classificações e mensurar riscos para apresentar normas jurídicas que protejam os cidadãos sem impedir o avanço tecnológico. Assim, utilizando o método analítico e comparativo, buscou-se avaliar os dispositivos normativos voltados a preparar a sociedade brasileira para a transformação digital, apresentando-se os aspectos positivos deste arcabouço jurídico existente e as lacunas ainda presentes que oferecem ameaças significativas para a competitividade do Brasil no âmbito da economia digital.

**Palavras-chave:** economia digital; Estado; inovação; desenvolvimento tecnológico.

## abstract

*This article presents and discusses the opportunities arising from the digital economy and the role of the State to ensure the existence of a regulatory environment capable of enabling and encouraging innovation. The State's legal structure is fundamental to favoring technological development; however, when dealing with emerging phenomena, such as artificial intelligence, it is necessary to understand definitions, classifications and measure risks in order to present legal norms that protect citizens without impeding technological advancement. Thus, using the analytical and comparative method, we sought to evaluate the normative devices aimed at preparing Brazilian society for the digital transformation, presenting the positive aspects of this existing legal framework and the gaps still present that offer significant threats to the competitiveness of the Brazil in the context of the digital economy.*

**Keywords:** digital economy; State; innovation; technological development.

**O**Brasil, na última década, lançou diversas iniciativas voltadas à realização da transformação digital do país, pois é necessário inserir-se na economia digital para que seja possível usufruir das riquezas geradas pelo desenvolvimento tecnológico. Dessa maneira, diversos documentos públicos, iniciativas, estratégias e leis foram publicados com o intuito de criar um ambiente regulatório favorável para o desenvolvimento e para a inovação. Consequentemente, serão discutidos os principais aspectos da estratégia digital e da inteligência artificial (IA) do país e serão apresentados o panorama normativo existente e o que está por vir.

Com a chegada da internet 5G, haverá uma nova revolução digital, fazendo com que novos modelos de negócios surjam para atender à demanda de um mercado que passa por um processo de profunda transformação. O Brasil muito realizou

para que possamos iniciar o nosso processo de transformação digital; todavia, ainda não é o suficiente para garantir o nosso desenvolvimento tecnológico e a criação de um ambiente inspirador à inovação e atrativo a receber investimentos.

Consequentemente, deve-se identificar as lacunas existentes no nosso ordenamento jurídico e as fraquezas de nossa Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial para ser possível adotar medidas efetivas que nos permita edificar um plano de ações que nos coloque no plano internacional em uma posição competitiva, mesmo que seja em apenas uma área eleita como estratégica para alavancar o nosso avanço na era digital.

Nesse sentido, abordaremos, primeiramente, a temática concernente ao papel da estratégia digital e da inteligência artifi-

**CRISTINA GODOY BERNARDO DE OLIVEIRA**  
é professora da Faculdade de Direito de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo e coordenadora do Grupo de Estudos em Direito e Tecnologia do IEA-RP/USP.

cial para o desenvolvimento do Estado no setor social, político, econômico e ambiental. Em um segundo instante, apresentaremos um olhar voltado especificamente ao ambiente regulatório brasileiro para o desenvolvimento da inteligência artificial. Em suma, a estrutura deste texto visa a expor as oportunidades, as fraquezas, os aspectos positivos a serem explorados e as ameaças existentes para a inserção do país na economia digital de uma maneira sustentável e competitiva.

## **O PAPEL DA ESTRATÉGIA DIGITAL E DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS**

Ao se falar em revolução digital, deve-se pensar em três momentos da transformação da economia e da sociedade em razão da transformação tecnológica - Fase 1: desenvolvimento da conectividade da economia por meio do uso contínuo da internet; Fase 2: uso das plataformas digitais para o fornecimento de bens e serviços como base do modelo de negócio das empresas e Fase 3: a digitalização da economia por meio da incorporação de novas tecnologias para o controle da produção e do consumo no âmbito econômico, social e ambiental (Eclac, 2021, p. 11). Consequentemente, o fenômeno pelo qual estamos passando constitui a passagem de um mundo hiperconectado para uma economia e sociedade digitalizadas em que as estruturas são baseadas no uso de *cloud computing*, de *big data analysis*, de inteligência artificial, de internet das coisas (IoT), de internet 5G, de computação quântica, de robô-

tica etc. Assim, trata-se de um mundo em que a economia tradicional se funde ou será superada pela economia digital, que apresenta novos modelos de negócios, de produção, de organização corporativa e de governança (Eclac, 2021, p.11). Por conseguinte, o resultado é o surgimento de um ecossistema complexo em que se demanda soluções inovadoras nos campos organizacional, institucional e regulatório (Eclac, 2018, p. 27).

Nesse sentido, a digitalização da economia representa um processo que envolve a sociedade, o Estado e os meios de produção, tornando-se, portanto, altamente dinâmico o processo de transformação digital, intensificando o aumento de sua complexidade quando se pensa em desenvolver políticas públicas voltadas ao desenvolvimento de uma adaptação nacional às mudanças (Eclac, 2021). Adicionalmente, a internet 5G tornará possível a integração da telecomunicação com as tecnologias da informação (Monglik, 2022), sendo que este cenário é completado com o uso de tecnologias digitais e da inteligência artificial, resultando na formação da economia digital propriamente dita.

Desse modo, a terceira fase da revolução digital da economia é permeada pela internet 5G que fornecerá alta velocidade, baixa latência, ambiente adequado para a conexão do mundo *offline* com o *online* por meio da internet das coisas, etc. (Attaran, 2021). Por consequência, os modelos de negócio, os consumidores e os cidadãos mudarão o seu comportamento, necessitando de novas estruturas institucionais que possam contar com certa flexibilidade para adaptarem-se às transformações tecnológicas.

Neste diapasão, ao analisarmos as mudanças que ocorrerão na sociedade,

pode-se afirmar que singulares modelos de comunicação, interação e consumo surgirão, pois com a internet 5G, o emprego de VR/AR (Attaran, 2021) trará uma melhor experiência de usuário e mais funcionalidades de softwares serão criadas em termos gerais. Ao mesmo tempo, diferentes habilidades ligadas a essas tecnologias serão exigidas, sendo que a economia digital precisará de trabalhadores com conhecimentos técnicos para sustentarem esses novos modelos de negócios, logo, verificar-se-ão inéditos modelos de produção (Eclac, 2021).

Além disso, deve-se lembrar de que, em razão das mudanças climáticas, os consumidores estão cada vez mais atentos à realização de escolhas sustentáveis, surgindo modelos de negócios originais focados em novas formas de consumo, como é o caso da Fintech Ant Group (Wu, 2018), pertencente à empresa Alibaba, que desenvolveu uma plataforma de pagamento que conta com o engajamento de mais de 1 bilhão de usuários (Zhu, 2021) e busca premiar os consumidores com pontos de “energia verde” a cada pagamento realizado na plataforma, sendo que, ao se acumular determinada quantia de pontos, uma árvore é plantada no mundo real.

A economia digital é baseada em dados gerados e compartilhados nas plataformas digitais desenvolvidas na segunda fase da revolução digital. Os dados passaram a impactar no valor dos bens e serviços por meio da redução dos custos de transação e da intermediação. Ao processar e analisar os dados coletados, as empresas conseguem tomar melhores decisões e otimizar a produção de bens e a prestação de serviços. Em razão disso,

dados, informações e conhecimento são estratégicos para a economia de um país (Eclac, 2016) que possui o desafio de regular questões concernentes ao direito concorrencial, à proteção de dados pessoais e à segurança da informação sem prejudicar as empresas, as quais precisam adaptar-se à economia digital.

No âmbito da administração pública, por meio de estratégias de governo digital, é possível aprimorar a prestação de serviços públicos, como saúde, educação e transporte, melhorando a sua eficiência e efetividade. Além disso, a transformação digital no setor público torna-se fundamental para o fortalecimento da democracia, uma vez que viabiliza o aumento da transparência e facilita o processo de *accountability*. Outro aspecto importante é referente às *smart cities*, pois soluções digitais nas cidades possuem um elevado potencial de melhoria social, econômica e ambiental (Eclac, 2021).

No entanto, o desenvolvimento digital não garante a inclusão social e a sustentabilidade, sendo que pode reforçar e aumentar a exclusão social e a degradação ambiental (Eclac, 2021). Por conseguinte, embora a economia digital possa abranger as três dimensões do desenvolvimento sustentável (crescimento, igualdade e sustentabilidade), não é possível garantir que essas dimensões sejam abrangidas, dependendo muito do sistema de governança adotado pelo Estado (Eclac, 2021).

Dessa maneira, a crise econômica e social gerada pela pandemia de covid-19 deverá ser enfrentada juntamente com a transformação digital irreversível ocorrida nos diversos setores da economia. Por consequência, a América Latina enfrentará

um desafio muito maior do que os países ricos, já que precisará sobreviver à crise econômica e garantir a sua inserção na economia digital, mantendo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como: criação de empregos, redução da desigualdade, crescimento econômico e sustentabilidade ambiental (Eclac, 2021).

Nesse mesmo sentido, a adoção de novas tecnologias de informação e comunicação (ICT) voltadas à sustentabilidade pelas empresas também cortará custos de intermediação e desperdícios de recursos e energia. Dessa maneira, estima-se que, a partir de 2030, o emprego de soluções digitais garantirá US\$ 6,5 trilhões de receita por ano no mundo (GeSI, 2015a, p. 4). Por esse motivo, torna-se importante alterar o cenário regulatório dos países para promoverem a inovação e o investimento nos diversos setores da economia por meio de parcerias no setor industrial, sendo respeitados os direitos de propriedade intelectual e a proteção de dados pessoais dos consumidores (GeSI, 2015b, p. 3). De acordo com o estudo da GeSI voltado ao setor público, é necessário criar um sistema regulatório que: a) permita a incorporação da ICT no setor industrial; b) exija o estabelecimento da segurança cibernética como prioridade em todos os setores; c) estabeleça padrões técnicos e éticos para garantir a segurança dos dados e para aumentar a confiança da população no uso de ICT; d) providencie a padronização dos requisitos técnicos para permitir a interoperabilidade nos países; e) incentive a comercialização dos resultados de pesquisa e desenvolvimento (P&D); f) atualize a legislação de propriedade intelectual; g) torne isentos

de tributos aparelhos e o acesso à ICT adquiridos por famílias de baixa renda e h) promova a educação para preparar as pessoas para as tecnologias de informação e comunicação (GeSI, 2015b, p. 5).

O objetivo de reduzir custos operacionais também atinge o setor de telecomunicação, sendo que a internet 5G consolidará o processo de virtualização de determinadas funções da rede, reduzindo os gastos dessas empresas e permitindo a escalabilidade (Eclac, 2021). A virtualização “é uma tecnologia baseada em software que funciona dividindo um recurso de *hardware* em partes, chamadas máquinas virtuais (VMs - *Virtual Machines*)” (Douglis & Krieger, 2013), logo, a virtualização de redes consiste na abrangência da rede física de várias redes virtuais (VNs - *Virtual Networks*) (Gama Junior, 2017, p. 21). Consequentemente, investimentos na infraestrutura serão necessários para o surgimento de soluções inovadoras, que necessitam de baixa latência na indústria, nos serviços de saúde, na educação, no transporte, no trabalho, nas residências e nas cidades (Eclac, 2021).

Ao se falar em aumento de processamento de dados e conectividade entre as coisas, pensa-se em *cloud computing*, que permitirá, por meio da redução de tempo de latência, o maior uso do VR/AR (*Virtual or Augmented Reality*), da automação na indústria, da automação de veículos, etc. (Eclac, 2021). Além disso, com o crescimento da conectividade, o uso da inteligência artificial será cada vez maior. Em razão disso, a *edge computing* (computação de borda) suplementará os serviços da *cloud computing*, facilitando

o acesso dos usuários a arquivos (Adrion, 2019), pois as informações utilizadas com frequência estarão próximas aos usuários e as pouco usadas serão enviadas para a nuvem. Por conseguinte, a tomada de decisão será mais rápida, uma vez que “os dados obtidos na estrutura da computação de borda podem tornar a análise de negócios e a obtenção de *insights* mais fáceis e ágeis” (Adrion, 2019).

Embora muitos considerem que os serviços de telecomunicação disputaram com os provedores de serviços de nuvem em grande escala para o fornecimento de serviços de conectividade (Roseboro, 2020; Doyle, 2020), o que se nota é a parceria entre essas empresas, como no caso da AT&T e Verizon, que fizeram parcerias com a Microsoft e a Amazon (Krause, 2016) para estabelecer estruturas de computação de borda que se conectam com as redes dessas empresas de telecomunicação com o objetivo de implementar a tecnologia 5G. Diante disso, observa-se a tendência de se realizarem cada vez mais parcerias, como Telefônica com a Microsoft, Vodafone com a Google Cloud, Dish Network com a AWS etc., para atingir os seguintes objetivos (Weissberger, 2021): escalabilidade, resiliência, rápida resposta diante de desastres, entrega de produtos e serviços mais rápida, redução de custos, melhoria na experiência do usuário; facilitar redes de automação; geração de novas rendas ao monetizar a infraestrutura física das empresas de telecomunicação com os provedores de serviço de nuvem etc.

Consequentemente, novas empresas estão surgindo em razão dos novos modelos de negócios que estão surgindo para aumentar os benefícios decorrentes da

inovação; contudo é necessário possuir um ambiente regulatório favorável para essa transformação digital e desenvolvimento tecnológico. Diante do exposto, é importante analisar como o governo brasileiro está incentivando a adoção de serviços de nuvem no Brasil e qual é a regulação jurídica existente.

No que tange à adoção de *cloud computing* pelo setor público, cumpre mencionar as seguintes iniciativas governamentais: publicação da Portaria n. 20 de 2016, do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (com regras de contratações pelos órgãos integrantes do Sistema de Administração dos Recursos de Tecnologia da Informação - Sisp); realização do Pregão Eletrônico n. 29/2018 para a contratação de empresa especializada para a prestação de serviços de nuvem e disponibilização continuada de recursos de infraestrutura como serviço (IaaS) e Plataforma como Serviço (PaaS) em nuvem pública (MPDG, 2018); publicação da Resolução n. 4.658 do Banco Central que estabelece requisitos para o processamento e armazenamento de dados e para o uso de soluções de *cloud computing* por instituições financeiras; publicação do Decreto n. 9.319 de 2018 que institui o Sistema Nacional para a Transformação Digital e estabelece a estrutura de governança para a implantação da Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (alterado pelos Decretos n. 9.804/19 e 10.782/21); publicação da Instrução Normativa n. 01 pelo Ministério da Economia para priorização da adoção de serviços de computação em nuvem; edição do Decreto 10.332 de 2020 estabelece a Estratégia de Governo Digital (inclui a

adoção de soluções de *cloud computing* como um dos objetivos da Estratégia do Governo Digital) e efetivação do Acordo Corporativo n. 12/2022 entre a Secretaria de Governo Digital do Ministério da Economia e a Google Cloud, incluindo 20 itens relativos ao Google Workspace (antigo G-Suite), em versões para empresas, para educação e para serviços como Google Vault, com um desconto máximo de 35% (Grossmann, 2022).

No que diz respeito à regulação jurídica referente aos serviços de *cloud computing*, cumpre destacar que, no Brasil, não existe uma legislação específica disciplinando a matéria. Trata-se de uma lacuna no sistema jurídico brasileiro, tendo em vista que o governo federal está adotando a ideia de *cloud first* para implementar o projeto da Estratégia de Governo Digital, pois, exceto no que diz respeito ao uso de serviços de computação de nuvem no setor financeiro, não há normativas regulando a questão das medidas necessárias para prevenir e minimizar os impactos decorrentes de ataques cibernéticos. Além disso, nota-se que será difícil regulamentar a matéria, visto que os Decretos n. 9.804/19 e 10.782/21 alteraram a governança do Sistema Nacional para a Transformação Digital (SNTD), retirando a participação nas reuniões do CITDigital de representantes de outros órgãos e entidades públicas ou privadas, assim como representação do Poder Legislativo e Judiciário (art. 5º, §4º do Decreto n. 9.804 de 2019), ou seja, a representatividade de diversos interessados no SNTD foi eliminada.

Como o Brasil está priorizando o uso de serviços de computação de nuvem no

governo federal, seria relevante possuir uma regulamentação jurídica específica para estabelecer requisitos gerais para a garantia da segurança das redes e de informação, notadamente, em matérias de segurança nacional e de pesquisa e desenvolvimento. A adoção de serviços de computação de nuvem no âmbito educacional, principalmente no ensino superior, faz com que os dados de pesquisas científicas sejam armazenados por empresas estrangeiras que não estão vinculadas a uma norma jurídica específica que estabeleça os requisitos de segurança mínimos voltados à redução de riscos operacionais, por exemplo, exigidos pelo Brasil.

Consequentemente, apesar de os benefícios da adoção de serviços de computação de nuvem serem relevantes para o desenvolvimento da Estratégia de Transformação Digital do Brasil, é necessário lembrar que “os riscos também se apresentam como outro foco de atenção e que, obrigatoriamente, deve ser considerado no processo de avaliação quanto à viabilidade de contratação de soluções em nuvem” (Chaves, p. 110). Assim, observa-se a necessidade de existir uma regulamentação jurídica específica para a contratação de serviços de computação de nuvem, principalmente pela administração pública de todos os entes federativos, tendo como principal enfoque disciplinar as questões referentes à segurança de redes e de informação, levando em conta os riscos operacionais e não operacionais decorrentes da adoção de serviços de *cloud computing* em setores estratégicos para o desenvolvimento do país.

Em relação às transformações decorrentes da revolução digital das últimas

décadas, cumpre mencionar o impacto econômico advindo da implementação da tecnologia 5G nos países. A transição para a tecnologia 5G começou em 2018 em países como Estados Unidos, China e Coreia do Sul (Eclac, 2021), sendo que, no Brasil, iniciou-se o sinal de 5G puro em 5 de julho de 2022, em Brasília (Máximo, 2022). O uso de satélites de alta performance, combinado com o uso do Wi-Fi, permitirá o aumento da cobertura da internet e garantirá o aumento da conectividade, fato que impactará no processo inovativo (Eclac, 2021).

De acordo com o estudo de Katz e Cabello (2019, p. 26), o aumento da conectividade no Brasil por meio da implementação e funcionamento da tecnologia 5G gerará um aumento do PIB correspondente a US\$ 104 bilhões, considerando os efeitos diretos e indiretos decorrentes do aumento da conectividade e da cobertura de serviços. É possível verificar que os serviços públicos (educação, saúde, segurança etc.), os serviços profissionais e a manufatura serão os mais impactados positivamente pela tecnologia 5G na América Latina (Katz & Cabello, 2019). No entanto, para usufruir do mencionado aumento do PIB, será necessário investir em infraestrutura para elevar a densidade e a capilaridade da rede 5G: instalação de mais antenas e componentes, de pequenas células utilizando técnicas de antena de *multiple-input multiple-output* (Mimo) e de fibra óptica (Eclac, 2021).

Consequentemente, para realizar o projeto de aumentar a infraestrutura com o escopo de permitir uma melhor cobertura da internet 5G, será necessário o aumento três vezes maior do que fora acumulado

até o final de 2018 pelo setor de telecomunicações até 2030, considerando que as estações bases 5G deverão aumentar quatro vezes mais (Eclac, 2021). Dessa forma, a melhor saída para o Brasil será o compartilhamento de infraestrutura; contudo, torna-se preciso regular essa ação, já que o compartilhamento possui o risco de gerar comportamentos anticompetitivos.

Finalmente, a disciplina de diversos assuntos será relevante para viabilizar a execução dos projetos sem comprometer a segurança nacional e é nesse contexto que devemos analisar o cenário regulatório do Brasil no que concerne à estruturação de um ambiente favorável ao desenvolvimento de sistemas de inteligência artificial, os quais possuem um papel fundamental para a execução da transformação digital pátria.

## **LEGISLAÇÃO VOLTADA AO FOMENTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PAÍS**

Ao se analisar a legislação brasileira relacionada ao fomento e à regulamentação da inteligência artificial, torna-se, primeiramente, importante compreender o cenário da IA no Brasil. Além disso, não se deve restringir à análise das normas jurídicas destinadas a regular o tema específico da inteligência artificial, mas é preciso verificar o arcabouço jurídico existente no que diz respeito ao setor tecnológico. Consequentemente, este tópico é voltado à compreensão das iniciativas adotadas pelo poder público referentes ao desenvolvimento e à inovação para que seja edificado um ambiente propício para a IA.

O Oxford Insights, em conjunto com o Centro Internacional de Pesquisa em Desenvolvimento (IDRC), publicou o index sobre o preparo dos governos para o desenvolvimento e para o uso da inteligência artificial e o Brasil obteve a 63<sup>a</sup> posição em um *ranking* que contava com 172 países em 2020 (2021). No *ranking* de 2021, o Brasil passou a ocupar a 40<sup>a</sup> posição (2022), ou seja, a mesma que estava em 2019 (Oxford Insights, 2020). Apesar das iniciativas governamentais no campo da infraestrutura, a América Latina ainda está longe de se tornar competitiva no setor tecnológico, contando, na região, com nove empresas unicórnios<sup>1</sup>, sendo cinco localizadas no Brasil, três no México, uma no Chile e uma na Argentina (2022).

No que diz respeito ao panorama jurídico, cumpre ressaltar que, desde 2016, o país publicou diversos documentos voltados a políticas nacionais que visam a preparar o país para o desenvolvimento e para o uso da IA em diversos setores da economia. Assim, pode-se mencionar a Portaria n. 46 de 2016 da Secretaria de Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, em que se disciplina a disponibilização do software público brasileiro no respectivo portal “de forma gratuita, na intenção de que possa ser útil à administração pública e à sociedade” (art. 9º da Portaria n. 46 de 2016).

A Portaria n. 46/16 enfatiza a necessidade do desenvolvimento de um trabalho

colaborativo para a apresentação de soluções ao Brasil por meio da participação da sociedade civil. Por conseguinte, o Software Público Brasileiro possui como objetivo reduzir custos, aumentar a agilidade para a solução de problemas no país e reforçar a autonomia da gestão pública (Imprensa Nacional, 2018, p. 17). A iniciativa e o lançamento do portal Software Público Brasileiro ocorreram muito antes da Portaria n. 46, pois foram lançados no “Fórum Internacional de Softwares Abertos”, em Porto Alegre, em 2007 (Meffe, 2008).

Outro documento importante para o cenário regulatório do Brasil foi a Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-digital) publicada em 2018 e disciplinada pelo Decreto 10.332 de 2020. A inteligência artificial é apontada como uma das nove áreas críticas e estratégicas para a pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), sendo apontada a necessidade de investimento público para facilitar a ocorrência da transformação digital (MCTI, 2018, p. 45) e para promover a transformação social (MCTI, 2018, p. 61). Adicionalmente, a E-digital estabelece, explicitamente, que se deve empregar a IA para impactar de forma positiva as áreas econômica e social e deve-se buscar mitigar os impactos negativos decorrentes do uso da IA (Xavier, 2021).

Ao se analisar a E-digital e a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (Ebia) conjuntamente, nota-se uma uniformidade quanto à necessidade de se realizar um uso responsável da IA no Brasil. Além disso, é importante compatibilizar os objetivos de ambas as estratégias, pois o documento da E-digital é a base para a implementação da Ebia (Luca, 2021).

<sup>1</sup> Apelido dado a startups que atingem um valor de mercado de pelo menos US\$ 1 bilhão.

Por outro lado, consolidar os planos voltados à transformação digital brasileira e implementar uma estratégia nacional para o desenvolvimento da IA no país possuem alguns obstáculos que se tornaram mais presentes neste momento de recuperação econômica em razão da pandemia: a infraestrutura ainda está aquém do necessário para um país com dimensões continentais, há falta de mão de obra qualificada no setor de TI e há baixa atração para investimentos no setor tecnológico (MBC, 2021).

Nesse sentido, torna-se relevante destacar que a Lei 13.709 de 2018 (Lei Geral de Proteção de Dados - LGPD) tornou-se importante para inserir o Brasil no rol de países que possuem uma legislação voltada à proteção de dados pessoais, sendo preciso ressaltar que, embora a lei declare que se destine à “proteção de dados pessoais”, ela é voltada à proteção dos indivíduos que são os detentores dos dados pessoais, incluindo referido direito no rol dos direitos fundamentais do artigo 5º da Constituição Federal por meio da Emenda Constitucional n. 115 de 2022.

A LGPD é necessária para garantir o desenvolvimento de sistemas de IA de confiança, que são baseados no processamento e na transferência de dados pessoais mediante o consentimento livre e informado. Dessa maneira, foi uma grande conquista a entrada em vigor da Lei Geral de Proteção de Dados para viabilizar uma futura inserção do Brasil como polo da América Latina de produção e/ou recebimento de investimento na área. Adicionalmente, cumpre salientar que o art. 20 da LGPD garante o direito à revisão de decisões automatizadas sem interferência

humana, sendo um importante dispositivo no âmbito do debate sobre inteligência artificial e que se alinha, parcialmente, ao art. 22 do Regulamento Geral Europeu de Proteção de Dados (GDPR), considerado um dos artigos mais citados nos tribunais europeus nos anos de 2021 e 2022 (Oliveira, 2022).

Neste diapasão, deve-se notar que a LGPD garante aos titulares de dados pessoais o direito de solicitar esclarecimentos e uma adequação da informação tendo em vista os critérios e procedimentos utilizados para a automatização das decisões, com ressalva aos segredos industriais e de comércio (Ebia, 2021, p. 19). Assim, caso uma empresa negue o pedido de esclarecimento do titular de dados pessoais, caberá à Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD) auditar a empresa para verificar a adequação do procedimento de processamento de dados pessoais para a automatização de decisões.

O fato de a ANPD estar vinculada diretamente à Presidência da República como órgão da Administração Pública Federal gerou muita discussão quanto à ausência de independência e de autonomia da Autoridade Nacional de Proteção de Dados. No entanto, em 14 de julho de 2022, foi publicada a Medida Provisória 1.124, que transforma a ANPD em autarquia de natureza especial (Agência Senado, 2022). Com a MP 1.124/2022, o Brasil estará mais próximo da possibilidade de obter uma decisão favorável da Comissão Europeia sobre a adequação da proteção de dados pessoais em consonância com o art. 45(2)(b) do GDPR, uma vez que uma das exigências da União Europeia para decidir favoravelmente à

transferência internacional de dados é a existência de uma autoridade independente para o controle da proteção de dados pessoais. Além disso, cumpre mencionar que a ausência da decisão de adequação da Comissão Europeia gera uma desvantagem competitiva do Brasil na América Latina, visto que a Argentina e o Uruguai obtiveram uma decisão favorável de adequação para a transferência internacional de dados pessoais (Silva, Perrone & Carneiro, 2019).

Outra norma jurídica importante para a transformação digital do Brasil foi o Marco Legal das Startups, em 2021 (Lei Complementar n. 182/2021). A preocupação do Brasil para incentivar a criação de um ambiente propício ao surgimento de *startups* iniciou-se em 2012, ao ser lançado o Programa Nacional de Aceleração de Startups, chamado de Start-Up Brasil, o qual é regulado pela Portaria n. 721 de 2012 do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. O Programa Start-Up Brasil é administrado pela Softex, organização da sociedade civil de interesse público (Oscip) voltada a apoiar *startups* (MCTI, 2021).

Desde 2012, as *startups* na área de IA receberam US\$ 839 milhões pelo Start-Up Brasil (Julio, 2021) e, atualmente, existem 702 *startups* com soluções de inteligência artificial (KPMG, 2021). No ano de 2020, momento em que o Brasil despontou no HAI Index como o primeiro colocado entre os países que mais contratam especialistas em IA, as *startups* de IA receberam US\$ 365 milhões e os investimentos em *startups* de inteligência artificial atingiram um novo recorde (KPMG, 2021). Por conseguinte, pode-se notar a

resposta rápida a estímulos recebidos na área pelo governo federal, fazendo com que o país atingisse os melhores números até então existentes no setor.

De acordo com o relatório global sobre o ecossistema de *startups* de 2020, São Paulo é um dos 30 centros mundiais de empreendedorismo, sendo que, nos últimos dois anos, alcançou elevados patamares no valor de mercado de tais empresas (Startup Genome, 2020, p. 30). Consequentemente, em razão do potencial existente no país, foi aprovada a Lei Complementar n. 182 de 2021, que regula a criação, a tributação e as obrigações trabalhistas das *startups*, visando a produzir um ecossistema favorável para que elas sejam criadas e cresçam (Dias, 2021). Assim, a estratégia do governo é transformar o Brasil em um polo atrativo na América do Sul para o recebimento de investimentos internacionais e para o desenvolvimento de aplicações de IA (MCTI, 2021), podendo-se notar este escopo nos diversos artigos sobre investidores-anjo que possuem diversos incentivos tributários e são isentos de obrigações trabalhistas quando o projeto falha (artigo 2º da LC n. 182/2021).

No art. 13 da Lei Complementar n. 182 de 2021, existe a previsão de contratação de pessoas físicas ou jurídicas para o teste de soluções tecnológicas inovadoras mediante um processo licitatório na modalidade especial, sendo eliminada a necessidade de apresentação de diversos documentos qualificadores, como a documentação concernente à regularidade fiscal (art. 13, §8º, inc. I, da LC n. 182/2021). Embora seja um incentivo para a contratação de *startups* pela administração pública, deve-se notar que há

elevação do risco de fraude no procedimento licitatório.

Em 12 de abril de 2021, foi publicada a Portaria GM n. 4.617 que instituiu a Ebia, existindo algumas alterações advindas com a publicação da Portaria n. 4.979 de 2021. A Ebia possui como objetivo “nortear as ações do Estado brasileiro em prol do fortalecimento da pesquisa, desenvolvimento e inovações de soluções em inteligência artificial, bem como, seu uso consciente, ético para um futuro melhor” (art. 1º, inc. I, Portaria GM n. 4.617 de 2021), logo, nota-se que o Brasil deseja estimular o desenvolvimento de uma inteligência artificial de confiança, em concordância com os princípios internacionais da OCDE (*Recommendation of the Council on Artificial Intelligence*), impactando a regulação jurídica sobre o uso de sistemas de IA no país.

A Ebia é estruturada por meio dos seguintes eixos temáticos: a) três eixos transversais: legislação, regulação e uso ético; governança da IA e aspectos internacionais e b) seis eixos verticais: educação; força de trabalho e capacitação; PD&I e empreendedorismo; aplicação nos setores produtivos; aplicação no poder público e segurança pública. No entanto, não existe dotação orçamentária para se desenvolver os eixos verticais, logo, torna-se difícil vislumbrar como os objetivos da Ebia serão realizados, gerando críticas ao documento (Gaspar & Curzi, 2021) que possui características de uma carta de intenções, não de uma estratégia nacional a ser implementada nos próximos anos.

A Ebia completou um ano em 6 de abril de 2022 e não verificamos novos documentos jurídicos destinados à imple-

mentação da estratégia nacional de IA e à seleção dos setores que iniciarão algum projeto estabelecido pelo governo federal. Além disso, não há qualquer indicativo quanto aos recursos disponibilizados pelo Brasil para permitir a implementação dos objetivos apresentados na Ebia, que são: a) contribuir para a elaboração de princípios éticos para o desenvolvimento e para o uso de uma IA responsável; b) promover investimentos sustentados para P&D, c) remover as barreiras para a inovação da IA; d) treinar profissionais para o ecossistema da inteligência artificial; e) estimular a inovação e o desenvolvimento da IA no Brasil no âmbito internacional; f) promover a cooperação entre o setor público e o privado, a indústria e os centros de pesquisa para o desenvolvimento da IA no país (Ebia, 2021, p. 8).

A Ebia indica que o Brasil deve desenvolver um modelo de gestão de risco para a automatização de decisões. Nesse sentido, em setores que possuem riscos elevados, deve haver a participação humana (Ebia, 2021, p. 19). Consequentemente, pode-se notar que o Brasil seguiu as diretrizes presentes na Resolução de 20 de outubro de 2020 do Parlamento Europeu (European Parliament, 2020), que estabelece recomendações para a comissão sobre o regime de responsabilidade civil para inteligência artificial (2020/2014 INL), pois, segundo tal norma comunitária, a responsabilidade civil deverá seguir o modelo de níveis de risco dos sistemas de inteligência artificial e as respectivas medidas a serem adotadas para minimizar o risco.

De acordo com a Ebia (2021), a transparência e a explicabilidade são princípios a serem seguidos no âmbito de todo o

processo de elaboração, uso e aplicação da IA. Admite-se, no documento, que a interpretação e a explicação das decisões tomadas pelos sistemas de IA são difíceis, ainda mais quando se está falando em redes neurais artificiais. Consequentemente, na Ebia, fala-se em desenvolvimento de mecanismos e técnicas de acompanhamento do processo decisional dos sistemas de IA, no entanto, não se prevê recursos e estrutura para a criação das mencionadas técnicas.

Ademais, em todas as passagens da Ebia, ao se utilizar o termo “transparência”, nota-se a constante ressalva quanto aos segredos comerciais e industriais, permitindo que se observe a relevância de manter a proteção dos segredos empresariais no âmbito da estratégia brasileira de inteligência artificial, no entanto, será necessário acompanhar como o Poder Judiciário decidirá acerca de matérias que envolvam discussões sobre segredo empresarial e industrial.

Em consonância com o texto da Ebia (2021), considera-se relevante que a regulação jurídica da inteligência artificial se inicie com aplicações de IA que possam gerar elevado risco, como os carros autônomos. No entanto, na Ebia (2021), adverte-se que o direito não deve ser um obstáculo ao desenvolvimento tecnológico, logo, as normas jurídicas visando a regular a IA devem ser discutidas e analisadas cuidadosamente. Assim, comprehende-se que é necessário iniciar com a regulação de sistemas de IA de alto risco com a cautela de não interferir na inovação tecnológica, mas não são estabelecidos parâmetros na Ebia para que essa receita seja seguida, notando-se que, se permane-

cer da forma como está, caberá ao Poder Judiciário decidir a melhor maneira de disciplinar a matéria concernente a sistemas de inteligência artificial.

