

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-

sófia 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, Agrônomo 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 estaduais 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 disponíveis¹. 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 1983².

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 multitude de espécies de cobras do Brasil, formula a sua importante contribuição que demonstra a especificidade de soros antiofídicos 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)³.

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 naturais⁴ 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 diamantes⁵. 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 pombos⁶. A química analítica, em trabalhos indexados de 1914⁷, 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 mastruz⁸. 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 econômico⁹. 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 Brasil¹⁰. 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

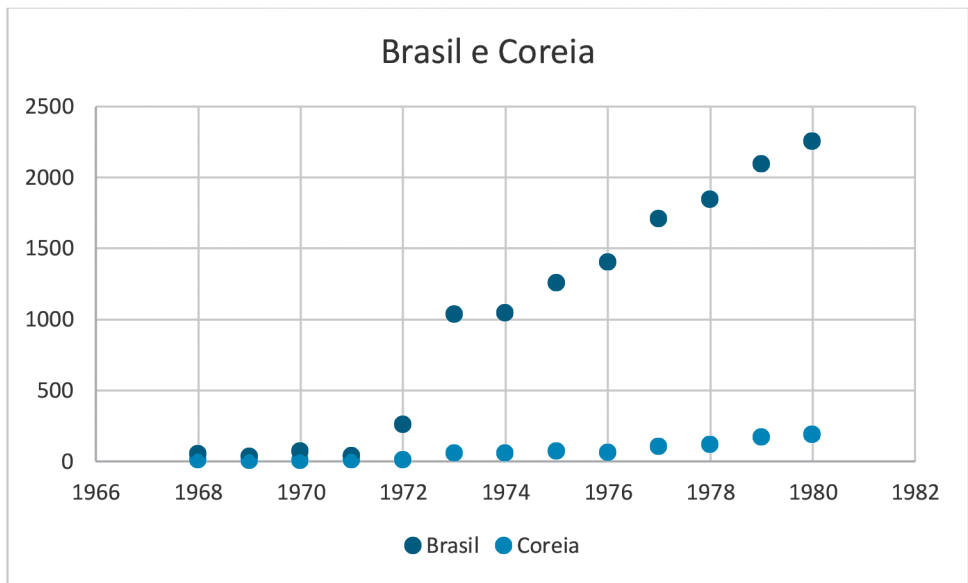
vinha crescendo em volume e qualidade, parece sofrer brusca mudança de fase a ponto de, além da diminuição do volume, haver hiato de dez anos – entre 1956 e 1966 – em que não se encontram trabalhos atribuídos a brasileiros na WoS quando se procuram publicações por endereço (Brasil ou *Brazil*). Uma possível razão, dada pela WoS a um dos autores deste artigo, é a dificuldade de identificar, nas informações disponíveis daquela época, quais autores declaram 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

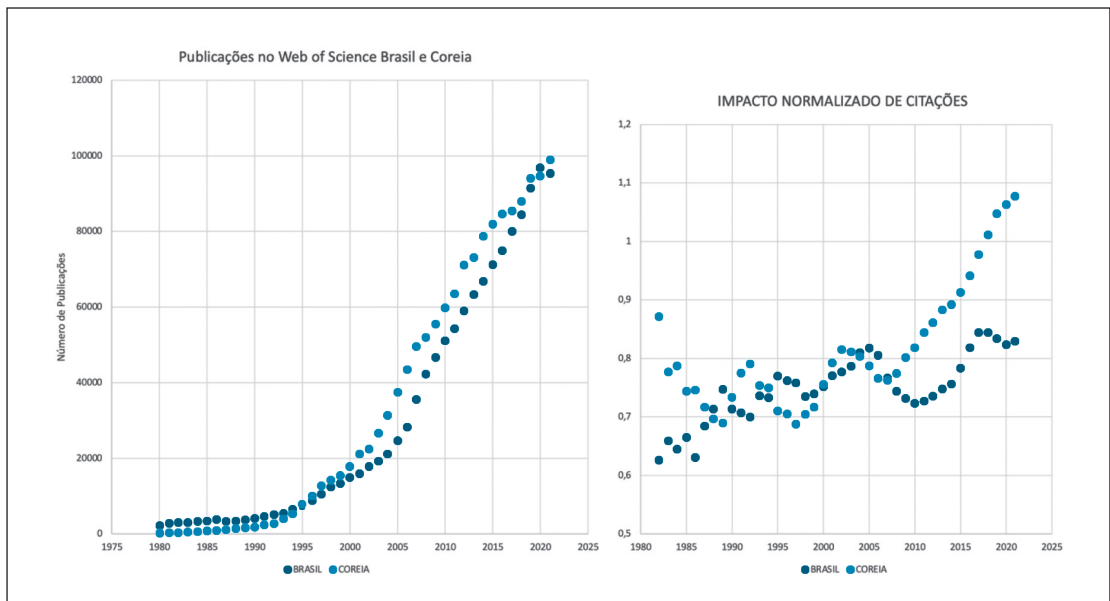


a dos publicados por autores sul-coreanos: comparando os dez trabalhos mais citados de cada país, os do Brasil receberam dez mil citações entre 1968 e 1980, enquanto os da Coreia tiveram três mil. Claramente,

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”¹¹ pela WoS, similar à porcentagem do total.

O impacto relativo da produção científica, medido pelo índice CNCI, também merece registro¹². 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 XXI¹³. 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 patentes¹⁴. 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 cientométricos 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 1976¹⁵, 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

15 Ver: <https://revistapesquisa.fapesp.br/um-novo-mundo-nos-tropicos/>; 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 mercados¹⁶.

Como explicar que a plêiade de exemplos de impacto cultural e socioeconômico não produza legitimação social e, conseqüentemente, 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”¹⁷.

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 mantendo¹⁸.

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. 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); Pedrosa & Chaimovich, 2015, pp. 39-57 (disponível em: 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).

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 porcentagem de proteína”¹⁹. 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 tardiamente no Brasil: sua existência como centros de produção de

19 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 indissolavelmente 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 (indicador 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 antiofídicos 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*. 2ª 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 Adolpho Lutz publicados no volume I - Adolpho Lutz works published in volume I*. Editora Fiocruz, 2004.
- BEN-DAVID, J. *The scientist's role in society - a comparative study*. Prentice Hall, 1971.
- BORNEMANN, 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. 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*. 4ª 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, Poci & Weiss, 1914.
- WATAGHIN, G. "Remarks on the theory of protons and neutrons". *Physical Review*, 48 (3), 1935, p. 284.