

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

Fernanda De Negri

Domínio público/Wikimedia Commons



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 Tassely (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 Tasse (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 recombinação 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 Hallons-ten (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) resalta 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 privado¹.

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

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

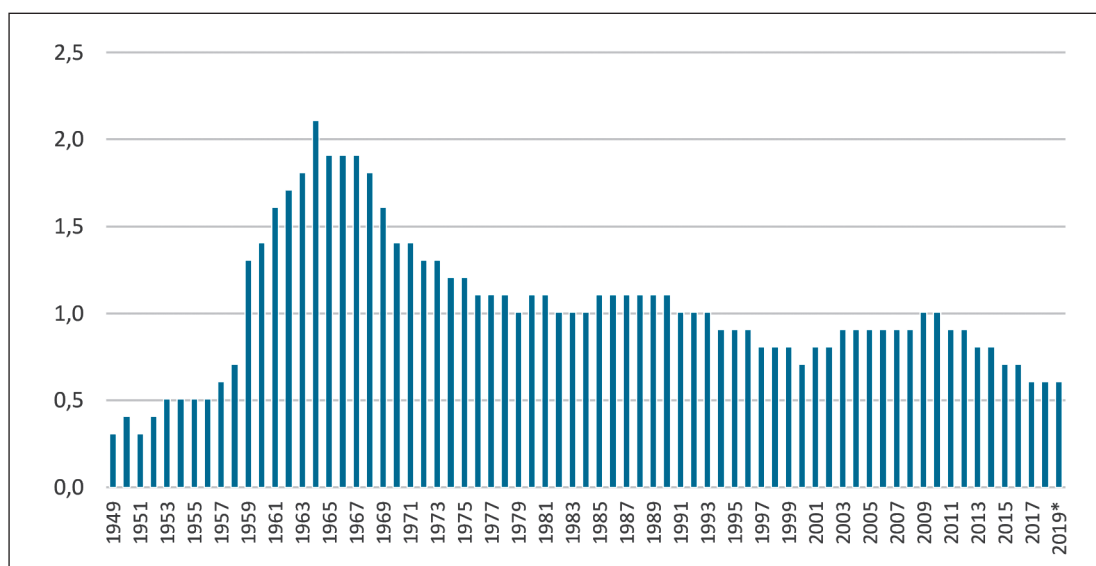
foi replicado, com variações, em diversos outros países, como EUA ou França (Dusdal et al., 2020). Na França, assim como na Alemanha, o sistema público de pesquisa inclui tanto laboratórios universitários quanto institutos públicos de pesquisa. São cinco as principais instituições públicas de pesquisa 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 multiusuários, 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 desenvolvidos 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

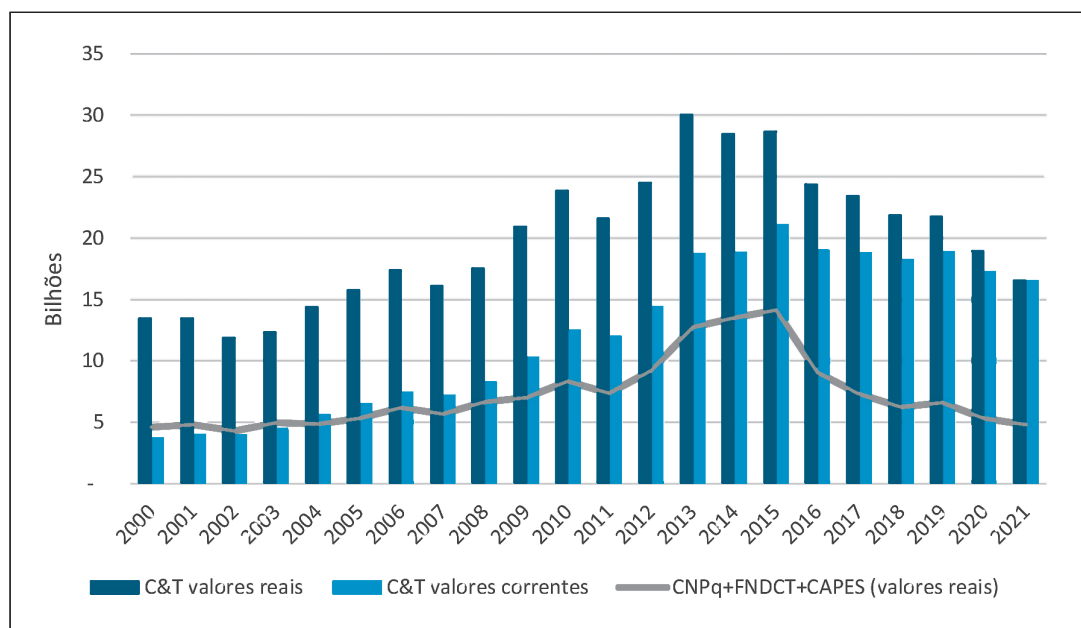
governo federal) alocado para a C&T foi se reduzindo. Ou seja, os fundos setoriais passaram a substituir os recursos anteriormente alocados para C&T. Isso ficou evidente quando, em 2012, calculamos a participação do MCTI no total dos recursos discricionários do orçamento global da União. Apesar do crescimento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