Neste sentido, para atingir os objetivos éticos e jurídicos apresentados na Ebia (2021), são propostas diversas ações estratégicas, sendo que serão analisadas as principais delas:

- a) Financiamento de projetos de pesquisa que busquem soluções éticas em sistemas de IA priorizando a não discriminação, a *accountability* e a transparência. Observação: não é possível saber de onde virão os recursos para o financiamento dos projetos e não se sabe a quantia destinada para realizar a pesquisa.
- b) Estimular parcerias com corporações que pesquisam soluções comerciais das tecnologias de IA ética. Observações: não está explicitada de que maneira serão realizadas mencionadas parcerias, ou seja, não é possível saber se existirão incentivos fiscais, se serão realizadas parcerias público-privadas etc. Além disso, não é definido como será a proteção intelectual dessas soluções, isto é, não é apontado se os direitos da propriedade intelectual (PI) serão divididos entre o setor público e o privado, se as empresas terão 100% dos direitos de PI ou se os direitos de propriedade intelectual pertencerão na integralidade ao poder público.
- c) Estabelecer como requisito técnico em licitações que os proponentes apresentem soluções adequadas aos parâmetros de uma IA ética (“por exemplo, estabelecer que soluções de reconhe-

cimento facial adquiridas por órgãos públicos possuam um percentual de falso positivo abaixo de determinado “limiar”) (Ebia, 2021, p. 23). Observações: nota-se que existe uma relação de dependência com os objetivos anteriores, principalmente, no que concerne ao primeiro, o qual se refere ao estímulo de produção de pesquisa científica sobre IA ética. Dessa maneira, surge a dúvida: deveriam ser feitas licitações, como para a contratação de sistemas de reconhecimento facial (RF), sem serem estabelecidos os critérios éticos e o limiar aceitável quanto ao falso positivo? Na lacuna de qualquer regulação jurídica, observa-se a contratação de sistemas de RF em municípios sem os parâmetros necessários para alcançar esse objetivo apresentado na Ebia (2021) (Brandão & Oliveira, 2021), logo, quanto mais tempo levarmos para implementar um plano, verdadeiramente estratégico, com parâmetros claros, mais difícil será reverter o que já está sendo realizado na administração pública.

d) Mapear as barreiras regulatórias para o desenvolvimento da IA no Brasil e atualizar a legislação para a criação de um ecossistema favorável à inovação. Observação: deve-se, primeiramente, compreender que a criação de um ecossistema favorável à inovação não se confunde com a sobreposição do interesse privado sobre o interesse público. Para ilustrar essa questão, aponta-se a reforma da Lei de Propriedade Industrial, tão importante para o desenvolvimento tecnológico do país, destacando-se os vetos da Presidência

da República apresentados na Mensagem n. 432 de 2021 sobre a licença compulsória na hipótese de emergência nacional ou internacional ou de interesse público, os quais evidenciam uma proteção do interesse privado em detrimento do interesse público: “A proposição legislativa contraria o interesse público, uma vez que pode trazer o caos ao sistema patentário nacional, podendo suscitar conflitos com as indústrias farmacêuticas e farmoquímica” e “Destaca-se, ainda, que o *know-how* é de titularidade exclusiva da empresa, a qual terá prerrogativa de licenciá-lo ou não”. Houve uma mudança significativa da Lei da Propriedade Industrial (LDI) (Lei n. 9.279 de 1996) por meio da Lei n. 14.200/21, entretanto, alguns problemas existentes há décadas relativos à licença compulsória não foram solucionados, pois quatro parágrafos e um artigo da citada lei foram vetados com uma explicação surpreendente do chefe do Poder Executivo, que diz existir a possibilidade do estabelecimento do caos se não forem protegidos os interesses das indústrias farmacêuticas e farmoquímica, mesmo quando a licença compulsória é solicitada em razão de casos de emergência ou de interesse público declarados. Além disso, o *know-how* das empresas é considerado tão sagrado que precisa de mais proteção do que a existente na Lei n. 9.279 de 1996 (Silveira & Nunes Barbosa, 2021). Consequentemente, deve-se ressaltar que a inovação e o interesse público devem caminhar juntos, sendo que é preciso evitar interpretar este objetivo da Ebia

- (2021) da mesma maneira como se constata nas justificativas dos vetos à Lei n. 14.200/21 sobre um importante tema, por exemplo, se desejarmos desenvolver uma IA de confiança e voltada ao bem-estar social.
- e) Elaborar política de controle de qualidade de dados para o treinamento de sistemas de IA. Observação: novamente, não se sabe de quem será a competência para elaborar a política de qualidade de dados, quando será feita e como será implementada. Não há também previsão de recursos ou organização de equipe técnica multisectorial, por exemplo. Dessa maneira, apenas fica apresentada a intenção sem se estabelecer uma estratégia para a sua realização.
  - f) Promover abordagens inovadoras para a supervisão regulatória (v.g., *sandboxes* e *hubs* regulatórios). Observação: não está definida a estrutura de governança, não se sabe quem ficará responsável por promover essas abordagens inovadoras, como será feita etc. Assim, “é muito importante saber quem estará criando, implementando, incentivando ou promovendo, pois isso define a extensão do que efetivamente poderá ser realizado” (Gaspar & Mendonça, 2021).

Ao se falar em *sandboxes*, em todas as passagens da Ebia, cumpre destacar três iniciativas existentes no Brasil, organizadas pelo Banco Central (Bacen), pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM) e pela Superintendência de Seguros Privados (Susep). O *sandbox* regulatório é disciplinado no Capítulo V da Lei Complementar n. 182 de 2021 (Marco Legal das Startups) para

encorajar o desenvolvimento de modelos de negócios inovadores por meio de testes de novas tecnologias e técnicas em um ambiente controlado. Consequentemente, nota-se que a adoção do *sandbox* no campo da IA já possui um ambiente favorável em termos jurídicos para ser implementada; todavia, é necessário o estabelecimento da estrutura de governança para que a ação seja estratégica.

O *sandbox* da Susep visa a regular o mercado privado de seguros, com duração de três anos, sendo implementado o programa pela Resolução n. 381/2020. Adicionalmente, cumpre salientar que foram selecionados 21 projetos na segunda edição do edital de chamada do *sandbox* (Ciclo 2), sendo que a área de seguros de veículos automotores e de celulares contou com o maior número de projetos aprovados no segundo ciclo (Susep, 2021).

Já o programa da CVM de *sandbox* está descrito na Resolução n. 29 da CVM e na Portaria CVM/PTE n. 75 de 2020, sendo que o objetivo é incentivar o desenvolvimento de soluções inovadoras no mercado de capitais. A primeira edição (Ciclo 1) ocorreu em 2021 e contou com 33 propostas, sendo que apenas três foram selecionadas pela CVM. Não se pode olvidar que a Vórtx QR Tokenizadora foi uma das empresas escolhidas, sendo que, em 2022, realizou uma importante parceria com o Banco Itaú para “tokenizar”, pela primeira vez, debêntures negociáveis (Gusson, 2022). Dessa forma, já podemos observar as novas soluções tecnológicas apresentadas por essas empresas e a celebração de parcerias com as instituições financeiras.

Por fim, o programa de *sandbox* regulatório do Banco Central foi lançado pela Resolução n. 50 de 2020, visando ao

alcance de inovações financeiras por meio do uso de inteligência artificial, tecnologia *blockchain*, compartilhamento de dados em serviços de computação em nuvem e biometria. Foram submetidos 52 projetos e apenas sete foram selecionados (Bacen, 2021): HIMOC, JP Morgan, Itaucard, OTC Exchange, INCO, Mercado Pago e Iupi. Além disso, o período de participação é de um ano, podendo ser prorrogado por mais um ano nesta primeira edição. Já a implementação dos projetos apenas possuirá o caráter de permanente se comprovarem que oferecerão novos e melhores serviços aos usuários do Sistema Nacional Financeiro e do Sistema Brasileiro de Pagamentos (Bacen, 2021).

O setor financeiro é o mais regulado em todo o globo, sendo que o custo desta área do mercado, em razão das exigências jurídicas, é um dos principais obstáculos para as *fintechs*, por exemplo. Consequentemente, o uso de *sandboxes* regulatórios é fundamental para que sejam realizados testes em um ambiente controlado na área financeira, que precisa cada vez mais apresentar soluções tecnológicas, principalmente na área de segurança cibernética.

No início de 2023, será possível verificar o perfil das empresas autorizadas pelo Bacen, pela Susep e pela CVM, devendo-se observar as soluções inovadoras incorporadas ao mercado brasileiro. Além disso, as empresas que pretendem participar dos próximos ciclos deverão monitorar os projetos aprovados e analisar as características dos projetos não selecionados nas edições anteriores. Adicionalmente, a regulamentação e o processo de seleção feitos pelo Banco Central, pela Susep e pela CVM poderão servir

de base para criarmos uma estrutura de governança para o *sandbox* no campo da inteligência artificial, já que não temos recomendações específicas de como implementar tais programas na Ebia.

Finalmente, é importante ressaltar que esse é o ambiente regulatório no Brasil no que diz respeito à criação de um cenário favorável ao desenvolvimento tecnológico e à inovação. Como se nota, a Ebia apresenta as intenções do país no que concerne ao desenvolvimento de sistemas de IA; contudo, não há previsão de recursos e ações estratégicas voltados à sua implementação. Diante do exposto, verifica-se a relevância de se compreender os projetos de lei propostos no âmbito federal para regular juridicamente a IA para ser possível analisar quais serão os possíveis rumos a serem tomados pelo Brasil.

## **PROJETOS DE LEI VOLTADOS À REGULAÇÃO DA IA: DESAFIOS E PERSPECTIVAS**

A vaguedade da Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial estende-se aos projetos de lei que estão tramitando na Câmara dos Deputados e no Senado Federal para a regulação de sistemas de inteligência artificial. Os principais temas relativos à IA são tratados de maneira superficial e ainda é prematuro aprovar um marco legal da IA sem a compreensão adequada acerca de vários aspectos da inteligência artificial, pois ainda há debates sobre a abrangência conceitual, não se sabe como garantir a explicabilidade e a transparência da IA, não há um modelo de gestão de risco da IA, não

há parâmetros para o controle da qualidade dos dados, não se sabe se é melhor uma regulação setorial, não está pacífico o debate sobre a responsabilidade civil incidente em danos provocados por sistemas de IA, etc. Ao se buscar acelerar o processo de regulação jurídica da IA, há um elevado risco do Poder Judiciário ficar como responsável para disciplinar a matéria que possui muitas lacunas nos atuais projetos de lei, acarretando a criação de um ambiente de incerteza jurídica que impactará negativamente o desenvolvimento tecnológico do país.

Em relação aos projetos de lei que visam a regular a matéria sobre inteligência artificial, pode-se mencionar os seguintes:

- Projeto de Lei n. 5051 de 2019: este projeto foi apresentado pelo senador Styvenson Valentim (Podemos/RN) perante o Senado Federal e busca estabelecer os princípios para o uso da IA no Brasil. Esse projeto de lei é muito semelhante ao Projeto de Lei n. 240 de 2020. Este PL está parado no Senado Federal e foi solicitada em 29 de junho de 2022, por meio do Requerimento n. 512 de 2022, a tramitação conjunta do PL n. 5691/2019 com o PL n. 21/2020, PL n. 5051/2019 e PL n. 872/2021 por tratarem de matéria correlata;
- Projeto de Lei n. 5691 de 2019: trata-se de projeto apresentado pelo senador Styvenson Valentim (Podemos/RN) no Senado Federal com o objetivo de instituir a Política Nacional de Inteligência Artificial com o objetivo de estimular a formação de um ambiente favorável para o desenvolvimento de tecnologias de IA. A ideia de criar uma Política Nacional de Inteligência Artificial seria excelente se fosse para nos fornecer uma estrutura de governança que pudesse viabilizar a implementação das diversas ações estratégicas apresentadas na Ebia; todavia, o PL n. 5691 de 2019 é de natureza principiológica e não há nada diverso do que está presente no texto do PL n. 21 de 2020;
- Projeto de Lei n. 240 de 2020: trata-se de um projeto apresentado pelo deputado Léo Moraes (Podemos/RO) na Câmara dos Deputados e possui como principal escopo disciplinar a matéria de IA. Há apenas a apresentação de princípios que norteiam a inteligência artificial, sendo que foi arquivado em razão da aprovação do Projeto de Lei n. 21 de 2020 na Câmara dos Deputados;
- Projeto de Lei n. 4120 de 2020: projeto apresentado pelo deputado federal Bosco Costa (PL-SE) perante a Câmara de Deputados que busca regular o uso de algoritmos em plataformas digitais. O principal objetivo é regulamentar a automação de decisões por meio de sistemas de IA estabelecendo a exigência do fornecimento de informações sobre as decisões em cinco dias úteis, pelas empresas, quando requisitadas pelo usuário da aplicação de IA. O projeto de lei foi arquivado em razão da aprovação do Projeto de Lei n. 21 de 2020 na Câmara dos Deputados;
- Projeto de Lei n. 21 de 2020: o projeto foi apresentado pelo deputado federal Eduardo Bismarck (PDT-CE) perante a Câmara dos Deputados Federais e é intitulado de Marco Legal da Inteligência Artificial. O projeto de lei foi aprovado

na Câmara dos Deputados e encaminhado ao Senado Federal, o qual instituiu uma Comissão de Juristas para debater o projeto. Esse PL 21/2020 é o mais debatido atualmente no Brasil e é o que mais possui chances de ser aprovado;

- Projeto de Lei n. 872 de 2021: o projeto foi apresentado pelo senador Veneziano Vital do Rego (MDB/PB) perante o Senado Federal e busca regular o uso da inteligência artificial. O principal escopo do projeto é estabelecer princípios e diretrizes para o desenvolvimento e para o uso ético da IA no Brasil. Trata-se de um projeto muito genérico e, provavelmente, será arquivado em razão do PL n. 21 de 2020, que abrange a matéria tratada no PL n. 871 de 2021.

O PL n. 21 de 2020 estabelece princípios, objetivos fundacionais e diretrizes para o poder público para regular os sistemas de IA no futuro; no entanto, os princípios estabelecidos no projeto de lei são muito semelhantes ao arcabouço principiológico da Lei Geral de Proteção de Dados, notando-se uma redundância descabida, já que tais princípios já foram incorporados no ordenamento jurídico vigente por meio da LGPD. Além disso, deve-se ressaltar que a inteligência artificial, no atual estado da arte, é um fenômeno emergente que necessita ser regulado, mas, para que isso seja possível, é fundamental estabelecer definições, taxonomia e classificação de risco para que consigamos considerar um documento como um Marco Legal de IA que permitirá a regulação setorial posterior.

A vaguedade do PL 21/2020 é consequência da generalidade da Ebia, pois, caso

tivéssemos uma estrutura de governança multisectorial estabelecida para decidir acerca de definições, taxonomia e classificação de risco, poderíamos ter substratos para apresentar uma lei que fizesse jus ao título de Marco Legal da IA. Deve-se ressaltar que a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) apresentou um Quadro Geral para a Classificação dos Sistemas de IA, em 2022, com o objetivo de facilitar o trabalho de legisladores, políticos, juristas, etc. (OECD, 2022), sendo que foram entregues todos os estudos científicos e metodológicos realizados para se alcançar a mencionada classificação.

Diante do exposto, ao menos, o Brasil teria um documento inicial para realizar o seu trabalho de classificação dos sistemas de IA e para estabelecer critérios para a gestão de riscos. Assim, a partir dessa proposta da OCDE, seria possível iniciar a elaboração de um verdadeiro Marco Legal da Inteligência Artificial. Adicionalmente, como asseverado anteriormente, o PL 21/2020 é redundante em relação à legislação brasileira em vigor, não adicionando algo específico para o debate relativo à IA.

O risco de ser aprovada uma lei muito vaga, que visa a ser o Marco Legal da IA, como o PL 21/2020, é o fato de deixar a encargo do Poder Judiciário a tarefa de regulamentar a matéria, sendo que haverá decisões diferentes conforme a região do país, por exemplo. Consequentemente, existirá, por muitas décadas, até a consolidação da jurisprudência, um ambiente de insegurança jurídica, afastando o investimento no Brasil para o desenvolvimento da inteligência artificial. Assim, trata-se de uma tarefa do

Poder Legislativo fornecer os contornos da regulação da IA, permitindo a promulgação de leis setoriais harmônicas à lei geral que deve estabelecer de forma clara e segura as definições, taxonomia e classificação de risco.

No que se refere à responsabilidade civil em sistemas de inteligência artificial, cumpre ressaltar que, no PL 21/2020, há a previsão de que a indenização em razão de danos causados por IA no âmbito de uma relação consumerista deve ser regulada pelo Código de Defesa do Consumidor (Lei n. 8.078, de 1990). Por conseguinte, pode-se verificar que a responsabilidade civil, causada por danos provocados por sistemas de IA ao consumidor final, será objetiva.

Por outro lado, o artigo 6º do PL 21/2020 está causando muito debate no âmbito jurídico, pois ficou disposto que a regra é o regime de responsabilidade civil subjetiva em razão de danos causados por aplicações de IA. Em razão deste dispositivo, um grupo de juristas entregou uma carta aberta ao Senado Federal apontando o erro de se exigir a prova da culpa para eventual indenização em razão de dano, uma vez que será mais difícil às vítimas produzirem evidências para a obtenção da compensação. Consequentemente, os autores da carta concluem que a adoção do regime da responsabilidade civil subjetiva como padrão no PL n. 21/2020 será desfavorável à criação de um ecossistema propício a investimentos, já que será edificado um cenário de “irresponsabilidade generalizada”, tornando impossível às vítimas comprovarem a culpa dos agentes que trabalham no desenvolvimento de sistemas de IA (Conjur, 2021).

Já outro grupo de juristas apresentou uma carta aberta defendendo o regime geral da responsabilidade subjetiva no PL n. 21 de 2020, pois a responsabilidade objetiva deve ocorrer na hipótese de existência de assimetria entre o fornecedor e o consumidor (relações de consumo) ou em situações de alto risco. Ademais, considerando que a maior parte dos sistemas de IA é de baixo e médio risco em termos de danos materiais e morais que podem ser causados, não há razão de responsabilizar os agentes de IA objetivamente, ou seja, a despeito de prova de culpa. Se a responsabilidade civil objetiva for a regra no Brasil, as *startups* serão as mais prejudicadas, uma vez que não possuirão recursos financeiros em caixa para pagar eventuais indenizações (Conjur, 2022).

Novamente, observa-se que o debate relativo à responsabilidade civil por danos causados por sistemas de IA é decorrente da ausência de uma classificação de risco no PL n. 21 de 2020. Agravando esse cenário, deve-se ressaltar que a Emenda de Plenário n. 02 da PL 21/2020 foi rejeitada, sendo que ela apontava a necessidade de elaboração de um relatório de impacto para atividades de alto risco envolvendo IA. A motivação da rejeição da mencionada emenda é referente ao atraso que causaria para a aprovação do PL 21/2020, pois demandaria muito tempo disciplinar sobre o relatório de alto impacto e sobre as atividades que seriam consideradas de alto risco. Era, exatamente, isso que deveria ser debatido e apresentado em um projeto de lei que visa a ser um Marco Legal da IA, visto que ressolveria muitas dúvidas concernentes à responsabilização civil se houvesse uma classificação de risco dos

sistemas de IA e se houvesse parâmetros para a elaboração de um relatório voltado à gestão de risco. Assim, resta questionar o porquê da elevada urgência de se aprovar este projeto de lei mesmo que lacunoso e muito aquém do objetivo a que se propõe.

Diante do exposto, como o projeto de lei não foi aprovado no primeiro semestre de 2022, o debate sobre o PL n. 21 de 2020 apenas será retomado em 2023, já que o segundo semestre de 2022 é marcado pelo período eleitoral e este PL não está na pauta de prioridade do Poder Legislativo. Assim, o destino do PL n. 21 de 2020 depende dos resultados das eleições de 2022 e da composição que terão os poderes Legislativo e Executivo. Caso seja preservado o cenário político, o PL n. 21 de 2020, possivelmente, será aprovado sem as Emendas de Plenário e apenas será uma lei que não atingirá o seu objetivo de ser um Marco Legal da IA sendo que as dúvidas que circundam a temática serão, muito provavelmente, resolvidas no âmbito do Poder Judiciário. No entanto, se houver a modificação da composição política do Brasil, é possível que o PL n. 21 de 2020 não alcance a aprovação e sofra profundas modificações.

Por fim, cumpre ressaltar que é importante o Brasil possuir um Marco Legal da Inteligência Artificial, mas ele deve corresponder ao seu principal objetivo: estabelecer as principais regras e diretrizes para a regulação da IA no país, ou seja, é necessário apresentar definições, taxonomia e classificação de risco que possam viabilizar a elaboração de posteriores normas jurídicas que disciplinarão, de maneira setorial, a matéria referente à inteligência artificial.

## CONCLUSÕES

Diante do que foi exposto, pode-se constatar que o Brasil criou um ecossistema jurídico favorável ao desenvolvimento de uma inteligência artificial de confiança, possuindo diversas normas jurídicas relevantes para a inovação no país: Lei Geral de Proteção de Dados (Lei n. 13.798/2018), Lei de Acesso à Informação (Lei n. 12.527 de 2011), Marco Legal das Startups (Lei Complementar n. 182 de 2021), Lei de Propriedade Industrial (Lei n. 9.279 de 1996), Lei de Direitos Autorais (Lei n. 9.610 de 1998), etc. Além disso, diversas iniciativas foram lançadas com o objetivo de promover o desenvolvimento tecnológico nacional, como, por exemplo: a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial, a Estratégia Brasileira de Transformação Digital, a Estratégia do Governo Digital 2020-2022, o Programa Startup, o Programa IA MCTI, etc.

Nesse sentido, é importante salientar que o debate sobre inteligência artificial no Poder Legislativo é pautado na ideia de que o Brasil deve fomentar a inovação e não criar obstáculos, construindo um espaço adequado para a elaboração de normas jurídicas que não restrinjam o desenvolvimento tecnológico do país, mas que construam rationalidades jurídicas voltadas ao apoio da criação de novos modelos de negócios e de novas tecnologias de maneira sustentável e harmônica com os direitos fundamentais dos cidadãos.

Adicionalmente, deve-se notar que o governo federal busca o estabelecimento de diversas parcerias internacionais para o desenvolvimento da IA e apresenta diversas

linhas de crédito público voltadas à pesquisa, desenvolvimento e inovação. Além disso, é apontado na Ebia que é preciso priorizar o financiamento de projetos de pesquisa que apresentem soluções no campo da equidade, *accountability* e transparência de sistemas de IA. Assim, pode-se observar o interesse público em investir e buscar parcerias internacionais para possibilitar e apoiar a inteligência artificial no Brasil.

Outro aspecto importante é a ocorrência de chamadas para a participação de empresas para projetos de *sandboxes* regulatórios pelo Bacen, Susep e CVM, viabilizando o início de projetos inovadores com a redução das despesas regulatórias. Neste sentido, o conhecimento adquirido ao longo dos ciclos de seleção de projetos permitirá cada vez melhores resultados, tanto no processo seletivo como na realização dos testes no âmbito do *sandbox* regulatório.

Em termos jurídicos, pode-se asseverar que a semelhança entre a LGPD com o Regulamento Geral Europeu de Proteção de Dados (GDPR) facilitará a adequação internacional de sistemas de IA desenvolvidos no Brasil, fornecendo mais credibilidade aos produtos advindos do país. Além disso, os registros de marcas e patentes de *startups* na área de inovação possuirão prioridade de análise; criando, portanto, um ambiente favorável ao surgimento de empresas com enfoque em soluções tecnológicas e inovadoras.

No entanto, existem alguns aspectos que necessitam ser disciplinados de uma forma adequada para não gerar conflitos e incertezas jurídicas. Assim, o Projeto de Lei n. 21 de 2020, o qual visa a ser o Marco Legal da Inteligência Artificial, não cumpre a sua função, sendo lacu-

noso e generalista em sua integralidade, ou seja, esse projeto de lei não regula o fenômeno emergente da inteligência artificial. O risco de se aprovar um projeto de lei desta maneira é delegar ao Poder Judiciário a regulamentação da matéria de IA, já que a lei é omissa em diversos momentos, como se apontou no artigo. Consequentemente, até ser consolidada a jurisprudência sobre as diversas temáticas que circundam a IA, será instaurado um ambiente de insegurança jurídica, o que poderá afastar investimentos em *startups* e empresas de IA no país.

O PL n. 21 de 2020 não estabelece definições, taxonomia e classificação de riscos, gerando diversos problemas, como: a) o conceito de sistemas de IA apresentado no projeto de lei é contestável e exigiria mais debate e detalhamento; b) não há diretrizes para a elaboração de relatórios de gestão de risco por empresas que desenvolvem atividades de alto risco; c) não há classificação do risco dos sistemas de IA; d) estabelece a responsabilidade civil subjetiva como regime padrão em matéria de IA, mas não esclarece como a culpa será verificada quando houver discussões sobre a proteção do segredo industrial e comercial; e) não há explicação de como a culpa será analisada para fins de responsabilidade civil quando se está diante de danos provocados por aprendizado de redes neurais artificiais; f) não há previsão de como os dados utilizados para o treinamento de *machine learning* serão analisados pelo Poder Judiciário; g) não há clareza de como os segredos comercial e industrial serão protegidos nos casos de aquisição e uso de sistemas de IA pelo poder público,

tendo em vista a efetividade do princípio da transparência na esfera pública, etc.

Adicionalmente, deve-se observar que o debate sobre o PL n. 21 de 2020 está polarizado, como se pode verificar nas transcrições do debate na Câmara dos Deputados sobre a temática. Os partidos de direita desejam a aprovação imediata do projeto e os partidos de direito reivindicam mais tempo para discussões e modificações. Nota-se que, em matéria técnica, como a questão envolvendo IA buscar a aprovação urgente de um projeto de lei por motivos políticos não é adequado quando é necessária a análise técnica e científica sobre o assunto. Assim, não é razoável considerar que o assunto tratado pelo PL n. 21 de 2020 deva tramitar em regime de urgência, sendo que é preciso realizar diversos ajustes ou elaborar um novo projeto de lei que solucione as diversas lacunas e obstáculos impostos pelo PL n. 21/2020.

Por fim, é relevante salientar que as lacunas presentes no PL n. 21 de 2020 são sintomas da generalidade da Estratégia

Brasileira de Inteligência Artificial, a qual não estabelece uma estrutura de governança para debater diversos assuntos sensíveis, não indica recursos para o desenvolvimento das ações estratégicas, não aponta de onde virão os recursos para o financiamento de projetos voltados a soluções éticas no campo da IA, etc. Por conseguinte, não há estudos, recursos e formas de implementação da Ebia para poder fornecer subsídios a um projeto de lei que visa a estabelecer o Marco Legal da Inteligência Artificial. Desse modo, cumpre pensar no país e buscar estruturar um plano de ação para que, realmente, o desenvolvimento da IA no Brasil seja algo concreto, não meras intenções. Assim, pode-se notar que ainda estamos distantes de possuirmos uma estratégia nacional de inteligência artificial, mas temos diversos centros de pesquisa na área de IA que poderão fornecer a base para construirmos um caminho em que o Brasil torne-se competitivo no plano tecnológico.

## REFERÊNCIAS

- ADRION, R. "O que é *edge computing*?" *Olhar Digital*, 25/mai./2021.
- ASMETRO-SI. "Serviço de computação em nuvem do governo federal já tem adesão de 23 órgãos". *ASMETRO-SI*. Brasília, 14/fev./2020.
- ATTARAN, M. "The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization". *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 21/fev./2021.
- BANCO CENTRAL. *Sandbox BC*. Brasília, Bacen, 2021.
- BRANDÃO, R.; OLIVEIRA, J. L. "Reconhecimento facial e viés algorítmico em grandes municípios brasileiros". *Anais do Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade (WICS)*. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Computação, 2021, pp. 122-27.
- C. IP, E. "The political determinants of China's new health constitution". *Med Law Review*, v. 29, n. 1. Oxford, 2021, pp. 3-23.
- CAETANO, G. "Raio-x da transformação digital no Brasil em 2021: principais dados e insights". *MIT Technology Review*, 2/jun./2021.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. 3ª Sessão Legislativa Ordinária da 56ª Legislatura - 112 ª Sessão, Sessão Deliberativa Extraordinária Virtual. Brasília, Câmara dos Deputados Federal, 2021.
- CHAVES, S. *A questão dos riscos em ambientes de computação em nuvem*. Dissertação de mestrado. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2011.
- CHINA. "Law of the people's Republic of China on basic medical and health care and the promotion of health". NPC, Pequim, 2019.
- CONJUR. "Especialistas criticam responsabilidade subjetiva prevista no PL do marco da IA". *Consultor Jurídico*. Brasília, 2021.
- CONJUR. "Marco Legal da Inteligência Artificial: ponderações sobre a responsabilidade civil". *Consultor Jurídico*. Brasília, 2022.
- DIAS, M. C. "Marco Legal das Startups: o que é a lei e o que muda para empresas". *Exame*. São Paulo, 2021.
- CVM - Comissão de Valores Mobiliários. "CVM finaliza primeiro processo de admissão do Sandbox Regulatório". Brasília, CVM, 2021.
- DOUGLIS, F.; KRIEGER, O. "Virtualization". *IEEE Internet Computing*, v. 17, n. 92, mar./2013, pp. 6-9.
- DOYLE, Lee. "Industry Voices - doyle: what hyperscale cloud and telecom partnerships could mean". *Fierce Telecom*, 26/ago./2020.
- EBIA. Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial. Brasília, MCTI, 2021.
- ECLAC - Economic Commission for Latin America and the Caribbean. *Economic Survey of Latin America and the Caribbean* (LC/G.2684-P). Santiago, United Nations, 2016.
- ECLAC - Economic Commission for Latin America and the Caribbean. *Economic Survey of Latin America and the Caribbean* (LC/PUB.2018/17). Santiago, United Nations, 2018.
- ECLAC - Economic Commission for Latin America and the Caribbean. *Digital technologies for a new future* (LC/TS.2021/43). Santiago, United Nations, 2021.
- EUROPEAN PARLIAMENT. *European Parliament resolution of 20 October 2020 with recommendations to the Commission on a civil liability regime for artificial intelligence (2020/2014 INL)*. Brussels, European Parliament, 2020.

- GAMA JÚNIOR, L. da S. *Virtualização de funções de rede em nuvem para instituições públicas*. Dissertação de mestrado. Sergipe, Universidade Federal de Sergipe, 2017.
- GASPAR, W. B.; MENDONÇA, Y. C. de. *A inteligência artificial no Brasil ainda precisa de uma estratégia*. Rio de Janeiro, FGV Direito Rio, 2021.
- GeSI - Global E-Sustainability Initiative. *ICT Solutions for a SMARTer2030: Business Playbook*. Bruxelas, GeSI, 2015a.
- GeSI - Global E-Sustainability Initiative. *ICT Solutions for a SMARTer2030: Policy Playbook*. Bruxelas, GeSI, 2015b.
- GRANATO, L. "Falta de profissionais vai atrasar o Brasil". *Exame*. São Paulo, 27/mai./2021.
- GROSSMANN, L. O. "Governo faz opção preferencial pela nuvem em contratos de TI". *Abranet*, 4/abr./2019.
- GROSSMANN, L. O. "Governo federal fecha acordo de preços com a Google". *Convergência Digital*, 16/ago./2022.
- GUIASI, A.; BACA, R. "Overview of Largest Data Centers". *IEEE P802.3bs Task Force*, New York, 2017.
- GUSSON, C. "Itaú será o primeiro banco do Brasil a negociar debêntures tokenizadas em parceria com a Vórtx QR Tokenizadora". *Cointelegraph*, 1/jun/2022.
- HAI. *Artificial Intelligence Index Report 2022*. Stanford, Stanford University, 2022.
- IMPRENSA NACIONAL. *Software público brasileiro: um ecossistema digital em expansão*. Brasília, Imprensa Nacional, 2019.
- JULIO, R. A. "Exclusivo: startups de inteligência artificial batem recorde no Brasil e captam US\$ 365 milhões em 2020". *Revista Pequenas Empresas e Grandes Negócios*. São Paulo, 2020.
- KATZ, R.; CABELLO, S. M. *The value of digital transformation through expansive mobile in Latin America*. New York, Telecom Advisory Services, 2019.
- KPMG. "Brasil possui 702 startups de inteligência artificial". *CIO IT Midia*, 2021.
- KRAUSE, R. "How Amazon, Microsoft, Google crushed Verizon, AT&T in the cloud". *Investors*, 29/ago./2016.
- MACHADO, J. M. et al. *Cloud computing 2022: Brazil*. London, Law Business Research, 2021.
- LUCA, C. "Enfim, uma estratégia de IA para o país". *MIT Technology Review*, 2021.
- MANGLIK, R. "World telecommunication and information society day". *The Times of India*. Haryana, 17/mai./2022.
- MÁXIMO, W. "Tecnologia 5G estreia no Brasil nesta quarta-feira". *Agência Brasil*. Brasília, 6/jul./2022.
- MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-digital)*. Brasília, MCTI, 2018.
- MEFFE, C.; FREITAS, C. S. "A produção compartilhada de conhecimento: o software público brasileiro". *Informática Pública*, vol. 10, n. 2. Belo Horizonte, 2008, pp. 37-52.
- MINISTÉRIO DA ECONOMIA. "O que é a diretriz *cloud first* da SGD para o SISP?". *Governo Digital*. Brasília, 26/abr./2022.
- MINISTÉRIO DA ECONOMIA. "Catálogo de Soluções de TIC". *Governo Digital*. Brasília, 2/dez./2019.
- MPOG - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. *Boas práticas, orientações e contratações de serviços de computação em nuvem*. Brasília, STI, 2016.

- OECD. "OECD Framework for the Classification of AI systems". *OECD Digital Economy Papers*, n. 323. Paris, 2022.
- OXFORD INSIGHTS. *Government AI Readiness Index 2019*. Malvene, Andre Petheran & Sulamaan Rahim, 2020.
- OXFORD INSIGHTS. *Government AI Readiness Index 2020*. Malvene, Andre Petheran & Sulamaan Rahim, 2021.
- OXFORD INSIGHTS. *Government AI Readiness Index 2021*. Malvene, Andre Petheran & Sulamaan Rahim, 2022.
- PEARL, M.; BLEST, A. *Cloud computing 2022: UK*. London, Law Business Research, 2021.
- ROSEBORO, R. "Are telcos and hyperscalers destined to be frenemies?". *Light Reading*, 6/ago./2020.
- SANDUSKY, K. "Cifar announces plans for second phase of the Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy". *Cifar*. Toronto, 22/jun./2022.
- SENADO FEDERAL. "Senado vai analisar projeto que regulamenta o uso da inteligência artificial". *SF Notícias*. Brasília, 2021.
- SILVA, P.; PERRONE, C.; CARNEIRO, G. "Transferência de dados entre Europa e Brasil: análise de adequação da legislação brasileira". *ITS RIO*. Rio de Janeiro, 2019.
- SILVEIRA, N.; BARBOSA, P. M. N. "Mudanças na Lei da Propriedade Intelectual". *Migalhas*. São Paulo, 24/set./2021.
- STARTUP GENOME. *The Global Startup Ecosystem Report GSER 2020*. São Francisco, Startup Genome, 2020.
- SUSEP. *Sandbox Regulatório*. 2ª ed. Brasília, Susep, 2021.
- THOMPSON, D.; WENTWORTH, E. "Buenos Aires: multitenant datacenter market". *Datacenter Technologies Cooling Market Map*. New York, 2019.
- TI INSIDE. "EDS vence licitação de nuvem pública do Ministério da Economia". *TI Inside*, 5/abr./2021.
- UK. "Supply and Appropriation (Main Estimates) Act 2020". *UK Public General Acts*, 2020.
- UK. "Supply and Appropriation (Main Estimates) Act 2021". *UK Public General Acts*, 2021.
- UK. "Supply and Appropriation (Main Estimates) Act 2022". *UK Public General Acts*, 2022.
- WEISSBERGER, A. "Cloud service providers increase telecom revenue; Telcos move to cloud native". *IEEE*, 22/mai./2021.
- WU, P. "Ant financial and the greening of fintech". *The Diplomat*. Washington, 25/jan./2018.
- XAVIER, F. C. "A estratégia brasileira de inteligência artificial". *MIT Technology Review*, 2021.
- ZHU, J. "Chinese state firms to take big stake in Ant's credit-scoring". *Reuters*. London, 1°/set./2021.
- ZHU, M.; ZHOU, A.; ZHANG, L. "The health law review: China". *The Healthcare Law Review*, 5/set./2021.



# Governança e prioridades da ciência brasileira

*Sergio Salles-Filho*

## resumo

O objetivo deste artigo é apresentar e discutir a governança da ciência, o que ela engloba e quais os desafios que hoje são mais importantes em âmbitos nacional e global. O tema é abordado sob duas dimensões: governança estrita, que examina os cânones internos do funcionamento da ciência; e governança ampliada, que olha para as interfaces e interações da ciência com a sociedade. Sobretudo, discute-se o que está mudando nessas dimensões e quais os impactos e iniciativas sobre as “instituições da ciência”. Temas como ciência aberta, vieses de priorização e seleção, indicadores de qualidade, engajamento social, pesquisa orientada a missão, dentre outros, são discutidos como “espírito do tempo” e seus efeitos – de mão dupla – sobre a governança estrita e ampliada da ciência. Essa discussão é estendida para o Brasil em seus 200 anos de Independência, colocando alguns dos desafios que teremos que enfrentar.

**Palavras-chave:** governança da ciência; indicadores de qualidade; engajamento social.

## abstract

*The purpose of this article is to present and discuss science governance, what it encompasses and what challenges are most important today at national and global levels. The topic is approached from two dimensions: strict governance, which examines the internal canons of how science works; and expanded governance, which looks at the interfaces and interactions of science with society. Above all, it discusses what is changing in these dimensions and what impacts and initiatives have on “science institutions”. Topics such as open science, prioritization and selection biases, quality indicators, social engagement, mission-oriented research, among others, are discussed as the “spirit of the time” and its two-way effects on the strict and expanded governance of science. This discussion is extended to Brazil in its 200 years of Independence, posing some of the challenges that we will have to face.*

**Keywords:** science governance; quality indicators; social engagement.

# G

overnança da ciência é um assunto que pode ser visto e discutido sob várias dimensões, tanto internas quanto externas à ciência. Mais ainda, pode ser analisado pelas interfaces e intersecções entre o que está dentro e o que está fora. E aqui já começa uma primeira questão que carece de precisão: o que delimitaria a ciência, já que plural e distribuída? Alguma demarcação é necessária, ainda que não seja categórica ou distingível a “olho nu”.

Como nosso objetivo neste capítulo é discutir governança da ciência, o que ela engloba e quais os desafios que hoje são mais importantes em âmbitos global e nacional, antes de falar em delimitação da ciência, é preciso olhar para o termo governança.

O termo governança evoca, claro, o sentido de governar, organizar o funcionamento das coisas, estabelecer critérios e propósitos, definir regras e prioridades, definir

incentivos, desincentivos, atribuir funções, hierarquias e responsabilidades. Uma vez estabelecida por direito, uma governança só existirá, de fato, se for monitorada, conhecida e devidamente informada.

Talvez o emprego do termo governança mais conhecido seja o da governança corporativa, entendida aqui como governança de uma organização, seja ela econômica ou não econômica. É interessante notar que a ideia original de governança corporativa nasce de modelos organizacionais cuja propriedade é distribuída e, muitas vezes, difusa (IBGC, 2022). Organizar-se é governar, e governança é a forma pela qual uma organização opera e evolui. Sendo assim, há formas distintas de governança, que também evoluem.

A ciência não é uma organização no sentido estrito do termo, mas se organiza com base em muitas organizações, como em um arquipélago, cujos limites territo-

---

**SÉRGIO SALLES-FILHO** é professor do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Unicamp.

riais são mais ou menos arbitrários, embora possam ser conhecidos e aceitos.

No seu artigo clássico de 1962 intitulado “República da ciência” (reimpresso pela revista *Minerva* em 2000), Michael Polanyi começa o texto dizendo: “O título deste artigo sugere que a comunidade de cientistas é organizada de tal maneira que se assemelha a um corpo político, operando sob princípios econômicos similares àqueles empregados na produção de bens” (Polanyi et al., 2000). Mais adiante, Polanyi propõe que, embora trabalhando de forma essencialmente independente, heterogênea e distribuída, os cientistas – e a própria ciência – só existem como tal porque há interação, cooperação e tipos próprios de coordenação. Uma autocoordenação a partir das iniciativas dos cientistas. O autor faz menção a uma mão invisível, aludindo à coordenação dos mercados de Adam Smith, para argumentar que autonomia – e não direcionamento – é um fundamento do avanço da ciência.

Evidentemente, essa discussão ganhou, ao longo das décadas, inúmeros desdobramentos com críticas mais ou menos contundentes. Na própria reimpressão do artigo de 1962, na revista *Minerva*, há comentários de John Ziman e Steve Fuller que são bons exemplos de críticas, tanto suaves (John Ziman), chamando para aspectos datados do argumento de Polanyi (Polanyi et al., 2000), quanto contundentes (Steve Fuller), argumentando que de “republicana” a ciência tem muito pouco e que a analogia com mãos invisíveis é inadequada frente à realidade de produção de conhecimento científico.

Muitas inovações organizacionais na ciência foram introduzidas de lá para cá,

especialmente nos modos de fomento, que hoje tem um gradiente de instrumentos que vai da autonomia distribuída (como os editais universais, abertos a propostas de toda natureza, sem quaisquer balizamentos) à hierarquia planejada (como no fomento à pesquisa orientada por missão ou direcionada a temas prioritários).

O tema do maior ou menor direcionamento foi em grande parte aquietado pela introdução de mecanismos variados de fomento e pelo reconhecimento de que há diferentes tipos de pesquisa, como no “Quadrante de Pasteur” proposto por Donald Stokes, que diferencia as orientações da pesquisa a partir dos trabalhos de pesquisadores famosos (Niels Bohr, Thomas Edison e Louis Pasteur).

Não é nossa intenção neste texto (pois seria pretensioso e arriscado) entrar na discussão da maior ou menor eficácia, eficiência e efetividade que os diferentes instrumentos de fomento apresentam. Nossa interesse é no conceito de governança e como sua aplicação à ciência pode ajudar a discutir temas hoje considerados centrais para o melhor entendimento da produção e uso de conhecimento. Nesse particular, a noção de república – ou de qualquer outra forma de organização que apresente regras e objetivos próprios e persistentes de funcionamento – interessa porque dá sentido de organicidade à produção do conhecimento científico, e isso implica governança. Seja para construir uma ciência de amplo acesso, distribuída e livre de quaisquer direcionamentos, seja para direcioná-la a alvos predefinidos, modelos distintos de governança serão necessários. Cada modelo será mais ou menos adequado em função de seus objetivos e contextos.

## AS GOVERNANÇAS DA CIÊNCIA

Uma alternativa para abordar o tema é tratá-lo em duas dimensões: governança estrita, que examina os cânones internos do funcionamento da ciência e que remete aos clássicos da filosofia e sociologia da ciência; e governança ampliada, que olha para as interfaces e interações da ciência com a sociedade e que, por caminhos variados, propõe elementos que dialogam, quase sempre criticamente, com os cânones.

Evidentemente, é muito difícil isolar a governança interna da externa, até porque são regras e funcionalidades que se interconectam e se influenciam mutuamente. Entretanto, a literatura mostra que há delimitações da governança da ciência que permitem tratá-la em seus cânones. Na verdade, o que fazemos aqui é primeiramente apontar normas, modos de organização e hierarquias que definem os cânones da ciência e em seguida, as discussões que vêm propondo governança ampliada, para além dos cânones.

É na compreensão dessas dimensões, estrita e ampliada, e de suas implicações para as políticas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e inovação que se encontram hoje as principais discussões sobre como conduzir a produção e uso do conhecimento científico. Essa abordagem permitirá também entrar em temáticas atuais e relevantes para o caso brasileiro.

### GOVERNANÇA ESTRITA

A governança estrita diz respeito às normas e contranormas da ciência, às estruturas e modos operacionais fundamentais

da ciência e de como, sendo estrita, acaba sendo contestada, não só por razões teóricas, mas pelo crescente interesse que a própria ciência desperta nos mais diversos segmentos da sociedade, incluindo agentes públicos e privados como governos e empresas, os pagadores de impostos e a sociedade como um todo<sup>1</sup>.

Sem ter aqui intenção de ser exaustivo em um assunto que tem longa tradição, principalmente na filosofia e na sociologia da ciência, mas também na antropologia e na economia, vamos tomar como referência as normas mertonianas e suas contranormas. Elas permitem identificar os principais cânones e suas consequências. Em seguida, a discussão da governança ampliada trará os temas atuais apoiando-se nos degraus da governança estrita.

Autores clássicos da sociologia e da filosofia da ciência, como Michael Polanyi, Karl Popper, Robert Merton e Thomas Khun, apresentaram e discutiram os cânones que governam a ciência entre os anos 1940 e 60.

As normas mertonianas (Merton, 1976), as contranormas discutidas por vários autores, entre eles Ian Mitroff (1974), o modelo de autonomia e trabalho científico distribuído de M. Polanyi, discutido acima, e a formação da “ciência normal” discutida por Thomas Khun (2017) revelam que existe uma persistente coesão interna à ciência e que lhe dá corpo. E embora essa coesão passe por transformações, alguns de

1 No presente texto interessam mais as razões factuais do que as teóricas, embora estas sejam imediatamente acionadas a partir da discussão daquelas, como veremos adiante.

seus cânones permanecem. As principais obras desses autores são vastas em ideias e tiveram inúmeros desdobramentos.

As normas propostas em 1942 por Robert Merton ainda hoje estão presentes na governança da ciência: a indiferença para características outras que não o estrito valor científico da pesquisa (o universalismo); o amplo compartilhamento como mola propulsora do avanço do conhecimento científico (o comunismo); a recompensa fundamentada principalmente na reputação e no reconhecimento que a contribuição ao avanço da ciência proporciona (o desinteresse) e o rigor metodológico e das evidências obtidas, revisados por pares reconhecidos por sua capacidade (o ceticismo estruturado).

Modelos de governança para preservar esses cânones são exercidos pelas organizações da ciência, com particular destaque para duas delas que, por terem papel de “principais”<sup>2</sup> nas relações com os cientistas, formam nós que intermedeiam as redes que conectam os pesquisadores: as revistas científicas e as agências de fomento.

Por exemplo, analisar com isenção um manuscrito ou uma proposta de pesquisa,

desprendendo-se de vieses de diversos tipos (gênero, disciplinas, abordagens metodológicas e conceituais inovadoras, origem geográfica, dentre outros que veremos adiante), é um tema hoje em evidência nos estudos chamados de “pesquisa da pesquisa” ou “ciência da ciência” (Wang & Barabási, 2021; Jong et al., 2021). O universalismo, nesses casos, continua sendo esperado. Para além da existência de vieses, como os acima mencionados, a discussão atual sobre diversidade, equidade e inclusão (DEI) na pesquisa refere-se também a esse cânones.

A abertura do conhecimento é outro cânones que vem sendo debatido. A ciência hoje não é aberta (ou é apenas parcialmente), mas funciona como um bem-clube<sup>3</sup>, já que o acesso de boa parte do conhecimento científico só é dado se você for “sócio”; ou mesmo passa por interesses que retardam sua disseminação entre pares. Assim, a discussão atual sobre ciência aberta tem a ver não só com o cânones do comunismo, mas também com o do desinteresse.

O ceticismo estruturado talvez seja um dos cânones mais difíceis de governar. A revisão pelos pares é um dos procedimentos mais consolidados da ciência. É preciso pôr à prova de terceiros o que se está propondo de forma a atestar qualidade e dar credibilidade. A dificuldade em governar está precisamente nos vieses que tendem a dar crédito diferenciado a teorias, métodos e campos disciplinares.

---

2 O conceito de principal vem do problema do agente-principal, formulado em 1976 por Michael Jensen e William Meckling, que se tornou referência de organização e governança de corporações. Basicamente, trata das relações de propriedade, comando e controle que são formadas dentro de organizações cuja estrutura de propriedade é distribuída. Principal é a figura do acionista e agente do executivo, que opera as decisões do principal. Na analogia acima, as agências de fomento e as revistas funcionariam como principais, porque definem o que deve ser feito e com qual propósito de valor, e os pesquisadores seriam os agentes que operam os recursos por meio de projetos e programas e entregam manuscritos com seus resultados.

---

3 Bens-clube são bens que não deixam de existir quando são consumidos (no caso, o conhecimento científico), mas cujo acesso é seletivo (pagar, por exemplo). Contrapõem-se, parcialmente, ao conceito de bem público, cujo acesso é não seletivo.

A tendência à formação de paradigmas que se difundem e se alongam no tempo traz consigo outras tendência, a da rejeição a métodos e teorias inovadoras e a do retardamento de trajetórias emergentes da pesquisa. Tanto a noção de paradigmas científicos de T. Khun, quanto a de consistência com o conhecimento vigente de Paul Karl Feyerabend, são observações factuais que questionam não o cânone, mas a forma como ele é operado.

Essas breves observações sobre as normas mertonianas conduzem às contranormas. Particularismos ocorrem em oposição ao universalismo; abertura seletiva da ciência em lugar do comunismo; variados interesses particulares, velados, muito além do desinteresse altivo; e dogmatismos metodológicos e conceituais delimitando o ceticismo estruturado (Mitroff, 1974). São as ambivalências do comportamento dos cientistas, como apontado pelo próprio Merton e, mais recentemente, por vários autores que vêm estudando a governança da ciência (veja-se, por exemplo, uma abordagem abrangente em: Hartl & Tuboly, 2021).

O preceito da originalidade, também este um fundamento da ciência, embora possa parecer inatacável, também vem sofrendo questionamentos, menos pelo reconhecimento de que originalidade deveria ser inegociável, mais pelo fato de que ela também vem sendo contornada, seja por falhas não intencionais por parte dos envolvidos (avaliadores e pesquisadores), seja por má-fé. Esses casos têm uma natureza diferente pois neles não é o cânone que se está contestando, mas sua governança operacional. Neste particular, as soluções encontram-se dentro das próprias práticas de controle da ciência, que podem inclu-

sive recorrer aos arcabouços jurídicos de controle de contrafação, fraude, etc.

Esta brevíssima apresentação das normas e contranormas já é, neste ponto, capaz de evidenciar que os cânones, ao serem contestados, balançam, mas são resilientes e sugerem conflitos que precisam ser endereçados pelas instituições da ciência.

## GOVERNANÇA AMPLIADA

Nos anos 1980, 1990 e 2000 houve intensa produção de artigos e relatórios que ampliaram o escopo do que se entende por governança da ciência.

Apenas como exemplos, autores como John Ziman, com a discussão da ciência pós-acadêmica (Reis & Videira, 2013), e Michael Gibbons, com a proposição dos novos “Modos de Produção” do conhecimento científico, intitulados Modo 2 (Gibbons et al., 1994) (mais tarde desenvolvidos por Helga Nowotny, Peter Scott, Simon Schwartzman e o próprio Michael Gibbons), estabeleceram argumentos teóricos e empíricos bastante convincentes sobre como a ciência e a produção e uso de conhecimento estavam se transformando (Linder et al., 2003).

Junte-se a isso as cobranças crescentes por demonstração de impactos econômicos e sociais dos resultados da pesquisa acadêmica, como discutido no relatório *Metric Tide* (Wilsdon et al., 2015), e tem-se um panorama de questionamentos que inflamaram a discussão sobre a governança da ciência, com impactos no desenho e implementação de políticas de C&T e, agora, também com o “I” de inovação.

Na verdade, se tomarmos os conceitos de hélice tripla, veremos que o mesmo tipo

de consideração ali já se encontrava. A interconexão das hélices governo, academia e indústria, proposta nos anos 1990 por Henry Etzkowitz and Loet Leydesdorff, sugere uma governança ampliada. A propósito, hoje já se discute hélices quádrupla (envolvimento do conjunto da sociedade) e quíntupla (envolvimento do ambiente natural) (Carayannis & Campbell, 2019).

Comentando essa amplitude, Balbachevsky (2017) aponta que

“[...] desde pelo menos meados dos anos 80 do século passado, esse modelo [estrito] de governança vem sofrendo repetidos e bem-sucedidos assaltos. Em primeiro lugar, temos as tentativas de orientar a pesquisa científica em direção a questões que são consideradas econômica ou socialmente relevantes [...] A ciência contemporânea dá sinais de uma crescente ‘transgressividade’ (Nowotny, 2003): ela é chamada a contribuir em debates que não podem ser resumidos aos aspectos puramente científicos ou técnicos. Seus interlocutores vão muito além da comunidade de especialistas. Para avançar, ela precisa interagir com uma gama ampla de atores, instituições, e negociar suas normas com audiências crescentemente heterogêneas” (Balbachevsky, 2017).

No eixo comum desse debate está a noção de que as ligações da ciência com a sociedade se intensificaram e ficaram mais complexas, exigindo interações de mão dupla com diversos segmentos da sociedade, seja por demandas de fora para dentro, seja por instrumentalizações vindas de dentro para fora. Em qualquer caso, uma nova governança vem sendo pautada.

É a governança ampliada, cujo conteúdo discutimos a seguir.

Uma rápida revisão de literatura, empregando termos como *science governance* ou *governance of science* e suas variações, feita na base de publicações acadêmicas Scopus, revelou cerca de 190 artigos e reviews. São trabalhos que discutem a governança da ciência voltada a quatro tópicos principais:

- Engajamento social com inclusão de segmentos da sociedade externos à comunidade científica para a definição de temas e prioridades de investigação;
- Envolvimento da sociedade na execução da pesquisa (*citizen science*);
- Pesquisa e inovação responsáveis (RRI, na sigla em inglês);
- Comunicação pública de C&T (ou termos similares).

Em linhas gerais, essas abordagens consideram que governança da ciência significa incorporar as relações com a sociedade à lógica da produção, difusão e uso de conhecimento e, por extensão, do financiamento da pesquisa. Ou seja, o que deve entrar na pauta da pesquisa científica e do *modus operandi* da ciência, de forma a atender a demandas de segmentos da sociedade e também controlar e/ou mitigar possíveis impactos negativos decorrentes da pesquisa, são preocupações que deveriam fazer parte da governança da ciência, das estratégias dos executores (academia e centros de pesquisa públicos e privados), dos financiadores, assim como das políticas de CT&I.

Macnaghten e Chilvers (2014), em um texto que está se tornando referência no

assunto, sustentam que a “governança da ciência debate-se continuamente, tentando ser adaptável e responsiva aos valores públicos, aos impactos sociais e éticos da ciência e à complexidade e incerteza inerentes dos sistemas naturais e sociais na modernidade tardia”. Debate-se, é verdade, mas progride de forma lenta e heterogênea, diríamos nós.

Já Van Kerkhoff e Lebel (2015) vão mais longe, propondo que essa governança implica capacidades coprodutivas, entendidas como “a combinação de recursos científicos e capacidade de governança, que em certa medida molda uma sociedade, em vários níveis, operacionalizando as relações entre instituições e atores científicos com os atores públicos, privados e da sociedade civil, de forma a efetuar mudanças sociais científicamente informadas”.

Cosens et al. (2021), em trabalho publicado pela Academia de Ciências dos EUA, apontam para governança similar à de coprodução, com foco em mudanças globais: ciência e tecnologia devem ser consideradas como componentes de sistemas sócio-ecotecnológico. Note-se que ambas as abordagens – as de Van Kerkhoff e Lebel (2015) e a de Cosens et al. (2021) têm sentido similar ao das hélices quádrupla (interfaces com a sociedade) e quíntupla (interfaces com o ambiente natural).

Neste ponto é preciso ter cuidado. As ideias sobre o que seria a nova governança da ciência carecem de delimitação. Alguns textos parecem exigir da ciência não apenas o Demônio de Laplace, que tudo conhece sobre o comportamento do universo físico e é capaz de antecipar seus movimentos, mas também o Pensador Profundo, que supostamente seria capaz de calcular a resposta para a vida, o Universo e tudo mais<sup>4</sup>.

## MAS O QUE ENTRA NA GOVERNANÇA AMPLIADA?

Conceição et al. (2020), analisando documentos dos quatro últimos Programas-Quadro para C&T da Comissão Europeia (FP5, FP6, FP7, H2020), identificaram que terminologias e focos de atenção foram mudando com o tempo. Nas palavras dos autores:

“As questões de governança da ciência e da transformação das instituições científicas estão ganhando espaço em comparação com as de educação científica e comunicação pública da ciência. Igualmente clara é a progressiva incorporação de temas voltados à inovação e a mercados, de forma a reconfigurar o equilíbrio entre os objetivos relacionados com a democracia e a participação, por um lado, e a competitividade econômica, de outro. O leque de atores sociais envolvidos nessas ações também mudou. Empregando um discurso muitas vezes vago, esses planos tendem a exigir uma certa desdiferenciação dos papéis tradicionalmente atribuídos às várias instituições (científicas, políticas, empresariais, midiáticas), valorizando algumas, omitindo outras e reposicionando várias” (Conceição et al., 2020).

Aqui vale um comentário. Como interpretado por Cosens et al. (2020), os dire-

<sup>4</sup> O Demônio de Laplace é um experimento mental proposto por P. S. Laplace, em 1902, que supõe alcançarmos um estágio absoluto de conhecimento sobre o funcionamento do Universo. O Pensador Profundo é um personagem de ficção do livro *O mochileiro das galáxias*, de Douglas Adams, publicado em 1979, e que teria a capacidade de explicar não só o Universo, mas também a vida... e tudo mais.

cionamentos daquelas políticas nos Programas-Quadro são prescritivos, mas não claramente vinculantes. Há uma narrativa de que a pesquisa precisa considerar inovação, mercado e ter participação de novos atores sociais, mas tem dificuldades em dizer com quem, como e com que governança.

Na verdade, encontra-se cada vez mais uma profusão de “desejos” e “normativas” de que a ciência deveria considerar “isso, aquilo e tudo mais”, que não deveria atuar apenas livremente, como república da ciência (ainda que de republicana tenha pouco, como argumentado por Steve Fuller, comentando o original de M. Polanyi em Polanyi et al., 2000). É um longo debate, que só se faz acentuar.

Havendo tantas perspectivas e muitas frentes em discussão, propomos neste capítulo uma síntese sobre o que hoje poderia ser considerado no escopo da governança ampliada da ciência.

Em estudo recente, Salles-Filho et al. (2022) levantaram tendências de agências de fomento no mundo. Além de ampla revisão de literatura, foram conduzidos nove estudos de caso, em seis países, que contribuíram para complementar a revisão sobre o que aparece de mais importante nesse assunto. Embora esteja focado no que as agências de fomento estão dizendo e fazendo, as tendências observadas nesse estudo ajudam a identificar o que entra na governança ampliada. Como veremos, é diferente dos quatro tópicos acima mencionados que emergiram de busca na base Scopus a partir de termos relacionados a *science governance*. Isso porque neste caso as buscas se deram sobre termos relacionados a agências de fomento. Há sobreposições e complementaridades.

As tendências apontadas em Salles-Filho et al. (2022), inicialmente em sete temas, foram posteriormente revisadas, chegando-se a cinco temas:

- 1) Planejamento estratégico sistemático: a maioria das agências, mesmo aquelas dedicadas ao avanço do conhecimento “desinteressado”, planejam suas ações, inclusive olhando para temas de pesquisa promissores, fronteira do conhecimento e potencial de impacto da pesquisa para a humanidade e seu planeta.
- 2) Priorização e tomada de decisão: é cada vez mais comum o emprego de técnicas de avaliação complementares à tradicional revisão dos pares, incluindo sorteios, inteligência artificial, valorização do dissenso, filtros para contravieses e promover equidade, diversidade e inclusão (EDI, sigla que vem se tornando comum), dentre outras técnicas.
- 3) Conexões entre pesquisa e inovação: formas variadas de fomento que promovem interações entre pesquisa e inovação, seja por linhas de financiamento explicitamente voltadas a avançar no chamado “Vale da Morte”<sup>5</sup>, seja por casamento de financiamentos com outros tipos de agências fora do espectro tradicional da ciência (bancos de desenvolvimento, por exemplo).
- 4) Impacto e avaliação do impacto: busca (ativa ou passiva) por medir impactos de distintas dimensões, desde a cién-

---

<sup>5</sup> “Vale da Morte” é uma expressão popularizada entre os que atuam em empreendedorismo intensivo em conhecimento. Corresponde aos riscos e dificuldades enfrentados para se levar novas técnicas e tecnologias a inovações de sucesso nos mercados.

tífica, claro, mas também tecnológica, econômica, social e ambiental (e, dentro dessas dimensões, subtemas sensíveis como saúde, nutrição, educação, trabalho, etc.). São práticas cada vez mais rotineiras de avaliação de *outcomes* e impactos dos investimentos realizados, normalmente feitas por exigências explícitas de agentes externos (desde órgãos de controle até segmentos mais difusos da sociedade, passando por governos e setor privado).

- 5) Boas práticas de pesquisa e de fomento à pesquisa - aqui o estudo agrupou os seguintes assuntos:
- a) ciência aberta;
  - b) engajamento social;
  - c) diversidade, equidade e inclusão (DEI);
  - d) práticas de monitoramento e gestão de projetos e programas;
  - e) comunicação;
  - f) transformação digital.

De pronto, e comparando com o que hoje se destaca na literatura de *science governance*, todos os quatro temas anteriormente mencionados (engajamento, *citizen science*, RRI e comunicação) encontram-se também nas tendências das agências de fomento. Aqueles também envolvem temas emergentes das agências: novas formas de priorização e tomada de decisão estão sobretudo relacionadas com promoção de DEI, *citizen science* e RRI. Por seu turno, a avaliação de impactos precisará de indicadores específicos para mensurar essas quatro temáticas. Só assim se saberá quanto se está engajando com a sociedade e com que impactos (de preferência, positivos).

O tema da ciência aberta, um dos mais em evidência, surge como reação à progressiva perda da característica de bem público do resultado da ciência (e da pesquisa) em direção à de um bem-clube. É certo que resultados de pesquisa podem ser apropriados – e o são –, desde sempre. Apropriação *ex-post* é parte da regra do jogo. O problema é a restrição à circulação de conhecimento pela crescente limitação do acesso.

A ciência aberta, em linhas gerais, é um esforço para tornar os resultados primários de pesquisas financiadas publicamente acessíveis, sem maiores restrições que aquelas que digam respeito aos direitos autorais e à lisura dos procedimentos metodológicos e dos resultados alcançados. Não é só isso. Além do acesso aberto, compõem ainda esse assunto os dados abertos (dados localizáveis, acessíveis, interoperáveis e reutilizáveis, Fair, na sigla em inglês) e a avaliação aberta (os avaliadores e avaliados são mutuamente conhecidos, avaliações feitas de forma aberta por um grupo de pessoas, dentre outras práticas). Esse assunto endereça praticamente todos as normas e contranormas mertonianas, pois influencia universalismo, comunismo, desinteresse e ceticismos estruturados.

O assunto inovação e impactos econômicos, embora atualmente não seja predominante nos textos encontrados sobre governança da ciência, é um dos que mais se cobra das agências de pesquisa e das instituições da ciência de maneira geral, como mostrou o relatório *Metric Tide* (Wilsdon et al., 2015) e o próprio Global Research Council (2019), que reúne várias agências de fomento a C&T no mundo. Junto com ele, o tema da pesquisa orien-

tada à missão ressurge com força em todo o mundo, principalmente com as mudanças no padrão de globalização que vem se alterando, seja pela pandemia de covid-19, seja pela guerra na Ucrânia, seja pelo crescimento do poder econômico e científico-tecnológico da China. O cânone mais evidente endereçado por essa vertente é o da autonomia do cientista como fundamento para o progresso da ciência. Não que o reverta, mas sim que o complemente.

Fato recente, a lei estadunidense conhecida como *Chips and Science Act*, sancionada em agosto de 2022 pelo presidente Biden e de origem bicameral, traz alterações importantes na política de CT&I dos EUA, não só aumentando substancialmente os recursos públicos e privados que deverão ser alocados em pesquisa e manufatura de alta tecnologia no país, mas também alterando a própria estrutura da National Science Foundation (NSF), que passa agora a contar com uma diretoria de tecnologia, inovação e cooperação. Ciência e inovação associando-se na NSF.

O modelo *Advanced Research Projects Agency* (Arpa), criado no fim dos anos 1950 para desenvolver pesquisa orientada a objetivos da Defesa dos EUA na competição com a então União Soviética, recentemente expandiu-se para outras áreas, como energia e saúde. Esse modelo, que é orientado por missão, trabalhando com pesquisa científica e tecnológica direcionada para bens e serviços estratégicos, é um dos exemplos mais conhecidos de direcionamento da pesquisa. Em artigo recente na revista *Nature*, intitulado “Arpa-everything”, Tollefson (2021) discute brevemente a expansão desse modelo – e o que isso significa para a ciência.

Finalizando esse item, é necessário registrar as iniciativas que questionam as métricas usadas para se medir ciência e produção de conhecimento, sob o lema da *Responsible Research Assessment*. Também este, um mecanismo de governança. Trata-se de assunto que hoje ganha ampla institucionalidade – embora iniciado há mais de três décadas –, que se opõe ao progressivo estreitamento dos critérios e métricas que validam a qualidade da ciência e da pesquisa. Duas das iniciativas mais conhecidas são a *Declaração de São Francisco sobre Avaliação da Pesquisa*, de 2012, (Dora, 2012) e o *Manifesto de Leiden* (Hicks et al., 2015).

A coalizão Dora hoje tem 2.628 organizações signatárias em todo o mundo, sendo 391 no Brasil<sup>6</sup>, que se comprometem com práticas responsáveis de avaliação e inclusão para indivíduos (pesquisadores e outros), instituições, agências de fomento, editores e organizações que fornecem bases de dados. O quanto as diretrizes estão sendo implementadas ainda não se sabe ao certo, mas a iniciativa está mudando o sentido de governança da pesquisa e da ciência.

## UMA SÍNTESE

Uma síntese possível das múltiplas tendências que questionam e alteram a governança da ciência deve, assim, considerar tanto os elementos de governança estrita, interna, como ampliada, externa, que, a propósito, vem sendo mais e mais internalizada. Não ousaria dizer aqui que há uma

<sup>6</sup> Disponível em: <https://sfdora.org/signers/>. Acesso em: 7/9/2022.

nova (talvez no plural, novas) governança da ciência, mas que há mudanças em curso que podem alterar o comportamento das instituições relacionadas à ciência, isso não há dúvida. Dados dois conceitos caros às ciências naturais, inércia e resiliência, é muito arriscado dizer em que grau, forma e ritmo as mudanças irão acontecer.

O mundo da ciência diversificou-se, expandiu-se, difundiu-se e o espírito do tempo vai cumprindo seu papel inovador.

Como resumir o que hoje define governança da ciência e suas causas e consequências? Sem a pretensão de criar uma lista completa para um assunto que está em permanente evolução e que caminha em direção a alvos móveis, poderíamos, a título de contribuir com o debate, elencar as seguintes questões:

- 1) A governança estrita segue central para se entender a ciência, seja pelas normas, seja pelas contranormas. O que hoje se coloca como prioritário é criar mecanismos que reduzam os problemas detectados em vários estudos sobre ciência (a ciência da ciência ou a pesquisa da pesquisa):
  - a) vieses de seleção comprovados por meio de evidências, como os de gênero, étnicos, socioeconômicos, geopolíticos, prestígio acumulado, áreas de conhecimento e relevância local – e não global – do tópico em estudo (Lee et al., 2013);
  - b) dogmatismos teóricos e conceituais que provocam seleção negativa de novos temas e abordagens de pesquisa (Garcia et al., 2020; Lee et al., 2013);
  - c) critérios e incentivos de carreiras de pesquisador restritos a indicadores de produtividade científica com

exclusão potencial de jovens pesquisadores (Anli et al., 2022);

- d) desconsideração ou baixa apreciação de produções acadêmicas com base em fator de impacto das revistas e de currículos baseados em narrativas (Salles-Filho, 2022);
- e) abertura seletiva e gradual do conhecimento por meio de acesso restrito e custoso (Curry et al., 2020);
- f) abertura limitada aos dados.

Agências de fomento, revistas, organizações de pesquisa e seus sistemas de incentivos só implementarão mecanismos de controle e transparência para essas questões se regras explícitas de governança forem acordadas e implementadas, modulando normas e contranormas da ciência. Das seis acima mencionadas, apenas a abertura de dados vem, de forma mais explícita, sendo cobrada pelas instituições da ciência, mormente revistas e agências de fomento. As demais seguem no nível de narrativas, não de ações.

- 2) A governança ampliada avançou sobre a estrita. Não dá para saber ao certo a abrangência e a profundidade desse avanço, mas o fato é que há iniciativas em curso em várias organizações da ciência em todo o mundo, principalmente agências de fomento, que de certa forma operam como Principais no conceito do problema Agente-Principal. Isso significa que algumas medidas concretas vêm sendo implementadas para financiamento de propostas que integrem a pesquisa e seus resultados com segmentos da sociedade.

Os assuntos mais抗igos e persistentes dizem respeito ao direcionamento ou ori-

tação estratégica da pesquisa. Para esses, praticamente todas as agências de fomento têm, já há bastante tempo, implementado instrumentos. Mesmo aquelas focadas em pesquisa básica têm programas e instrumentos de fomento para temáticas estratégicas e direcionadas à inovação.

Nos instrumentos de pesquisa para inovação são duas as questões que têm orientado esse tema: como impactar a economia e a sociedade de forma mais eficaz, eficiente e efetiva por meio da pesquisa; e como demonstrar esses impactos de forma consistente e sistemática.

Já os temas relacionados ao engajamento social e ambiental estão muito mais presentes nos discursos que nas ações (Salles-Filho et al., 2022).

## **GOVERNANÇA DA CIÊNCIA NO BRASIL**

Brasil, duzentos anos de independência. O país, há mais tempo do que isso, cria instituições científicas (sem contar as atividades exploratórias das expedições de estudos da fauna, flora e geografia que, grosso modo, começaram em 1500). Exemplos? Jardim Botânico do Grão-Pará, de 1798; o Horto (depois Jardim) Botânico do Rio de Janeiro, criado no mesmo ano da vinda da família real, 1808, e o Museu Real, em 1818 (preconizou o Museu Nacional). Mas foi mesmo após a Independência e principalmente após a proclamação da República que as instituições da ciência foram criadas no país (Dantes, 2005). O final do século XIX e início do XX têm exemplos que estão aqui até hoje.

Permitimo-nos aqui pedir licença aos muitos casos desse período para citar

dois, só a título de exemplo: o Instituto Agronômico de Campinas, de 1887, e o Instituto Oswaldo Cruz, de 1900. Alimentos, matérias-primas, saúde. Uma ciência que nasceu aplicada, orientada a missão, tendo depois evoluído para outras funções e modelos de governança.

A ciência brasileira é grande e reconhecida internacionalmente. Da mesma forma que não cabe aqui uma história das organizações da ciência brasileira, tampouco cabe uma análise do que é a ciência brasileira. Para também não passar em branco, há números que falam por si e que indicam que produzimos ciência internacionalmente reconhecida: nossa produção acadêmica medida por publicações por habitante em revistas científicas está no mesmo patamar da média mundial; a participação do Brasil na produção científica global medida pela quantidade de publicações está próxima de 3%, para um país que tem índices de escolaridade fundamental muito baixos (nossa posição no exame Pisa<sup>7</sup> está entre o 60º e o 70º lugar), quando comparados a países com a mesma porcentagem de participação da produção científica e níveis educacionais mais elevados.

O Field-Weighted Citation Impact<sup>8</sup>, que mede, dentro de cada área do conhecimento, a posição relativa das citações de publicações, dentro de um mesmo período de tempo (aqui coletamos dados entre 2012 e 2021), visto para todo o país e todas as

<sup>7</sup> O exame Pisa é um programa de avaliação de aprendizado em língua, matemática e ciências para estudantes de 15 anos de muitos países, conduzido a cada três anos pela OCDE.

<sup>8</sup> Medida sintética desenvolvida pela plataforma Scival e aqui analisada com dados da base Scopus.

áreas do conhecimento, está muito próximo da média mundial, tanto no geral, como em temas como bioquímica, genética e biologia molecular, neurociências, imunologia e microbiologia. Mais ainda, está acima da média global em temas como medicina, física, astronomia e odontologia.

Segundo o último relatório da Unesco sobre ciência (Unesco, 2021), o Brasil tem mais de um terço de todas suas publicações indexadas na Web of Science feitas em cooperação com colegas de outros países, contra um quarto da média global. Formamos mais de 23 mil doutores por ano, sendo 54% de mulheres.

Outras evidências poderiam aqui ser mencionadas, mas não é este o objetivo e, mesmo que quiséssemos, o espaço deste capítulo não bastaria para dar uma mínima dimensão da importância da ciência brasileira e das instituições da ciência no país. Ela não só é grande há bastante tempo, como tem crescido. Com que governança é a questão que discutimos a seguir.

O período de institucionalização da política científica no país teve início nos anos 1950, tendo se prolongado até meados dos anos 1980. A criação de órgãos federais como o CNPq e a Capes deu-se em 1951; a agência estadual de amparo à pesquisa de São Paulo, Fapesp, é de 1962. Cinco anos depois vem a Finep preencher uma lacuna que os anteriores ainda não haviam preenchido, a do desenvolvimento tecnológico e a da inovação tecnológica junto a empresas. Todos esses marcos foram antecipados pela criação, em 1948, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC).

São marcos fundamentais da política nacional de C&T. Em meados dos anos 1980

criamos o Ministério da Ciência e Tecnologia, mais tarde renomeado como MCTI, já incorporando o “I” de inovação. Aí, talvez, complete-se o ciclo de institucionalização.

Nessa trajetória, várias outras organizações vêm sendo criadas, tanto para fazer pesquisa como para fomentá-la. Há uma considerável variedade delas no país atualmente, públicas e privadas. A comunidade científica cresceu e, após a criação do atual MCTI, passou a ter voz ativa no desenho das políticas de C&T. Nas agências federais, especialmente CNPq e Capes e nas agências estaduais, é a comunidade que, quase sempre, ocupa os cargos mais importantes de gestão e decisão. Algumas agências cresceram com mais independência e menos sujeitas às instabilidades políticas. É de registrar que o MCTI, como órgão político, é tanto comandado por integrantes da comunidade científica ou tecnológica, como por políticos. Em 37 anos desde sua criação, foram 23 ministros, todos, exceto uma, interina, homens (um ministro a cada ano e meio, em média).

Dito isso, nesta mais que breve introdução, examinemos agora algumas características da governança da ciência, principalmente com vistas ao futuro.

A análise feita ao longo deste capítulo, sobre governanças estrita e ampliada, cabe em grande medida ao caso brasileiro. Assim, se fosse para resumir uma agenda, diria que é a mesma, com alguns problemas semelhantes, outros específicos.

Nossas instituições da ciência emularam os modelos de governança que se difundiram no mundo. Como não é difícil de compreender, praticamos aqui as normas e contranormas mertonianas, difundimos valores de produtividade da ciência, criamos

carreiras acadêmicas com base em valores unificados, nossas maiores organizações de pesquisa atuam com essa lógica; mesmo as que nasceram orientadas por missão, acabaram adernando para métricas mais valorizadas pela comunidade científica do que por suas missões originais.

É uma generalização, eu sei. Há casos diferenciados de organizações muito focadas em missões e em temas específicos de P&D e inovação. Mas, mesmo em muitas dessas organizações, as regras de avaliação de desempenho voltaram-se para a produtividade científica. O sistema de financiamento no Brasil oferece, a quem apresentar currículo que demonstre bom histórico de publicações, oportunidades de fazer sua pesquisa sem necessariamente estar alinhada com os objetivos estratégicos de sua instituição de afiliação. Nada contra a flexibilidade, muito menos a existência de oportunidades. É apenas uma constatação do poder que os indicadores estritos de produção científica têm sobre a governança de instituições de pesquisa, mesmo com as várias iniciativas que procuram valorizar outros indicadores, como os preconizados por iniciativas como Dora, Leiden e uma dezena de outras descritas em Curry et al. (2020). Ainda são pouquíssimas as organizações de pesquisa e de fomento no Brasil signatárias da *Declaração de São Francisco* (Dora)<sup>9</sup>.

Os vieses de seleção nas agências são, na imensa maioria das vezes, desconhecidos e, quando eventualmente conhecidos, não há, como regra geral, mecanismos de controle

que os mitiguem. Iniciativas importantes, mas tímidas em relação à maternidade, vêm sendo implementadas, após muitas vozes das pesquisadoras e uma escuta lenta da comunidade científica (Reyes-Galindo et al., 2019).

Questões relacionadas a equidade, diversidade e inclusão ainda passam ao largo dos critérios e processos de seleção e decisão em agências de fomento. O quanto deveriam ser levadas em conta é uma discussão aberta, mas que precisa ser feita. Para Reyes-Galindo et al. (2019), alguns desses temas no Brasil são considerados “não assuntos”<sup>10</sup>.

Quanto ao acesso aberto, das três vertentes principais mencionadas acima neste capítulo sobre *open science*, encontram-se iniciativas de incentivos por parte das agências de fomento e de algumas revistas à publicação em revistas abertas. Em alguns casos, as agências disponibilizam recursos para o pagamento do APC<sup>11</sup> e a publicação em regime aberto, tipo *Gold* (paga-se para publicar em revistas de acesso totalmente aberto) ou Híbrido (revistas que publicam tanto em acesso aberto quanto fechado). De toda forma, há no país amplo estímulo aos repositórios que recebem as publicações e oferecem acesso aberto, ainda que condicional.

Vale ainda comentar sobre as carreiras de pesquisador, estritamente acadêmicas ou

---

<sup>9</sup> Uma busca realizada no site Dora revelou que nenhuma das grandes agências de fomento brasileiras aderiu à coalizão; muito poucas universidades de pesquisa, mas várias revistas científicas nacionais.

<sup>10</sup> Apenas a título de exemplo, e correndo o risco de cometer injustiças ao citar apenas um caso, vale registrar as iniciativas do Instituto Serrapilheira, organização privada sem fins de lucro que opera como um *trust fund* familiar e tem empregado incentivos para DEI, avaliações mais focadas no mérito científico do que nos currículos, dentre outros elementos de governança que vimos aqui discutindo.

<sup>11</sup> Article Processing Charge são custos cobrados pelas editoras para publicação e abertura do artigo.

não. Tomando tanto as universidades públicas de pesquisa quanto os centros públicos de pesquisa do país, são carreiras relativamente estreitas, avaliadas por critérios essencialmente relacionados à produtividade científica, sem diferenciações quanto a foco em pesquisa, ensino e extensão. Nas universidades públicas de pesquisa, todas e todos fazem de tudo, inclusive administração, mas nem tudo que se faz é levado em conta nas avaliações.

A avaliação da pós-graduação no Brasil é um tema à parte. Se há algo que influencia a pesquisa no Brasil é o sistema de avaliação da Capes. A Capes exerce uma forte governança sobre a pesquisa do país por meio do processo de avaliação dos programas de pós.

As avaliações da Capes são baseadas em vários critérios. Realmente, envia-se anualmente à Capes um conjunto amplo de dados sobre as diversas dimensões de uma pós-graduação. Historicamente, os critérios de produção acadêmica medidos por publicações em revistas sinalizaram os rumos da pesquisa no país. Nesse particular, destacou-se não apenas a produtividade medida por número de publicações, mas também pela “qualidade” das revistas. As aspas aqui referem-se ao Qualis, um sistema confuso de classificação de revistas que muito influenciou a avaliação dos programas e popularizou-se no país. Não basta publicar, tem que ser em uma revista que a Capes seleciona como A1 e A2. Publicar em uma Qualis A1 ou A2 virou sinônimo de status entre os docentes e pesquisadores, ainda que os critérios de classificação das revistas sejam difíceis de apreender pela própria comunidade. A esse respeito, vale lembrar que o aspecto mais criticado pela *Declaração Dora* e pelo *Manifesto Leiden* seja justamente a avaliação base-

ada nos fatores de impacto das revistas. No caso do Qualis, esse assunto ganha relevo, pois fator de impacto se mistura com outros critérios, difíceis de conhecer e acompanhar.

Recentemente, a Capes introduziu mudanças importantes nos indicadores coletados e no próprio Qualis, e além disso instituiu a obrigatoriedade de planejamento estratégico para os programas. Atividades e indicadores de extensão, ações comunitárias e inovação que revelem impactos passaram a ter maior peso (pelo menos em tese), procurando-se um balanço com os indicadores tradicionais de produtividade científica. Essa mudança ainda não está totalmente implementada no momento em que escrevemos este artigo. Tampouco é conhecida e informada. A depender do que ocorra, poderá provocar mudanças no perfil e na governança da pós-graduação e, mais que isso, de toda a pesquisa feita no país, já que a produção científica do Brasil passa em grande medida pela pós-graduação (McManus et al., 2021) e a pós-graduação tem na Capes uma referência central de governança. No sistema de avaliação da Capes reside uma oportunidade para atualizar a governança da pesquisa brasileira.

A interface pesquisa e inovação é um dos temas que mais avançaram e há mais tempo. A própria Finep teve, desde sempre, esse propósito, embora com mecanismos de governança e critérios de seleção de propostas fortemente amparados em indicadores de produção acadêmica (em sua vertente de atuação como Secretaria Executiva do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT). As agências estaduais, também conhecidas pela sigla FAPs, voltam-se à pesquisa científica ainda que, ao longo do tempo, tenham passado a financiar

também pesquisa para inovação. São normalmente instrumentos específicos de fomento, complementares aos tradicionais, que visam mais ao “D” do P&D e que não chegam até níveis mais próximos da inovação (bens, serviços, processos) e respondem por fatias menores do total dos recursos alocados. No mais das vezes, as FAPs são governadas por pesquisadores e cientistas, como de resto boa parte das agências.

O problema da conexão entre ciência e inovação ainda não foi bem equacionado no país, embora seja, de todos os temas aqui abordados, o que mais recebeu atenção nas duas últimas décadas e o que mais iniciativas, programas e instrumentos teve endereçados. Apesar de novos modelos de conexão entre pesquisa e inovação terem recentemente sido implementados, como os casos da Embrapii e dos Institutos Senai de Inovação, voltados à pesquisa para inovação, e apesar dos esforços das agências tradicionais de fomento em criar instrumentos para financiar pesquisas em estágios mais próximos da inovação, ainda não conseguimos um equilíbrio e uma efetividade à altura da produção científica do país. É clássico o imenso desencontro da importância da produção científica do país (ao redor de 3% da produção global) com os indicadores de patentes, cujos números são muito reduzidos no Brasil, ficando abaixo de 0,1% do que apresentam EUA, Europa e Japão (a tríade). Se compararmos com o IP5, que além da tríade inclui Coreia e China, ficaríamos abaixo de 0,05%.

É certo que patente é apenas um indicador de produção tecnológica e não de inovação, mas há relação entre elas e, mais que isso, há relação entre propriedade intelectual e produção científica. Essas coisas

não são nem incompatíveis, muito menos excludentes. São fartas as evidências de correlação entre produção científica de qualidade e capacidade de inovação.

Outros pontos de governança estrita e ampliada poderiam aqui ser desenvolvidos. É ao mesmo tempo uma agenda de pesquisa e uma agenda política. Só se equaciona isso adequadamente com uma concertação de principais e agentes e com evidências que nos ajudem a conhecer melhor o que está acontecendo no país para desenhar, implementar e avaliar a produção e uso de conhecimento.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com no mínimo igual importância ao que hoje se verifica em todo o mundo, a governança da ciência no Brasil tem grandes desafios pela frente. Primeiramente precisa, de uma vez por todas, enfrentar os problemas dos vieses, conscientes ou inconscientes, que prejudicam ideias e pesquisadores, reforçam preconceitos e dificultam que a ciência produza, demonstre e divulgue os inúmeros benefícios que traz à sociedade de uma forma geral.

Nossas agências de fomento, nossas universidades e centros de pesquisa, revistas e a comunidade científica de maneira geral, com exceções que, por óbvio, se enxergarão aqui, vivem sob uma governança estrita, com virtudes, é certo, mas repletas de vícios que se agravam quando a rotina de muitos sucessos passados fecha os olhos aos problemas do presente. A zona de conforto nos fez cochilar no sofá. Estamos perdendo tempo, reforçando problemas e ignorando os elefantes na sala.

Costumo dizer que o melhor momento para planejar mudanças é aquele em que nos julgamos muito bem, no auge. Minha impressão é que estamos perdendo tempo precioso. Nossa produção científica estabilizou-se no mesmo patamar de três anos atrás. A corrida global por transformar conhecimento em benefícios para as pessoas é cada vez mais acelerada; as evidências de que a diversidade humana e cultural traz vantagens; as inovações

organizacionais, gerenciais e de comportamento, por seu turno, não param e não vão ficar nos esperando.

Fica aqui o convite a levar esses assuntos adiante, nas associações que representam a comunidade, nas agências de fomento, nas revistas, nos centros de pesquisa e universidades, no governo e nas empresas. Faz tempo que o *laissez-faire* da ciência passou a ser olhado com desconfiança, não custa estudar o assunto.

## REFERÊNCIAS

- ANLI, Z.; BERGMANS, J.; WEIJDEN, I. Van Der. *Career pathways in research : the current data landscape*, 8, 2022 (<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.19609512>).
- BALBACHEVSKY, E. "Governança na pesquisa científica: reflexões sobre a prática da pesquisa contemporânea e a experiência brasileira". *Sociologias*, 19 (46), 2017, pp. 76-101.
- CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. "Smart quintuple helix innovation systems". *Springer*, 2019 (<https://doi.org/10.1007/978-3-030-01517-6>).
- CONCEIÇÃO, C. P. et al. "European action plans for science-society relations: changing buzzwords, changing the agenda". *Minerva*, 58 (1), 2020, pp. 1-24.
- COSENS, B. et al. "Governing complexity: integrating science, governance, and law to manage accelerating change in the globalized commons". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118 (36), 2021, pp. 1-9.
- CURRY, S. et al. *The changing role of funders in responsible research assessment: progress, obstacles and the way ahead*. (Issue 3), 2020 (<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.13227914>).
- GARCIA, J. A.; RODRIGUEZ-SÁNCHEZ, R.; FDEZ-VALDIVIA, J. "Confirmatory bias in peer review". *Scientometrics*, 123 (1), 2020, pp. 517-33.

- GIBBONS, M. et al. *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. Sage, 1994
- GRC - Global Research Council. *2019 GRC Statement of Principles Addressing Expectations of Societal and Economic Impact*, 6, 2019 ([https://www.globalresearchcouncil.org/fileadmin/documents/GRC\\_Publications/GRC\\_2019\\_Statement\\_of\\_Principles\\_Expectations\\_of\\_Societal\\_and\\_Economic\\_Impact.pdf](https://www.globalresearchcouncil.org/fileadmin/documents/GRC_Publications/GRC_2019_Statement_of_Principles_Expectations_of_Societal_and_Economic_Impact.pdf)).
- HICKS, D. et al. (2015). "Bibliometrics: The *Leiden Manifest* for research metrics". *Nature*, 520 (7548), 2015, pp. 429-31.
- IBGC - Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (<https://www.ibgc.org.br/conhecimento/governanca-corporativa>).
- JONG, L.; FRANSSEN, T.; PINFIELD, S. (2021). "'Excellence' in the research ecosystem: a literature review". *Research on Research Institute Working Paper No. 5*. (Issue 5), 2021.
- KHUN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo, Perspectiva, 2017.
- LEE, C. J. et al. "Bias in Peer Review". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64 (1), 2013, pp. 2-17.
- LINDER, F. et al. "Re-thinking science: knowledge and the public in an age of uncertainty". *Contemporary Sociology*, 32 (2), 2003.
- MACNAGHTEN, P.; CHILVERS, J. "The future of science governance: publics, policies, practices". *Environment and Planning C: Government and Policy*, 32 (3), 2014, pp. 530-48.
- MERTON, R. K. "The ambivalence of scientists", in R. S. Cohen; P. K. Feyerabend; M. W. Wartofsky (eds.). *Essays in memory of Imre Lakatos*. Boston, D. Reidel Publishing, 1976.
- McMANUS, C. et al. "Profiles not metrics: the case of Brazilian universities". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93 (4), 2021, pp. 1-23.
- POLANYI, M.; ZIMAN, J.; FULLER, S. "The republic of science: its political and economic theory". *Minerva*, 1 (1), 2000, pp. 1-32.
- REIS, V. M. S. dos; VIDEIRA, A. A. P. "John Ziman e a ciência pós-acadêmica: consensibilidade, consensualidade e confiabilidade". *Scientiae Studia*, 11 (3), 2013, pp. 583-611.
- REYES-GALINDO, L.; MONTEIRO, M.; MACNAGHTEN, P. "'Opening up' science policy: engaging with RRI in Brazil". *Journal of Responsible Innovation*, 6 (3), 2019, pp. 353-60.
- SALLES-FILHO, S. et al. *Trends in STI Funding Agencies*. Report prepared for the São Paulo Research Foundation (Fapesp), 2022.
- TOLLEFSON, B. J. "What the rise of 'arpa-everything' will mean for science". *Nature*, 595, 2021, p. 45.
- UNESCO. *Science Report*. Unesco, 2021.
- VAN KERKHOFF, L. E.; LEBEL, L. "Coproductive capacities: rethinking science-governance relations in a diverse world". *Ecology and Society*, 20 (1), 2015.
- WANG, D.; BARABÁSI, A-L. *The science of science*. Cambridge, Cambridge University Press, 2021.
- WILSDON, J. et al. "The metric tide: report of the independent review of the role of metrics in research assessment and management", 2015 (<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4929.1363>).

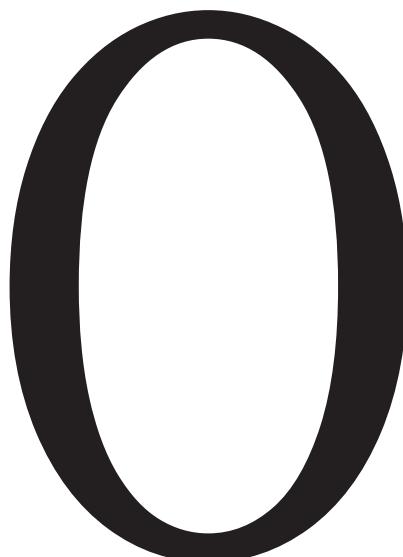
textos



# Gyarmathi, pioneiro esquecido da linguística comparativa fino-ugriana

*Aleksandar Jovanović*

“Sabemos bem que toda a obra tem que ser imperfeita, e que a menos segura das nossas contemplações estéticas será a daquilo que escrevemos”  
(Fernando Pessoa, *Livro do desassossego*).



linguista e médico húngaro Sámuel Gyarmathi (1751-1830) foi um pioneiro nos estudos de linguística comparativa relativos às línguas da família fino-ugriana. Porém, a sua figura foi simplesmente ignorada pelos historiadores da ciência da linguagem, que acabaram colocando em relevo outros nomes. O presente texto situa, de modo breve, o contexto em que surgiram as pesquisas comparadas dessa família de idiomas. A seguir, discorre a respeito da ativa vida de nosso personagem. No terceiro bloco, faz uma rápida análise de du-

**ALEKSANDAR JOVANOVIĆ** é professor da Faculdade de Educação da USP, linguista, tradutor de algumas línguas da Europa Centro-Oriental e autor de, entre outros, *Bosque da maldição* (Editora UnB).

as obras de Gyarmathi. Por fim, alinhava alguns fatos referentes a essas línguas e tecia considerações finais.

## COMPARAÇÕES, SIMILARIDADES E EVOLUÇÃO HISTÓRICA

O fato de William Jones (1746-1794), funcionário a serviço do Império Britânico nas Índias, ter chamado a atenção para a similaridade do sânscrito, do grego e do latim e logo ter imaginado raízes comuns desses idiomas, deu ao inglês a fama – em parte equivocada, por certo – de que teria sido o grande pioneiro da linguística histórico-comparativa. O século XVIII foi bastante pródigo em figuras incomuns, que se destacaram pelo volume de conhecimento e pioneirismo nas pesquisas, e ainda porque várias delas lembram personagens saídos das páginas da ficção devido à incomum vida agitada e repleta de aventuras. Muitos dentre eles, por não terem nascido num país colonialista, acabaram relegados ao esquecimento ou a um verdadeiro desconhecimento.

É o caso do húngaro János Sajnovics (1733-1785), jesuíta, astrônomo e linguista, autor da *Demonstratio idioma ungarorum et lapponum idem esse. Regiae scientiarum societati danicae paelecta* (Demonstração de que a língua dos húngaros e dos lapões é a mesma. Apresentada à Sociedade Real Dinamarquesa de Ciências), de 1770. Foi à Ilha de Vardø, na Dinamarca (então pertencente ao reino da Noruega) em 1768, para observar fenômenos astronômicos; na empreitada, acompanhou Maximilian Rudolf Hell (Höll), também jesuíta e seu superior, astrônomo, físico e matemático. Lá Sajnovics teve contato com o povo sámi (tam-

bém conhecido como lapão), que habita as regiões setentrionais da Noruega, Suécia, Finlândia e Península de Kola, na Rússia, e descreveu-lhes a língua. Na viagem de volta, fez uma preleção perante a Sociedade Real Dinamarquesa de Ciências, onde acabou sendo admitido junto com Hell.

Há o caso de Philip Johan von Strahlenberg (1676-1747), oficial e geógrafo sueco, capturado pelos russos na Batalha de Poltava (1709), quando a Rússia derrotou a Suécia. Aventurou-se pela Rússia e pesquisou povos e línguas pouco conhecidos. Publicou, em 1730, *Das Nord und Ostliche Theil von Europa und Asia* (A parte Norte e Leste da Europa e da Ásia). Descreveu na obra as línguas e os hábitos dos tártaros, iakutes, tchuvaches, uzbeques, bachkires, quirguizes, turcomanos e mongóis.

O historiador de Göttingen August Ludwig von Schlözer (1735-1809) publicou, em 1771, *Allgemeine Nordische Geschichte* (História nórdica geral), obra em que descreveu os escandinavos, inclusive os finlandeses, eslavos, letonianos e alguns povos siberianos.

Cabe lembrar também Josef Dobrovský (1753-1829), linguista e historiador tcheco, que conhecia o grego, latim, hebraico, alemão e todas as línguas eslavas, e cuja obra, composta de 363 títulos, foi redigida quase toda em latim e alemão. *Institutiones linguae slavicae dialecti veteris* (Instituições do dialeto eslavo antigo), de 1822, pode ser considerada a sua obra de maior destaque. Fundou os estudos comparativos das línguas eslavas. Dobrovský chegou inclusive a publicar uma avaliação crítica do trabalho de Sámuel Gyarmathi a respeito da proximidade genético-tipológica do húngaro e do finlandês.

De modo geral, os volumes que tratam da história da linguística e, em particu-

TABELA 1

Exemplo de estudo comparativo de algumas línguas fino-ugrianas

Húngaro	Mansi	Khanty	Finlandês	Estoniano	Significado em português
egy	âkva	yit	yksi	üks	um
kettő	kityg	katn	kaksi	kaks	dois
három	xurum	xutəm	kolme	kolm	três
négy	nila	nyatə	neljä	neli	quatro
öt	at	wet	viisi	viis	cinco
hat	xot	xut	kuusi	kuus	seis
húsz	xus	xus	kaksikym-mentä	kakskümmend	vinte
nő	nə	nə	naiset		
	naime	mulher			
nyíl	njal		nuoli		
	nool	flecha			
víz	vit	jënk	vesi	vesi	água
szem	sam	sem	silmä	silma	olho
hal	xûl	hûl	kala	kala	peixe

lar, da evolução da linguística histórico-comparativa mencionam alguns nomes, a começar por William Jones, e dão certo destaque a algumas figuras cujas obras foram editadas nas décadas iniciais do século XIX. São eles: Schlegel, Rask e Schleicher. O alemão Friedrich von Schlegel (1772-1829), poeta, filólogo e tradutor, publicou, em 1808, a obra *Über die Sprache und die Weisheit der Indier* (Sobre a linguagem e a sabedoria dos índios), em que realizou comparações sistemáticas e estabeleceu critérios de classificação entre as línguas. Por seu turno, o linguista dinamarquês Rasmus Rask (1787-1832) publicou em 1818 *Undersøgelse om det gamle nordiske Eller Islandske sprogs oprindelse* (Estudo sobre a origem da antiga língua

nórdica ou islandesa). Também redigiu estudos sobre línguas como o espanhol, o italiano, o dinamarquês, o anglo-saxão, o frisão etc. Mas, em 1832, veio à luz o seu livro *Ræsonneret lappisk Sproglære* (Linguística lapônica racionalizada) e, por causa disso, alguns autores atribuem-lhe a “paternidade” (um tanto quanto inexata) dos estudos comparativos da família fino-úgrica de línguas. Já o linguista alemão August von Schleicher (1821-1868), na obra *Compendium der vergleichenden Grammatik der indogermanischen Sprachen* (Compendio da gramática comparada das línguas indo-europeias), de 1861-1862, elaborou em seus estudos do indo-europeu a “teoria da árvore genealógica” (*Stammbautheorie*) e acabou perpetuando seu nome com isto.

## MÉDICO, LINGUISTA E ESTUDIOSO

O húngaro Sámuel Gyarmathi nasceu na Transilvânia, em Kolozsvár (hoje, Cluj, na Romênia), na época parte do Império dos Habsburgos. Foi um pioneiro no que diz respeito à pesquisa da origem da língua húngara, um dos poucos idiomas falados no Velho Continente não pertencentes à família de línguas indo-europeias. Conhecia pelo menos dez línguas: húngaro, latim, italiano, hebraico, grego, tcheco, inglês, francês, alemão e romeno.

Muitos dos documentos que lhe testemunharam a juventude foram destruídos nos diversos traumas da história que sacudiram a Transilvânia. Os registros da Igreja Reformada em Nagyenyed, que continham muitos dados biográficos importantes, acabaram sendo destruídos pelo fogo depois da Revolução de 1848, que foi reprimida de modo brutal pelos austríacos. Os demais documentos, incluindo o diário de Gyarmathi, acabaram espalhados e/ou escondidos em lugares desconhecidos, à espera de descoberta, leitura e publicação.

Nosso personagem começou a estudar em Cluj-Napoca aos seis anos de idade. Em 1763 foi para Nagyenyed, onde estudou filosofia e matemática. Em 1765, estava de volta à cidade natal. Um ano depois, estava em Zilah (hoje, Zalău, na Romênia), localidade que se tornaria importante em sua vida. Ali, durante três anos, estudou no Colégio Refomado. Em 1769, retornava a Nagyenyed, onde já se havia inscrito como aluno universitário leigo. A partir de então, ali foi aluno e depois professor do colégio ao longo de sete anos: professor particular, *praeses* (professor assistente)

e *publicus praceptor* (professor público). Diversas razões motivaram essas mudanças, dentre as quais problemas familiares, o anseio de buscar melhor escolarização, etc. Houve pesquisadores que conseguiram reconstituir muitos episódios de sua vida, baseados em diversos documentos esparsos (Nagy, 1944).

Dois professores exerceram grande influência sobre o nosso personagem: Mihály Ajtai Abód (1704-1776) em Nagyenyed, um mestre de línguas orientais, latim, antiguidades e história, de renome internacional e que ajudava os alunos pobres com o próprio dinheiro, e Sámuel Pataki (1731-1804), professor e médico de Sárospatak, a quem esteve ligado quase ao longo de toda a vida. Gyarmathi parece ter sido sempre cercado por grande número de amigos. Manteve longa amizade com certos colegas da juventude, entre os quais podem ser lembrados Sámuel András (1751-1807), médico, e Mihály Kenderesi (1758-1824), escritor e juiz. Também tornou-se amigo de Gábor Döbrentei (1785-1851), filólogo e antiquário, que foi, a exemplo de Gyarmathi, patrono de Sándor Kőrösi Csoma (1784-1842), o pesquisador também nascido na Transilvânia que chegou ao Tibete a pé e a cavalo e revelou a língua e a literatura tibetana para o mundo.

A imperatriz Maria Teresa (1717-1780), da Áustria, havia criado uma fundação para estudantes de ciências médicas em Viena. Gyarmathi ganhou uma bolsa de estudos para cursar medicina e, como estudante, recebeu uma ajuda de duzentos *forints*, quantia significativa na época. Há indícios de que teria gasto grande parte do dinheiro recebido na compra de livros em 1777 (Vladár, 2001). Depois, fez na companhia

de um dos melhores amigos uma longa viagem: Viena, Praga, Dresden, Berlim, Lübeck, Hamburgo, Göttingen, Nuremberg, Regensburg. Havia atravessado a Alemanha de um lado para o outro e ainda procurava pessoas famosas em Göttingen, inclusive o professor mais famoso do local, Johann David Michaelis (1717-1791).

Em Pozsony (hoje, Bratislava, capital da Eslováquia), descobriu as ideias do Iluminismo e conheceu Ferenc Széchényi (1754-1820), fundador da Biblioteca e do Museu Nacional da Hungria. Passou dois anos na capital húngara e voltou para a Transilvânia já médico, formado no início de 1785, após uma década de ausência. Casou-se aos 34 anos e divorciou-se com grande rapidez. Gyarmathi era o médico-chefe do condado de Hunyad, mas mudou-se para Deva, ao longo do Rio Mureş, onde redigiu uma preciosa gramática da língua húngara, já fora dos padrões da gramática latina.

Em 1789, o jornal de língua húngara, editado em Viena, *Hadi és más nevezetes történetek* (Marcantes histórias militares e outras) criou um concurso e ofereceu um prêmio para quem redigisse a melhor gramática do húngaro. Gyarmathi, com o seu *Okoskodva Tanító Magyar Nyelvmester* (O professor de húngaro que ensina racionalmente), emancipou, em definitivo, a descrição da língua húngara baseada no sistema gramatical do latim.

Entre 1795 e 1796, estava em Göttingen, como aluno do historiador August Ludwig von Schlözer, e começou a interessar-se pelo estudo comparativo das línguas fino-ugrianas. Alguns autores sugerem que Gyarmathi teria ansiado pela assistência de Henrik Porthan Gabriel (1739-1804), finlandês que se dedicou a estudar em profundidade a

história, a mitologia e a poesia popular de seu país. Afinal Porthan visitou Göttingen em 1779 e seu nome seria mencionado mais tarde como “professor de toda a Finlândia” e “pai da historiografia finlandesa”. Por outro, o nosso autor não escondia a convicção de que era necessário aprofundar os conhecimentos referentes aos pequenos povos e línguas fino-ugrianos espalhados pela Rússia; assim, dedicou a obra ao imperador russo, talvez na esperança de que pudesse realizar essas pesquisas naquele território russo, fato que jamais aconteceu.

A exemplo de Sajnovics, Gyarmathi também foi muito criticado (no que diz respeito à obra do primeiro, Pál Beregszászi-Nagy [c. 1750-1828], linguista e orientalista, chegou a chamar Sajnovics de *herético* [sic] por ter encontrado similaridades entre o húngaro e as línguas sámi). Nosso personagem foi incompreendido em seu país por seus contemporâneos, dentre os quais cabe destacar Ferenc Kazinczy (1759-1831), poeta, tradutor e um dos principais mentores da modernização da língua e literatura húngaras. No entanto, Miklós Révai (1750-1807), linguista e fundador dos estudos de linguística histórica na Hungria, parece ter tido uma grande influência no pioneiro trabalho de Gyarmathi no campo da linguística comparada.

## AFFINITAS E OUTRAS CONTRIBUIÇÕES

*Affinitas linguae hungaricae cum linguis fennicæ originis grammaticæ demonstrata* (A afinidade da língua húngara com as línguas de origem finlandesa demonstrada gramaticalmente) é a obra mais importante deixada por Gyarmathi. Publicada em Göt-

tingen, em 1799, é um texto integralmente redigido em latim, com 387 páginas, dividido em três partes e tem três apêndices. É útil lembrar a frase que o autor destacou nesse volume: “*Nisi utile est, quod facimus, stulta est gloria*” (Gyarmathi, IX), isto é: “A glória é tolice, a menos que seja útil o que fazemos”. Ao dar relevo a essas ideias, Gyarmathi parece salientar real preocupação com a utilidade de suas pesquisas e escritos.

Na primeira parte, o autor parece seguir o material e o método inaugurados por Sajnovics, e trata das afinidades entre as línguas húngara e sámi. Esse texto aparenta ter sido concebido como monografia independente. Tudo indica que Gyarmathi teve acesso a mais materiais que Sajnovics, como a *Grammatica lapponica* (1743), do finlandês Henrik Ganander (1700-1752), e o *Lexicon Lapponium* (1780), do sueco Johan Samuel Oehrling (1718-1778). Neste segmento, examina as correspondências entre o húngaro, o finlandês e o sámi, as flexões nominais, a forma comparativa dos adjetivos em húngaro e sámi, os numerais cardinais e ordinais, os pronomes pessoais nas três línguas mencionadas, formas verbais e advérbios. Além disso, elabora uma relação de similaridades entre os dois idiomas apresentando-as num extenso vocabulário ordenado em ordem alfabética.

Na segunda parte, o autor estuda e explica as afinidades entre o húngaro e o estoniano, tendo como fontes básicas a *Bíblia*, traduzida para o estoniano, e uma gramática dessa língua, do linguista de língua germânica August Wilhelm Hupel (1737-1819), publicada em 1780, contendo um apêndice com vocabulário bilíngue alemão-estoniano de 17 mil palavras. Assim, Gyarmathi analisa novamente, em pormenores, em ambas as línguas os diminuti-



Uma das raras imagens de Gyarmathi

vos, as flexões nominais, o comparativo dos adjetivos, pronomes, numerais, conjugações verbais, sufixos possessivos e finaliza ainda com um extenso glossário húngaro-estoniano de palavras assemelhadas.

Já a terceira seção trata de “outras línguas de origem fínica”<sup>1</sup>, sob o título *Observatio-*

1 A família de línguas fino-ugrianas costuma ser dividida em três blocos: fino-pérmicas, úgricas e samoiedas. Todavia, há quem as classifique de outra maneira: balto-fínicas – tchude (antigo nome eslavo para o finlandês do Báltico), estoniano, careliano (falado na Finlândia e Rússia), livoniano (falado na Letônia e Estônia, em fase de extinção), vats (em extinção), seto (falado na Finlândia e Rússia), kuens (língua minoritária falada na Noruega); volgas – burt (falado na região do Mar Cáspio), mari ou tcheremis (falado na região do Rio Volga), mokcha, morduíno, sámi (falado na Noruega, Suécia, Finlândia e Rússia); pérmicas – besemen, komi ou ziriano, udmurto ou otíaco; úgricas – húngaro, khanti (falado na lúgria, na Rússia) e mansi (falado na região de Tiúmen, na Rússia). A classificação dessa família de idiomas (também) ainda gera entre os pesquisadores diversas controvérsias teóricas e práticas.

*nes circa septem línguas Fennicae originis* (Observações a respeito de sete línguas de origem finica [sic]), apresentando numerais em húngaro, mansi, khanti e tcheremis, suffixos possessivos nesta última língua e em húngaro, posposições e sufixos possessivos em húngaro e khanti e uma lista comparativa de palavras em húngaro, mansi, tchuvache, tcheremis, morduíno e permiano, com um adendo que consiste numa lista de palavras em húngaro, mansi e samoieda. Trata-se em certa medida de esforço fragmentário, porque as primeiras descrições de algumas dessas línguas fino-ugrianas faladas na Sibéria são datadas de 1775<sup>2</sup>.

O primeiro apêndice discute as correspondências entre o húngaro e o turco; o segundo lista características comuns do húngaro e de outras línguas fino-ugrianas. Seguindo a publicação do zoólogo de língua alemã estabelecido na Rússia, Peter Simon Pallas (1741-1811), que publicou em 1786 o volume intitulado *Linguarum totius orbis vocabularia comparativa* (Vocabulário comparado de todo o mundo), Gyarmathi pormenoriza a influência lexical das línguas eslavas no húngaro. Por fim, o terceiro, contém as cartas de August Ludwig von Shlözer com sugestões para a obra (Nagy, 1944).

Cabem algumas observações a respeito do livro: o próprio título indica que o autor

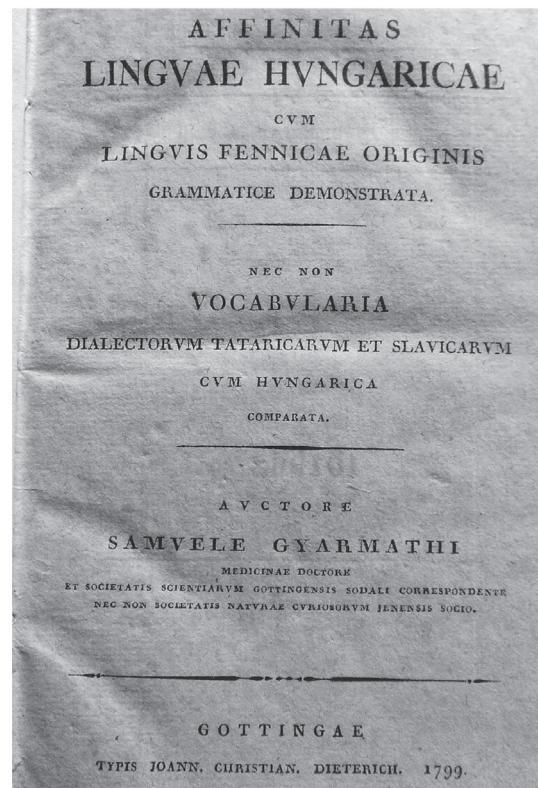


Imagen da capa da obra-prima de Sámuel Gyarmathi

atribuía papel fundamental às *similitudes gramaticais* existentes entre as línguas e pretendeu estender tal demonstração a todos os idiomas da família fino-ugriana a que teve acesso (Zsirai, 1951). Gyarmathi seguiu, até certo ponto, os passos de Sajnovics, cuja obra foi muito mal recebida à época, sobretudo na Hungria, pois especialmente em certos círculos intelectuais ficou exposto um claro desdém pelo grupo etnocultural e linguístico sámi.

Embora *Affinitas* não apresente enfoque teórico aprofundado, a comparação de elementos estruturais das línguas representou avanço na pesquisa comparativa ao englobar diversos idiomas da mesma família, baseado em abundantes exemplos. Pode-se afirmar, portanto, que Gyarmathi teve papel pioneiro:

2 Cabe notar que dois linguistas finlandeses em particular têm desempenhado atualmente importante papel no estudo das línguas fino-ugrianas: Tapani Salminen e Ante Aikio. Salminen, entre outras coisas, organizou também, há três décadas, um longo estudo a respeito das línguas ameaçadas de extinção pelo mundo afora. Aikio – cujo verdadeiro nome é Luobbal Sámmol Ánte – é um cidadão finlandês, de etnia sámi, que tem contribuído com interessantes trabalhos de pesquisa sobre as nove variedades do idioma sámi que ainda sobrevivem e com questões teóricas bastante pertinentes a esta família de línguas.

o *corpus* da língua sámi é muito superior ao apresentado por Sajnovics e o cotejamento entre o húngaro e o estoniano chega a ser exaustivo. É preciso sublinhar o fato de que o autor trabalhou com informações (ainda) fragmentárias com respeito a diversas das línguas fino-ugrianas, mas um dos méritos de seu esforço foi ter sublinhado a convicção de que o húngaro, o mansi e o khanti eram idiomas muito próximos. Assegurava: “As palavras do (idioma) vogul merecem grande atenção em particular. Em primeiro lugar, porque são próximas do húngaro” (Gyarmathi, 1799, p. 189)<sup>3</sup>.

Parece-nos evidente que, à luz do conhecimento que as ciências da linguagem acumularam desde o século XVIII, Gyarmathi chegou a tropeçar em algumas definições em *Affinitas*. Podemos mencionar, a título de exemplo, algumas de suas considerações relativas às flexões nominais da língua húngara: há problemas teóricos e quantitativos. Em contrapartida, um de seus méritos foi o fato de conseguir estabelecer relações genéticas e tipológicas entre os idiomas da família fino-ugriana numa época em que sequer se cogitava estudar tipologia linguística.

Por outro lado, a obra publicada em Kolozsvár, em 1794, sob o título de *Okoskodva tanító magyar nyelvmester* (O professor de língua húngara que ensina racionalmente), revela facetas muito originais e até surpreendentes de Gyarmathi. Primeiro, porque a própria denominação do volume húngaro remete à *Grammaire générale et raisonnée contenant les fondemens de l'art de parler, expliqués d'une manière claire et naturelle*

(Gramática geral e fundamentada contendo os fundamentos da arte de falar, explicados de forma clara e natural), mais conhecida como *Grammaire générale et raisonnée de Port-Royal*, de Antoine Arnault e Claude Lancelot. A gramática de Port-Royal foi publicada apenas dez anos após a morte do filósofo René Descartes (1596-1650), que já havia escrito textos relativos a características e leis universais que sugeria regerem todas as línguas<sup>4</sup>. Nossa personagem deixa subentendido que teria travado conhecimento com a obra francesa e mais ainda: cita inúmeras vezes o tcheco Jan Amos Komenský (1592-1670), denominando-o “meu mestre”. Autor da *Didactica Magna*, Comenius é considerado por muitos especialistas como o “pai da didática moderna”, mas é importante salientar a importância de suas ideias e obras pioneiras relativas ao ensino de línguas<sup>5</sup>, que o linguista e médico de Kolozsvár parece ter lido.

3 No original: “*Magnam imprimis Vogulica vocabula merentur attentionem. Primo: quia haec sono hungarico omnium proxime accedunt*”.

4 Convém lembrar que o linguista norte-americano Noam Chomsky publicou, em 1966, *Cartesian linguistics: a chapter in the history of rationalist thought* (Linguística cartesiana: um capítulo na história do pensamento racionalista), em que não somente retomou as ideias de Descartes, da gramática de Port-Royal, Wilhelm von Humboldt (1767-1835), mas também diagramou um grande conjunto de ideias próprias sobre as leis universais comuns a todas as línguas. Com efeito, não há aqui espaço e tampouco é o tema central deste modesto texto aprofundar a importância da obra chomskyana e de seus antecessores. Mas duas observações emergem como relevantes: os pensadores John Locke (1632-1704) e Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) também redigiram vários textos referentes à universalidade das leis que regem as línguas, e a ideia da comparação entre os idiomas pode ser creditada, em parte, a Leibniz.

5 Dentre as inúmeras obras de Komenský vale a pena destacar *Janua linguarum reserata* (A porta aberta das línguas), de 1631, e *Orbis sensualium pictus* (O mundo sensível ilustrado), de 1658, o primeiro manual ilustrado para ensinar línguas estrangeiras. Ele também já acreditava na existência de regras universais para o funcionamento de todas as línguas.

Gyarmathi chegou a esboçar dez teóremas (sic) a respeito do que denominava de gramática universal. É instigante ver que no final do século XVIII, nosso personagem expunha pensamentos cristalinos, definições consistentes, uma natureza algorítmica das soluções propostas, sagacidade e elegância de estilo. Além de ter legado o primeiro trabalho de sintaxe da língua húngara, deixou definições surpreendentes para a época: por exemplo, que “cada frase deve consistir de um sujeito e de uma declaração a respeito deste”.

## CONCLUSÃO INCONCLUSA

Propusemo-nos a examinar, no presente texto, de modo muito rápido, as pesquisas comparativas entre as línguas ao longo do século XVII, a discorrer a respeito da vida e atividades de Sámuel Gyarmathi, e a analisar duas de suas obras. Objetivamos demonstrar o papel pioneiro que o nosso personagem desempenhou no estudo comparativo da família fino-ugriana de línguas. Em verdade, trata-se de uma figura pouco reconhecida, cuja obra jamais mereceu análise aprofundada e sob a luz dos trabalhos de sua época.

Embora a sua principal obra tivesse sido redigida em latim (língua acessível aos indivíduos instruídos do período) e não numa de suas primeiras línguas, o húngaro, conhecido

por poucos, Gyarmathi e o produto de seu trabalho acabaram cobertos pelo véu do esquecimento. Cabe, no entanto, sublinhar que esse médico que se tornou linguista chegou a conhecer as obras de importantes autores, tais como Jan Komenský e Arnault e Lancelot. Numa época em que as tentativas de descrição e análise do húngaro, por exemplo, subordinavam-se sempre aos ditames da gramática latina, nosso autor conseguiu pôr a lume obras em que não apenas libertava as explicações relativas ao funcionamento desse idioma dos grilhões da descrição baseada em paradigmas completamente distintos das estruturas e regras do magiar, como também concebeu um trabalho inédito referente à sintaxe de sua língua.

Como pudemos apontar acima, se alguns dos conceitos utilizados por Gyarmathi forem examinados à luz dos conhecimentos acumulados pelas ciências da linguagem até os albores do século XXI, evidencia-se o fato de que ele cometeu certos deslizes. Porém, nada pode anuviar ou tolher-lhe o papel de importante precursor do estudo comparativo das línguas fino-ugrianas, tendo as observado além das semelhanças lexicais num tempo em que não havia noção alguma sobre tipologia linguística. *Affinitas*, em particular, merece um estudo pormenorizado, segundo entendemos, inclusive com o propósito de colocar o seu autor no merecido lugar na história da linguística. Lamentamos apenas ter pouco engenho e arte para tanto.

## REFERÊNCIAS

- DALBY, A. *Dictionary of languages*. London, A & C Black, 1998.
- GYARMATHI, S. *Affinitas lingvae hvngaricae cvm lingvis finnicae originis grammatica demonstrata*. Göttingen, Joann Christian Deitrich, 1799 (cópia fac-similar eletrônica).
- KLIMA, L. *Szemelvények a finnugor történelem korai forráswaiból*. Budapest, MTA, 2012 (cópia fac-similar eletrônica).
- ЛЫТКИН, В. И. et ali. (eds.). *Основы Финно-Угорского Языкоznания*. Москва, Наука, 1976.
- NAGY, O. *Gyarmathi Sámuel élete és munkássága*. Kolozsvár, Az Erdélyi Múzeum Egyesület Kiadása, 1944 (cópia fac-similar eletrônica).
- OSTLER, N. *Empires of the word. A language history of the world*. London, Harper Collins Publishers, 2005.
- SAJNOVICS, J. *Demonstratio idioma vngarorum et lapponum idem esse*. Hafniae, Regiae scientiarum societati danicae praelecta. Typis orphanotrophii Reggi, excudit Gerhard Giese Salicat, 1770 (cópia fac-similar eletrônica).
- SCHLEICHER, A. *A compendium of the comparative grammar of the Indo-European, Sanskrit, Greek and Latin languages*. Translated by M. A. Herbgert Bendall. London, Trübner & Co., 1884 (cópia fac-similar eletrônica).
- SZILASI, M. *Adalékok a finn-ugor palatalis másolhangzók történetéhez*. Székfoglaló értekezés. Budapest, MTA, 1904 (cópia fac-similar eletrônica).
- STUDI FINNO-UGRICI. Napoli, Università degli Studi di Napoli "L'Orientale" (cópia fac-similar eletrônica).
- VLADÁR, Z. "Gyarmathi-Emlékülés". *Nyelvtudományi Közlemények* 97, 2001, pp. 237-245.
- ZSIRAI, M. "Sámuel Gyarmathi, Hungarian pioneer of comparative linguistics". *Acta Linguistica Academiae Scientiarum Hungaricae* 1, 1951, pp. 5-16.

# Viés no aprendizado de máquina em sistemas de inteligência artificial: a diversidade de origens e os caminhos de mitigação

*Fabio Gagliardi Cozman*

*Dora Kaufman*

H

m palestra proferida em 1985, Richard Feynman, Prêmio Nobel (1965) e um dos mais reconhecidos físicos teóricos, debate temas críticos do campo da inteligência artificial (IA)<sup>1</sup>. O diálogo com o público

1 Disponível em: <https://www.programmersought.com/article/88885940764/>. Acesso em: 26/7/2021. Vídeo da palestra disponível em: <https://www.cantorsparadise.com/richard-feynman-on-artificial-general-intelligence-2c1b9d8aae31>. Acesso em: 25/7/2021.

---

**FABIO GAGLIARDI COZMAN** é professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e diretor do Center for Artificial Intelligence (C4AI).

**DORA KAUFMAN** é professora do Programa de Tecnologias Inteligentes e Design Digital (TIDD) da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologias da PUC/SP.

tem início com uma pergunta-chave, que remete ao artigo seminal de Alan Turing (1950), que definiu o que hoje é conhecido como “Máquina de Turing”: “Você acha que haverá uma máquina que pode pensar como os humanos e ser mais inteligente do que os humanos?”. Para Feynman, as futuras máquinas não pensarão como os seres humanos, da mesma forma que um avião não voa como os pássaros. Dentre outras diferenciações, os aviões não batem asas; são processos, dispositivos e materiais distintos. Quanto à questão das máquinas superarem a inteligência humana, na visão do físico o ponto de partida está na própria definição de “inteligência”.

De fato, é difícil definir o que entendemos por “inteligência”. Segundo Stuart Russell, pesquisador referência no campo da IA, uma entidade é inteligente na medida em que o que faz é capaz de alcançar o que deseja, ou seja, seus objetivos. Escreve Russell (2019, p. 9): “Todas essas outras características da inteligência – perceber, pensar, aprender, inventar e assim por diante – podem ser compreendidas por meio de suas contribuições para nossa capacidade de agir com sucesso”. Russell lembra que o conceito de inteligência, desde os primórdios da filosofia grega antiga, está associado a capacidades humanas (perceber, raciocinar e agir), o que não seria o caso da IA, “meros” modelos de otimização com objetivos definidos pelos humanos e não dotados desses atributos. Outros autores não consideram a “inteligência” uma prerrogativa humana, como o próprio Marvin Minsky (1985), um dos fundadores do campo da IA, ao argumentar que os sistemas de IA têm habilidades, apesar de limitadas, de aprendizagem e raciocínio. Complicando ainda mais esse

debate, as técnicas atuais de IA lidam com percepção, análise de texto, processamento de linguagem natural (PNL), raciocínio lógico, sistemas de apoio à decisão, análise de dados e análise preditiva (*Stanford Encyclopedia*, 2020, apud Stone et al., 2016).

Outro tema abordado por Feynman em sua palestra de 1985 foi o reconhecimento de padrões em grandes conjuntos de dados, à época um desafio ainda não totalmente viabilizado por técnicas empíricas de IA. A programação computacional, pondera o físico, não contemplaria as nuances da realidade, como, por exemplo, luminosidades, distâncias e ângulos de inclinação da cabeça num conjunto de fotos – os seres humanos são capazes de reconhecer uma pessoa pelo movimento do corpo ao andar, pela maneira como mexe no cabelo e outros pequenos e sutis detalhes.

Resolver tarefas executadas pelos humanos intuitivamente, e com relativo grau de subjetividade, era um desafio dos primórdios do campo da IA. Várias tentativas envolvendo linguagens formais, apoiadas em regras de inferência lógica, tiveram êxito limitado, sugerindo a necessidade de os sistemas gerarem seu próprio conhecimento extraindo padrões de dados, ou seja, “aprender” com os dados sem receber instruções explícitas. Esse processo é usualmente denominado “aprendizado de máquina” (*machine learning*), subcampo da IA criado em 1959 e hoje certamente o maior subcampo da IA em número de praticantes (Domingos, 2015; Goodfellow, Bengio & Courville, 2016; Alpaydin, 2016).

Um algoritmo de aprendizado de máquina é um algoritmo capaz de aprender com experiências; como definido por Tom Mitchell (1997): “Diz-se que um programa

de computador aprende com a experiência E em relação à classe de tarefas T e à medida de desempenho P, se seu desempenho nas tarefas medidas por P melhora com a experiência E". O processo de aprendizagem desses sistemas é influenciado por múltiplos fatores observáveis ou não observáveis no mundo físico, sujeitos a efeitos de fontes externas: por exemplo, os pixels em uma imagem de um carro vermelho podem estar muito próximos do preto à noite, e a forma da silhueta de um carro varia com o ângulo de visão (Goodfellow, Bengio & Courville, 2016).

A técnica de aprendizado de máquina que hoje melhor resolve esses desafios é o aprendizado profundo (*deep learning*), que introduz representações complexas, frequentemente referidas como "redes neurais profundas", expressas em termos de outras representações mais simples organizadas em diversas camadas. As entradas (*inputs*) são apresentadas a uma camada visível, assim chamada porque contém as variáveis observáveis, seguida de uma série de camadas ocultas contendo variáveis não observáveis e internas ao próprio modelo (origem do problema da não explicabilidade). Essa estrutura codifica uma função matemática que mapeia conjuntos de valores de entrada (*inputs*) para valores de saída (*output*); redes com maior profundidade (mais camadas) têm apresentado resultados positivos em várias áreas, particularmente em visão computacional, reconhecimento de voz e imagem (Goodfellow, Bengio & Courville, 2016).

Em redes neurais profundas, os parâmetros aprendidos a partir de dados são chamados de *weights* (pesos); após a fase de treinamento (ou aprendizado), esses pesos compõem o algoritmo e passam a ser

fixos. No caso de uma imagem, em que os pixels são os dados de entrada, a saída do sistema reflete a soma das multiplicações de pesos pelos pixels de entrada. Cada camada processa o que supõe-se serem conceitos mais abstratos do que da camada anterior, gerando o nível de abstração requerido pela saída. Por exemplo, a saída pode ser *dog vs cat*, e a entrada pode ser a imagem (conjunto de pixels); cada camada mais "profunda" (mais próximo da saída) tem valores representando conceitos mais abstratos que ajudam, eventualmente, a concluir se é gato ou cachorro. A questão da interpretabilidade (ou opacidade, ou não explicabilidade) decorre do desconhecimento do que as camadas realmente representam.

Essa relativamente nova técnica de aprendizado de máquina, baseada fortemente em redes neurais de aprendizado profundo (*deep learning neural networks* - DLNN), tem sua inspiração no funcionamento do cérebro biológico. As DLNN são capazes de lidar com dados de alta dimensionalidade, por exemplo, milhões de pixels num processo de reconhecimento de imagem. Adicionalmente, DLNN estabelecem correlações não perceptíveis aos desenvolvedores humanos, cuja tendência é considerar apenas as correlações "mais fortes", embora as correlações "mais fracas", quando agrupadas, possam impactar sensivelmente a acurácia dos modelos.

Para avaliar o desempenho das técnicas de aprendizado de máquina mede-se sua precisão, ou seja, a proporção de exemplos para os quais o modelo produz a saída correta (ou, inversamente, a taxa de erro, ou seja, a proporção de exemplos para os quais o modelo produz uma saída incorreta). Em 2012, uma rede neural convolu-

cional (CNN) chamada AlexNet, uma das arquiteturas das DLNN, venceu por uma ampla margem o Desafio ImageNet 2012<sup>2</sup>, reduzindo a taxa de erro de reconhecimento de imagem de 26,1% para 15,3%. Desde então, a competição é consistentemente vencida por essas redes, com a taxa de erro declinando para 3,6% (equiparável ao erro humano). Esses resultados positivos são função da disponibilidade de grandes conjuntos de dados e da maior capacidade computacional (Kaufman, 2019). Assim, as DLNN tornaram-se fator estratégico de processos decisórios pela capacidade de gerar *insights* preditivos com taxas relativamente altas de acurácia, permeando a maior parte das aplicações atuais de IA.

Entretanto, as DLNN ainda possuem limitações, já que requerem abundância de dados, pois a qualidade dos resultados é função da quantidade de dados utilizados no desenvolvimento, treinamento e aperfeiçoamento dos modelos. De fato, a arquitetura complexa dos modelos demanda *hardware* com grande capacidade de processamento. Ademais, dentre as externalidades negativas, destacam-se a opacidade dos modelos, ou falta de explicabilidade (ou seja, como os algoritmos chegaram à saída com base nos dados de entrada), e o viés contido nos resultados dos modelos, tema central deste artigo.

Em geral, atribui-se vieses integralmente às bases de dados tendenciosas. Porém, vieses podem emergir antes da coleta de

dados em função das decisões tomadas pelos desenvolvedores (os atributos e variáveis contemplados no modelo, inclusive, determinam a seleção dos dados). No caso de viés associado aos dados, existem duas principais origens: os dados coletados não representam a composição proporcional do universo objeto em questão, ou os dados refletem os preconceitos existentes na sociedade. O primeiro caso pode ocorrer, por exemplo, se uma base de dados de treinamento contiver mais observações de uma categoria que de fato é minoritária; o segundo caso, por exemplo, é ilustrado pelo sistema de triagem de recrutamento automatizado da Amazon implantado em 2014 (descontinuado em início de 2017): em 2015, a empresa identificou que seu sistema não estava sendo neutro em termos de gênero, privilegiando candidatos homens. Os algoritmos de IA do sistema foram treinados, ou seja, “aprenderam” a identificar padrões na base de dados de currículos enviados à Amazon ao longo de um período de dez anos, refletindo o domínio masculino na indústria de tecnologia, ou seja, a realidade enviesada (viés histórico)<sup>3</sup>.

Resultados tendenciosos podem decorrer, igualmente, de erros na rotulagem da base de dados que antecede o aprendizado supervisionado e na própria geração de dados, por exemplo, a não desagregação por gênero. A constatação do viés em um modelo, em geral, ocorre tarde, dificultando identificar retroativamente sua origem e,

2 ImageNet, base de dados para treinar algoritmos de IA, apresentada publicamente em 2009, na Conferência sobre Visão Computacional e Reconhecimento de Padrões (CVPR).

3 Fonte: Reuters, 10/10/2018. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight-idUSKCN1MK08G>. Acesso em: 10/8/2021.

consequentemente, as formas de eliminá-lo. Especialistas em IA estão empenhados em identificar formas de eliminar ou, ao menos, mitigar os vieses dos modelos, a partir de variadas abordagens (Hao, 2019).

O recente avanço das tecnologias de IA associadas, por exemplo, à detecção e análise facial, se, por um lado, produz resultados mais assertivos com benefícios sociais, por vezes tipifica o racismo sistêmico além de agregar novas formas de discriminação derivadas de amostragens desequilibradas de dados, prática de coleta e rotulagem (Leslie, 2020). O propósito deste artigo é descrever e refletir sobre as principais origens do viés contido na aplicação de IA com o uso da técnica de redes neurais profundas (DLNN) e alguns dos caminhos, técnicos e sociais, para sua mitigação.

## VIÉS NOS MODELOS BASEADOS EM DLNN

O uso das tecnologias de análise facial não tem sido neutro no que diz respeito à distribuição das externalidades positivas e negativas, apresentando desempenhos distintos para distintos grupos demográficos. Batya Friedman, da Universidade de Washington, e Helen Nissenbaum, da Universidade de Cornell, escreveram um dos primeiros artigos sobre sistemas de computação tendenciosos, alertando sobre o potencial impacto na sociedade dado o custo relativamente baixo de disseminação desses sistemas (Christian, 2020).

Buolamwini e Gebru (2018) auditaram sistemas de classificação de gênero produzidos pela Microsoft e IBM e apuraram que a taxa de classificação incorreta para

as mulheres de pele escura era, em média, 35% mais alta do que para os homens brancos. O modelo FaceDetect da Microsoft, por exemplo, demonstrou uma taxa de erro geral de 6,3% em suas tarefas de classificação de gênero, contudo, quando seu desempenho foi analisado em termos da interseção de gênero e raça, os resultados mostraram que, enquanto a aplicação teve uma taxa de erro de 0% para homens de pele clara, teve uma taxa de erro de 20,8% para mulheres de pele escura. Para as autoras, esses resultados enviesados evidenciam que as bases de dados usadas no treinamento e validação desses sistemas sub-representaram pessoas de cor e mulheres.

Os sistemas de reconhecimento facial automatizados (*facial detection and recognition technologies* - FDRT) podem ser agrupados em três categorias de detecção: a) se há uma pessoa na imagem (*face detection*), sem atribuir identidade e atributos específicos; b) que tipo de pessoa aparece na imagem (sexo, idade, etnia, estado emocional/expressão facial); e c) quem é a pessoa na imagem, estabelecendo e/ou verificando identidades pessoais. As FDRT são usadas em instituições financeiras (adicionam segurança às operações bancárias), produtos de consumo (laptops, celulares), eventos de entretenimento, habitação (sistemas de câmaras), polícia (apoiar investigação, pesquisa em banco de dados, identificação), escolas (verificar frequência e avaliar atenção do aluno), varejo (sistemas de pagamento), transporte (aeroportos, transporte público), locais de trabalho (acesso) (Learned-Miller et al., 2020a).

A extensão do uso das FDRT está permeada pelo dilema entre os ganhos em segurança, proteção e eficiência, e as ameaças às liberdades civis e aos direitos humanos

fundamentais. O grau de acurácia depende de decisões dos desenvolvedores dos sistemas e da base de dados usada no treinamento e validação do sistema. Cada uma dessas etapas está sujeita a efeitos tendenciosos (viés dos modelos).

Karen Hao (2019) adverte que para detectar é imprescindível compreender como o viés surge na base de dados, sendo comum se atribuir características tendenciosas aos dados de treinamento, quando isso pode surgir nas várias etapas do processo, particularmente: a) no enquadramento do problema, quando o desenvolvedor traduz o objetivo a ser alcançado em linguagem computável; b) na coleta dos dados, no caso da base não ser representativa da realidade ou refletir os preconceitos existentes na sociedade; e c) na preparação dos dados, quando cabe ao desenvolvedor selecionar os atributos a serem considerados pelo algoritmo, que difere de (a) porque os mesmos atributos podem ser usados para objetivos diferentes. Hao alerta que, mesmo quando detectado, é difícil corrigir o viés nesses sistemas, inclusive porque a detecção pode ocorrer quando o sistema já está plenamente em uso, o que explica os casos em que seus proprietários optaram por descontinuar (por exemplo, sistema de seleção de candidatos para vagas de tecnologia da Amazon e o *chatbot* para interagir com adolescentes Ty da Microsoft, dois dos mais citados casos de discriminação algorítmica). Vejamos as principais origens do viés.

### **Viés na geração dos dados**

A discriminação na produção de dados está presente tanto na predominância de usuários

dos países desenvolvidos com mais acesso a tecnologias e às redes sociais, o que engendra uma base de dados enviesada pelo biotipo racial de pele clara, quanto na não desagregação dos dados por gênero e/ou o tratamento dado ao homem como “humano padrão”. Ademais, a internet não é um espaço público inteiramente democrático; as informações não circulam com a mesma velocidade nem com o mesmo alcance; as redes que têm mais conexões ampliam as oportunidades de gerar mais conexões. Pontos com número maior de conexões são denominados *hubs* (concentrador e/ou conector): quanto mais links um *hub* capta, maior sua visibilidade na rede. Plataformas tecnológicas como Google, Amazon, Facebook, ao concentrar parte relevante do fluxo de informações na internet, constituem-se em poderosos *hubs* (Barabási, 2009), alavancados significativamente pelos algoritmos de IA.

Caroline Criado Perez (2021), por meio de um extenso levantamento histórico da “invisibilidade” feminina, constata que, como a técnica de IA que permeia a maior parte das aplicações atuais é baseada em dados, a sociedade está tomando decisões enviesadas por gênero em número maior do que o percebido. Na Inglaterra, por exemplo, as mulheres têm 50% mais chances de serem diagnosticadas erroneamente após um ataque cardíaco, em função da predominância de homens nos estudos científicos sobre insuficiência cardíaca (Perez-Criado, 2021). A prática de não coletar dados desagregados por gênero, tratando os homens como neutros e/ou “padrão humano”, e a partir dessas bases de dados tendenciosas identificar padrões de comportamento humano, distorce a suposta objetividade e a acurácia dos resultados dos modelos estatísticos baseados em IA.

## Viés nas escolhas dos desenvolvedores

No desenvolvimento de um modelo de DLNN, a tarefa inicial dos cientistas da computação é identificar o problema a ser resolvido pelo sistema, em que situação e com qual objetivo o sistema será utilizado. O segundo passo é traduzir esse problema a ser resolvido em variáveis que possam ser observadas e manipuladas (*feature engineering process*). São eles que definem, por exemplo, quais termos de pesquisa serão usados para coletar os dados, o número de camadas ocultas e o número de nós em cada camada. Identificar a influência da subjetividade humana no projeto e na configuração do algoritmo de IA não é trivial, além de não ser possível eliminá-la mesmo se identificada (Hao, 2019).

O Alan Turing Institute (Leslie, 2020) aponta como um dos problemas críticos que permitem que os vieses sistêmicos se infiltram nos dados deriva da postura dos desenvolvedores e designers de algoritmos, que não priorizam as ações para identificar e corrigir desequilíbrios potencialmente discriminatórios na representação demográfica e fenotípica. O instituto atribui esses vieses à complacência dos produtores de tecnologia, em geral, parte do grupo dominante e, logo, isentos dos efeitos adversos de resultados discriminatórios. Equipes inter e multidisciplinares de desenvolvedores, potencialmente, podem atenuar esses efeitos discriminatórios, mas sua eficácia depende de construir “pontes” entre os pesquisadores de diferentes campos de conhecimento (Kaufman, 2021).

## Viés na base de dados

O viés ocorre se os dados de referência forem menos diversificados demograficamente do que a população-alvo, ou seja, se a base de dados contiver poucos ou nenhum exemplo de uma determinada subpopulação por etnia e/ou gênero. A diferença entre ambientes controlados (laboratórios) e ambientes não controlados (mundo real), igualmente, tem o potencial de gerar resultados tendenciosos; nas ruas, por exemplo, as câmaras podem captar imagens em baixa resolução, o ângulo captado da face e a luminosidade podem dificultar a extração de características faciais ou mesmo distorcê-las provocando erro no reconhecimento facial (Learned-Miller et al., 2020b).

É recente a sensibilidade de pesquisadores, e da sociedade em geral, para o problema do viés nos dados, consequentemente, durante anos diversas bases de dados tendenciosas foram utilizadas para desenvolver e treinar os algoritmos de IA (e continuam sendo). O ImageNet, por exemplo, demorou uma década (2009 a 2019) para reconhecer o viés na rotulagem de suas imagens, mesmo assim por iniciativa do artista americano Trevor Paglen (ver “Viés no processo de rotulagem dos dados”, abaixo). Outro exemplo de banco de dados enviesado de domínio público é o Labeled Faces in the Wild (LFW), organizado em 2007 com base em artigos de notícias *on-line* e rotulado por uma equipe da UMass Amherst. Em 2014, Hu Han e Anil Jain, da Michigan States, notaram que nesse banco de dados mais de 77% das imagens eram de homens e, nesse conjunto, mais de 83% de homens de pele clara; o ex-presidente dos EUA, George W.

Bush, tinha 530 imagens exclusivas, mais do que o dobro do conjunto de imagens de todas as mulheres de pele escura combinadas. Cinco anos depois, e 12 da data de constituição do LFW, seus gestores postaram um aviso de isenção de responsabilidade, alertando que muitos grupos não estão bem representados (Christian, 2020).

O United States Office of the Director of National Intelligence – supervisor da implementação do Programa de Inteligência Nacional, principal assessor do presidente, do Conselho de Segurança Nacional e do Conselho de Segurança Interna para assuntos de inteligência relacionados à segurança nacional –, em 2015, lançou um banco de dados de imagens faciais denominado IJB-A, supostamente contemplando a diversidade da população americana. Entretanto, estudo de Gebru e Buolamwini constatou que 75% eram imagens de homens e 80% de homens de pele clara, e apenas 4,4% do conjunto de dados eram de mulheres de pele escura (Christian, 2020).

O viés algorítmico, em geral ético/moral ou legal, é difícil de ser detectado por estar atrelado a sistemas proprietários (não auditáveis sem consentimento), mas também pela diversidade de composição dos sistemas de IA mais sofisticados (desenvolvidos em distintos locais e treinados em múltiplas base de dados).

### Viés no processo de rotulagem dos dados

Criar uma base de dados de treinamento significa amostrar um mundo quase infinitamente complexo e variado, e fixá-lo em taxonomias compostas de classifica-

ções. Em 2006, cientistas da computação das universidades de Stanford e Princeton, liderados por Fei-Fei Li, deram início ao desenvolvimento do ImageNet, base de dados para treinar algoritmos de IA; o projeto foi apresentado publicamente em 2009, na “*Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*” (CVPR) realizada na Flórida, EUA, constituindo-se numa base de dados padrão dos desenvolvedores de IA.

Kate Crawford (2021) investigou as falhas na rotulagem do ImageNet, com resultados surpreendentes. O banco de dados hoje contém aproximadamente 14 milhões de exemplos rotulados de mais de 20 mil classes/categorias, basicamente rotulados a mão por participantes da Amazon Mechanical Turk (*crowdsourcing* de força de trabalho distribuída e, relativamente, de baixa remuneração). Manter a uniformidade na classificação manual de grandes conjuntos de dados é um desafio, que se torna quase inviável quando envolve classificar imagens de pessoas; são inúmeras as categorias classificatórias, incluindo raça, idade, nacionalidade, profissão, *status* econômico, comportamento, caráter e até mesmo moralidade. Estruturar uma taxonomia para classificar imagens de pessoas com a lógica utilizada para objetos gera inúmeras distorções e, consequentemente, vieses. Por uma década, o ImageNet teve 2.832 subcategorias na categoria “pessoa”: “avô”, com 1.662 imagens; “pai”, com 1.643 imagens; e “diretor executivo”, com 1.614 imagens, a maioria homens.

No ImageNet, a categoria “corpo humano” é enquadrada como objeto natural – corpo – corpo humano; as subcategorias incluem “pessoa”, “corpo masculino”, “corpo juvenil”, “corpo adulto” e “corpo feminino”.

A suposição explícita é que apenas os corpos masculinos e femininos são reconhecidos como “naturais”, seguindo uma classificação biológica, ou seja, binária, não reconhecendo as pessoas de gênero não binário, como os transexuais (Crawford, 2021).

Em 2019, o artista americano Trevor Paglen, dedicado ao tema da vigilância em massa e da coleta de dados, a pesquisadora em IA Kate Crawford e o especialista em tecnologias Leif Ryge desenvolveram o aplicativo ImageNet Roulette como parte de uma exposição de arte sobre os sistemas de reconhecimento de imagem no museu Fondazione Prada, em Milão, intitulada “Training Humans”<sup>4</sup>. Baseado num modelo de DLNN com código aberto Caffe, criado na UC Berkeley, o propósito do aplicativo era facilitar ao público a compreensão sobre os sistemas de aprendizado de máquina. Quando o usuário efetua o *upload* de sua foto, o aplicativo retorna a imagem com o rótulo atribuído pelo aplicativo. “‘Training Humans’ explora duas questões fundamentais: como os humanos são representados, interpretados e codificados por meio de conjuntos de dados de treinamento e como os sistemas tecnológicos coletam, rotulam e usam este material” (texto da curadoria da exposição).

Segundo relatório do Alan Turing Institute, desde 2019 nenhum dos dez maiores conjuntos de dados de imagens de rosto em grande escala foi rotulado ou anotado para tipo de pele, tornando as disparidades de desempenho entre diferentes grupos ra-

ciais praticamente invisíveis para aqueles que usaram esses conjuntos de dados para treinar seus modelos de IA (Leslie, 2020).

## Viés nos dados de treinamento dos algoritmos

Considera-se que existe um enviesamento na base de dados quando o sistema exibe um erro sistemático no resultado (“enviesamento estatístico” ou “discriminação algorítmica”). Estritamente, qualquer conjunto de dados poderá ser imparcial para a execução de uma determinada tarefa, contudo, potencialmente existe o risco de que, se usado para uma tarefa distinta, seja tendencioso para essa segunda tarefa. Um sistema citado com frequência nos debates sobre discriminação algorítmica é o Compas.

O Correctional Offender Management Profiling for Alternative Sanctions (Compas) é um sistema desenvolvido por Tim Brennan, da Universidade do Colorado, em parceria com Dave Wells, na empresa fundada por ambos em 1998, Northpointe. Em 2001, o estado de Nova York iniciou um programa piloto usando o Compas na automatização de decisões sobre liberdade condicional; no final de 2017, todos os 57 condados fora da cidade de Nova York haviam adotado o sistema Compas em seus departamentos encarregados de “liberdade condicional”. Os resultados, aparentemente, eram tão promissores que, em 2011, uma lei estadual estabeleceu que todas as decisões sobre liberdade condicional deveriam decorrer de sistemas automatizados de avaliação de riscos. Até 2015, o Compas recebeu cobertura favorável da mídia; a partir de junho de 2016, o tom

4 Exposição com curadoria compartilhada com Kate Crawford. Disponível em: <http://digicult.it/slider-training-humans-an-exhibition-by-kate-crawford-and-trevor-paglen/>. Acesso em: 15/9/2021.

de abordagem da mídia mudou, surgindo reportagens denunciando as decisões tendenciosas do sistema. A mudança de perspectiva decorreu de estudo e publicação da ProPublica, corporação sem fins lucrativos com sede em Nova York, dedicada ao jornalismo investigativo.

A equipe da ProPublica, liderada por Julia Angwin, empreendeu um longo percurso investigativo do Compas, na ocasião adotado não apenas em Nova York, mas na Califórnia, Wisconsin, Flórida e em mais cerca de 200 jurisdições americanas. Em abril de 2015, Angwin enviou uma *Freedom of Information Act* (Lei de Liberdade de Informação) requerendo do Broward County, Flórida, informações sobre as 18 mil pontuações Compas dos anos de 2013-14 (dados entregues cinco meses após a solicitação). Não convencidos da validade desses dados, Angwin e equipe, com a colaboração de funcionários do condado, unificaram essa base de dados com os dados de antecedentes criminais de todos os 18 mil condenados. A primeira constatação do grupo foi sobre a baixa qualidade dos registros, com inúmeros erros de digitação e ortográficos, o que por si só compromete a assertividade dos resultados. O artigo da ProPublica, “*Machine bias: there’s software used across the country to predict future criminals. And it’s biased against blacks*”<sup>5</sup>, publicado em maio de 2016, sinalizava como resultados que os réus de pele escura tinham duas vezes mais probabilidade de serem classificados como de alto risco, e

não reincidirem; e os réus de pele branca tinham duas vezes mais chances de serem classificados como de baixo risco, e reincidirem (Christian, 2020). A determinação exata do viés no Compas é dificultada por ser ele um sistema proprietário, mas, provavelmente, um dos fatores está na disparidade social: a composição racial e étnica das prisões dos EUA é substancialmente diferente da demografia do país. Em 2018, os negros americanos representavam 33% da população carcerária condenada, quase o triplo de sua participação de 12% na população adulta americana; os brancos representavam 30% dos presos, cerca de metade de sua participação de 63% na população adulta; e os hispânicos representavam 23% dos reclusos, em comparação com 16% da população adulta, ou seja, a população carcerária é enviesada por raça e etnia<sup>6</sup>. A constatação do enviesamento da base de dados do Compas contribuiu para a visibilidade do problema.

## CAMINHOS DE MITIGAÇÃO DO VIÉS

Dada a crescente visibilidade dos efeitos danosos do viés contido nas decisões automatizadas por IA, particularmente as aplicações em campos sensíveis como saúde e educação, especialistas acadêmicos e não acadêmicos, das ciências exatas e das ciências sociais, estão empenhados em encontrar abordagens para detectar e remover, ou ao menos mitigar, o viés dos sistemas de IA.

5 Disponível em: <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing>. Acesso em: 16/9/2021.

6 Disponível em: <https://www.pewresearch.org/fact-tank/2020/05/06/share-of-black-white-hispanic-americans-in-prison-2018-vs-2006/>. Acesso em: 15/9/2021.

A maior parte das propostas de institutos e pesquisadores do campo das humanidades carece de viabilidade prática, conflita com a natureza e a prática de aprendizado de máquina (incluindo o caráter proprietário dos algoritmos e a complexidade dos sistemas como barreiras ao entendimento leigo). Algumas delas são: disponibilizar ao público informações de como foram desenvolvidas e implementadas as tecnologias de reconhecimento facial; criar estruturas de governança para garantir a proteção, segurança, confiabilidade e precisão dos sistemas; criar trilhas de auditoria por meio de protocolos robustos de registros de atividades, consolidados em documentação e transmitidos por relatórios públicos; esclarecer os fundamentos e resultados aos usuários afetados em linguagem não técnica (Leslie, 2020).

Sugestões para mitigar os danos dos sistemas de reconhecimento facial de Learned-Miller et al. (2020b), por exemplo, assemelham-se mais a princípios gerais e/ou “lista de desejos” do que a alternativas efetivas: constituição de bancos de dados diversificados por etnia, gênero e idade para desenvolvimento e treinamento dos algoritmos; elaboração de padrões e princípios éticos para o desenvolvimento; e legislação para proibir ou restringir certos usos desses sistemas.

Diversos documentos, inclusive a proposta de regulamentação da IA da Comissão Europeia (*Artificial Intelligence Act – AIA*, de 21/4/ 2021)<sup>7</sup>, sugerem a

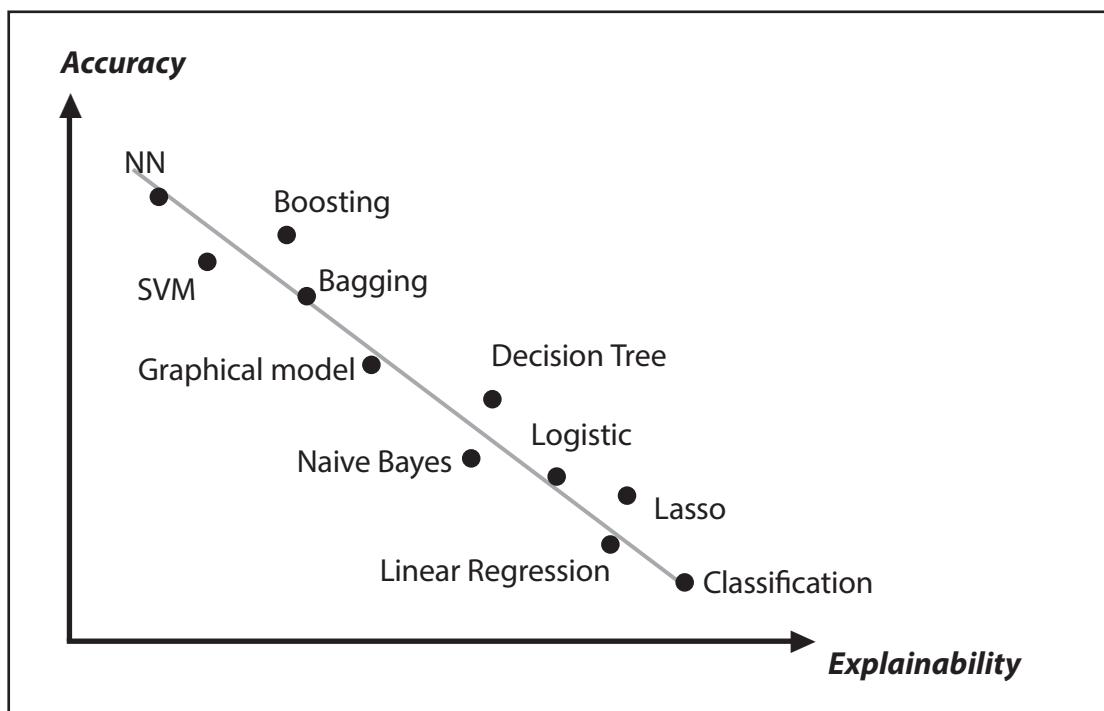
constituição de órgãos reguladores responsáveis por auditar os sistemas de IA. O Ada Lovelace Institute (ALI), por exemplo, propõe a sistemática de “auditoria dos preconceitos”, em que reguladores avaliam os sistemas quanto à conformidade aos regulamentos e às normas, centrada em duas etapas: “avaliação de risco algoritmo”, avaliação dos potenciais danos antes do lançamento do sistema, e “avaliação de impacto algorítmico”, avaliação dos efeitos pós-lançamento. No primeiro caso, os testes seriam executados pelos próprios pesquisadores por meio da metodologia de “contrafactual” (variar um atributo mantendo os demais idênticos), mesmo reconhecendo as limitações por conta da opacidade desses sistemas (“problema de interpretabilidade” mencionado anteriormente). O ALI sugere outras abordagens de identificação de viés, como a criação de contas falsas para checar se o sistema responde. Na prática, essas propostas não se mostram factíveis.

## Auditoria dos sistemas de IA

O problema da auditoria tem duas abordagens: a) os métodos técnicos de identificar a origem do viés nos resultados gerados pelos modelos; e b) as barreiras operacionais. A capacidade de interpretar o modelo permite definir e incorporar os atributos/variáveis com menor potencial de gerar distorções nos resultados; adicionalmente, facilita a justificativa das decisões aos usuários diretamente afetados. Por exemplo, as DLNN utilizam grandes conjuntos de dados, ou seja, com nível de complexidade maior estabelecendo uma

<sup>7</sup> Disponível em: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_21\\_1682](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_1682). Acesso em: 10/8/2021.

Interpretabilidade vs acurácia



Fonte: Explainable Artificial Intelligence (XAI); Duval (2019)

relação inversa entre os graus de interpretabilidade e acurácia (Gráfico 1).

## Métodos técnicos

Existem técnicas para identificar a origem do viés nos modelos de aprendizado de máquina a partir da análise de variáveis iniciais e hiperparâmetros e, a partir da identificação, mitigar seus efeitos. Várias dessas técnicas são disponibilizadas por plataformas de tecnologia tais como a interface interativa do Google “What if tool” (Wexler et al., 2019), que gera gráficos correlacionando variáveis e viés, e a da IBM “AIF-360” (Bellamy et al., 2019), que identifica e mitiga o vi-

és. Essas técnicas de interpretabilidade, mesmo não sendo inteiramente assertivas, ampliam o grau de confiança dos usuários e dos afetados pelos modelo ao promover um entendimento sobre o comportamento e a influência dos atributos.

Não existe, atualmente, *benchmark* consistente que permita comparar o grau de eficiência das técnicas de interpretabilidade e mitigação do viés. Uma técnica de interpretabilidade externa ao modelo e bastante aceita como referência é a denominada SHAP (*SHapley Additive exPlanations*) (Lundberg & Lee, 2017). Baseada na teoria dos jogos cooperativos, a técnica SHAP calcula a contribuição de cada atributo no resultado preditivo gerado pelo modelo. SHAP interpreta a contribui-

ção de variáveis individualmente, ou seja, estima o efeito das interações de atributos separadamente, além de avaliar o modelo em sua totalidade. Na verdade, SHAP não é uma única técnica, mas um conjunto de técnicas em que cada uma delas tem distintos níveis de adequação a distintos modelos de IA. A visualização dos resultados de SHAP é relativamente fácil de interpretar pelos usuários, a técnica produz gráficos intuitivos (Cesaro, 2021).

Outra forma de avaliar o viés dos modelos é por meio da base de dados, como ilustrado no sistema Compas, em que a etnia do condenado é a variável sensível do modelo (ver “Viés nos dados de treinamento dos algoritmos”, acima).

## Barreiras operacionais

No caso de auditoria privada, Alfred Ng, jornalista especializado em privacidade e vigilância, indica a falibilidade dessa opção por meio de um caso real. A empresa HireVue, especializada em modelos de IA para auxiliar no processo de contratação, em face dos constantes escrutínios e denúncias de viés em seus sistemas, contratou a auditoria da empresa de Cathy O’Neil, autora do livro *Weapons of math destruction*: não foram evidenciados problemas nos sistemas nem lacuna entre a promessa contratada e o efetivamente entregue, o que resultou em legitimação dos modelos da HireVue. Ng pondera, contudo, que o próprio resultado da auditoria pode estar enviesado, pela ausência de padrões que definam o que seria uma auditoria de qualidade. Ademais, a falta de transparência da auditoria (O’Neil se recusou a dar

detalhes do processo) tem o potencial de transformá-la numa mera “lavagem ética”<sup>8</sup>.

Mesmo defendendo a ideia de auditoria, tarefa que poderia caber a um órgão governamental, a um contratado terceirizado ou a uma função especialmente designada em organizações multilaterais, Mokander e Floridi (2021) apontam restrições conceituais, técnicas, econômicas, sociais, organizacionais e institucionais (Quadro 1).

Complementando as restrições e/ou desafios indicados por Mokander e Floridi (2021), ressalta-se: a) a agregação de novos dados nos sistemas baseados em aprendizado de máquina, como mencionado anteriormente, implica retreinamento dos algoritmos, gerando a necessidade de auditoria contínua; b) a velocidade e a descentralização no desenvolvimento de novos modelos/algoritmos de IA dificultam replicar o arcabouço regulatório, por exemplo, da indústria farmacêutica (concentrada em poucos produtores, mais fácil de monitorar/fiscalizar); c) os algoritmos de IA são, em geral, proprietários, ou seja, são protegidos por sigilo comercial; e d) as tecnologias de IA são sofisticadas, demandando conhecimento especializado que, em geral, escapa aos reguladores/legisladores.

## CONCLUSÃO

Os resultados positivos da aplicação de aprendizado de máquina na execução de variadas tarefas, em variados setores, esti-

<sup>8</sup> Disponível em: <https://themarkup.org/ask-the-markup/2021/02/23/can-auditing-eliminate-bias-from-algorithms>. Acesso em: 10/8/2021.

## QUADRO 1

## Restrições à auditoria como mecanismo para garantir IA confiável

Tipo	Restrições
Conceitual	Há uma falta de consenso em torno dos princípios éticos gerais. Valores normativos entram em conflito e exigem compensações. Difícil quantificar as externalidades de sistemas complexos de IA. Infalibilidade da informação perdida em meio a explicações reducionistas.
Técnica	Sistemas de IA podem ser opacos e difíceis de interpretar. Integridade e privacidade dos dados são expostas a riscos durante auditorias. Mecanismos de conformidade linear são incompatíveis com o desenvolvimento ágil de software. Testes podem não ser indicativos do comportamento dos sistemas de IA no ambiente do mundo real.
Econômica e social	Auditorias podem prejudicar ou sobreregar desproporcionalmente setores/grupos específicos. Garantir o alinhamento ético deve ser equilibrado com incentivos à inovação. Auditoria baseada na ética é vulnerável ao comportamento adversário. Efeitos transformadores da IA apresentam desafios sobre como acionar auditorias. Auditoria baseada na ética pode refletir e reforçar as estruturas de poder existentes.
Organizacional e institucional	Falta clareza institucional sobre quem audita quem. Auditores podem não ter acesso às informações necessárias para avaliar os sistemas de IA. Natureza global dos sistemas de IA desafia as jurisdições nacionais.

Fonte: Floridi et al. (2021)

mula sua implementação em larga escala. São mandatórias, contudo, a consciência e a vigilância da sociedade em relação às externalidades negativas desses modelos, parte explicitada no quarto volume do *The State of AI Ethics Report* do Montreal AI Ethics Institute (Maiei). O relatório sinaliza a variedade de impactos sociais dos sistemas de IA em temas como discriminação, condições de trabalho, direitos humanos, desinformação e democracia (Maiei, 2021).

Outro aspecto a ser considerado é que o desempenho dos sistemas varia do ambiente em que foram treinados e testados (base de dados de treinamento e validação) ao comportamento quando os sistemas intera-

gem com os dados do mundo real. Como ponderam Daniel Ho et al. (2020), grande parte do treinamento desses sistemas ocorre com dados “higienizados”, por exemplo, imagens bem iluminadas e frontais, enquanto no mundo real as condições de iluminação não são ideais e os fotografados não necessariamente estão olhando direto para a câmera; essas diferenças impactam fortemente o desempenho dos sistemas.

Categorizar por nível de risco, como consta da proposta de regulamentação da Comissão Europeia, é um caminho apropriado; a atenção das autoridades reguladoras deve se concentrar nos usos de IA que representam mais riscos para os indivíduos e a sociedade,

contemplando o *trade-offs* entre os riscos e benefícios a serem observados pelos desenvolvedores, usuários e reguladores.

Talvez o maior equívoco no uso dos sistemas de IA seja a “promessa de objetividade”, isto é, supor que os algoritmos garantem objetividade e/ou neutralidade por serem processados por máquinas e prote-

gidos dos erros humanos. O recomendado é considerar os sistemas de IA como parceiros dos especialistas humanos, e não soberanos. A ética da IA é sobre mitigar riscos e a abordagem não é global, como também não é possível controlar todos os desenvolvimentos e usos. É crítico eleger as prioridades e focar os maiores riscos.

## REFERÊNCIAS

- FALPAYDIN, E. *Machine learning*. Cambridge, MIT Press, 2016.
- ANGWIN, J. et al. “Machine bias”. *ProPublica*, 2016.
- BARABÁSI, A.-L. *Linked: a nova ciência dos networks*. São Paulo, Leopardo Editora, 2009.
- BELLAMY, R. et tal. “AI fairness 360: an extensible toolkit for detecting, understanding, and mitigating unwanted algorithmic bias”. *IBM Journal of Research and Development*, 2019, pp. 1-15.
- BUOLAMWINI, J.; GEBRU, T. “Gender shades: intersectional accuracy disparities in commercial gender classification”. *Proceedings of machine learning research*, 2018.
- CESARO, J. *Avaliação de discriminação em aprendizagem de máquina usando técnicas de interpretabilidade*. Dissertação de mestrado. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2021.
- CHRISTIAN, B. *The alignment problem: machine learning and human values*. New York, W.W. Norton & Company, 2020.
- CRAWFORD, K. *Atlas of AI*. New Haven/London, Yale University Press, 2021.
- DOMINGOS, P. *The master algorithm: how the quest for the ultimate learning machine will remake our world*. New York, Basic Books, 2015.
- GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. *Deep learning*. Cambridge, MIT Press, 2016.
- HAO, K. “Intelligent machines: this is how AI bias really happens – and why it’s so hard to fix”. *MIT Technology Review*, 2019.
- HO, D. et al. “How regulators can get facial recognition technology right”. *Tech Stream*, 2022.

- KAUFMAN, D. "Equipes interdisciplinares: não basta 'juntar campos', tem que construir pontes", *Época Negócios*, 2021.
- LEARNED-MILLER, E. et al. "Facial recognition technologies in the wild: a call for a federal office". *White Paper*, 2020a.
- LEARNED-MILLER, E. et al. "Facial recognition technologies". *A Primer*, 2020b.
- LESLIE, D. "Understanding bias in facial recognition technologies". *Alan Turing Institute*, 2020.
- LUNDBERG, S. M.; LEE, S. I. "A unified approach to interpreting model predictions". *Advances in neural information processing systems*, 2017, pp. 4.765-74.
- LIAO, S. M. *Ethics of artificial intelligence*. New York, Oxford University Press, 2020.
- MINSKY, M. *Communication with alien intelligence*. Cambridge, Cambridge University Press, 1985.
- MITCHELL, T. M. *Machine learning*. New York, McGraw-Hill, 1997.
- MOKANDER, J.; FLORIDI, L. "Ethics-based auditing to develop trustworthy ai. Minds and machines". *Springer*, 2021.
- PEREZ-CRIADO, C. *Invisible women: data bias in a world designed for men*. New York, Abrams Press, 2021.
- RUSSELL, S. *Human compatible: artificial intelligence and the problem of control*. New York, Viking, 2019.
- WEXLER, J. et al. "The what-if tool: interactive probing of machine learning models". *IEEE Transactions on visualization and computer graphics*, 2019, pp. 56-65.

# Educar com Freire: uma prática utópica

*Maria do Rosário Silveira Porto*

*Ivan Fortunato*

N

o ano passado (2021) celebramos o centenário do nascimento de Paulo Freire, o patrono da educação brasileira. Pelo país afora, diversos eventos (acadêmicos ou não) e publicação de livros, revistas e periódicos foram (e têm sido) dedicados ao educador. Não poderíamos ficar de fora! Mesmo assim, surgem dúvidas do tipo: por que celebrar o natalício de uma pessoa que faleceu há anos? Por que dedicar tanta energia escrevendo e falando sobre Paulo Freire? O que há de tão importante na sua história de vida que faz com que seu

---

**MARIA DO ROSÁRIO SILVEIRA PORTO**  
é professora aposentada da Faculdade de Educação da USP.

**IVAN FORTUNATO** é professor do IFSP/Itapetininga e do PPGEd/UFSCar/Sorocaba.

legado seja tão notório? Por que é nosso dever homenageá-lo?

Pois bem, longe de nos debruçarmos sobre seus escritos, de seus sucessores e de tantos estudiosos que se empenham nessa tarefa, nosso objetivo é o de desenvolver uma homenagem por meio de um agradecimento. Nossa pergunta-guia passa a ser, portanto, “por que devemos agradecer a Paulo Freire?”. Nosso reconhecimento toca diretamente naquilo que lhe rendeu a alcunha de “Andarilho da Utopia”, pois, não importa onde estivesse ou aonde fosse, carregava consigo a esperança de poder transformar as mais distintas realidades, vividas em lugares melhores – sempre por meio da educação!

Esclarecemos, então, o que entendemos por utopia: no dicionário – indivíduo, lugar ou estado ideal, de completa harmonia e felicidade. Uma sociedade justa, onde domina o bem-estar coletivo. A utopia faz parte da existência e da liberdade, na medida em que pode superar a situação atual, romper com a ordem existente e trabalhar com a transformação social, exercendo, portanto, uma função *subversiva*. Para nós, a utopia é aquela luz no horizonte que a gente se esforça para alcançar, difícil, mas não impossível. Mobiliza a ação das pessoas, dá força, foco e fé, e sobretudo esperança. Como se diz por aí: o difícil a gente faz agora. O impossível demora um pouco mais. Essa é a utopia.

Paulo Freire dizia que a educação tem a ver com a realização de sonhos possíveis, tornando-se uma utopia

“[...] no sentido de que é esta uma prática que vive a unidade dialética, dinâmica, entre a denúncia e o anúncio, entre a denúncia de uma sociedade injusta e espoliadora e o

anúncio do sonho possível de uma sociedade que pelo menos seja menos espoliadora, do ponto de vista das grandes massas populares que estão constituindo as classes sociais dominadas” (Freire, 1982, p. 99).

Ou seja, a utopia estava ligada à sua crença política de transformação social. E é exatamente essa dimensão do sonho e da utopia, esses sentimentos, que o discurso pedagógico de Paulo Freire desperta nos seus leitores e ouvintes, talvez até mais do que as suas considerações de ordem teórica, embora estas sejam igualmente importantes.

Entretanto, Paulo Freire não queria usar um discurso duro, racional, frio para passar para as pessoas no que ele acreditava. Vejam o que ele dizia a respeito:

“A paixão com que conheço, falo ou escrevo não diminui o compromisso com que denuncio ou anuncio. Sou uma inteireza e não uma dicotomia. Não tenho uma parte esquemática meticolosa, racionalista e outra desarticulada, imprecisa, querendo simplesmente bem ao mundo. Conheço com o meu corpo todo, sentimentos, paixão. Razão também” (Freire, 1995, p. 18).

Na verdade, só é possível fazer uma leitura acurada de sua obra se convocarmos razão e imaginação, senão vamos ter um Paulo Freire pela metade. E aqui abrimos parênteses, para que se possa entender bem o fascínio que Paulo Freire exercia sobre as pessoas.

Como bem relatado por Maria Cecília Sanchez Teixeira (2000), no livro *Discurso pedagógico, mito e ideologia*, Paulo Freire, principalmente nos anos 1990, era capaz de gerar manifestações públicas tipicamente reservadas a grandes ídolos do cinema, tele-

visão, música ou esportes. Havia se tornado um *mito*, causando comoção em professores e professoras da rede de ensino que se emocionavam ao conseguir receber um autógrafo, um abraço e uma fotografia... ou ao menos chegar próximo do educador.

É um fascínio que não se extinguiu com seu falecimento, conforme o ano passado (e este) evidencia: educadores e educadoras, em exercício ou não, querem ler, ouvir e falar de Paulo Freire. Afinal...

“Falar de Paulo Freire é evocar manançais de lucidez. É descobrir torvelinhos de protesto justo e valoroso em favor da esquecida dignidade de toda pessoa. É referir-se a uma tenaz e serena vigília pela liberdade dos oprimidos, pela educação e pelo domínio de si mesmo. É reafirmar a convicção profunda de que todos devemos colaborar com a grande aventura do acesso ao conhecimento, do despertar do imenso e emblemático potencial criativo que habita cada ser humano” (Mayor, 1996, p. 17).

E quando falamos de Paulo Freire, falamos também de uma outra educação. Trata-se de uma educação que pode ser vista no chão das escolas, mas que é velada – quando não inibida – por um currículo padronizado e de índices acima da própria vida. Talvez aí esteja boa parte do encantamento por Paulo Freire, pois ele sempre colocava as pessoas e o que cada um poderia ensinar e aprender acima de qualquer regra geral imposta sobre o que se deveria lecionar. Isso está registrado em seus escritos e nos relatos de quem o acompanhou ao longo de sua jornada de educar, em suas andanças pelo Brasil e fora dele, carregando sempre a esperança da transformação.

Embora Paulo Freire militasse há algum tempo na rede de ensino, suas primeiras experiências com alfabetização de adultos, que resultaram no consagrado “Método Paulo Freire”, aconteceram em Angicos (RN), em 1963, onde organizou e dirigiu uma campanha de alfabetização. No governo João Goulart (1961-1964), foi coordenador do Programa Nacional de Alfabetização, extinto pelo governo militar em 1964. Com o advento da ditadura militar, o seu engajamento na política e no campo da educação, naquele momento, foi motivo mais que suficiente para que fosse exilado por largos anos, o que resultou em que, disseminando seu método no exterior, terminasse por ser conhecido – e respeitado – internacionalmente.

Naquele momento, o nível de analfabetismo era muito grande no país e Paulo Freire entendia que não poderia haver mudança na sociedade se as pessoas não dominassem os conteúdos curriculares mínimos. Sua proposta de ensino, então, estava baseada na realidade dos alunos: as palavras utilizadas no processo de alfabetização se baseavam no vocabulário do cotidiano e eram discutidas e colocadas no contexto social dos alunos, que eram levados a pensar nas questões relacionadas ao seu trabalho. A partir das palavras-base ou geradoras iam descobrindo novos termos, ampliando o vocabulário e se conscientizando de sua situação social e econômica. Altamente subversivo ao contexto político e econômico da época!

No nosso entender, o reconhecimento de seu método não se explica apenas por isso, mas, principalmente, porque Paulo Freire fala muito mais ao sentimento que à razão. Embora seus escritos se componham com coerência teórica e lógica, e deixem clara sua formação filosófica e antropológica, obtida em cursos

de graduação e pós-graduação, seu discurso pedagógico é dotado de grande carga afetiva e de empatia devida ao reconhecimento da situação social e econômica da classe trabalhadora, uma das razões pelas quais ele consegue atrair e mobilizar um grande número de pessoas e, ao mesmo tempo, atrair a repulsa de outras – uma minoria, felizmente.

Para Paulo Freire, o sonho e a utopia são fundamentais para o processo educativo: *a educação enquanto prática utópica*. E, como dissemos no início, é a utopia que mobiliza a ação das pessoas, dá força, foco e fé, e sobretudo esperança. Que carrega nossos sonhos rumo à realização. Daí, talvez, o fato de a proposta de Paulo Freire atingir as pessoas em seus desejos mais profundos, despertando a esperança e o estímulo para a busca, a mudança, a transformação. Como ainda nos lembra Maria Cecília Sanchez Teixeira (2000), é uma proposta que renova a fé na humanidade e na educação, que permite aos educadores transcenderem os limites do eu, identificando-se com ele – um educador por excelência.

Por isso tornou-se uma figura carismática. Mas, paradoxalmente, tornou-se odiado por alguns, na mesma proporção em que é amado por outros. Talvez devido à incompreensão da profunda crise epistemológica, com ressonância na política, em especial no campo da ideologia – e consequentemente da educação. Crise que busca incessantemente desfigurar, destruir sua imagem, resultando na progressiva racionalização do mito Paulo Freire. E que busca, também, encontrar “bodes expiatórios” para a própria incompetência em sair da rigidez de um pensamento fragmentado de quem o critica levianamente, por vezes sem nem mesmo conhecer sua obra.

Não obstante, como afirmamos cá neste texto, a utopia é da ordem do sentir. A ordem da razão é a ação. E ambas, quando se imbricam, dificilmente conseguem se curvar aos obstáculos que se apresentam. Essa é a lição que Paulo Freire nos deixou de herança, à qual sempre voltaremos quando o mundo parecer perdido.

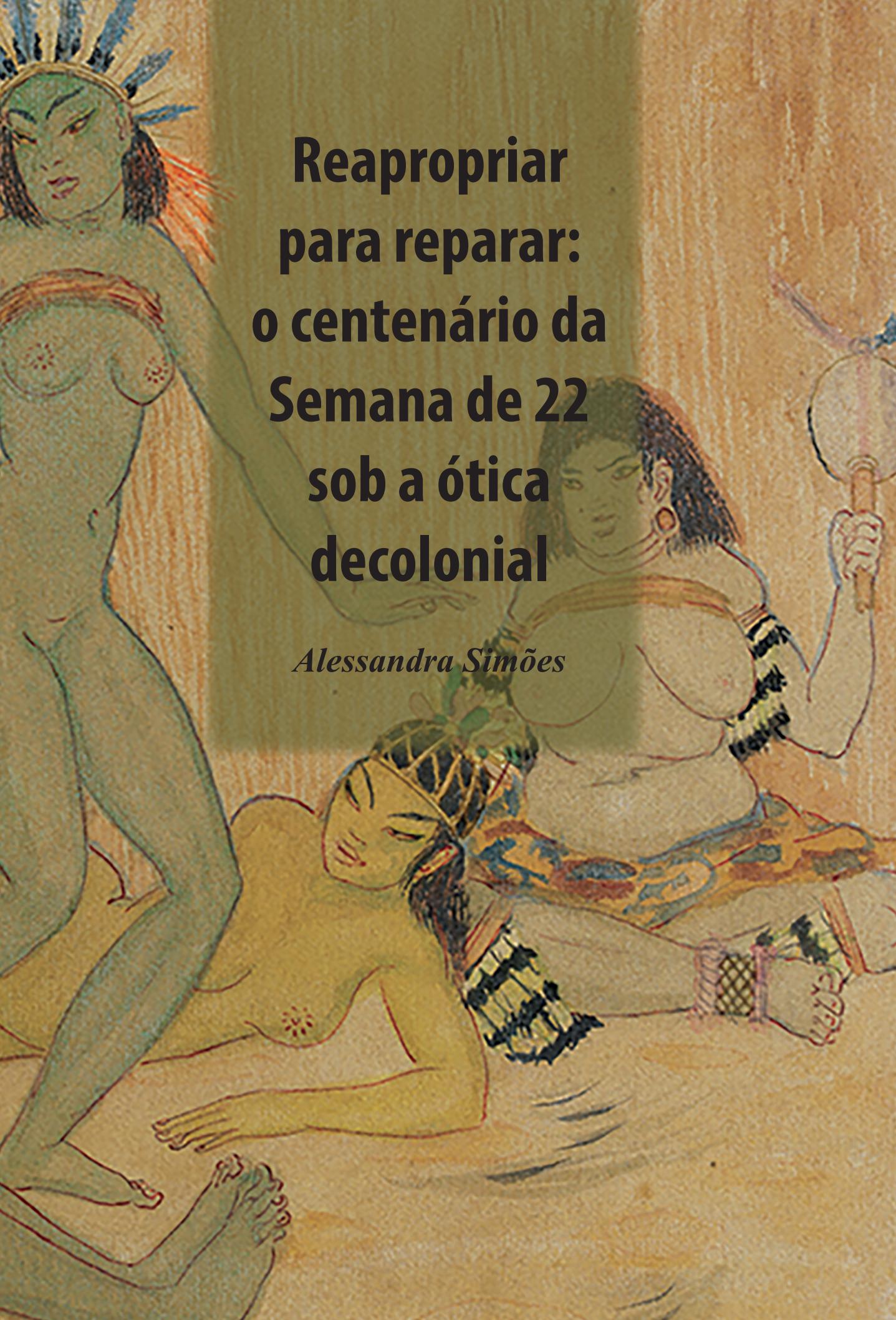
## REFERÊNCIAS

- FREIRE, P. *À sombra desta mangueira*. São Paulo, Olho d'Água, 1995.
- FREIRE, P. “Educação: o sonho possível”, in C. R. Brandão et al. (orgs.). *O educador: vida e morte*. Rio de Janeiro, Edições Graal, 1982, pp. 89-102.
- MAYOR, F. “Primeiras palavras”, in M. Gadotti (org.). *Paulo Freire: uma biobibliografia*. São Paulo, Cortez, 1996, pp. 17-8.
- TEIXEIRA, M. C. S. *Discurso pedagógico, mito e ideologia: o imaginário de Paulo Freire e de Anísio Teixeira*. Rio de Janeiro, Quartet, 2000.

arte

V. de Agostinho  
nº 20





# **Reapropriar para reparar: o centenário da Semana de 22 sob a ótica decolonial**

*Alessandra Simões*

**R**eapropriação para a reparação. Esta tem sido a tônica das comemorações do centenário da Semana de Arte Moderna de 1922, que reforçam as mudanças que vêm atravessando o sistema da arte nos últimos anos. O centenário está pintado com os tons do decolonialismo em uma operação complexa, que revela as circularidades entre as noções de alteridade e apropriação cultural, porém com um final aparentemente simples: não há mais como discutir classe, sem discutir raça e gênero. Grande parte destas discussões versam sobre a noção de “reantropofagia”, independentemente da ligação da Semana de 22 com o momento antropofágico posterior (tema de debate na historiografia em geral). Isto é, se as vanguardas históricas almejavam o forjamento da identidade nacional com base na noção de classe social/geopolítica e nas apropriações culturais a partir do sequestro identitário das culturas originá-

rias, para os artistas contemporâneos essa conta não fecha. É preciso lançar mão da interseccionalidade, juntar tudo no caldeirão da decolonialidade e reapropriar-se dessas ideias e estéticas para reparar os males causados pela colonização ao campo das artes, o maior deles, o silenciamento das poéticas indígenas e afro-diaspóricas. Nesse sentido, inúmeras exposições, debates e algumas publicações neste ano salientam o saqueio cultural e a subalternização intelectual das culturas tradicionais, regionais, indígenas e afro-brasileiras, e das regiões fora do eixo Rio-São Paulo, por parte das vanguardas modernistas brasileiras. Essas ações realimentam os contornos conceituais acerca do viés decolonial como a pauta mais urgente na arte contemporânea, que encontra nesse marco do Modernismo brasileiro a oportu-

**ALESSANDRA SIMÕES** é professora da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) e membro da Associação Brasileira de Críticos de Arte (ABC) e da Associação Internacional de Críticos de Arte (Aica).



Anita Malfatti, *Índia*, 1917. Pastel sobre papel. Coleção Gilberto Chateaubriand, MAM Rio



Vicente do Rego Monteiro, *Adoração dos Reis Magos*, 1925.  
Óleo sobre tela. Coleção Gilberto Chateaubriand, MAM Rio

nidade para a rediscussão de temas exíguos no debate artístico daquele momento, como segregação racial e de gênero.

Uma das novas lentes para a reinterpretação deste momento histórico tem sido a ideia de “reantropofagia”, utilizada por artistas para definir a necessidade da devoração daqueles que antes os devoraram. Esses artistas mostram que o termo tão alardeado por Oswald de Andrade (1890-1954) para definir a deglutição cultural dos valores europeus encobria a outra devoração que ocorria paralelamente, a da cultura dos povos originários e afro-diaspóricos por parte de artistas da elite aristocrática da

época. A reinterpretação do termo já havia ganho força com a exposição “ReAntropofagia”, em 2019, no Centro de Artes da Universidade Federal Fluminense, tendo entre seus curadores o artista Denilson Baniwa<sup>1</sup>, que apresentou na ocasião a tela homônima que representa a cabeça decepada

1 Baniwa também vem sendo citado por sua autoria em relação a um termo também bastante pertinente a respeito da ideia de “reapropriação” do Modernismo brasileiro. Trata-se da “antropofagia reversa” (Marquez, 2020), o que pode levar a uma alusão ao conceito de “antropologia reversa”, associado a Roy Wagner como ponto fundamental de virada para a antropologia contemporânea e sua relação mais dialógica com os povos originários.

de Mário de Andrade (1893-1945), ofertada em uma bandeja de palha, e ao lado do livro *Macunaíma*, com um pequeno bilhete que diz: “Aqui jaz o simulacro Macunaíma, jazem juntos a ideia de povo brasileiro e a antropofagia temperada com bordeaux e pax mongólica. Que desta longa digestão renasça Makunaimâ e a antropofagia originária que pertence a nós, indígenas”. Makunaimâ, a divindade que habita o Monte Roraima em tempos imemoriais, também já havia sido “redevorado” pelo artista Jaider Esbell em seu trabalho poético-imagético (2018) e pelo coletivo que escreveu a peça *Makunaimâ: o mito através dos tempos* (2019), uma interessantíssima conversa entre várias pessoas que questionam a apropriação cultural de Mário de Andrade. Na peça, se destila o quebra-cabeça: Mário de Andrade que se apropriou de Theodor Koch-Grünberg, que coletou a mitologia sagrada indígena, que agora é reapropriada por aqueles a quem ela originalmente pertence. Tudo com muito respeito, como está no livro: dedicado a Akuli Taurepang e Theodor Koch-Grünberg.

Se a antropofagia modernista ainda não estava contextualizada pela tensão entre raça-etnia e gênero, atualmente, este tem sido o mote de sua revisão crítica. Afinal, no *Manifesto antropofágico*, de Oswald de Andrade, em 1928, não havia realmente nenhuma menção acerca da cultura afro-brasileira (Cardoso, 2022, p. 207). A afirmação “Só a antropofagia nos une”, presente no manifesto, se tornou atualmente uma pergunta, “Só a antropofagia nos une?”, estampada na capa da revista *The Brooklyn Rail*, lançada em fevereiro de 2021 e coeditada pela escritora norte-americana Sara Roffino

e pelo artista brasileiro Tiago Gualberto. A edição traz textos de vários autores e autoras brasileiros(as), como Sandra Benites, Denilson Baniwa e Vivian Braga dos Santos. As escritas são respostas diretas ao idealismo da época, como o belo texto poético do artista negro Caetano Dias, “A qualquer hora carne dura”, que se inicia assim: “Minha terra não tem palmeiras, nem cantos de sabiás. Nesse descampado, não há mato e tão pouco cães sem dono e de caminho encruzilhado”. Baniwa apresenta um pequeno contramanifesto modernista, também intitulado *Reantropofagia*, no qual pede que “[...] renasça Makunaimâ e a antropofagia originária que pertence a nós indígenas”.

Segundo a revista *Select*<sup>2</sup>, Sara e Tiago começaram sua interlocução em 2018, quando, durante a retrospectiva de Tarsila do Amaral no MoMA-NY, Sara ficou espantada com a pintura *A negra* (1923). Para ela, a exposição demonstrou uma visão reducionista sobre o Modernismo no Brasil, com aspectos racistas e idealistas. A propósito, a obra de Tarsila foi o ponto de partida para a “reapropriação” da artista Renata Felinto na obra *Axexê da negra ou O descanso das mulheres que mereciam ser amadas* (2017), performance que, a partir de referências na ritualística do candomblé nagô, propõe entre suas ações o enterro de uma reprodução da obra como metáfora para o enterro da espiritualidade coletiva de mulheres negras que foram amas de leite no Brasil (como a modelo da obra, a anônima babá de Tar-

---

<sup>2</sup> Ver: <https://www.select.art.br/antropofagia-em-questao/>.

sila). Trata-se, assim, do enterro do “culto infinito aos modelos modernistas que carregam em si a gênese racista das elites escravocratas”, como afirmou Felinto<sup>3</sup>.

O coletivo Kókir, formado pelos artistas Sheilla Souza e Tadeu Kaingang, trabalha com a premissa de uma “antropofagia da re-volta” para fazer uma crítica à modernidade eurocentrada. O coletivo sinaliza para a recusa da subalternidade imposta pela colonialidade aos indígenas, por meio de ações coletivas e compartilhadas que articulam artistas, não artistas, indígenas de diversas etnias e não indígenas; estratégias de ocupação de territórios urbanos e indígenas para debater o direito, a etnografia e a política dos espaços; proposições altamente conceituais, mas que abarcam a compreensão e o prazer da forma e da contemplação; usos de tecnologias e novas mídias para falar de ancestralidade; trânsitos entre objetos e fazeres prosaicos, como as cestarias kaingang, que revelam a generosidade estética da vida cotidiana. Trata-se de um processo de deglutição estético-político que inverte a “antropofagia” dos colonizadores como signo de submissão e extermínio. A “antropofagia da re-volta” indicaria o caminho da volta à afirmação da identidade dos povos originários, o que pode ser visto em suas obras expostas, em 2022, em três mostras: “Épry Nêñ Mág – Caminhos do mato”, na Casa de Eva, em Campinas; “Krecidade”, no Consulado do Brasil em Amsterdam, na Holanda; e na mostra “Antropofagia da Re-volta”, dentro da coletiva “Artes para

Descobrir as Culturas Indígenas”, com curadoria de Sebastián Gerlic (realização compartilhada entre Helder Camara Jr. e a ONG Thydêwá), que ficou em cartaz no Memorial dos Povos Indígenas, em Brasília (versão *online*: [www.AEI.art.Br/artes/](http://www.AEI.art.Br/artes/)). Uma outra interessante “reapropriação para a reparação” também está presente nesta mostra coletiva. Trata-se da obra *Tapuya Abaporu* (2022), do artista indígena Kadu Tapuya, que homenageia os 100 anos do Modernismo no Brasil, remixando o *Abaporu* com uma colagem digital na qual expressa sua poética baseada na ideia de um “futurismo indígena”.

Fazendo coro ao revisionismo decolonial, o Itaú Cultural optou por lançar uma série de entrevistas em seu site a partir de perguntas como: O que seria essa semana de oposição ao conservadorismo na arte se ela ocorresse atualmente? Seria mais plural, menos centralizada, mais inclusiva? Quem estaria na “turma” dessas pessoas se a Semana de Arte Moderna acontecesse hoje? O Mekukradjá – círculo de saberes, ciclo de debates, realizado anualmente pela instituição – partiu neste ano do poema “Erro de português”, de Oswald de Andrade, para fazer mais uma pergunta: O que aprendemos se o indígena despir o Brasil? Com curadoria dos educadores Daniel Munduruku e Naine Terena e da antropóloga Júnia Torres, o Mekukradjá também se baseou na noção de reantropofagia de Denilson Baniwa, que afirmou no site da instituição:

“Reantropofagizar é rever – ver de novo – o que não foi visto. Talvez revelar – tirar o véu – do que nos foi ocultado quando as vozes ancestrais não tinham eco em uma sociedade brasileira que ensaiava

---

3 Ver: <https://renatafelinto.wordpress.com/axexe-da-negra/>.



Kadu Tapuya, *Tapuya Abaporu*. Colagem digital

se conhecer conhecendo o desconhecido, propositalmente deixado oculto. Querer reantropofagizar é deixar de ser apenas o alimento e ser, também, aquele que se alimenta com o que fizeram de nós”.

A Pinacoteca de São Paulo também lançou uma série de debates intitulada “1922: modernismos em debate” com o objetivo de reunir uma grande diversidade de opiniões sobre o marco.

A revisão crítica sobre as narrativas estabelecidas a partir da Semana de 22 também foi o ponto de partida para a proposta curatorial da exposição “Nakoada”, com curadoria de Denilson Baniwa e Beatriz Lemos, que está em cartaz no MAM do Rio de Janeiro, entre julho de 2022 e janeiro de 2023. Com projetos comissionados de artistas contemporâneos e um recorte das principais obras modernistas presentes nas coleções do MAM Rio, a mostra “Nakoada” traz em seu título



Vicente do Rego Monteiro, *Lendas indígenas da Amazônia*, 1920.  
Aquarela sobre papel. Coleção Gilberto Chateaubriand, MAM Rio

o conjunto de éticas de guerra baniwa. Em seu vasto campo de significados, *nakoada* seria o estudo e profundo entendimento de outra cultura para exercer a habilidade de capturar conhecimentos não indígenas e construir narrativas que sejam radicais na continuidade da vida e dos saberes indígenas. “Em outras palavras, uma contra-antropofagia ou reantropofagia”, afirmou Beatriz Lemos<sup>4</sup>, confirmando o propósito curatorial em criticar os discursos de legitimação e centralidade de um ideal modernista no país,

cuja construção insiste na invisibilidade de pessoas, criações e narrativas localizadas fora dos grandes centros e originárias de outras percepções de mundo.

Apesar de não declarar uma política específica de comemoração da Semana de 22, o Masp vem realizando exposições que integram o biênio de programação do museu dedicado às histórias brasileiras, em 2021-22, que inclui mostras de Alfredo Volpi (1896-1988), Luiz Zerbini, Dalton Paula, Joseca Yanomami, Madalena dos Santos Reinbolt (1919-1977), Judith Lauand e Cinthia Marcelle, além de uma grande coletiva, “Histórias Brasileiras”. A mostra “Abdias Nascimento: um artista panamefri-

4 Ver: <https://mam.rio/programacao/centenario-da-semana-de-arte-moderna-de-1922/>.

cano”, curada por Amanda Carneiro, curadora assistente, e Tomás Toledo, curador-chefe, é a maior exposição dedicada ao trabalho visual do artista, ativista, escritor, dramaturgo, ator, diretor de teatro, poeta, jornalista e professor universitário, figura fundamental na vida política e cultural brasileira recente. Na mostra, estão presentes 61 pinturas realizadas ao longo de três décadas, de 1968 até 1998, o período mais frutífero do artista. O catálogo-livro da exposição mostra um apanhado de grande fôlego a respeito da obra visual do artista, na qual figuram personagens, iconografias, insígnias e temas de religiosidades afro-brasileiras, elaborados em diálogo com a tradição da abstração geométrica e na representação dos símbolos africanos, como os adinkras. Organizado por Adriano Pedrosa e Amanda Carneiro, o volume contém ensaios inéditos de Amanda Carneiro, Glauce Helena de Britto, Kimberly Cleveland, Raphael Fonseca e Túlio Custódio e uma entrevista histórica com Elisa Larkin Nascimento conduzida por Tomás Toledo, além de textos republicados de Lélia Gonzalez e de Abdias Nascimento.

Até mesmo a exposição “Luiz Zerbini: a mesma história nunca é a mesma”, curada por Adriano Pedrosa, diretor artístico do Masp, e Guilherme Giufrida, curador assistente, pode ser interpretada dentro do viés da releitura da Semana de 22. A ideia de que “a mesma história nunca é a mesma” aponta para a repetição das histórias ao longo dos séculos, bem como para a necessidade de se criar outras narrativas para esses episódios, fazendo emergir novas leituras, protagonistas e imagens. Com cerca de 50 trabalhos, em sua maioria inéditos, a exposição inclui cinco pinturas de gran-

des dimensões de forte impacto estético, quatro delas produzidas especialmente para a mostra, em que o artista revisita de maneira crítica a pintura histórica. Utilizada para representar eventos marcantes de uma nação, como guerras, batalhas, independências e abolições, este gênero de pintura “pré-Semana de 22” frequentemente idealizava ou romantizava marcos e personagens a serviço das ideologias dominantes. Em 2014, Zerbini recriou uma das imagens mais clássicas da pintura histórica brasileira, em sua icônica *Primeira missa*, formulando uma nova representação para essa cena ocorrida em 1500, que é um emblema da colonização portuguesa no Brasil. Essas obras também são apresentadas em um extenso livro-catálogo. A mostra inclui ainda 29 monotipias em papel da série *Macunaíma* (2017), concebidas para uma edição do livro de mesmo nome de Mário de Andrade (1893-1945), um marco da literatura modernista brasileira.

O debate ecológico, também uma importante vertente do decolonial, foi expresso por meio da revisão da Semana de 22 na exposição “Semana de Arte Mundana”, na Galeria Kogan Amaro. Lama da tragédia criminosa de Brumadinho, cinzas de queimadas no Cerrado, na Amazônia, na Mata Atlântica e no Pantanal e óleo que atingiu as praias do Nordeste são elementos que o artista Mundano já havia utilizado para suas obras. Agora, em relação especificamente à Semana, o artista se apropriou da estética do icônico cartaz da Semana de Arte Moderna, de Di Cavalcanti, propondo um questionamento sobre o momento atual e sua aceleração vertiginosa rumo à destruição do patrimônio ambiental brasileiro. A obra ganhou versão NFT, com uma ani-

mação em *stop motion* na qual aparece a troca do enunciado original para Semana de Arte Mundana e a imagem do brotinho que cresceu e acabou cortado como muitas árvores, dando a ideia de ruptura.

Uma das maiores exposições referentes ao centenário de 22 é a mostra “Brasiliade Pós-Modernismo”, no Centro Cultural Banco do Brasil (inicialmente no Rio de Janeiro), com curadoria de Tereza de Arruda, que também se focou na atualidade para repensar o histórico, reunindo obras de 51 artistas, produzidas a partir da década de 1960 até a atualidade, sendo algumas inéditas, ou seja, já com uma maturidade e com um distanciamento histórico dos primórdios da modernidade brasileira. Pintura, fotografia, desenho, escultura, instalação, novas mídias, entre outras linguagens, procuram mostrar uma versão sobre as discussões ensejadas pela Semana de maneira diversificada e miscigenada, regional e cosmopolita, popular e erudita, folclórica e urbana. A sensação é de que se trata de um grande traçado da Semana, cujo ápice é a contemporaneidade, com a participação de artistas como Adriana Varejão, Alex Flemming, André Azevedo, Anna Bella Geiger, Armarinhos Teixeira, Arnaldo Antunes, Augusto de Campos, Barrão, Berna Reale, Beatriz Milhazes, Camila Soato, Caetano Dias, Cildo Meireles, Daiara Tukano, Daniel Lie, Delson Uchôa, Ernesto Neto, Emmanuel Nassar, Fábio Baroli, Farnese de Andrade, Flávio Cerqueira, Floriano Romano, Francisco de Almeida, Gê Viana, Glauco Rodrigues, Gisele Camargo, Jaider Esbell, Joaquim Paiva, Jorge Bodansky, José de Quadros, José Rufino, Judith Lauand, Júlio Plaza, Lenora de Barros, Lina Bo Bardi, Lúcio

Costa, Luiz Hermano, Luzia Simons, Márcia Xavier, Marlene Almeida, Maxwell Alexandre, Mira Schendel, Nelson Leirner, Oscar Niemeyer, Paulo Nazareth, Rejane Cantoni, Rodrigo Braga, Rosana Paulino, Rosilene Luduvico, Shirley Paes Leme e Tunga. A pluralidade de vozes também aparece no catálogo da exposição com textos de Bel Santos Mayer, Ernani Chaves, Idjahure Kadiwel e Leonor Amarante.

Entre os livros lançados por ocasião do centenário da Semana de 22, dois se destacam pela proposta revisionista de cunho decolonial. A obra *Modernidade em preto e branco: arte e imagem, raça e identidade no Brasil, 1890-1945* (Companhia das Letras), de Rafael Cardoso, questiona a associação do Modernismo a um seletivo grupo paulistano e reivindica a modernidade de manifestações da cultura de massas, como a imprensa ilustrada, a publicidade, a música popular e até o Carnaval, especialmente a partir do panorama da capital carioca. O livro apresenta uma pesquisa extremamente consistente e com um viés bastante inovador, iluminando pontos inusitados sobre o Modernismo brasileiro, incluindo principalmente a questão racial. Já o livro *Modernismos: 1922-2022* (Companhia das Letras), organizado por Gêneze Andrade, traz 29 ensaios inéditos, com a participação de intelectuais como José Miguel Wisnik, Lilia Moritz Schwarcz, Renata Felinto e Walnice Nogueira Galvão, que contribuem com um amplo panorama de reflexões sobre a Semana de 22 e seus desdobramentos, revisitando suas memórias e fortuna crítica.

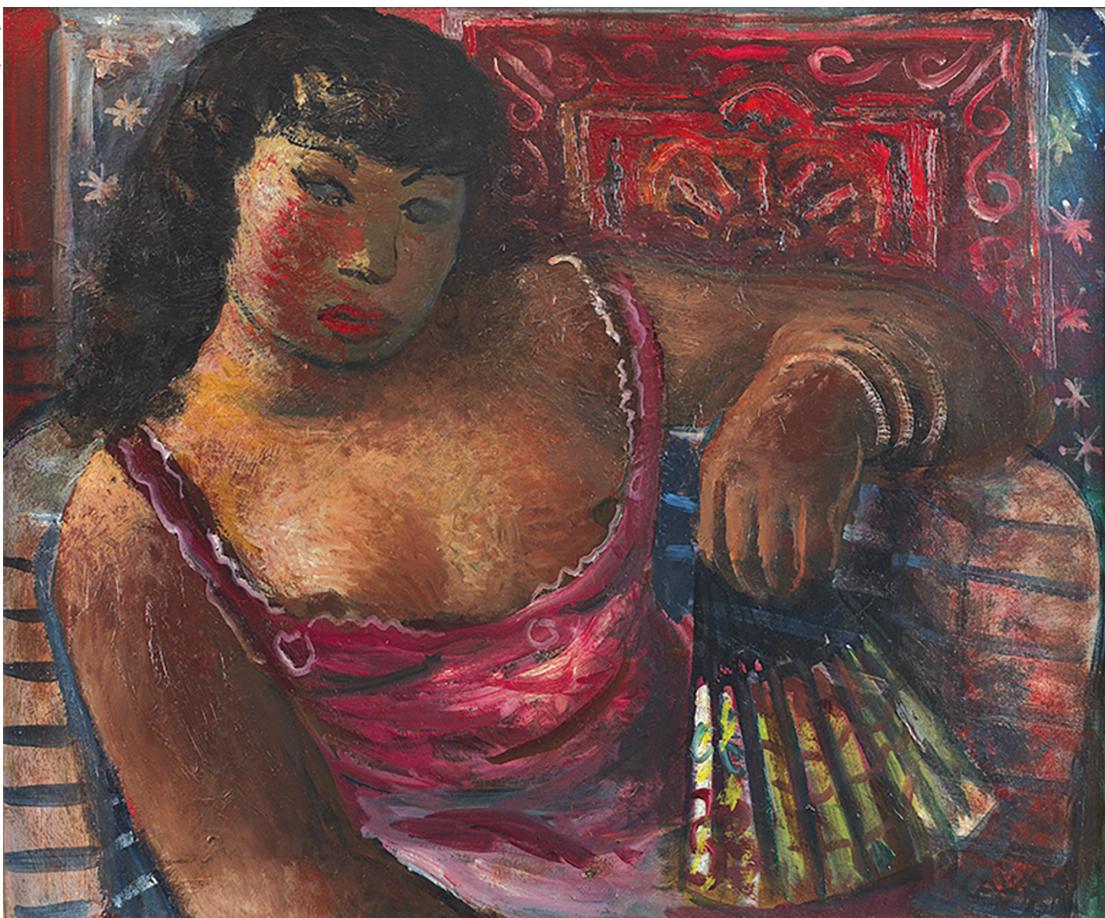
O centenário da Semana de 22 parece evocar e confirmar um novo momento para o sistema da arte brasileira, que vem encontrando muitos vieses interessantes

para a discussão da decolonialidade. Em um momento político tão nebuloso, em que as políticas de opressão da cultura evidenciam ainda mais os mecanismos de estratificação cultural no país, a possibilidade de se debater e revisar este marco histórico com dados realistas e sem idealizações banais aponta para um amadurecimento da discussão decolonial, que mostra o quanto é possível reconhecer as limitações do passado sem recair em discussões generalizantes e vazias. As ações ocorridas neste ano têm mostrado que é preciso reconhecer o caráter inovador de 22, quando artistas propunham

a superação de paradigmas europeus e a acolhida de novos parâmetros para a arte nacional. Porém, pontuam que essas mudanças estavam restritas majoritariamente a uma elite permeada pela cultura escravocrata e racista, consolidada ainda mais pela centralidade paulistana.

Como afirmou Bel Santos Mayer (2022), também podemos celebrar o fato de que, com o advento do Modernismo, a literatura deixou de ser assunto exclusivo de acadêmicos(as) sobre “imortais e suas bibliotecas majestosas”. A autora pontua ainda que a proposta de Mário de Andrade, de abrasileiramento da língua e da litera-

Reprodução



Emiliano Di Cavalcanti, *Mulata com leque*, 1937. Óleo sobre tela. Coleção Gilberto Chateaubriand, MAM Rio (restaurado com apoio da Fundação Vitae, 2001)

tura como forma de liberdade e de independência das normas lusitanas, causou estranheza até ser vista como contribuição à linguística nacional. Segundo Mayer:

“Seus passos abriram caminhos para que, nos anos 1970, a intelectual e ativista Lélia Gonzales (1935-1994) apontasse a africanização no português falado, principalmente, pelas mulheres negras: o ‘pretuguês’. Nos anos 1990, outra intelectual negra, Conceição Evaristo, cunha o termo ‘escrevivências’ para falar da vida escrita e da vida que se escreve em uma sociedade marcada pelo racismo”.

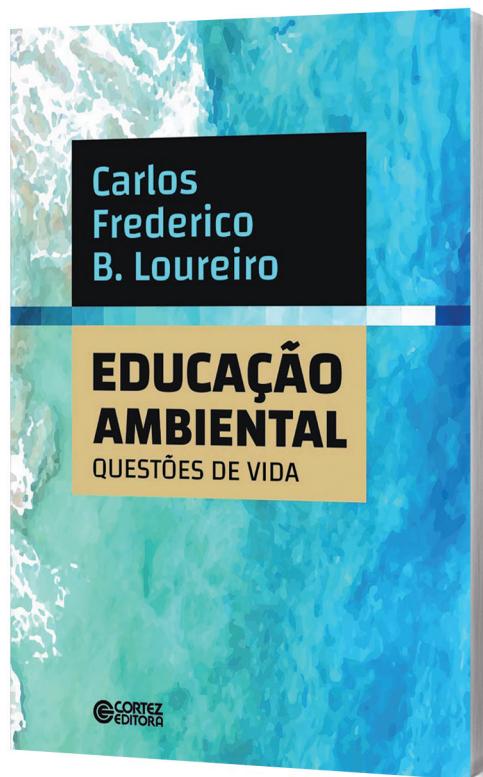
Assim, a Semana de 22 se consagra como momento legítimo de liberdade para a produção artística, com expressivo valor por suas provocações sobre as noções de nação e identidade nacional. Atualmente, o movimento decolonial, que afirma a existência de outras experimentações e criações, sinaliza que o inventariado desse marco moderno será sempre mutante. Afinal, a arte se reconfigura à medida que o mundo se transforma, sendo ao mesmo tempo agente transformador do mundo. É nesse paradoxo que reside a riqueza do debate decolonial a respeito da Semana de 22.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G. (org.). *Modernismos: 1922-2022*. São Paulo, Companhia das Letras, 2022.
- BANIWA, D. “O ser humano como veneno do mundo”. Entrevista concedida a Julie Dorrico e Ricardo Machado. *IHU Online*, n. 527. São Leopoldo, 2018.
- CARDOSO, R. *Modernidade em preto e branco: arte e imagem, raça e identidade no Brasil, 1890-1945*. São Paulo, Companhia das Letras, 2022.
- DINATO, D. “ReAntropofagia: a retomada territorial da arte”. *MODOS. Revista de História da Arte*, v. 3, n. 3. Campinas, set./2019, pp. 276-84.
- ESBELL, J. “Macunaíma: meu avô em mim!”. *Revista Iluminuras*, v. 19, n. 46. 2018.
- GUALBERTO, T.; ROFFINO, S. “Só a antropofagia nos une?” Disponível em: <https://brooklynrail.org/2021/02/criticspage/Cartas-aos-Leitorxs>. Acesso em 7/5/2022.
- MARQUEZ, R. “A língua das onças e das lontras”. *Arte e Ensaios*, vol. 26, n. 40. Rio de Janeiro, PPGAV-UFRJ, jul.-dez./2020, pp. 361-73.
- MAYER, B. S. “Ousadias literárias com sotaques brasileiros”, in *Brasilidade pós-Modernismo*. Curadora Tereza de Arruda. São Paulo, Base7 Projetos Culturais, 2021.
- TAUREPANG et al. *Makunaimã: o mito através dos tempos*. São Paulo, Editora Elefante, 2019.

livros





Por uma educação ambiental crítica

---

*César Augusto Costa*

---

*Educação ambiental: questões de vida*, de Carlos Frederico B. Loureiro,  
São Paulo, Cortez, 2019, 184 p.

A

obra *Educação ambiental: questões de vida*, lançada pela Editora Cortez, brinda os estudiosos da educação ambiental crítica. Sendo mais que um trabalho teórico da área, o livro nos oferece uma ampla riqueza teórica, política e de vida de um dos maiores nomes do campo ambiental no país, o professor Carlos Frederico B. Loureiro, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Sua destacada produção intelectual atinge enorme número de artigos, livros, capítulos de livros publicados e produção técnica no campo. Neste seu novo trabalho, Loureiro não só traduz seus vários anos dedicados à causa da educação ambiental crítica, como quebra o protocolo tradicional de apresentar o livro em capítulos, aqui transformados em “momentos” (três), os quais constituem e adensam a caminhada de leitura proposta.

Assim, nestes três momentos, é tratada a

sua vida em diferentes sentidos, naquilo que diz respeito à educação ambiental crítica e à sua trajetória pessoal. O resultado é um livro repleto de novidades no tratamento de temas pouco trabalhados na produção acadêmica do campo ambiental, estabelecendo de início um diálogo com o leitor acerca de práticas e fundamentos teóricos do pensamento crítico, a partir da experiência com povos tradicionais e de várias inquietações.

Pode-se dizer que a obra está impregnada de vida, forjada no passo da caminhada de quem aprendeu a ouvir a “voz dos sem voz” e o silêncio dos silenciados. Cada parte do livro constitui, por assim dizer, pegadas de um caminhante que acompanha ombro a ombro aqueles que se posicionam desde suas esquinas, favelas, vielas, quilombos, aldeias, na defesa intransigente de seu direito de ser e existir, como indica o Prefácio.

---

**CÉSAR AUGUSTO COSTA** é professor e coordenador do Programa de Pós-Graduação em Política Social e Direitos Humanos da Universidade Católica de Pelotas (UCPEL).

No segundo momento, Loureiro descreve de forma crítica e sistemática aspectos que identificam a prática social, sem com isso deixar de teorizar as problematizações feitas. Para esse fim, destaca as discussões, projetos e iniciativas de educação ambiental com povos tradicionais, as metodologias e as possibilidades integradas no ato educativo. É pertinente a perspectiva de uma educação ambiental que dialoga com a tradicionalidade e ancestralidade de forma prática na ação educativa.

Interessante destacar o diálogo que a obra tece à luz do pensamento latino-americano, indicando que o projeto civilizatório eurocentrado capitalista deu as bases fundamentais para o desenvolvimento da compreensão de sociedade e natureza. Tal discussão acentua que história, economia, natureza, cultura, política, sociedade e educação são resultados do sistema-mundo moderno-colonial que impactou de forma violenta nossa ontologia social. Diz o autor:

“Lembremos que o capitalismo surge no final do século XV junto com o capital comercial e a brutal colonização da América, assim como as violentas formas de expropriação dos povos do campo na Europa, retirando deles a propriedade da terra, dos instrumentos e, posteriormente, de conhecimentos e técnicas de produção. Com as expropriações, os sujeitos, os trabalhadores vivos, perdem a condição de produzir diretamente em seu processo de sobrevivência e criação” (p. 109).

Ou seja, convém asseverar que, para pensarmos a questão ambiental na América Latina, cabe pontuar que o projeto de expansão do modelo eurocêntrico de civilização tem princípio no final do século

XVI a partir da economia e da política que foram determinantes para a consolidação do capitalismo como forma social dominante na Europa. Para Loureiro,

“[...] o eurocentrismo colonial não é apenas a afirmação de um projeto societário criado na Europa que chega a outros lugares. É a materialização de um projeto civilizatório que, para ocorrer, exigiu obrigatoriamente a negação do outro em qualquer lugar, uma vez que as relações sociais fundadas na produção de mercadorias, na apropriação privada, na exploração do trabalho e na expropriação de meios de vida – territórios, técnicas, saberes, culturas etc. – exigem a universalização de um padrão único de sociabilidade [...]” (p. 39).

Isso significa entender que, no capitalismo eurocentrado materializado na América Latina, a subordinação dos povos originários, negros, mulheres, a negação de suas culturas e a demonização de outras religiões foram constitutivas não somente para a acumulação capitalista, mas para a normatização de uma sociabilidade que hoje se tem naturalizada e única diante de qualquer forma de questionamento e crítica. Nessa conjuntura, concebe-se que também o Estado não ficou descolado a essa lógica, pois

“O Estado é controlado por frações de classe dominantes que se beneficiam desse padrão de acumulação principalmente por meio de um incisivo discurso, radicalizado com a posse do novo governo em 2019, que defende que o crescimento econômico traz prosperidade e qualidade de vida, e que os impactos ambientais podem ser regulados pela racionalidade do mercado. Chega-se ao

cinismo quando, em defesa das mineradoras, da indústria petrolífera, do agronegócio e da pecuária, se tenta convencer de que o Brasil tem muitas áreas protegidas e que os territórios indígenas e quilombolas são demasiados diante da urgência de abrir caminho para as atividades econômicas" (pp. 41-2).

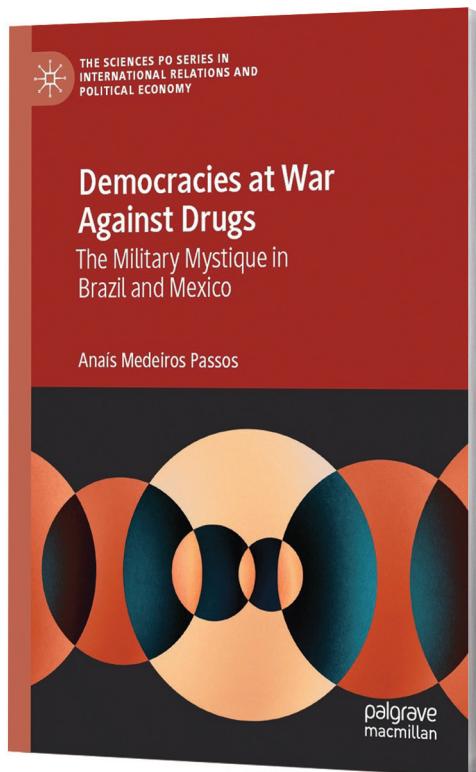
Na perspectivaposta pelo livro, há uma relação entre as lógicas do sistema-mundo moderno-colonial e as diferentes formas que a práxis de dominação/violência contra os povos originários e tradicionais que é assumida ao longo do processo de consolidação do padrão de poder mundial a partir da Europa, que atinge de forma brutal as formas de relação com a natureza.

No decorrer da leitura crítica, constatamos que a concepção de progresso para o debate ambiental é um conceito identificado com os ideais de uma burguesia eurocentrada, que buscava afirmar a superioridade de seu projeto societário diante de um modo de organização “antigo e arcaico” que precisava ser superado para a consolidação do mercado e da propriedade privada. Projeto civiliza-

tório que foi afirmado a partir da ciência ilustrada e europeia como única verdade e racionalmente superior, capaz de instituir a negação de outros saberes ligados a formas tradicionais e comunais de propriedade.

Desse modo, no decorrer de sua reflexão, o autor alia as questões ontológicas da educação e do sujeito em sociedade, do qual são tecidas em suas interações com a natureza através de práticas críticas. Para ele, a degradação e a destruição ambiental são o ponto de partida para as questões que nos mobilizam e que visamos superar.

Por fim, em *Educação ambiental: questões de vida*, Loureiro nos revela os motivos de suas teorizações e posicionamentos por meio de sua trajetória pessoal, narrada de forma a trazer à baila um percurso de sua relação com a materialização da educação ambiental crítica no Brasil. Percurso realizado em diálogo intenso e crítico consigo mesmo, com a universidade, com os movimentos sociais e com todos (sujeitos e sujeitas) com quem compartilhou lutas e desafios para afirmar uma educação ambiental crítica da vida, marcada pela crítica.



## Quando as forças armadas assumem funções policiais

---

*Rafael Duarte Villa*

---

*Democracies at war against drugs: the military mystique in Brazil and Mexico*,  
de Anaís Medeiros Passos, Cham (Suiça), Palgrave/Macmillan, 2022, 286 p.

# D

*emocracies at war against drugs: the military mystique in Brazil and Mexico*, de Anaís Medeiros Passos,

professora do Departamento de Sociologia Política da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), parte de várias questões densas e desafiantes para a pesquisa empírica: “porque”, “em que condições” e “como” a classe política nas democracias se vale das forças armadas para fornecer segurança? Por que e em que condições as forças armadas aceitam participar dessas missões? O livro indaga sobre a existência de um padrão de práticas que podem ser observadas por meio da comparação de casos no início de uma operação e, claro, a existência, ou não, de um padrão sobre como essas práticas impactam e são internalizadas pelos cidadãos “que vivem onde ocorreu a intervenção militar”. Essas questões são

a linha condutora do argumento. A pesquisa da autora questiona se os direitos civis dos moradores locais são respeitados, e concomitantemente se debruça sobre o (quase imperativo) tema de investigar se soldados são responsabilizados por eventuais violações de direitos humanos cometidas por eles durante as operações.

Para responder a essas problemáticas, Passos sustenta, desde o início, uma abordagem inovadora. A pesquisa foca empiricamente dois casos críticos e paradigmáticos, o México (o caso de Tijuana) e o Brasil (o caso do Rio de Janeiro), para analisar o impacto do crime organizado que se dedica às atividades de comercialização e tráfico de drogas ilícitas. A partir desse material empírico, o argumento de Passos inova em três aspectos significativos. Primeiro, aborda as diferentes políticas implementadas em cada país, assim como

**RAFAEL DUARTE VILLA** é professor de Relações Internacionais da Universidade de São Paulo.

as tensões para os regimes democráticos, no contexto da “guerra contra as drogas”; segundo, trata da metamorfose operacional, por meio da qual as forças armadas adquirem características de forças de polícia; e, finalmente, expõe o impacto para os direitos humanos das comunidades em que se dá a “guerra contra as drogas”.

O argumento desenvolvido por Passos mostra que nas democracias, ao menos nas democracias brasileira e mexicana, as novas missões militares de segurança pública<sup>1</sup> possuem um “efeito limitado em controlar o crime”. No entanto, essas missões acarretam consequências (talvez não desejadas): 1) transformações normativo-institucionais (na legislação que trata da problemática); e 2) na própria doutrina militar, a qual é tensionada pela necessidade de adequação tanto jurisdicional quanto instrumental-operacional (dada pela mudança funcional das forças armadas para atuar em atividades de polícia). Todas essas mudanças afetam substantivamente a forma como as democracias latino-americanas se adaptaram à “guerra contra as drogas” num contexto social de “altas desigualdades de renda, persistência de violência criminal e presença de atores não estatais violentos”. Passos revela, assim, uma etnografia do crime, em que nomes de grupos e gangues traficantes de drogas como Jalisco Nueva Generación, Cartel de Sinaloa, Arellano Félix, Los Zeta, no lado mexicano, e Os Amigos dos Amigos (ADA), Comando Vermelho (CV), Terceiro Comando Puro

(TCP), Milícia e Primeiro Comando da Capital (PCC), no lado brasileiro, passam a povoar noticiários, o cotidiano da comunidade local e o imaginário social.

O segundo ponto do argumento desenvolvido por Passos, sobre a aquisição pelas forças armadas brasileiras e mexicanas de uma missão e funcionalidade de polícia (*policialization*), resgata uma discussão muito significativa que ocorreu desde meados dos anos 90. Naquela época, o discurso diplomático dos Estados Unidos incentivou fortemente o emprego das forças armadas latino-americanas em missões de segurança pública, especialmente no combate ao crime organizado e ao narcotráfico. No entanto, o discurso diplomático brasileiro, especialmente o do Ministério da Defesa, era crítico às pressões e discursos estadunidenses. A pesquisa feita por Passos mostra que, na realidade, tanto as forças armadas mexicanas quanto as brasileiras vêm se aproximando cada vez mais das prescrições americanas, agindo como forças policiais na “guerra contra as drogas”, contrariando a retórica oficial inicial, e inaugurando um período de forte ativismo das forças armadas em assuntos de segurança pública.

No entanto, Passos não trabalha de maneira isolada os três grandes eixos temáticos de que trata seu livro; ao contrário, mostra que o ativismo militar em segurança pública acarreta um *trade-off* de altos custos políticos para a democracia, para o sistema político e para os direitos humanos de comunidades locais. O ativismo das forças armadas na função de policiais, e em funções de segurança pública, no Brasil, levou, por exemplo, a um incremento sem precedentes das operações de manutenção

---

1 D. Pion-Berlin & M. Carreras, “Armed Forces, Police and crime-fighting in Latin America”, *Journal Politics in Latin America*, 9 (3), 2017, pp. 3-26.

da lei e da ordem (Garantia da Lei e da Ordem - GLO) e, em menor medida, das intervenções federais, ambos mecanismos normativos que permitem a incursão militar em funções policiais e induzem a população a pensar a realidade num jogo de imagens invertidas: a sociedade passa a normalizar a presença das forças armadas ao invés da polícia para combater o crime. No entanto, isso tem um custo social imenso para a democracia, como alerta Rut Diamint: “[...] quando as autoridades civis se tornam direta e dramaticamente dependentes dos militares para a segurança interna é obviamente problemático para a democracia, [porque] em nenhum caso o envolvimento de militares da América Latina na política civil tem melhorado a segurança pública”<sup>2</sup>.

Justamente, esse achado de Diamint é verificado na pesquisa de Passos: o aumento exponencial da presença militar nas ruas, sendo o caso do Rio de Janeiro emblemático, não levou a uma diminuição do crime organizado nem ao controle, ou estabilização, no mínimo, do tráfico de drogas (o qual parece uma guerra cada vez mais perdida). A pesquisa revela ganhos políticos para os militares, que recuperaram a participação em altos cargos da política brasileira, o que não se constatava desde os tempos do general Castelo Branco (1964-67). Nesse sentido, a conclusão de Passos é extremamente precisa:

“O ativismo dos militares na segurança pública foi recompensado no governo de Jair Bolsonaro (2019-). Após anos de crise política em curso, militares foram nome-

ados para ministérios e gabinetes-chave, representando o governo democrático com a maior proporção de ministros militares da história do Brasil”.

A autora aponta consequências similares para a política mexicana. A metodologia e o enfoque comparativo a levam a mapear que a intervenção militar em assuntos de segurança pública no contexto da “guerra às drogas” mexicana também tem tido forte respaldo em atos legislativos, como aconteceu no Brasil com a GLO. Esse respaldo legal confere à presença militar na segurança pública um efeito de política inercial que se mantém até o período atual.

“Apesar de várias promessas de redução do alcance das missões militares de segurança pública, o presidente de esquerda Andrés Manuel López Obrador continuou a usar as forças armadas mexicanas para combater as organizações do narcotráfico, além de criar a Guarda Nacional (Guardia Nacional), que reúne membros dos militares; portos e postos alfandegários estão agora sob controle militar”.

Cabe destacar que o resultado disso é a normalização da erosão e da confiança sobre a eficácia das instituições civis e policiais de segurança pública. Conforme sustentam Pion-Berlin e Carreras,

“quando a opinião pública latino-americana apoia a luta militar contra o crime, expressa um julgamento comparativo sobre a eficácia relativa da conduta militar em comparação com a da polícia em funções de segurança interna [...] cidadãos depositam maior confiança nas forças armadas como instituição

2 R. Diamint, “A new militarism in Latin America”, *Journal of Democracy*, 26 (4), 2015, pp. 156-7.

capaz de efetivar, e de acordo com as normas de direitos humanos, o Estado de direito”<sup>3</sup>.

Nesse sentido, um dos achados empíricos de Passos é a autolegitimação pela corporação militar da sua presença na segurança pública via um discurso endógeno de eficiência e de imunidade à corrupção, a que a autora denomina “a mística militar”. Esse conjunto de crenças e percepções sobre a superioridade militar em relação às agências civis permite a reprodução de maneiras eficazes de intervenção na vida social cotidiana e nos espaços institucionais da política, “embora não explicitamente articulada como tal, a falta de atenção ao processo político contribui para a reprodução das narrativas dos agentes oficiais de segurança de que, ao utilizar as forças armadas em vez da polícia... as forças armadas apenas [estão] reagindo ao problema da insegurança, pois não há outras opções disponíveis”.

Um terceiro eixo de preocupações abordado, embora não seja o foco central do livro, é a maneira como a qualidade da democracia é afetada pelos “efeitos colaterais” da “guerra contra as drogas”, como a “exposição de oficiais de alta patente à corrupção, a impunidade de oficiais [e soldados] envolvidos em abusos de direitos humanos”. Mas a autora vai além de descrever o número de violações registradas por organizações de direitos humanos em nível estadual ou nacional no México e no Brasil. “Em vez disso, esta pesquisa é guiada por questões específicas detalhadas [...] que visam a avaliar o impacto das

operações de segurança para as comunidades locais – especialmente as pobres”. O resultado disso é que o livro atinge um “efeito colateral” positivo, para além da pesquisa em si, que é a possibilidade de a pesquisa ser integrada pelos formuladores de ações públicas na produção e na execução de políticas públicas que pensam a relação entre o combate militar e a produção e o tráfico de droga. O trabalho também é uma boa ferramenta para as organizações da sociedade civil que pensam e formulam políticas de preservação dos direitos humanos das comunidades em que as forças armadas atuam na função de repressão e de polícia. Em outras palavras, um efeito talvez não planejado do livro se relaciona com a possibilidade de gerar ações governamentais práticas para essas comunidades, que as afastem de um viés que basicamente as securitiza e as transforma em ameaças.

Do ponto de vista de sua estrutura, e no contexto dos três eixos temáticos discutidos acima, Passos dividiu o livro em duas partes. A primeira aborda os fatores institucionais e contextuais que influenciam o processo de tomada de decisão, assim como os aspectos metodológicos da investigação, cuja pesquisa de campo se desenvolveu em Tijuana e no Rio de Janeiro. Passos analisa em detalhe as seguintes operações: *Operativo Conjunto Baja California* (2007-2012), Operação para Garantia da Lei e da Ordem no Complexo do Alemão e no Complexo da Penha (2010-2012) e no Complexo da Maré (2014-2015).

Já no segundo capítulo da primeira parte, valendo-se de uma perspectiva comparativa e de longo prazo (quase braudeliana), a autora compara as trajetórias históricas das

---

3 Pion-Berlin & Carreras, op. cit., p. 5.

relações civis-militares de 1960 a 2000 no Brasil e no México, enfatizando o método de política comparativa em três aspectos correlacionados: participação militar na política federal, o tipo de missões internas em que as forças armadas se envolveram e a modalidade de transição democrática que cada país assumiu. Finalmente, o terceiro capítulo dessa primeira parte descreve as condições políticas e sociais que eram comuns em Tijuana e no Rio de Janeiro antes das operações: o alinhamento político entre os estados e a Federação; a disponibilidade de recursos; a exposição a percepções de medo na imprensa ou por mobilizações cidadãs; e a interação entre os legados institucionais, a sociedade e a escolha dos atores políticos que pressiona a mobilização permanente das forças armadas.

No quarto capítulo da segunda parte, a autora disserta de maneira densa sobre a dinâmica de negociação entre as autoridades políticas e militares antes de uma operação, bem como sobre como isso afeta os moradores que vivem nas áreas onde ocorreram as operações militares, sempre em perspectiva comparada. O quinto capítulo realiza uma análise fina sobre as crenças e as percepções, política e socialmente compartilhadas, que reproduzem o imaginário de que as forças armadas são superiores à polícia em padrões organizacionais e ético-morais. A autora argumenta que o quadro de crenças e percepções (o imaginário sobre as forças armadas) não apenas estrutura as opções vislumbradas pelos atores, mas também influencia os parâmetros da operação no terreno, o que se trata de um achado da maior relevância. Esse achado deixa abertas avenidas de pesquisa para um aprofundamento da forma

como as forças armadas latino-americanas instrumentalizam visões sociais e políticas positivas de eficiência organizacional, e até da existência de um padrão ético próprio à corporação, para tratar de assuntos tão complexos no contexto da “guerra às drogas”. Porém, o capítulo também revela que não só de percepções positivas vive a corporação militar; por esse motivo, mapeia a forma como os padrões da agência militar interagem (estratégica e institucionalmente) com o Judiciário e com a polícia.

Vale a pena frisar que um ponto fundamental neste capítulo é a análise da maneira como as forças armadas do México e do Brasil mantêm a capacidade de definir as regras do jogo sobre as operações militares (sejam estas na forma de normas profissionais, legislação ou no âmbito da justiça militar). São esses aspectos, que demonstram a *expertise* dos militares no jogo da barganha política, que os tornam interlocutores na pauta de ações e operações contra na “guerra contra as drogas”. Finalmente, o capítulo seis analisa os aspectos operacionais das missões de combate ao crime, ou seja, como se dá o uso da violência no terreno específico das comunidades locais e como as instituições informais, compartilhadas por importantes atores políticos e sociais, podem limitar iniciativas de monitoramento das atividades militares.

Finalmente, recupero uma das conclusões de Anaís Medeiros Passos que acredito resumir bastante bem, e de maneira precisa, as tensões para a democracia e para os direitos humanos, em suma, para o Estado de direito, qual seja, o significado político da atuação das forças armadas mexicanas e brasileiras na “guerra contra as drogas”. Sustenta ela que

“a normalização da intervenção militar nas atividades anticrime cria dois conjuntos de tensões. Internamente, de natureza profissional, entre oficiais no terreno, que estão interessados em garantir maiores níveis de liberdade para o uso da força, e oficiais que ocupam cargos de poder no Ministério da Defesa ou em secretarias militares [...] Externamente, a natureza das forças armadas como a única instituição que, em última análise, preserva o monopólio legítimo da violência conflitua com a necessidade de responsabilizar os militares – o que é próprio dos regimes democráticos”.

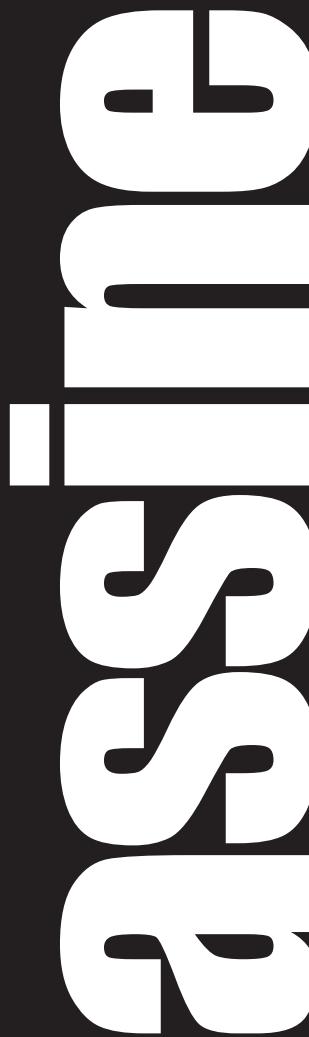
Essa ambivalência sobre o papel das forças armadas (como agentes necessários e não imputáveis) é um dos maiores obstácu-

los para garantir a necessária *accountability* (prestaçāo de contas) que a corporaçāo castrense deve à sociedade.

Enfim, *Democracies at war against drugs: the military mystique in Brazil and Mexico* tem muitos méritos, tanto em termos científicos, de reflexão crítica, quanto em termos práticos, de possibilidades de produção de políticas públicas, porém, acredito que o principal seja pensar as pressões para as democracias latino-americanas numa forma não convencional, mas inovadora, contribuindo para resgatar os impactos dos desequilíbrios sociais latino-americanos sobre a democracia e sobre o Estado de direito, os quais acabam atribuindo um destino quase messiânico às forças armadas como agência privilegiada na “guerra contra as drogas”.

**A *revistausp* RECOMENDA  
A SEUS COLABORADORES QUE  
ENVIEM SEUS TEXTOS DE ACORDO  
COM AS NORMAS ABAIXO:**

1. Texto com, no máximo, 30.000 caracteres.  
Textos maiores devem ter a aprovação prévia da redação e do Conselho Editorial. O artigo deve ser enviado por *e-mail* ([revisusp@usp.br](mailto:revisusp@usp.br)).
2. O autor deve mandar uma breve nota biobibliográfica que indique onde ensina e/ou pesquisa, sua área de trabalho e principais publicações.
3. Referências bibliográficas devem ser colocadas no texto (sobrenome do autor, ano, página). Os outros dados da publicação devem ser colocados na bibliografia. As notas de rodapé destinam-se a informações ou esclarecimentos adicionais que não podem ser incluídos no texto.
4. Todos os textos devem conter resumo/*abstract* (com, no máximo, mil caracteres) e palavras-chave/*keywords* (com, no máximo, cinco palavras).
5. Textos enviados espontaneamente devem ser inéditos no país. Dados a público previamente, sob forma de palestra, comunicação, etc., deve-se informar em nota à parte. Os artigos serão examinados pelo Conselho Editorial, sendo que a ***revistausp*** não se responsabiliza pela devolução dos não aprovados ou mesmo pela comunicação aos autores.
6. O autor pode enviar/indicar sugestões de ilustração para seu texto. As fotos devem ter alta resolução (300 dpi) e conter legendas e créditos. Imagens retiradas da Internet não serão aceitas.
7. Para receber os exemplares da ***revistausp*** a que tem direito, o colaborador deve enviar número de telefone, *e-mail* e endereço.



Assine e receba em casa a publicação de cultura mais completa do país. Você terá a satisfação de ler a cada volume vários textos assinados pelos mais renomados autores em suas áreas. Multidisciplinar e sem preconceitos, a **revistausp** não privilegia esse ou aquele enfoque, esse ou aquele grupo, é aberta a todas as tendências.

Para adquirir uma assinatura anual da **revistausp** (4 edições), basta fazer um depósito em conta (Banco do Brasil - agência 7009-2; c/c 130010-5) em nome da Edusp - Editora da USP, CNPJ 63.025.530/0072-06, no valor de R\$ 70,00 (+ frete). Se você for renovar sua assinatura, ela sai por R\$ 60,00 (+ frete). O preço da revista avulsa é R\$ 20,00 (+ frete). Enviar comprovante de depósito, incluindo o valor do frete, para [mariacat@usp.br](mailto:mariacat@usp.br), juntamente com os dados do assinante (nome/razão social, nome fantasia, CNPJ ou CPF, endereço, Inscrição Estadual/Municipal, telefone, e-mail para envio da nota fiscal).

[www.usp.br/revistausp](http://www.usp.br/revistausp)  
[revisusp@usp.br](mailto:revisusp@usp.br)  
(11) 3091-4403

Nosso site pode ser acessado por celular utilizando-se o QR Code que consta na contracapa da revista.

A **revistausp**, publicação trimestral da Superintendência de Comunicação Social da USP, vem sendo editada desde 1989, mantendo sempre a mesma estrutura. A cada número, além da relação dos Dossiês aqui apresentada, temos as seções Textos, Livros e Arte. Abaixo, os números ainda disponíveis.

<b>6</b> Europa Central	<b>65</b> 20 Anos de Redemocratização	<b>87</b> Música Brasileira	<b>98</b> Memória	<b>109</b> Democracia na América Latina	<b>121</b> Artes & Letras	<b>132</b> Bicentenário da Independência: Economia
<b>7</b> Tecnologias	<b>66</b> Ano Internacional da Física	<b>88</b> Humor na Mídia	<b>99</b> Futebol	<b>110</b> Ética e Sociedade	<b>122</b> Feminismos	<b>133</b> Bicentenário da Independência: Cultura e Sociedade
<b>33</b> Aids	<b>72</b> Ar/Fogo	<b>89</b> Ciência, Tecnologia e Inovação	<b>100</b> Educação	<b>111</b> Música Popular Brasileira na USP	<b>123</b> Histórias Culturais Transatlânticas	<b>134</b> Bicentenário da Independência: Política
<b>39</b> Rumos da Universidade	<b>73</b> Financiamento da Pesquisa no Brasil	<b>90</b> Marketing Político	<b>101</b> Justiça Brasileira	<b>112</b> Americanistas	<b>124</b> Inteligência Artificial	
<b>47</b> Alternativas para o Século XXI	<b>76</b> Pensando o Futuro: Ciências Exatas	<b>91</b> Catástrofes	<b>102</b> Metrópoles	<b>113</b> Amazônia Azul	<b>125</b> Saramago	
<b>50</b> Revista Cinquenta	<b>78</b> Gestão e Política na Universidade Pública	<b>92</b> Redes Sociais	<b>103</b> Clima	<b>114</b> Interculturalidades	<b>126</b> Semiótica e Cultura	
<b>51</b> Saúde	<b>80</b> Bibliotecas Digitais/ Bibliotecas Virtuais	<b>93</b> Caminhos do Desenvolvimento	<b>104</b> Energia Elétrica	<b>115</b> Politicamente Correto	<b>127</b> Ensino Público	
<b>54</b> Os Sertões: Cem Anos	<b>83</b> Nabuco e a República	<b>94</b> Semana de Arte Moderna	<b>105</b> Universidade em Movimento	<b>116</b> Pós-Verdade e Jornalismo	<b>128</b> Saúde Pública	
<b>55</b> Revolução Virtual	<b>84</b> Vinte Anos da Queda do Muro	<b>95</b> Desafios do Pré-sal	<b>106</b> Crise Hídrica	<b>117</b> Copas do Mundo	<b>129</b> Segurança Pública	
<b>62</b> Cosmologia	<b>85</b> Balanço da Crise Mundial	<b>96</b> Alcoolismo	<b>107</b> Saúde Urbana	<b>119</b> Direitos Humanos	<b>130</b> Independências Latino-Americanas	
<b>64</b> Brasil Rural	<b>86</b> Cibercultura	<b>97</b> Computação em Nuvem	<b>108</b> Jogos Olímpicos	<b>120</b> Religião e Modernidade	<b>131</b> Pandemia: Valores em Crise	

Já está programado o próximo volume: nº 136 – Integração Latino-Americana

Você pode acessar todas as edições da **revistausp** no Portal de Revistas da USP:  
[www.revistas.usp.br/revusp/](http://www.revistas.usp.br/revusp/)